

ПРИРОДА

8 13



В НОМЕРЕ:**3 Черникова Е.В.****Макромолекулярный дизайн**

Жизнь современного человека немыслима без полимерных материалов — они окружают нас повсюду. Ученые продолжают развивать методы синтеза макромолекул заданной структуры, молекулярной массы и топологии, чтобы получать новые вещества, отвечающие новым требованиям.

13 Трифонова Т.А.**Роль подземных вод при наводнениях и селях**

В развитии катастрофических селей и наводнений важную роль играют подземные воды (между их различными горизонтами и поверхностью возникает разность гидростатических давлений), а спусковым механизмом при этом служат атмосферные осадки.

20 Гаврилова С.А.**Когда снегопад становится опасным**

Снегом в нашей стране трудно кого-либо удивить. Но снегопад, который в одном регионе станет стихийным бедствием, в другом пройдет незамеченным. Как же определить угрозу возникновения чрезвычайной ситуации? Для этого разработана новая методика, позволяющая уточнить критерии опасности снегопадов для всей территории России.

28 Беленицкая Г.А.**Происхождение солей, диапиров и рассолов Мертвого моря**

В формировании солей, рассолов и диапиров грабена Мертвого моря определяющее значение имели (и имеют поныне) площадные и восходящие перемещения и разгрузки «странствующих» рассольно-соляных масс.

38 Гиляров А.М.**Кризис, из которого нет и не будет выхода****44 Колчин С.А.****Гималайский медведь: воспитание медвежат-сирот**

В Сихотэ-Алине проведен эксперимент по изучению формирования поведения и адаптации к жизни в природе медвежат-сирот гималайского медведя. Значительная угроза для выживания молодых медведей исходит от тигра. Особый интерес представляют первичные (врожденные) поведенческие признаки медвежат, позволяющие избежать смертельной опасности.

56 Газаев М.А., Тогузаева Л.А., Атабиева Ф.А.**Восточнокавказский тур — краса и гордость заповедника****63 Бялко А.В.****Спектр возмущений земных суток****68 Осипов Д.О.****Сапоги поморов Зимнего берега Белого моря****Вести из экспедиций****72 Сазонов К.Е.****Необычные структуры на поверхности льда Каспийского моря****76 Колотилова Н.Н.****С.Н.Виноградский — патриарх Бри-Конт-Робер**

Из истории становления экологической микробиологии

Рецензии**85 Михайлов К.Г.****Книга, написанная с любовью**

(на кн.: В.М.Карцев, Г.В.Фарафонова, А.К.Ахатов и др. Насекомые европейской части России)

88**Новые книги****Встречи с забытым****92 Валькова О.А.****Княгиня Голицына**

CONTENTS:

3 Chernikova E.V.

Macromolecular Design

The life of modern man is impossible without polymeric materials, they are ubiquitous. Scientists continue to develop methods of synthesis macromolecules with a designed structure, molecular mass and topology to obtain new compounds satisfying new requirements.

13 Trifonova T.A.

The Role of Underground Waters in Floods and Mudstreams

In development of catastrophic mudstreams and floods an important role belongs to underground waters due to differences of hydrostatic pressures in their horizons and the surface, while rainfall is a triggering mechanism.

20 Gavrilova S.A.

When Snowfall Became Dangerous

It is hard to surprise anybody in our country by snow. But a snowfall which in one region turned to be a natural disaster will be unnoticed in another region. How to recognize a hazard of occurrence of extraordinary situation? To this end a new method of specification of criteria of snowfall hazard for all territory of Russia.

28 Belenitskaya G.A.

Origin of Salts, Diapirs and Salt Brines of the Dead Sea

In the formation of salts, brines and diapirs of the Dead Sea graben defining role played (and still play) areal and ascending movements and unloading of «roaming» brine-salt masses.

38 Ghilarov A.M.

Crisis from which there is no and will be no Exit

44 Kolchin S.A.

Asiatic Black Bear: Upbringing of Orphaned Cubs

An experiment on studying of formation of behavior and adaptation to life in the wild of Asiatic black bear orphaned cubs has been carried out in Sikhote-Alin. Considerable treat for survival of young bears emerges from tiger. The primary (congenital) behavioral characters of the bear cubs which allow them avoid predators are of a special interest.

56 Gazaev M.A., Toguzaeva L.A., Atabieva F.A.

East Caucasian Aurochs – Beauty and Pride of the National Park

63 Byalko A.V.

Spectrum of Perturbations of the Earth Day Length

68 Osipov D.O.

Boots of Pomors from Winter Coast of the White Sea

Notes From Expeditions

72 Sazonova K.E.

Uncommon Structures on the Surface of Caspian Sea Ice

76 Kolotilova N.N.

S.N.Vinogradsky – Patriarch of Bri-Cont-Rober

From history of establishment of ecological microbiology

Book Reviews

85 Mikhailov K.G.

A Book Written with Love

(on book: V.M.Kartsev, G.V. Farofonova, A.K.Akhatov et al. Insects of European part of Russia)

88

New Books

Encounters With Forgotten

92 Val'kova O.A.

Princess Golitsyn

Макромолекулярный дизайн

Е.В.Черникова

Полимеры, или высокомолекулярные соединения, занимают заметное место в жизни человека: они окружают нас в быту, незаменимы в медицине, используются в разных отраслях промышленности, в том числе в качестве конструкционных материалов. Хотя первые сведения о полимерах были получены еще в позапрошлом веке, в самостоятельную область знания новая наука выделилась лишь в начале 1950-х гг.; в ее становлении и развитии принимали участие ведущие ученые — химики и физики. За прошедшие годы наука о полимерах стала междисциплинарной, были совершены важнейшие, подчас даже революционные открытия, создана полимерная промышленность, а сами высокомолекулярные вещества прочно внедрились в различные сферы нашей деятельности.

Какими бывают макромолекулы?

Полимеры состоят из макромолекул одинаковой или разной молекулярной массы. В свою очередь, *макромолекула* — это совокупность атомов или атомных групп, различных или одинаковых по составу и строению, соединенных химическими связями в линейную или разветвленную структуру достаточно высокой молекулярной массы. Насколько высокой должна быть молекулярная масса, чтобы соединение можно было назвать



Елена Вячеславовна Черникова, доктор химических наук, доцент кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — управляемый синтез полимеров методами контролируемой радикальной полимеризации.

высокомолекулярным? Ее конкретное значение зависит от химической природы полимера; выше некоторой критической молекулярной массы (порядка 10^4 Да) начинают проявляться особые уникальные свойства, например способность к пленко- и волокнообразованию, к большим обратимым деформациям (вплоть до нескольких порядков величины) при малых нагрузках, набухаемость и др.

Макромолекулы построены из *мономеров* — низкомолекулярных соединений, молекулы которых способны реагировать между собой (получается *гомополимер*) или с молекулами других соединений (*сополимер*), образуя высокомолекулярные соединения (рис.1).

Состав, структура и топология полимерной цепи определяют свойства и применение синтетических полимеров. Введение в макромолекулу, построенную из мономерных звеньев одного типа, даже небольшого количества другого мономера (на стадии синтеза или путем модификации готового полимера) позволяет заметно изме-

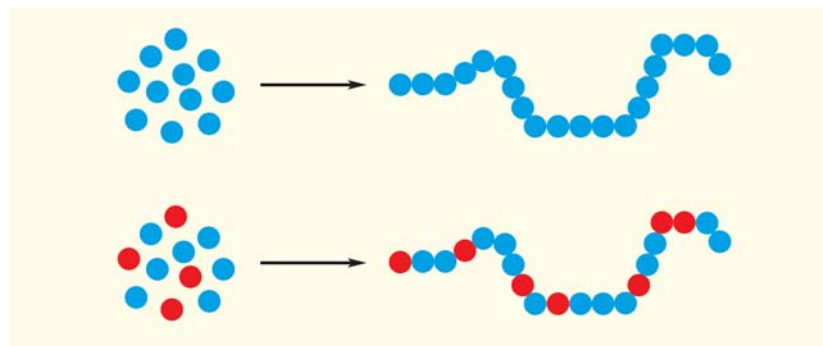


Рис.1. Образование гомо- и сополимера (из одинаковых и разных звеньев соответственно).

нить физико-химические и физико-механические свойства материала. Например, частичное (на 5–10%) хлорирование полиэтилена высокой плотности повышает адгезию пленок полиэтилена к различным поверхностям, изменяет смачиваемость, нарушает регулярность строения исходных макромолекул и понижает его прочность. На свойства сополимеров существенным образом влияют внутримолекулярная структура цепи (или *микроструктура*), т.е. характер распределения мономерных звеньев (чередующееся, блочное или статистическое), а также их *композиционная неоднородность*, т.е. наличие в полимере макромолекул различного состава. Повышение степени чередования звеньев и композиционной однородности в большинстве случаев дает возможность одновременно повысить прочность и эластичность полимера (улучшить его механические свойства). Блочная микроструктура позволяет реализовывать в одной макромолекуле свойства индивидуальных компонентов, что особенно важно для гомополимеров, механические смеси которых несовместимы друг с другом. Линейные и разветвленные макромолекулы, включая дендритные, звездообразные, привитые и молекулярные щетки (рис.2), по-разному ведут себя в растворах, расплавах и в блоке (твердом состоянии), что также определяет различие их физико-химических свойств.

Таким образом, управление строением полимерной цепи (ее топологией, составом, микроструктурой) — одна из важнейших задач современной полимерной химии (именно структура цепи предопределяет свойства полимера и области его применения).

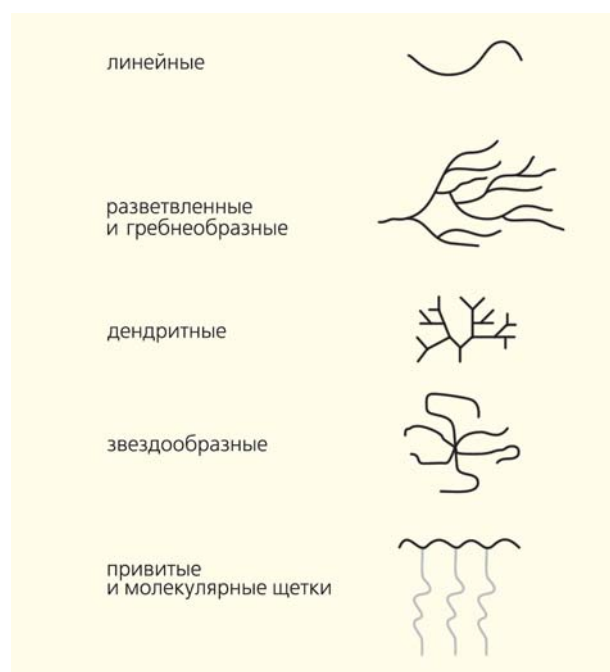


Рис.2. Виды макромолекул.

Полимеризация: вехи пути

Синтез высокомолекулярных соединений осуществляют путем двух принципиально разных реакций — *полимеризации* и *поликонденсации*. В последнем случае образование макромолекулы происходит в результате ступенчатого взаимодействия функциональных групп многофункциональных (минимум бифункциональных) мономеров (например, окси- или аминокислот). Здесь мы остановимся на первом варианте — рассмотрим основные закономерности полимеризационных процессов и их возможности для осуществления макромолекулярного дизайна.

Полимеризация — это цепная реакция, при которой макромолекула образуется путем последовательного присоединения молекул одного или нескольких низкомолекулярных веществ (мономеров) к растущему активному центру (рис.3).

Природа активного центра может быть различной: радикальной (активный центр — свободный радикал R^{\cdot}); ионной (катионной и анионной — концевой атом растущей цепи несет полный или частичный положительный R^+ или отрицательный заряд R^- соответственно); координационно-ионной (противоион, входящий в состав активного центра, принимает участие в акте роста, образуя с присоединяющейся молекулой мономера координационный комплекс или циклическое переходное состояние). По числу участвующих в полимеризации типов мономеров различают *гомополимеризацию* (один мономер) и *сополимеризацию* (два или более мономеров).

Первые синтетические полимеры были получены в середине XIX в. практически одновременно с выделением первых способных к полимеризации виниловых мономеров. Например, Дж.Блит и А.Хофманн в 1845 г. сообщили, что при нагревании стирола в запаянных ампулах образуется твердый продукт, который можно резать ножом, но имеющий тот же состав. Таким образом был описан синтез полистирола. Однако тогда их счи-

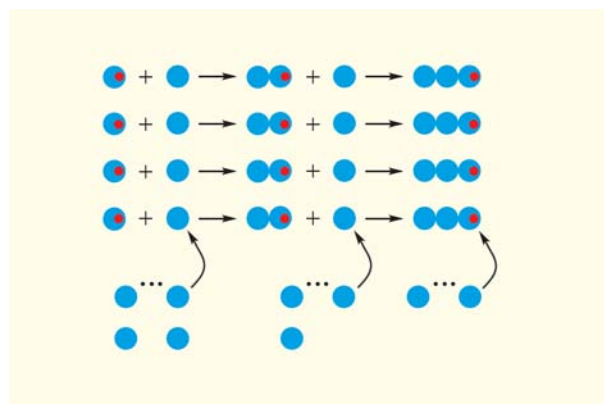


Рис.3. Схема полимеризации. Молекулы одна за другой последовательно присоединяются к концу активного центра.

тали нежелательными побочными продуктами реакций органического синтеза и называли смолами. Это название прижилось, и сейчас так обычно называют некоторые продукты поликонденсации, например эпоксидные и фенолформальдегидные смолы.

Толчком к развитию полимерной химии фактически послужила необходимость разработки метода получения синтетического каучука (1920-е годы). Благодаря классическим работам С.В.Лебедева, исследовавшего полимеризацию диеновых соединений и синтезировавшего искусственный каучук путем каталитической полимеризации бутадиена, начали активно изучать закономерности полимеризационных процессов и искать взаимосвязи строения мономеров с их склонностью к полимеризации. Только в начале 1930-х гг. было доказано, что полимеризация — это цепной процесс, приводящий к образованию высокомолекулярных соединений.

Когда установили цепной механизм полимеризации, стали изучать отдельные элементарные стадии процесса. Это привело к разработке как новых методов исследования кинетики полимеризационных процессов, без знания которой невозможно установить механизм процесса, так и, естественно, к выявлению основных закономерностей реакций полимеризации.

В реакции полимеризации, как известно, способны участвовать мономеры, содержащие кратные связи ($C=C$, $C\equiv C$, $C=O$, $C\equiv N$), а также циклические мономеры. При полимеризации активный центр атакует молекулу мономера, при этом в мономере размыкается кратная связь (например, $C=C$) или цикл, между активным центром и мономером образуется новая одинарная связь, и активный центр перескакивает на присоединившийся мономер. Другими словами, образование макромолекулы напоминает нанизывание бусинок на нитку. Обычно состав и структура мономерного звена в макромолекуле соответствуют исходному мономеру (за исключением размыкающейся кратной связи), однако иногда различия все же наблюдаются — за счет образования новых связей внутри мономерного звена, изомеризации активного центра или выделения низкомолекулярных веществ. Выбор механизма полимеризации определяется прежде всего химической природой мономера. Например, в радикальную полимеризацию вступают лишь мономеры с кратной $C=C$ связью, мономеры же с поляризованной кратной связью $C=O$ гетероатомом и циклические мономеры таким способом не объединяются.

Процесс полимеризации включает стадии *инициирования, роста, обрыва и передачи цепи*; первые две стадии обязательны, а протекание двух последних в некоторых случаях можно регулировать и даже исключить.

На стадии инициирования под действием специально вводимых веществ (инициаторов и ката-

лизаторов), излучения высоких энергий (радиационная полимеризация) или света (фотополимеризация) происходит активация небольшой доли молекул мономера: кратная связь или цикл в мономере разрывается, и образуется *активный центр*. Рост (развитие) цепи осуществляется путем последовательного присоединения молекул мономера к образовавшимся активным центрам. Обрыв (гибель) цепи случается из-за взаимодействия активного центра с другим активным центром (только в радикальной полимеризации), с другим веществом или из-за его изомеризации. Если активный центр переходит на другую молекулу (мономера, растворителя, полимера, инициатора и др.), начинающую рост новой макромолекулы, то такая реакция называется передачей цепи.

Чаще всего активные центры при полимеризации возникают не одновременно, а их обрыв или передача цепи происходит случайным образом. Вследствие этого образуются макромолекулы разной длины или разной молекулярной массы. Таким образом, все синтетические полимеры — *полидисперсные* (полимолекулярные) вещества. При сополимеризации возникает дополнительная сложность: когда используются мономеры, имеющие разную реакционную способность, в общем случае образуется полидисперсный композиционно-неоднородный сополимер.

Постепенно устанавливались механизм и основные закономерности полимеризационных процессов, разрабатывались все новые способы осуществления полимеризации (координационно-ионной; метатезисной, т.е. обменной реакции линейных диенов или полимеризации циклических алкенов с раскрытием цикла, и др.), синтезировали полимеры на основе разнообразных, подчас весьма экзотических мономеров. По мере этого прогресса ученые стали задумываться над возможностью управления процессом образования полимеров. Первые достижения в этом направлении были связаны с открытием *«живой» анионной полимеризации* (т.е. протекающей в отсутствие реакции обрыва и передачи цепи с сохранением активных центров вплоть до полного исчерпания мономера) в середине 1950-х гг. [1]. В условиях мгновенного инициирования при этом образовывались практически монодисперсные полимеры. Именно таким методом впервые удалось получить градиентные (состав которых меняется от начала к концу цепи) и блочные (блок-сополимеры) макромолекулы. Этот успех способствовал в дальнейшем открытию *«живой» катионной полимеризации* [2]. Но круг мономеров, способных полимеризоваться по ионному механизму, весьма узок. В результате были предприняты попытки осуществить *«живую» радикальную полимеризацию*. Попытки удалась в середине 1970-х годов при проведении низкотемпературной (до 77 К) радиационной твердофазной постполимеризации: крайне низкая трансляционная и ориентацион-

ная подвижность активных центров полимеризации в твердой фазе при пониженных температурах позволяет, в отличие от жидкой фазы, разделить по времени стадии инициирования и роста полимерных цепей. Мономер представляет собой застеклованную жидкость, и в таком состоянии протекание реакций роста и обрыва полимерных цепей невозможно. Твердофазная постполимеризация наблюдается, если затем разогреть мономер при более высоких температурах: вначале развивается нестационарный процесс, сопровождающийся гибелью части активных центров, но затем концентрация активных центров стабилизируется, и основная часть полимера образуется в условиях безобрывной твердофазной полимеризации [3].

В ряде случаев для ограничения подвижности макрорадикалов в полимеризационные системы вводили комплексообразователи ($ZnCl_2$, H_3PO_4 и др.). Однако широкое распространение этот метод не получил, так как его практическое исполнение сопряжено с заметными экспериментальными трудностями и преимуществ перед живой анионной полимеризацией он не имеет. Дальнейшие исследования показали, что реакцию обрыва радикалов роста, мешающую осуществлению контролируемого синтеза полимеров, можно заменить другими реакциями, в которых макрорадикалы обратимо взаимодействуют со специально введенными добавками (агентами обрыва или передачи цепи). При этом радикалы роста на время переходят в неактивное («спящее») состояние, а затем вновь «оживают» и участвуют в реакции роста цепи до следующего акта временного ограничения цепи. Такие процессы получили общее название *псевдоживая/контролируемая радикальная полимеризация*, их интенсивное исследование привело к новому этапу развития, казалось бы, хорошо изученной радикальной полимеризации [4–6].

Почему «псевдоживая»?

Управляемый синтез полимеров с помощью нетрадиционных методов радикальной полимеризации уже давно привлекает внимание многих исследовательских групп. Это связано с тем, что в классических радикальных процессах, которые до сих пор активно используются для получения многих современных синтетических материалов, возможности макромолекулярного дизайна существенно ограничены из-за неконтролируемых реакций необратимого обрыва макрорадикалов. Следствием этих реакций становится короткое время жизни полимерной цепи по сравнению с продолжительностью самого процесса полимеризации. При этом цепи, возникающие в разный момент времени, растут в неодинаковых условиях, поскольку по ходу процесса заметным обра-

зом меняются не только концентрации мономера и инициатора, но и вязкость реакционной среды. Однако, если научить радикалы роста «оживать», заменив их необратимое взаимодействие друг с другом обратимыми реакциями обрыва или передачи цепи при помощи специально введенных соединений, время жизни активных центров в ходе полимеризации увеличится по сравнению с обычным радикальным процессом, и тем значительнее, чем чаще «оживает» цепь. Это приводит к тому, что даже при растянутом во времени инициировании макромолекулы успевают выровняться между собой по длине (за счет многократного оживления цепей и их участия в реакции роста) и полученный полимер будет характеризоваться узким молекулярно-массовым распределением (рис.4). Тем не менее в таких процессах все равно сохраняется вероятность протекания необратимого обрыва радикалов роста.

Таким образом, несмотря на то что радикальная полимеризация в присутствии подобных добавок приобретает все свойства живых процессов (линейный рост молекулярной массы полимера, образование полимеров с узким молекулярно-массовым распределением, способность возобновлять полимеризацию при введении свежей порции мономера), она *не является живой*, поскольку часть времени активный центр находится в неактивном состоянии и реакции обрыва цепей в этих системах все-таки могут протекать. Именно поэтому такую полимеризацию называют *псевдоживой* или *контролируемой*.

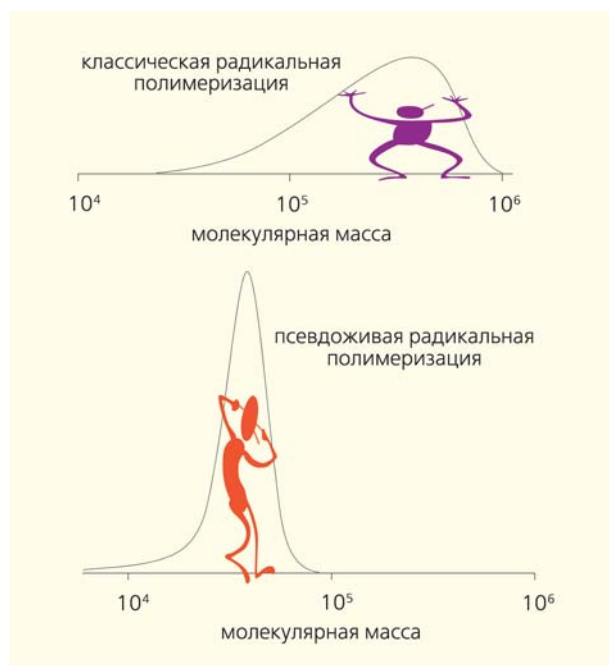
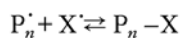


Рис.4. Кривые молекулярно-массового распределения полимеров, образующихся в ходе классической и псевдоживой радикальной полимеризации.

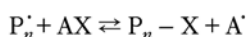
Как ее осуществить?

Первые ощутимые успехи в области псевдоживой радикальной полимеризации появились в начале 1980-х годов, хотя предпосылки для них были заложены еще в 1940-60-х годах в работах зарубежных ученых Г.Шульца, Е.Борсига, Т.Ферингтона и А.Тобольского. В 1982 г. Т.Отсу (Япония) предложил концепцию *инифертерной* (от англ. iniferter: initiator — transfer agent — terminator) полимеризации, названную им также «живой радикальной полимеризацией» [7]. В 1981 г. Д.Браун и А.Бледзки (Германия) описали живую радикальную полимеризацию под действием тетраарилэтанонов [8]. В начале 1980-х наш соотечественник Б.Р.Смирнов сообщил о полимеризации (мет)акрилатов с использованием порфиринов кобальта по механизму каталитической передачи цепи [9]. В 1985 г. Д.Соломон (Австралия) запатентовал применение алкоксиаминов для проведения живой радикальной полимеризации [10]. Спустя десять лет были разработаны новые способы проведения псевдоживой полимеризации, основанные на обратной передаче цепи [11, 12].

Итак, как можно классифицировать многообразие известных на сегодняшний день типов псевдоживых процессов? Наиболее простая классификация основана на молекулярности реакции активации («оживления») цепей. Активация может происходить путем *гомоллиза лабильной концевой связи* аддукта P_n-X , т.е. посредством *мономолекулярной реакции*

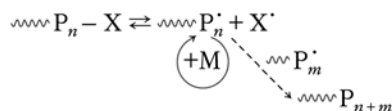


или путем *обмена группы X между активными и «спящими» цепями*, т.е. посредством *бимолекулярной реакции*



С точки зрения механизмов активации—деактивации «живых» цепей процессы псевдоживой радикальной полимеризации можно разделить следующим образом [4].

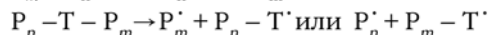
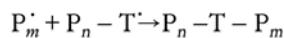
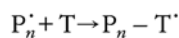
Реакции обратимого обрыва (обратимого ингибирования), в которых радикал роста обратимо взаимодействует со стабильным или малоактивным радикалом, причем образующийся аддукт содержит лабильную концевую группу, способную отщепляться от конца цепи под действием нагревания или облучения:



К процессам этого типа относят *инифертерную* полимеризацию, полимеризацию под действием стабильных радикалов, включая нитроксильные радикалы и порфирины кобальта.

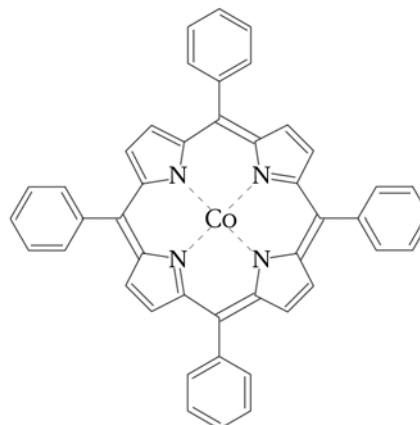
Уникальность инифертеров заключается в том, что эти соединения, как это следует из их названия, работают одновременно инициаторами, агентами обрыва и передачи цепи. К инифертерам относят тиурамдисульфиды ($[Alk_2NC(=S)S]_2$), ксантаты ($AlkOC(=S)SAlk$), замещенные тетраарилэтаноны ($Ar_2C(X)-C(X)Ar_2$) и др. Пик активности изучения этих процессов пришелся на конец 1980-х — середину 1990-х годов. Хотя инифертерная полимеризация не нашла широкого применения в контролируемом синтезе полимеров, особенно макромолекул сложной архитектуры, она до сих пор с успехом используется для получения полимеров, привитых на неорганическую поверхность. В качестве стабильных радикалов обычно используют нитроксильные радикалы, такие как ТЕМПО (2,2,6,6-тетраметилпиперидин-N-оксил) — традиционный ингибитор радикальной полимеризации, который при повышенных температурах способен к гомолитическому отщеплению от конца цепи.

Интересный вариант осуществления этого механизма — использование спиновых ловушек (нитронов или нитрозосоединений, которые образуют нитроксильные радикалы *in situ*). Вначале радикал $P_n \cdot$ взаимодействует с ловушкой T с образованием стабильного нитроксильного радикала, который затем захватывает еще один радикал роста и превращается в «спящий» аддукт P_n-T-P_m , способный регенерировать радикал роста и макронитроксильный радикал:



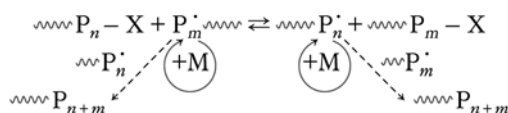
Этот процесс весьма удобен для получения триблок-сополимеров АВА: аддукт P_n-T-P_m добавляют к порции «чужого» мономера B и нагревают; в результате мономер B встраивается между концевым звеном радикала P_n или P_m и спиновой ловушкой T, и образуется триблок-сополимер.

Для проведения контролируемого синтеза используют и порфирины кобальта:



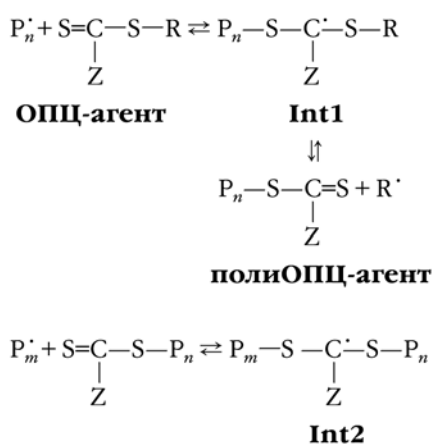
Правда, механизм этого процесса весьма сложен и неоднозначен.

Реакции обратимой передачи цепи, в которых радикал обратимо взаимодействует с агентом передачи цепи, содержащим лабильный атом или группу атомов:



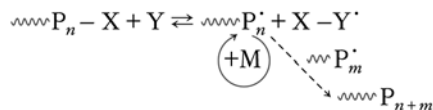
К этим процессам относят реакции с вырожденной передачей цепи под действием алкилиодидов, порфиринов кобальта (при полимеризации метакриловых мономеров) и органических соединений Te, Ti, As, Sb или Vi.

Однако основной прорыв в этом направлении связан с открытием австралийскими учеными в 1998 г. процесса, который в англоязычной литературе получил название RAFT (reversible addition–fragmentation chain transfer, т.е. обратимая передача цепи по механизму присоединения–фрагментации, или, для краткости, ОПЦ) [12, 13]. Аббревиатура RAFT весьма символична, так как по-английски raft означает плот. Можно представить себе, как агент передачи цепи (плот) переносит активный центр от одной макромолекулы к другой, приводя к «засыпанию» одной и «оживлению» другой цепи. В качестве агентов ОПЦ используют серосодержащие соединения общей формулы Z–C(=S)–S–R, где Z и R – обычно алкильные или арильные заместители. Механизм ОПЦ-полимеризации наряду со стадиями иницирования, роста и обрыва цепи включает специфические стадии обратимой передачи цепи:

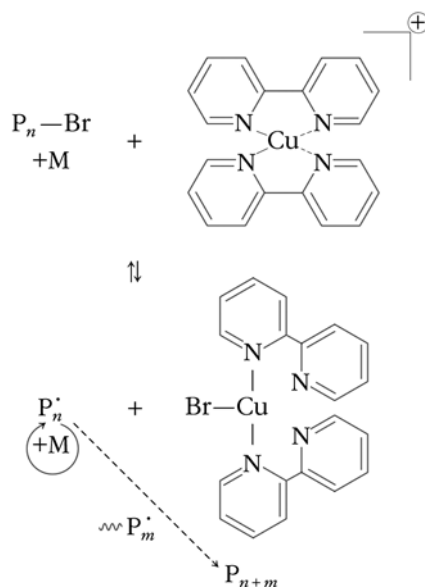


Несмотря на огромное количество публикаций по использованию ОПЦ-полимеризации для направленного синтеза полимеров, полная кинетическая схема процесса в силу его сложности и неоднозначности так и не создана. Однако это не мешает активному использованию ОПЦ-агентов в синтезе макромолекул сложной архитектуры.

Реакции обратимого переноса атома или группы, в которых макрорадикал обратимо взаимодействует со специальной добавкой (катализатором) посредством окислительно-восстановительной реакции:



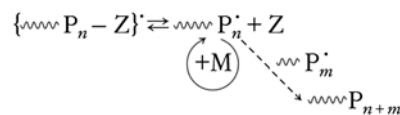
Примером этих процессов служит полимеризация с переносом атома, в зарубежной литературе получившая название ATRP (atom transfer radical polymerization):



В этом случае в качестве катализатора используется соединение переходного металла, а в качестве инициатора – обычно алкилгалогенид (чаще бромид), химическая структура которого близка к структуре полимеризуемого мономера.

Полимеризация с переносом атома стала первым радикальным процессом, в котором удалось получить полимеры с такой же низкой полидисперсностью, что и в живой анионной полимеризации, синтезировать первые градиентные сополимеры, звездообразные полимеры и молекулярные щетки.

Реакции обратимого спинового захвата, в ходе которых радикал роста взаимодействует со специальной добавкой, образуя стабильный радикал:



Пример таких процессов – полимеризация под действием тиокетонів R–S–C(=S)–S–R. Для этих

систем характерен рост молекулярной массы с увеличением конверсии, но одновременно с ним и уширение молекулярно-массового распределения. Недостаток такого подхода — неспособность продукта реакции возобновить живой процесс при добавлении свежей порции мономера из-за того, что полимер образуется исключительно за счет реакции необратимого обрыва радикала роста; сами спиновые аддукты неустойчивы, и выделить их невозможно.

Псевдоживая полимеризация командует

Подавление необратимого обрыва радикалов роста в псевдоживой радикальной полимеризации позволяет избавиться от такого нежелательного явления, как гель-эффект. Суть его заключается в том, что возрастание вязкости реакционной среды, которое обычно наблюдается при полимеризации мономера в отсутствие растворителя, приводит к резкому торможению реакции обрыва макрорадикалов. Из-за этого скорость полимеризации возрастает, что сопровождается разогревом реакционной смеси, и получаются макромолекулы с более высокой молекулярной массой. Результатом гель-эффекта становится образование полимера с широким молекулярно-массовым распределением и неоднородность самого полимерного образца (наличие в нем пузырей, отслаивание от стенок реакционного сосуда). Таким образом, устранение гель-эффекта, оказавшееся возможным благодаря, во-первых, появлению новых обратимых реакций с участием радикалов роста и, во-вторых, понижению стационарной концентрации макрорадикалов, имеет важное практическое значение: полимеризацию можно доводить до полного исчерпания мономера без опасения получить неоднородный продукт с плохими физико-химическими и физико-механическими свойствами.

Однако возможности псевдоживой радикальной полимеризации гораздо шире, чем просто контроль скорости процесса и молекулярно-массового распределения полимера. Прежде всего, важнейшее достоинство псевдоживой радикальной полимеризации в том, что по окончании реакции удастся по-

лучать композиционно-однородные сополимеры в широком интервале составов мономерной смеси (благодаря способности макромолекул «оживать» и расти дальше в ходе процесса). Отсутствие такой способности у макромолекул, образующихся в ходе классической радикальной полимеризации, приводит к накоплению в ходе процесса макромолекул различного состава и различной длины (рис.5).

Более того, если сополимер, полученный в ходе псевдоживой полимеризации, добавить к свежей порции мономерной смеси (того же или другого состава или просто другого мономера) и инициатора (при необходимости), то «ожившая» цепь будет присоединять к себе мономер и образовывать уже блок-сополимер (рис.6).

Таким, на первый взгляд, нехитрым способом можно *управлять распределением звеньев в макромолекуле*, каждый раз наращивая фрагмент полимерной цепи заданного состава. Однако этот процесс нельзя вести до бесконечности, поскольку по мере увеличения молекулярной массы полимера возрастает вязкость реакционной среды, а также уменьшается концентрация активных це-

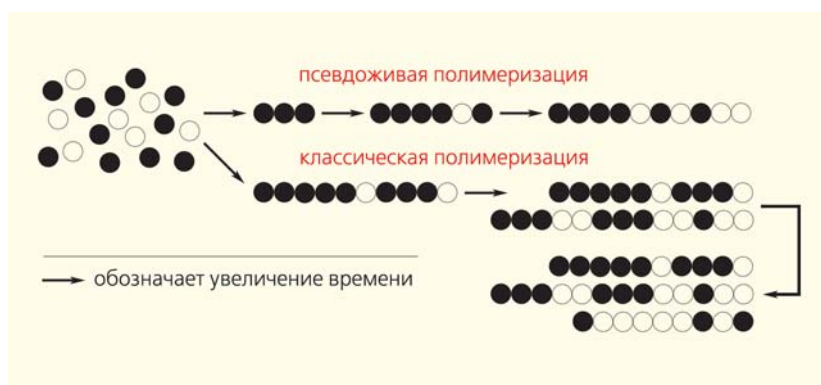


Рис.5. Псевдоживая радикальная сополимеризация в сравнении с классической: в первом случае образуется однородный по длине и по составу полимер, во втором — получаются цепочки разной длины и разного состава.

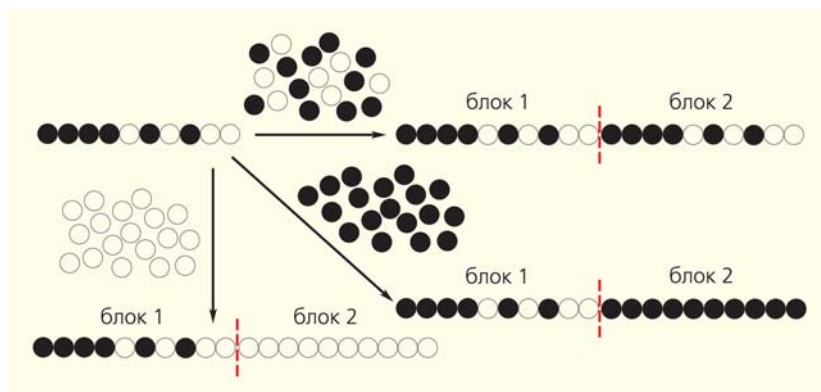


Рис.6. Образование блок-сополимера, в котором после добавления в смесь соответствующего мономера или смеси мономеров идет их последовательное присоединение к концу полимерной цепи.

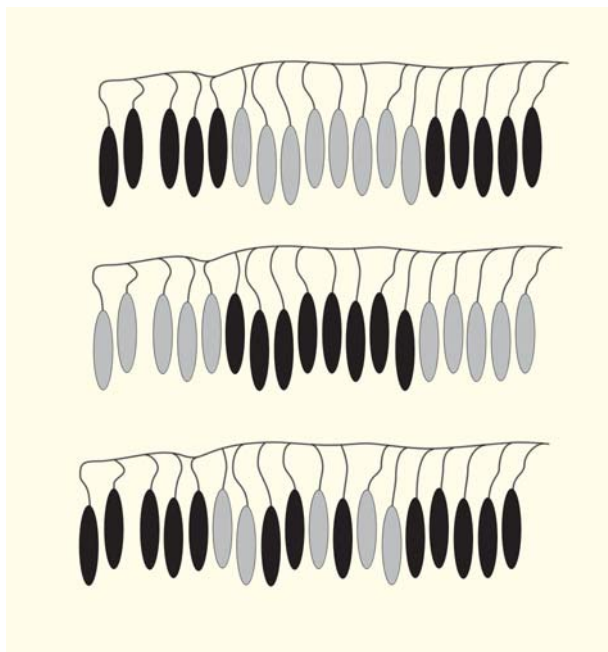


Рис.7. Гребнеобразные блок-сополимеры разного строения.

пей, так как их все труднее перевести в раствор. В результате увеличивается вклад побочных реакций, нарушающих псевдоживой механизм, и наряду с «живыми» цепями образуются неактивные «мертвые».

В зависимости от функциональности агента псевдоживой полимеризации и химической природы используемых мономеров можно получать макромолекулы разной архитектуры. Псевдоживая радикальная полимеризация удобна для синтеза *гребнеобразных жидкокристаллических блок-сополимеров* (рис.7), обладающих способностью формировать анизотропные мезофазы за счет самоорганизации боковых мезогенных групп и позволяющих объединять в одну макромолекулу группы с собственными функциональными свойствами — оптической активностью, фото-, электрочувствительностью и т.д.

Впервые полностью жидкокристаллические блок-сополимеры были получены в МГУ полимеризацией по механизму обратимой передачи цепи с использованием симметричных тритиокарбонатов (R–S–C(=S)–S–R) [14]; синтез блок-сополимеров на основе аморфных и жидкокристаллических блоков описан методом полимеризации с переносом атома [15].

Циклические макромолекулы получают, используя реакции «click chemistry»; этот термин ввел в обращение Б.Шарплес в 2001 г. для описания реакций, простых в исполнении, протекающих стереоспецифично и с высоким выходом в легкоудаляемых растворителях, с образованием легкоотделяемых побочных продуктов. Типичным примером можно считать синтез цикличес-

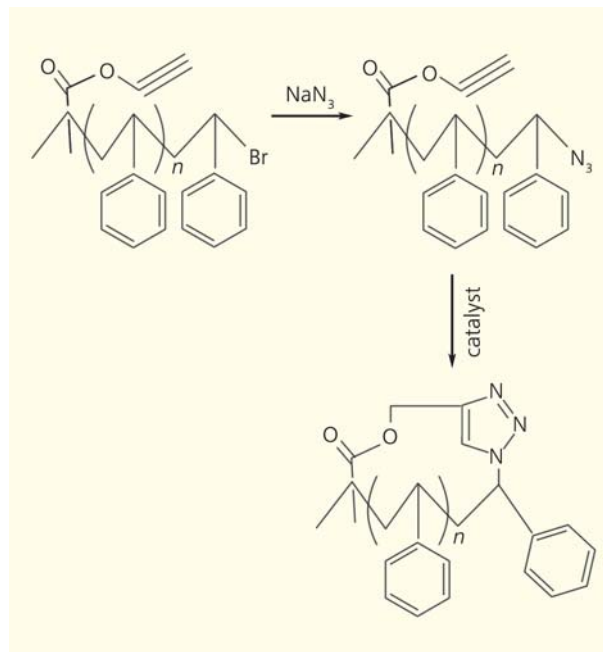


Рис.8. Схема синтеза циклических полимеров.

кого полистирола методом полимеризации с переносом атома (рис.8); аналогичный продукт можно получить и методом ОПЦ.

Синтез *звездообразного полимера* подразумевает использование такого полифункционального агента псевдоживой полимеризации (количество активных групп более двух), что все растущие полимерные цепи (лучи) исходили бы из одного центра [6]. При этом очень важно подобрать условия полимеризации таким образом, чтобы исключить протекание реакций обрыва между образующимися «звездами» (рис.9).

Для получения *привитых сополимеров* используют разные приемы прививки: «на», «от» и «через» (рис.10); конкретный выбор которых определяется природой мономера, густотой прививки и легкостью активации растущего центра [6].

Один из вариантов привитых полимеров — *молекулярные щетки* (одна привитая цепь приходится примерно на каждое повторяющееся звено основной цепи); основная и привитые цепи обычно имеют разную химическую природу. Последние успехи в этой области связаны с комбинацией конденсационных и полимеризационных полимеров (рис.11) [16].

Сверхразветвленные полимеры — древовидные макромолекулы нерегулярного строения. Их синтез осуществляют с помощью реакций поликонденсации и полимеризации полифункциональных мономеров.

При сополимеризации моно- и бифункционального (обеспечивающего появление разветвлений в цепи) мономеров, например стирола и дивинилбензола, уже на первых этапах образу-

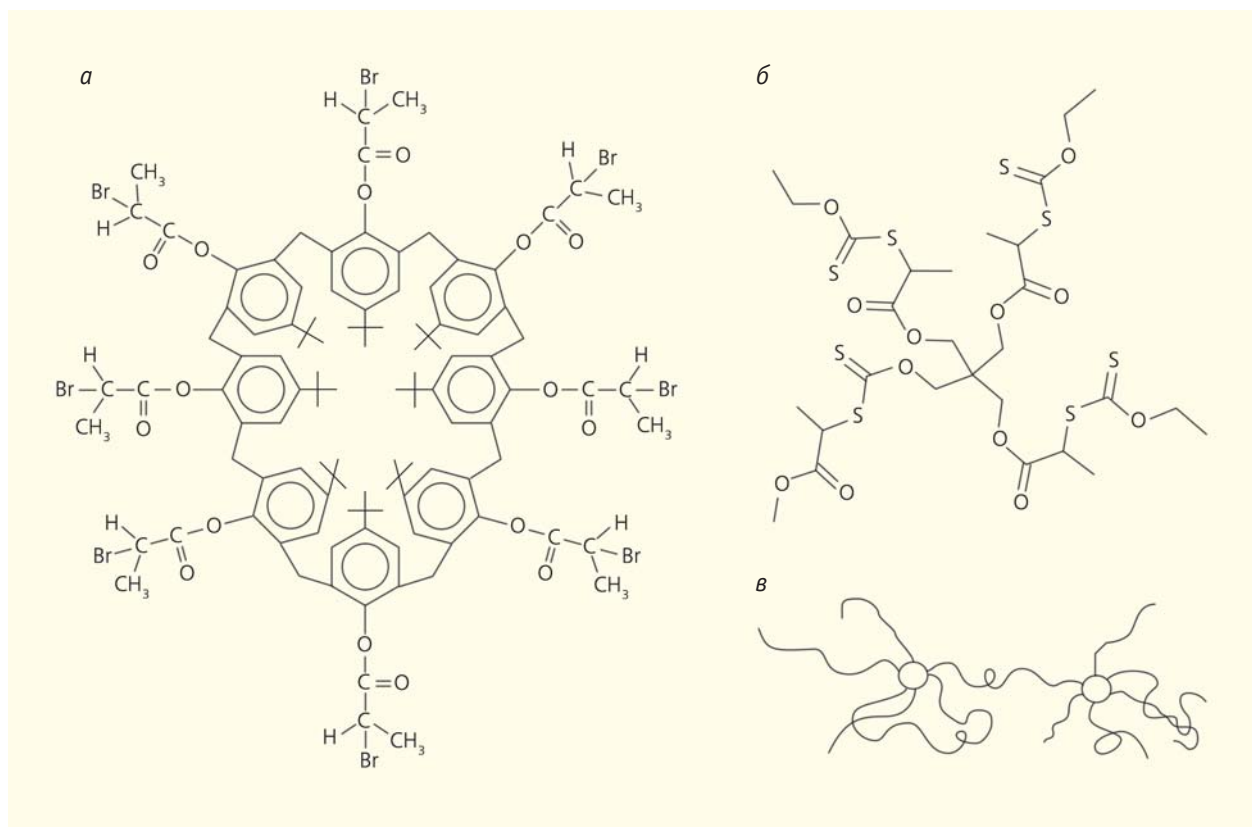


Рис.9. Инициаторы для синтеза звездообразных полимеров (а, б) и продукты обрыва «звезд» (в).

ется гель — сшитый полимер, содержащий некоторое количество линейных и разветвленных макромолекул. Максимальное содержание сверхразветвленной фракции отвечает сшивкам мономера вблизи начала гелеобразования, и, чтобы повысить ее выход, необходимо увеличить критическую для гелеобразования длину. Для этого следует понизить молекулярную массу первичной цепи (гипотетической цепи, получаемой в отсутствие реакций сшивания), повышая концентрацию инициатора, добавляя агент обрыва или передачи цепи. Однако лишь использование агентов псевдоживой полимеризации позволяет не только отдалить во времени стадию гелеобразования, т.е. увеличить время образования сверхразветвленного продукта, но и повысить регулярность ветвления цепей [17].

Приведенные примеры показывают: разнообразие уже доступных макромолекулярных структур, которые можно получить в рамках псевдоживой ра-

дикальной полимеризации, столь велико, что в дальнейшем прогресс в этой области будет зависеть от конкретных практических задач и, естественно, определяться навыками и фантазией исследователя.

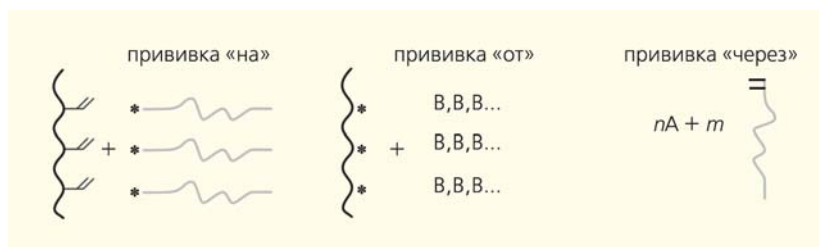


Рис.10. Способы синтеза привитых сополимеров.

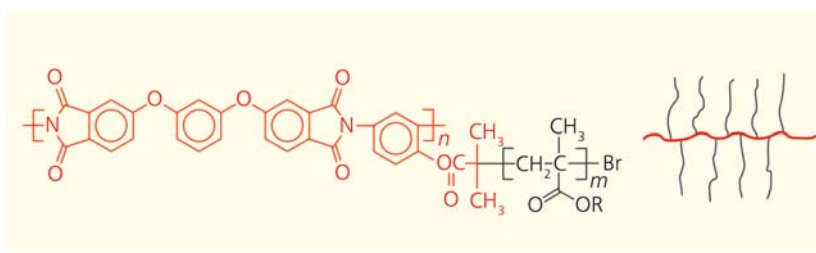


Рис.11. Молекулярные щетки.

Что дальше?

Итак, открытия последних десятилетий дали новый толчок развитию радикальной полимеризации, что позволило разработать подходы к синтезу макромолекул заданной структуры, молекулярной массы и топологии. К настоящему времени ученые научились сочетать в синтезе макромолекул сложной архитектуры достижения всех типов живых процессов — анионной, катионной и радикальной полимеризации, а также умело использовать поликонденсационные процессы. Это дает химикам-синтетикам практически безграничные возможности для решения практических задач — создания функциональных материалов для энергетики, электроники, фотоники, мембранных тех-

нологий, медицины (например, наноконтейнеров для доставки лекарств), композиционных и наноконпозиционных материалов и т.д.

В каком направлении будет развиваться макромолекулярный дизайн дальше? Вероятно, часть исследователей нацелится на поиск новых, более простых методов контролируемого синтеза, которые позволят осуществлять этот синтез не только в лабораторных условиях, но и в промышленности. Другая же часть, как показывает анализ современной литературы, займется исследованиями, позволяющими на основании молекулярного строения цепи и ее архитектуры предсказывать свойства и области применения получаемого материала.

Так что в этой области нас еще ожидает дальнейший прогресс. ■

Литература

1. *Szwarc M.* "Living" polymers // *Nature*. 1956. V.178. N 4543. P.1168—1169.
2. *Kennedy J.P., Ivan B.* Designed Polymers by Carbocationic Macromolecular Engineering: Theory and Practice. Munich, 1992.
3. *Кабанов В.А., Зубов В.П., Семчиков Ю.Д.* Комплексно-радикальная полимеризация. М., 1987.
4. *Handbook of Radical Polymerization* / Ed. K.Matyjaszewski, T.P.Davis. Hoboken, 2002.
5. *Controlled/Living Radical Polymerization: From Synthesis to Materials* / Ed. A.H.E.Muller, K.Matyjaszewski. Weinheim, 2009.
6. *Hadjicristidis N., Pispas S., Floudas G.* Block Copolymers: Synthesis Strategies, Physical Properties, and Applications. Hoboken, 2003.
7. *Otsu T., Yoshida M.* Role of initiator-transfer-agent-terminator (iniferter) in radical polymerization // *Макромол. Chem. Rapid Commun.* 1982. V.3. P.127—132.
8. *Bledzki A., Braun D.* Polymerisationsauslösung mit substituierten Ethanen, 1. Polymerisation von Methylmethacrylat mit 1,1,2,2-Tetraphenyl-1,2-diphenoxyethan // *Макромол. Chem.* 1981. V.182. P.1047—1056.
9. *Оганова А.Г., Смирнов Б.Р., Иоффе Н.Т. и др.* Обратимое ингибирование при радикальной полимеризации бутилакрилата в присутствии порфиринакобальта // *ДАН*. 1983. Т.268. №4. С.917—920.
10. *Solomon D.H., Rizzardo E., Cacioli P., inventors;* Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (AU), assignee; US4581429, 1985.
11. *Wang J.S., Matyjaszewski K.* Controlled/"living" radical polymerization. Atom transfer radical polymerization in the presence of transition-metal complexes // *J. Am. Chem. Soc.* 1995. V.117. P.5614—5615.
12. *Cbiefari J., Cbong Y.K., Ecrole F., et al.* Living free-radical polymerization by reversible addition-fragmentation chain transfer: the RAFT process // *Macromolecules*. 1998. V.31. №16. P.5559—5562.
13. *Handbook of RAFT Polymerization* / Ed. C.Barner-Kowollik. Weinheim, 2008.
14. *Шибяев В.П., Иванов М.Г., Бойко Н.И., Черникова Е.В.* Новый подход к синтезу жидкокристаллических трехблочных сополимеров с холестерической структурой // *ДАН*. 2009. Т. 427. № 4. С.1—3.
15. *Yu H., Naka Y., Sbishido A., Ikeda T.* Well-defined liquid-crystalline diblock copolymers with an azobenzene moiety: synthesis, photoinduced alignment and their holographic properties // *Macromolecules*. 2008. V.41. №21. P.7959—7966.
16. *Якиманский А.В., Мелешко Т.К., Ильгач Д.М. и др.* Прививочная сополимеризация виниловых мономеров на полиимидных макроинициаторах методом радикальной полимеризации с переносом атома // *Известия РАН. Серия химическая*. 2012. №5. С.994—1004.
17. *Иржак В.И.* Архитектура полимеров. М., 2012.

Роль подземных вод при наводнениях и селях

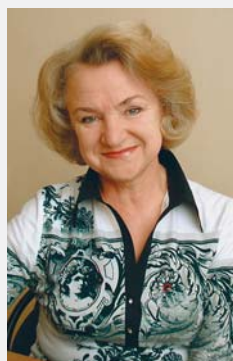
Т.А.Трифонова

Исследования сильных наводнений и селевых потоков, возникающих в руслах небольших горных рек, включают комплексный анализ их катастрофических последствий, оценку существующих рисков, прогноз места и времени их возникновения и путей распространения, а в конечном итоге — меры по защите населения и сооружений от этих грозных процессов.

К сожалению, данная проблема еще далека от успешного разрешения и не существует эффективных методов прогноза селей [1–3]. Из-за нерешенности этой проблемы возникают те колоссальные жертвы и разрушения, которые сопровождают такие явления на протяжении всей истории наблюдений. В последнее время эти грозные процессы активно обсуждаются на разных уровнях.

Основоположник учения о селях в Советском Союзе был С.М.Флейшман. Его первые работы относятся к 60–70-м годам прошлого века [4]. И несмотря на более чем 50-летнюю историю изучения данных вопросов, мало что изменилось в уровне познания механизма, морфологии, генезиса этого многофакторного процесса [1, 2].

В моих ранних публикациях рассматривался механизм формирования горного речного русла и литоводосборного бассейна [5–7]. Суть предложенной концепции заключалась



Татьяна Анатольевна Трифонова, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, заведующая кафедрой экологии Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г.Столетовых. Область научных интересов — исследование горных ландшафтов и речных бассейнов методами дистанционного зондирования.

в том, что в результате релаксации накапливающихся в горной породе напряжений в ней закладываются речные (русловые) трещины, которые развиваются от водоприемника (устья) вверх по склону к источнику. На конце такой трещины образуется зона напряжения и формируется водосборная воронка округлой формы (локальная зона бифуркации русла или возможного истока реки).

Трещины формируются не только на поверхности породы, но и достигают больших (более сотни метров) глубин [8–10]. В такую трещинную зону (фактически — транспортную систему) стягиваются подземные воды. Механизм этого многомерного процесса связан с действием внутреннего (глубинного) давления и капиллярных сил. В результате происходит резкий подъем подземных вод к поверхности. Именно эти воды участвуют в формировании бассейна рек и оказывают постоянное влияние на функционирование речной водной системы [5].

Если в обычных условиях русловая трещина неглубока и не достигает подземных вод, она все равно может развиваться в режиме «сухого русла», которое при наличии внешних факторов (например, даже небольшого землетрясения или обильных дождей) за счет консолидации вод может оказывать существенное влияние на катастрофические процессы [11, 12].

Другую, непостоянную, компоненту водного баланса представляет собой поверхностный сток, который главным образом зависит от климатических условий, но также составляет неотъемлемую часть единого речного бассейна.

Базовые факторы в развитии селей

Спусковой механизм возникновения селевых процессов — кратковременные (2–4 ч) обильные ливневые дожди и длительные (до нескольких суток) менее интенсивные обложные дожди. В количественном выражении речь идет о 100–300 мм осадков (с интенсивностью до 20 мм/ч) в первом случае и о 1800 мм (с интенсивностью 2 мм/ч) — во втором. Они выпадают на площади как минимум в десятки квадратных километров, но могут охватывать и огромные (в десятки тысяч квадратных километров) пространства.

Типичная же интенсивность селевого потока — от 10–50 до 5000–10 000 м³/с. Каким образом такая огромная масса атмосферной воды одновременно локализуется в русле небольшой горной реки, хотя для обозначенных выше площадей существует множество «более выгодных» водных стоков в едином водосборном речном бассейне, в том числе и обширных долин?

Еще одно странное обстоятельство связано с гранулометрическим составом высокоплотностных селевых потоков, в которых обломочный материал составляет до 75% и распределен неравномерно по глубине. Сели способны перемещать на значительные (до 5–15 км) расстояния со скоростью до нескольких десятков километров в час крупногабаритные породы размером до нескольких метров в поперечнике и массой до нескольких тонн.

Однако хорошо известно, что даже в бурных горных реках с большим объемом воды русловая каменно-почвенная структура достаточно устойчива и не может массово перемещаться только под напором поверхностных вод.

Здесь можно сослаться и на уникальные натурные эксперименты отечественных исследователей. В частности, с 1972 по 1991 г. под руководством Ю.Б.Виноградова было проведено шесть экспериментов на искусственном полигоне, созданном в бассейне р.Чемолган в Заилийском Алатау (Казахстан). Данный полигон представлял собой водохранилище с объемом воды 20 тыс. м³. Ниже по руслу реки был создан селевой очаг, врезанный в древнюю морену, и, что принципиально, без каких-либо участков с заторами. Эксперименты однозначно подтвердили предположения о многократном превышении объема и максимального расхода сформировавшегося селевого потока над параметрами исходного водного потока. Доказательством наших суждений служат и многочисленные (по сути — регулярные) аварийные сбросы воды из водохранилищ ГЭС и других искусственных водоемов (с типичной интенсивностью, например, 65 м³/с), которые тем не менее не приводят к формированию «рукотворных» селевых потоков.

Следующая группа проблемных фактов связана с часто наблюдающимся разделением по сезо-

нам — в одни месяцы происходит сход селей, а другие характеризуются интенсивными дождями и таянием снега в горах. Это разделение не очень убедительно пытаются объяснить предварительным увлажнением ландшафта, а также действием процессов выветривания. Обычно в горных массивах время активного селеобразования длится с апреля по ноябрь, но оно отнюдь не коррелирует жестко с периодом интенсивных атмосферных осадков. В частности, катастрофический сели, прошедший 25 мая 1946 г. на р.Гедар в Армении, не сопровождался обширными ливневыми дождями. Всего выпало 15–20 мм осадков, а общий объем селя составил 1.7 млн м³. Аналогичные явления наблюдаются и в Приэльбрусье, и на Военно-Грузинской дороге, где таяние снежного покрова само по себе не порождает значительных грязекаменных селей.

Более того, по сравнению с периодичностью обильных атмосферных осадков повторяемость селей происходит значительно реже: маломощные (объемом до 1 тыс. м³) бывают один раз в 2–3 года, катастрофические (объемом более 1 млн м³) — раз в 30–50 лет.

Интересно, что, например, на восточном фланге Байкальской рифтовой зоны склоновые сели редки, а в верховьях обычно существует только подрусловый сток (для дальнейшего изложения нам этот факт будет очень важен), выклинивающийся в среднем течении горной реки.

Отметим также, что во Французских Альпах возникновение селей в значительной степени определяется спецификой геоморфологической ситуации, а не только обильными осадками. В Хибинах водоснежные селевые потоки обусловлены не столько наличием локализованной области осадков и таянием снега на разных склонах, сколько единым водосборным бассейном (эти результаты были получены с использованием аэрокосмических методов наблюдения).

Селевые потоки несут пульсационный (волновой) характер: обычно 10–100 волн высотой 2–10 м за 1–4 ч и часто сопровождаются гулом и вибрацией поверхности земли. Сам по себе чисто поверхностный водный сток на сложном расчлененном рельефе не может приводить к катастрофическим явлениям в отдельно взятой горной реке, да еще с многометровыми по высоте волнами. Их образование трудно объяснить и возникшими заторами по руслу реки, прорывом плотин, дамб и другими случайными внешними факторами.

Многие обозначенные выше вопросы решаются в рамках бассейнового подхода к водным ресурсам конкретной горной реки с учетом фундаментальных физических процессов трещинообразования в горных породах [5–7]. Действительно, трещины в бассейне горных рек определяют поэтапное развитие и распространение селевого потока в целом. Русло любой реки можно

рассматривать как один из элементов системы трещин, наиболее ярко выраженный в горном массиве.

В связи с этим для изучения процессов селеобразования необходимо рассматривать наряду с климато-ландшафтными и антропогенными факторами геолого-геоморфологические и гидрографические [10, 13, 14].

Катастрофические процессы могут возникать и за счет локальных выбросов подземных вод, которые происходят в разных условиях, но обязательно — из-за разности гидростатических давлений в месте прорыва, по внезапно открывшемуся (в частности, из-за ливневых дождей) каналу (хорошо развитой трещине).

Здесь очень информативны существующие базы данных по скважинам в месторождениях минеральных источников, например, кавказских минеральных вод. Так, для скважины №107D (глубина 205 м) в Кисловодском месторождении при полном самоизливе типично давление в несколько атмосфер (до 9 кгс/см²). В месте дислокации данной скважины сверху вниз выделяются четыре водоносных горизонта (разделенных между собой относительно мощными водоупорными карбонатно-терригенными отложениями): 6—103 м (только этот уровень грунтовых вод напрямую пополняется за счет атмосферных осадков), 103—150, 150—203 и 212—300 м. Объем воды — дебит в интервале от 103 до 203 м составляет 290 м³/сут при понижении на 8 м [15].

Таким образом, водообильность скважины вполне сравнима с поверхностными потоками при стихийных бедствиях (особенно с учетом целой сети таких транспортных водных путей из разных горизонтов). Еще большие объемы вовлекаются в процесс вследствие раскрытия трещин, когда водопроницаемость пласта может возрастать под руслом горной реки в тысячу раз [8, 10], т.е. речь идет о соизмеримом вкладе подземных вод в катастрофические явления.

Во многих месторождениях для модуля перетока между различными водоносными горизонтами на конкретных территориях составлены карты изолиний. Там содержится информация о подпитке различных водоносных слоев, а также о наличии подземных участков рек, напрямую связанных с подземными потоками и затем выходящих на поверхность.

Для рассматриваемой скважины питание верхнего водного горизонта осуществляется за счет латерального притока из зоны инфильтрации, расположенной на 20 км южнее. Свой вклад вносят и вертикальные притоки из водоносных отложений с глубин 150—203 м с водообильностью горизонта 480 м³/сут при понижении на 12 м. Все это позволяет говорить о возможном взрывном выходе консолидированных подземных вод на поверхность как о причине возникновения катастрофических явлений.

Гидрогеодинамическая связь подземных и поверхностных вод

Механизм активизации селевых процессов можно смоделировать, используя фактические данные, получаемые при опытных откачках в водоносных пластах [16]. Действительно, при рассмотрении и расчете емкостных свойств (водоотдачи) в гетерогенных (слоистых) водоносных пластах, с учетом перетекания воды между ними, обычно решают обратную для нас задачу. При опытных откачках воды из определенного пласта на поверхность следят за временным режимом, с одной стороны, понижения, а с другой — восстановления водного дебита. В нашем же случае это рассматривается как модель выброса подземных вод с параметрами определенных горных пород, соответствующими условиям откачки.

С другой стороны, при изучении трещин в горном массиве в него закачивают воду и фиксируют ее распространение, таким образом определяя топологию первоначально сухих трещин [10, 14]. Для нас же опять важна обратная задача. Зная сеть трещин, мы сможем судить о возможных характеристиках выброса по ним подземных вод.

Как и при исследовании водоотдачи, для оценки объема подпитки (выброса) подземными водами по системе трещин необходимо учитывать влияние двух факторов [16]: заполнения водой уже существующих в горном массиве пор и трещин и изменения объема пор и трещин (происходящего при деформациях сжатия-растяжения), а также плотности самих водных потоков из-за различных твердых включений осадочных и осколочных пород. Упругая емкость горных пород рассчитывается в соответствии с принципами подземной гидростатики. Для этого важно знать давление (p), определяемое внутренним напряжением в массиве, которое равномерно по всем направлениям в соответствии с законом Паскаля передается подземными водами по трещинам. В случае, когда p превышает атмосферное давление ($p_{\text{атм}} = 1 \text{ кгс/см}^2 \approx 10^5 \text{ Па}$) и давление, которое способна выдержать блокирующая порода в трещинах или на земной поверхности, может произойти селевой выброс. В основании плотин искусственно наведенное глубинное давление способно достигать величины в 30 кгс/см² [2], а глубинные давления естественных горных массивов больше.

Дополнительные изменения давления могут быть обусловлены гидродинамическими факторами уже при движении подземных водных потоков. Для установившегося движения давление определяется соотношением Бернулли [19]:

$$\rho gz + \rho V^2/2 + p = \text{const}$$

(здесь первое слагаемое связано с силой тяжести, $\rho V^2/2$ — скоростной напор, p — статическое давление, константа в правой части определяет эффект уменьшения p при увеличении V и неизменном z).

Таким образом, в соответствии с законом Бернулли при движении подземных вод возникает зона разрежения, куда будут устремляться дополнительные потоки. Особенно это опасно при внезапном прорыве вод в свободные подземные полости по трещинам в горном массиве, поскольку приводит к резкому увеличению давления и взрывному выбросу воды из всех зон. В этом случае в потоке подземных вод могут возникать быстродействующие турбулентные течения и кавитация, еще больше расширяющие систему трещин. Аналогичные эффекты возможны и при прорыве внутренних (глубинных), так называемых «висячих» водных полостей, изначально изолированных от общей сети трещин.

Что касается выброса породы из глубины на поверхность, то силовое воздействие покоящейся жидкости на погруженное в нее замкнутое тело с конечным объемом определяется законом Архимеда. В этом случае главный вектор сил давления жидкости на поверхность погруженного в нее тела по значению равен весу жидкости в объеме тела и направлен снизу вверх, т.е. против силы веса тела. Порода же, перемещаясь по трещине, играет роль своеобразного поршня, выталкивающего находящиеся перед ним водные потоки [17].

Необходимо отметить, что линии действия силы тяжести (приложенной к центру масс) и архимедовой силы (проходящей через водоизмещение) могут не совпадать. Тогда возникают моменты гидростатической природы, приводящие к перевертыванию (вращению) пород в подземных потоках и, как следствие, — к расширению трещин.

Теоретическая модель формирования горного селя

Возникновение селей предполагает обязательное наличие русла. В верховьях горных рек молодые трещины еще слабо раскрыты, они находятся в стадии формирования. Однако в главной русловой и близлежащих трещинах горные породы постоянно разрушаются. В сезон дождей усиливается взаимодействие поверхностного и подземного стоков и резко увеличивается объем воды в прирусловой области. Но, поскольку сама русловая трещина забита различными породами и обломочным материалом, до определенного времени сохраняется стабильность функционирования руслового водного потока.

Особое внимание для дальнейшего развития сценария следует обратить на состояние вышележащего (по отношению к наблюдаемому месту возникновения будущего селя) водного бассейна, который можно представить в виде водосборной воронки, водохранилища или затора на русле (рис.1). Резкое увеличение здесь объема воды приводит к возрастанию гидростатического давления, передаваемого по консолидированной си-

стеме подземных вод. В условиях горной долины водные потоки (как поверхностные, так и внутренние) направлены исключительно в сторону русла реки. Воздействие давления на формирование селя обусловлено также градиентом высот наклонной плоскости.

Складывающаяся ситуация аналогична эффекту выброса воды из артезианской скважины или в виде гейзера. Другими словами, давление в водосборной воронке способствует тому, что подземные водные массы, скопившиеся в приповерхностной области русла реки, находят слабое место и вырываются на поверхность. Назовем эту часть русла «воротами селя» (см. рис.1).

Высота селевой волны определяется главным образом разностью между давлением в горном массиве в месте излияния потока (связано с внутренними напряжениями в породе, а также с внешними причинами — в основном с вышележащим водоемом) и поверхностным давлением, которое обусловлено условиями на земной поверхности, в том числе сложившимися из-за ливневых дождей. После выброса потока вверх возникшее в «воротах селя» низкое давление (по соотношению Бернулли) способствует вовлечению дополнительных масс воды (как поверхностных, так и подземных) и различного твердого обломочного материала. Это в свою очередь приводит к усилению интенсивности процесса, аналогично цепной реакции.

Более того, появление области низкого давления, спровоцированной таким лавинообразным механизмом, определяет зону, в которую вовлекаются дополнительные подземные воды, в обычной ситуации остававшиеся пассивными. Естественно, что место возникновения и интенсивность фонтанного взрыва зависят от конкретного состояния горного массива и его водных горизонтов, а также от климатических условий.

Мы провели анализ простейшей нелинейной модели однонаправленного распространения длинных гидродинамических волн (солитонов), используя уравнения Кортевега — де Вриза [18]. Оказалось, что селевой процесс можно представить в виде четырех этапов (рис.2). На первом происходит основной выброс селя; на втором — его распад на отдельные солитоны-сателлиты; на третьем — самоорганизация сателлитов (солитоны выстраиваются по величине своих амплитуд). На четвертом, заключительном, этапе солитон опрокидывается (большая нелинейность — мощная подпитка водами разной природы) или рассасывается (большая дисперсия — нарушение консолидации и локализации водного потока).

Конечно, такое развитие процесса бывает при определенных (селеопасных) уклонах русла [11, 12]. Действительно, в условиях крутого склона водный горизонт не может выступать (как и в водопадах) в виде составляющего (организующего) модуля единого процесса в образовании селя, что

связано с временем взаимодействия его компонентов (воды, породы и др.). С другой стороны, сама подтянутая подземная масса может спровоцировать потерю сцепления между значительными сегментами горного массива.

Возможные причины катастрофического наводнения в Крымске (июль 2012 года)

Многочисленные публикации, посвященные этому бедствию (как академического характера, так и официальных отчетов государственных органов различного уровня), в основном касаются внешних, наблюдаемых характеристик события и его распространения, без анализа фундаментальных причин собственно его возникновения.

Основные события, определившие катастрофу, связаны с р.Неберджай и ее притоками (рис.3).

Событие I. Установлено, что уровень Неберджайского водохранилища (№1), расположенного практически в истоках реки, существенно не изменился, а клапан сброса воды исправно работал, т.е. избыточная вода просачивалась вниз. По свидетельству очевидцев, ниже по течению в горах сошел оползень, запрудивший русло, где образо-

вался искусственный водоем. Здесь могла сформироваться селевая волна, но не очень большой мощности, поскольку гидростатический напор из-за малого перепада высот был относительно слабым. Стихийно образовавшаяся плотина могла прорваться, что, конечно, увеличило бы мощь водного потока, но не до катастрофического уровня.

Событие II. Роль Неберджайского водохранилища заключается в следующем. Во-первых, пополнение его дождевой водой способствовало резкому усилению подводного стока, который концентрировался в подземном горизонте в районе слияния двух рек (это зона бифуркации — раздвоение русла с сильной трещиноватостью пород, усиленным подтягиванием грунтовых и накоплением просачивающихся поверхностных вод). Возникшая в районе автодороги (она, кстати, как и находящийся здесь мост, не были разрушены) дамба сыграла роль трамплина, через который переклестнулся водный поток. В тот же момент сразу за дамбой на короткое время образовалась воздушная камера с пониженным давлением. Этого, вероятно, оказалось достаточно для возникновения «ворот селя». Водный поток с силой вырвался на высоту дамбы (около 7 м).

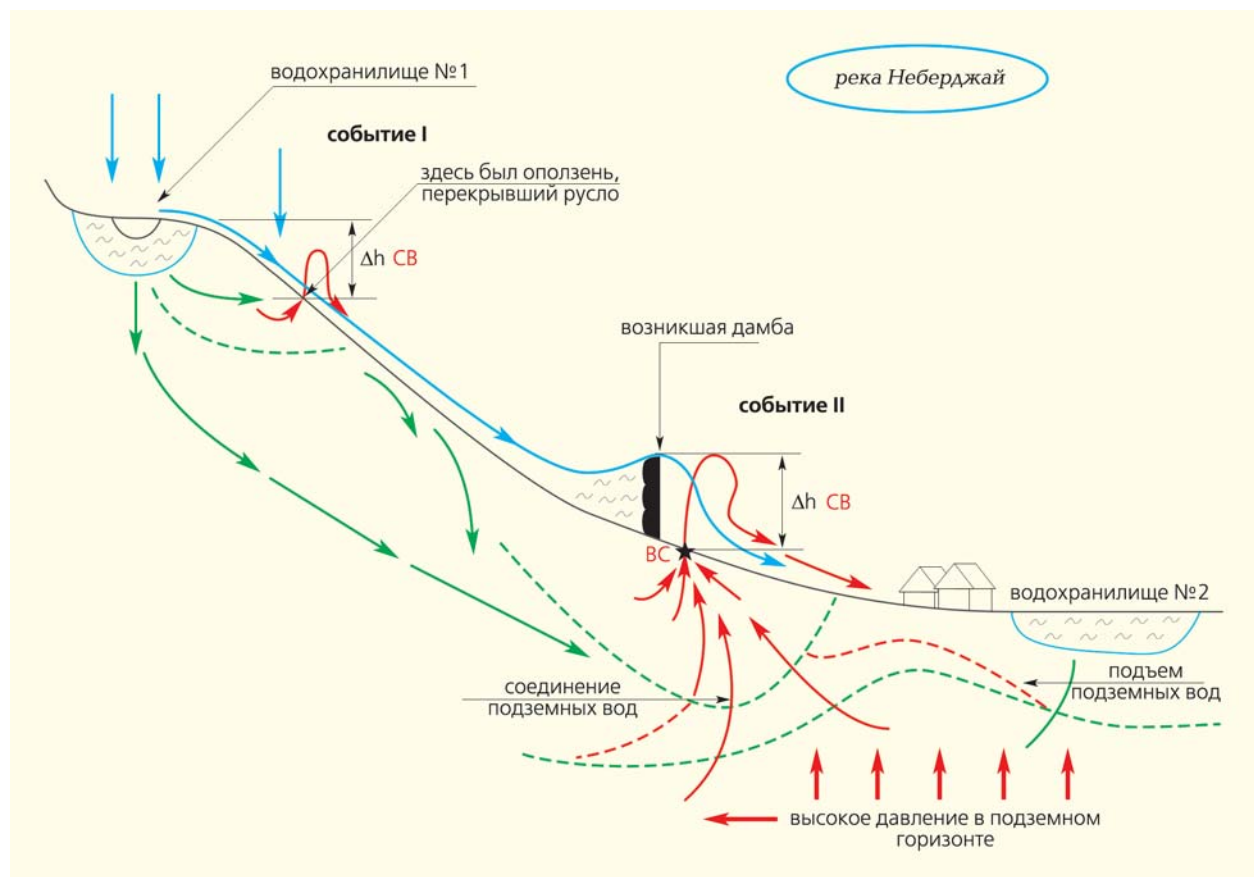


Рис.3. Причины возникновения катастрофического наводнения на р.Неберджай. Условные обозначения такие же, как на рис.1.

Во-вторых, расположенное ниже по течению Атакайское водохранилище (№2), пополняясь, увеличило сток в подземные водные горизонты, в которых сильно возрастало давление. В свою очередь селевая волна привела к понижению давления в зоне препятствия, и грунтовые воды (в соответствии с изменившимся давлением) прорвали перемычки и соединились с речным подземным горизонтом. На поверхность вырвалась огромная масса воды. Этот мощный консолидированный поток и направился в сторону Крымска, разрушая все на своем пути. Процесс шел до тех пор, пока подземное давление не стабилизировалось.

Таким образом, основная масса воды, обрушившаяся на Крымск, была, по-видимому, подземной, значительно обогащенной илом и песком. После данной катастрофы на поверхности долго наблюдались зоны с бетоноподобной взвесью.

Событие III. Оно происходило на р.Баканке. Анализ снимков оперативного спутникового мониторинга, проведенный сотрудниками ИТЦ «СканЭкс», показал, что в пяти километрах вверх по течению от Нижнебаканской станицы сильно обмелел пруд, а в самой станице смыло 60% построек, мосты, автотранспорт. Много людей было ранено, пропало без вести, погибло.

Простой прорыв плотины не мог привести к таким последствиям (не так уж много воды мгновенно прорывается). Вероятно, в этом районе также образовалась разрушительная локальная селевая волна за счет консолидации подземных и поверхностных вод.

А вот в соседнем водосборном бассейне, где фактически отсутствуют какие-либо техногенные объекты с большими водными ресурсами, создающими дополнительное давление, которое может передаваться по системе трещин вниз по руслу реки, ничего подобного не наблюдалось.

* * *

Здесь сделана попытка продемонстрировать доминирующую (в определенных условиях) роль подземных вод единого речного водосборного бассейна в развитии катастрофических наводнений и селей в горном массиве. Цель наших работ — не опровергнуть заключения других исследователей, а обратить внимание на принципиальный фактор, который в должной мере не учитывается. Изложенная концепция (как нам кажется) убедительно показывает необходимость в подробном анализе конкретных фактических данных по состоянию речного бассейна и водных ресурсов в исследуемом горном массиве, включая уровень подземных вод до и после катастрофы. Необходим и анализ гидравлического влияния искусственных инженерно-технических сооружений (как выше, так и ниже изначального места схода селея) на подземные водные горизонты.

Обсуждаемые задачи гидрогеологии в связи с выносом подземных вод на поверхность представляют интерес для многих природно-хозяйственных отраслей. В особенности гидрогеодинамическое обоснование требуется при захоронении токсичных и радиоактивных отходов и промышленных стоков даже на больших глубинах. ■

Литература

1. Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита // Труды Второй конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.М.Флейшмана / Отв. ред. С.С.Черноморец. М., 2012.
2. Перов В.Ф. Селеведение. М., 2012.
3. Черноморец С.С. Селевые очаги до и после катастрофы. М., 2005.
4. Флейшман С.М. Сели. Л., 1970.
5. Трифонова Т.А. Модель развития горного водосборного бассейна // Природа. 1994. №2. С.106—109.
6. Трифонова Т.А. Речной водосборный бассейн как самоорганизующаяся природная геосистема // Изв. РАН. Сер. географическая. 2008. №1. С.28—36.
7. Трифонова Т.А. Формирование почвенного покрова гор: геосистемный аспект // Почвоведение. 1999. №2. С.174—181.
8. Чернышев С.Н. Трещины горных пород. М., 1983.
9. Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. М., 1970.
10. Саньков В.А. Глубины проникновения разломов. Новосибирск, 1989.
11. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика. М., 2009.
12. Эглит М.Э. Неустановившиеся движения в руслах и на склонах. М., 1986.
13. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. М., 1986.
14. Шамин В.М. Гидромеханика. М., 1990.
15. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т.1. СПб., 2003.
16. Шестаков В.М., Невечеря И.К., Авилина И.В. Методы расчетов опытных откачек в водоносных пластах с перетеканием. М., 2011.
17. Гликман Б.Ф. Математические модели пневмогидравлических систем. М., 1986.
18. Инфельд Э., Роуландс Дж. Нелинейные волны, солитоны и хаос. М., 2006.

Когда снегопад становится опасным

С.А.Гаврилова

Природные катастрофы часто ломают человеческие судьбы и приводят к крупным материальным потерям. В условиях меняющегося мира нагрузки на окружающую среду увеличиваются, а человек по-прежнему остается уязвимым перед опасными природными явлениями и процессами. По способности осложнять жизнь людей и создавать чрезвычайные ситуации лидируют гидрометеорологические явления (более 50% общего ущерба) [1]. И в первую очередь это экстремальные холода и атмосферные осадки необычной силы.

Около 30% природных катаклизмов, нанесших социальный и экономический ущерб, приходится на холодный период года — с ноября по март [2].

На территории России морозы и снегопады случаются ежегодно. Но только те из них, которые по своей силе, продолжительности и району охвата отличаются от привычных, могут обернуться катастрофой. Сильный снег повреждает линии связи и электропередачи и вызывает перебои в энергоснабжении, парализует транспорт, наносит урон сельскому хозяйству, иногда приводит к обрушению зданий, а в горах — к сходу снежных лавин. Все это неизбежно влечет за собой экономический ущерб, а нередко и человеческие жертвы. Для борьбы с неблагоприятными явлениями при-



Софья Андреевна Гаврилова, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории снежных лавин и селей географического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — картографирование чрезвычайных ситуаций.

роды необходима система оперативного предупреждения об угрозах возникновения чрезвычайной ситуации. А это означает, что нужна точная оценка возможной опасности таких явлений — в частности, снегопадов. Где и когда выпадет особенно много снега? Много — это сколько? В какой момент стоит объявить снегопад опасным и начать принимать меры по защите важных хозяйственных объектов от разрушений?

А ведь кроме климатических катаклизмов важную роль в создании чрезвычайной ситуации играет объект, на который воздействует стихия, и его свойства, т.е. уязвимость. Такие объекты — это население, здания, сооружения и транспортная система. Следовательно, тяжесть последствий от стихийного бедствия зависит от сочетания географических и социально-экономических факторов [3].

Как определить опасность?

В нашей стране критерии опасности того или иного природного явления устанавливает Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Критерии, предложенные Росгидрометом, утверждаются законодательно*. На их основе территориальные органы могут разрабатывать свои перечни опасных явлений с учетом географических особенностей и степени освоенности региона [1]. Но за региональными управлениями по гидрометеорологии и мони-

* Исключение составляют опасные температурные явления — очень сильная жара и очень сильный мороз. Для них в перечне Росгидромета нет количественных параметров. В качестве критериев даны относительные показатели отклонения температур от норм, установленных в регионе.

торингу окружающей среды (УГМС) часто закреплены очень большие по площади и различные по климатическим и ландшафтным условиям территории. Тем не менее в абсолютном большинстве случаев критерии опасности все же определяются в соответствии с административным делением.

Существует множество примеров того, как природные явления, по своей силе не достигающие официально принятых критериев опасности, наносили значительный ущерб разным областям жизнедеятельности человека. Так, в июне 1991 г. град диаметром 15 мм в Зольском районе Кабардино-Балкарии уничтожил сельскохозяйственные посевы на площади в 51 тыс. га. Град такого же размера в Самарской обл. в 2006 г. нанес сильный вред будущему урожаю на площади в 10 тыс. га. В обоих случаях критерий опасности града составлял 20 мм!

На протяжении нескольких зим в Алтайском крае, Томской и Кемеровской областях 35–37-градусные морозы приводили к отключениям электроэнергии в жилых и административных зданиях, к перебоям в работе транспорта и коммунальных служб, осложняли деятельность предприятий топливно-энергетического комплекса и нефтегазовой промышленности. Но в Западно-Сибирском УГМС опасной считается температура воздуха -40°C и ниже (причем держаться она должна не менее трех дней)!

В Карелии, Ленинградской и Новгородской областях мороз в $25-30^{\circ}$ часто приводит к отключениям электроэнергии. А критерий опасности холодов здесь составляет -35°C в течение пяти суток.

Возможно, принятые ранее нормы были сориентированы на выполнявшиеся в СССР режимы профилактики и замены оборудования. А теперь, с ростом уязвимости техносферы, эти нормы перестают быть актуальными.

Приведенные примеры говорят о том, что природное яв-

ление (или процесс) с одними и теми же параметрами на разных территориях может привести к различным последствиям. Это зависит и от степени освоенности региона, и от его физико-географических особенностей. Следовательно, существующие критерии опасности нуждаются в пересмотре и уточнении.

Анализ руководящих документов всех УГМС России показал, что лишь в нескольких субъектах федерации критерии отличаются от предложенных Росгидрометом. Так, в Северо-Кавказском УГМС многие угрожающие природные явления привязаны не к административному делению, а к физико-географическим условиям региона. Например, выделяются различия в распределении критериев таких явлений, как сильный дождь (мокрый снег, снег с дождем), ливень, сильный мороз, продолжительная аномально холодная погода, сильная жара и др.

Критерии сильного мороза, очень сильного дождя, сильной метели и аномально холодной погоды различаются также в зоне ответственности Среднесибирского УГМС. В южных и центральных районах Красноярского края и в Республике Хакасия сильный мороз считается опасным при установлении температуры -35°C , а в Эвенкийском автономном округе — минус 50°C . На территории Республики Саха (Якутия) дифференциация критериев проводится по внутреннему административному делению (по улусам), а в некоторых случаях выделяются отдельные физико-географические районы.

Безусловно, сам факт того, что предпринимаются попытки внедрить различные количественные критерии в зависимости от ландшафтных и климатических особенностей региона, подтверждает неоправданность использования одинаковых значений на территории всей страны.

Снегопад снегопаду рознь

Сильный снегопад — продолжительное интенсивное выпадение снега, приводящее к значительному снижению видимости и затруднению движения транспорта, нередко — к обрушению зданий, сооружений и иных конструкций [4]. Это одно из самых широко распространенных опасных явлений природы, активно воздействующих на общество и экономику во многих регионах мира.

Влияние на общество снега вообще и снегопадов как опасного явления различно. Здесь играют роль разнообразные социальные, экономические и психологические аспекты. В районах, где снегопады привычны для населения, их ожидают, к ним готовятся. В иных же местах обильные осадки зимой — явление неожиданное и сваливается в буквальном смысле «как снег на голову». Когда интенсивность или продолжительность выпадения снега превышает обычные для региона показатели, возникают трудности — складывается чрезвычайная ситуация. Снегопады, особенно в сочетании с сильным ветром, часто осложняют движение автомобильного и железнодорожного транспорта. Нередки случаи, когда под тяжестью снега рушатся здания, обрываются линии электропередачи, а люди остаются без тепло- и электрообеспечения. Это может происходить в любых населенных пунктах — от небольших поселков до мегаполисов. Правда, по разным причинам.

Сегодня для всей территории России существует одно значение интенсивности снегопада, в случае превышения которого он объявляется опасным — это выпадение 20 мм снега за 12 ч.

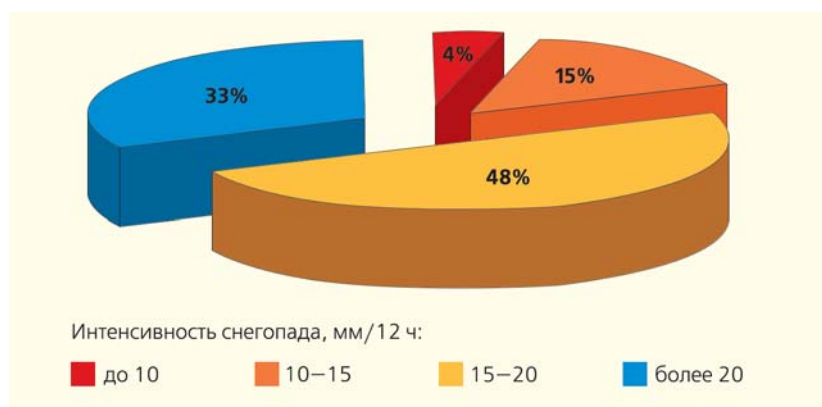
Но наша страна, по классификации Б.П.Алисова, находится в четырех климатических поясах (от субтропического до арктического) и в 19 климатических областях — с условиями от прибрежных до резко-континентальных [5]. Очевидно, что

характер выпадения и режим зимних осадков на такой территории не могут быть одинаковыми. Неоднородно при этом и распределение сельского и городского населения, объектов хозяйства и транспортных путей. А по уровню защищенности от опасных природных явлений малонаселенные регионы кардинально отличаются от урбанизированных территорий или предприятий стратегического значения. И все это необходимо учитывать при установлении критериев опасности снегопадов.

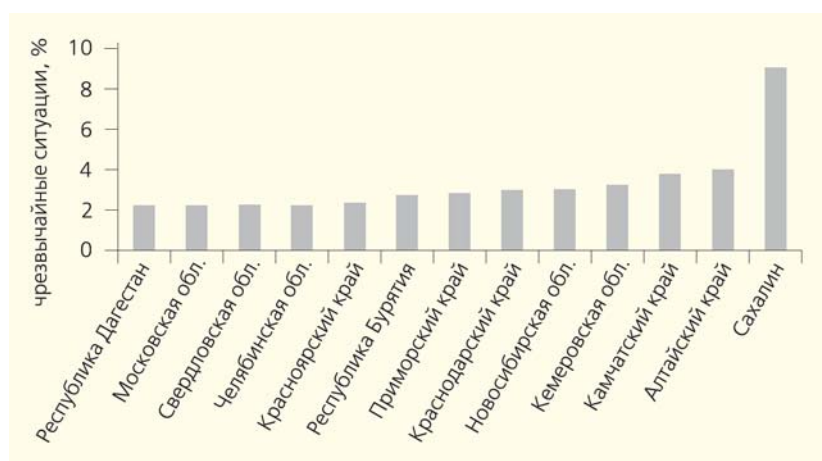
География чрезвычайных ситуаций

Очевидно, одного значения интенсивности снегопада (≥ 20 мм за 12 ч) для признания его опасным на всей территории России недостаточно — нужны новые критерии. Необходимо определить возможную (теоретическую) угрозу от сильного снега в разных регионах России, а также учесть их климатические особенности и плотность населения. Для этого нужно рассмотреть опасность фактическую, т.е. выяснить, какие именно снегопады в нашей стране приводили к чрезвычайным ситуациям. Изучено около 1000 таких случаев за последние 30 лет. Из них примерно 4% — при интенсивности снегопада, не достигающей даже 10 мм за 12 ч. Такое происходило, например, в Москве. Чаше всего негативные последствия в этих случаях состоят в осложнении работы дорожных служб, объектов жилищно-коммунального хозяйства и аэропортов. А если много снега выпадает в лавиноопасных районах (например, на Урале, Южном Сахалине или в Забайкальском крае), это может спровоцировать сход лавин: экономический и социальный ущерб оказывается здесь многократно выше, чем на равнинных территориях.

География чрезвычайных ситуаций, вызванных сильными



Количество случаев возникновения чрезвычайной ситуации на территории России при снегопадах различной интенсивности.



Количество чрезвычайных ситуаций, вызванных снегопадами в различных субъектах федерации за 30 лет.

снегопадами, очень широка. Они случаются практически во всех регионах России, во всех климатических областях. Но некоторые регионы ежегодно несут огромные убытки, в других же какие-либо сложности из-за снега — это скорее редкость. Такая разница объясняется целым комплексом причин: исторически сложившимся отношением населения к природным катастрофам, уровнем экономического и социального развития региона, наличием уязвимых технических объектов, степенью лавинной опасности и т.д.

Больше всего чрезвычайных ситуаций снегопады вызывают в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах: за 30 лет их зафиксировано более

150*. Самые большие потери несут население и экономика Сахалина (около 10% всех случаев). Здесь ежегодно выпадает большое количество осадков. К тому же этот остров — полноценная социально-экономическая единица. На относительно небольшой территории расположены крупный город Южно-Сахалинск, аэропорт, паромная переправа на континент и множество других важных объектов (наиболее уязвима южная, самая густонаселенная часть острова). При нарушении работы аэро-

* По данным научно-исследовательской лаборатории снежных лавин и сейсей географического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова.

порта и переправы регион оказывается отрезанным от континента. Кроме всего прочего, Сахалин — это горная территория, и снегопады часто приводят к сходу лавин, нанося тем самым дополнительный ущерб населению и экономике.

Примерно такие же причины — обильное количество осадков, обособленность региона, а также высокая степень износа объектов ЖКХ — приводят к значительному количеству чрезвычайных ситуаций в Приморском крае (до 3% от общего количества).

На Камчатке (около 4% от всех случаев) значительный ущерб от снегопадов связан (как и на Сахалине) с изолированностью региона. Закрытие единственного аэропорта практически полностью парализует регион. Количество и качество автомобильных дорог таково, что даже



Даже сравнительно небольшое количество снега существенно осложняет обстановку на дорогах Москвы. <http://www.rbcdaily.ru>



Снежные заносы в Южно-Сахалинске в конце зимы (2013). <http://www.rulepanel.ru>



Петропавловск-Камчатский. Последствия циклона (март 2013 г.). <http://www.mchs.gov.ru>

привычное для местного населения количество осадков зачастую вообще исключает возможность передвижения. Снегопады в сочетании с сильными ветрами и довольно низкими отрицательными температурами приводят к значительным ущербам практически каждую зиму. А в крупнейшем городе полуострова Петропавловске-Камчатском, который находится в непосредственной близости от горных массивов, известны случаи гибели людей от схода снежных лавин прямо на городских улицах.

Чуть менее 3% чрезвычайных ситуаций происходит в Краснодарском крае. Твердые осадки здесь выпадают редко, и вызываемые ими трудности связаны с психологическим отношением людей к этому региону. Не только туристы и отдыхающие, но и местные жители воспринимают Краснодарский край как юг страны. Многие люди живут в небольших домах, ничем не защищенных от снегопадов и метелей. Это важный транспортный узел. Здесь расположено много частных сельскохозяйственных предприятий. Ущерб от сильных снегопадов в этом регионе бывает немалым.

Москва и Московская обл. — регионы, по социально-экономическим и климатическим показателям не располагающие к возникновению большого числа чрезвычайных ситуаций, вызванных снегопадами. Это силь-

но урбанизированные равнинные территории с умеренным количеством осадков. Тем не менее здесь происходит около 2% случаев от общего количества. Причина очевидна: большая плотность населения и колоссальная нагрузка на автодороги. Хорошо известно, что даже малейшее превышение привычного количества снега нередко парализует транспортную систему Московского мегаполиса.

Есть в нашей стране и такие регионы, где обильный снег ни разу (с 1980 по 2009 г.) не приводил к чрезвычайным ситуациям. Это Республика Саха (Якутия), север Красноярского края, Эвенкийский и Чукотский автономные округа, Архангельская обл. и Республика Карелия. Причины этого — малая в среднем по региону освоенность территории или (как, например, в Якутии и Красноярском крае) резко континентальный климат с низким среднегодовым количеством осадков.

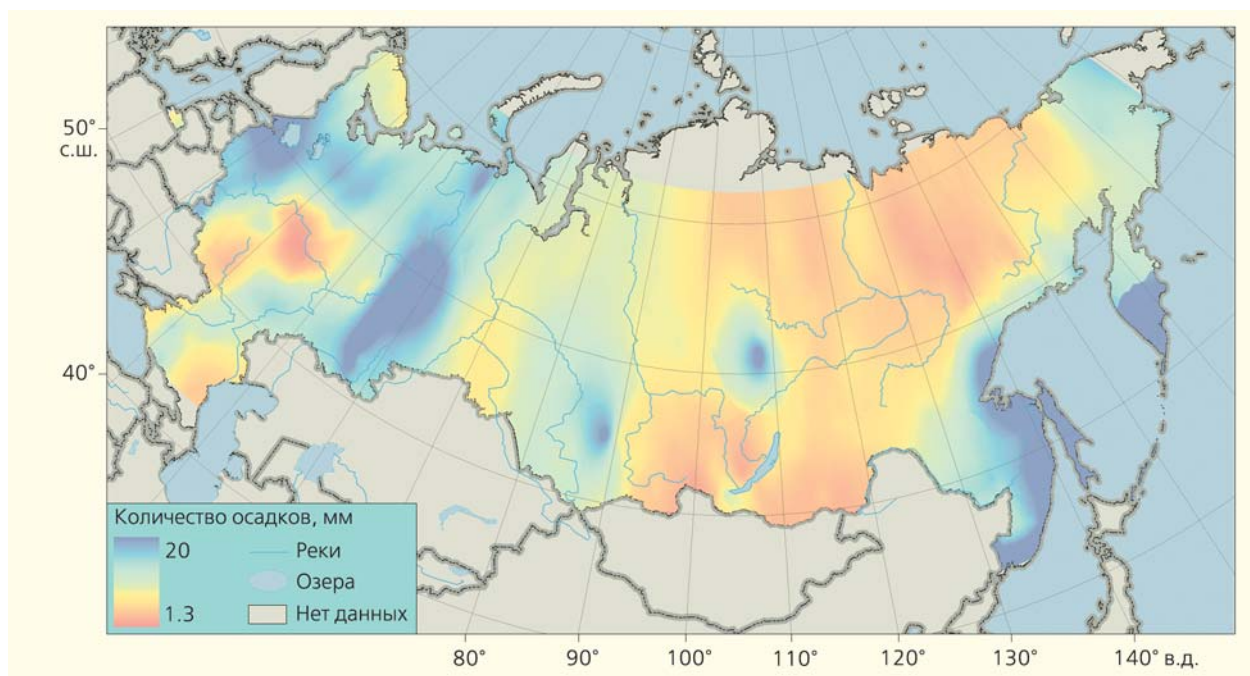
В целом территории, наиболее страдающие от чрезмерного выпадения снега, — это средняя полоса и юг европейской части страны, а также юг Сибири и Дальнего Востока. Больше всего неприятностей снегопады доставляют жителям регионов со средней по России плотностью населения (около 8 чел./км²), транспортно обособленных от других субъектов федерации, а также горных районов. А по интенсивности и частоте снегопа-

дов на территории России можно выделить два типа регионов. В первом сильные осадки привычны для местного населения, поэтому лишь при их довольно высокой интенсивности возникают чрезвычайные ситуации. Второй тип — регионы, где снегопады случаются нечасто, в связи с чем даже небольших осадков достаточно, чтобы осложнить жизнь людей и функционирование объектов техники.

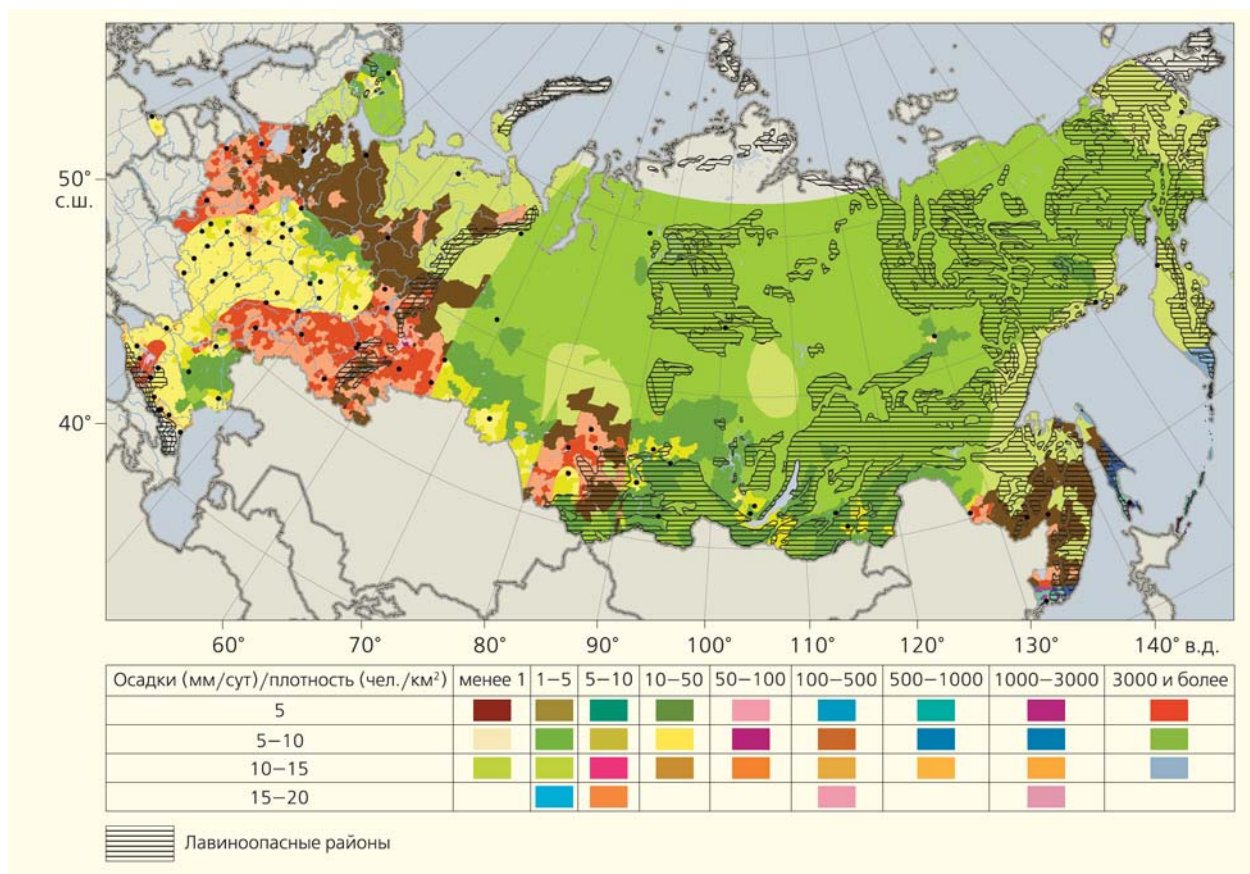
Принципы районирования

Как показывают многочисленные примеры, для районирования территории России по степени опасности снегопадов принцип административно-территориального деления неприемлем. Попытки выявить зависимость их интенсивности только от климатических факторов не дали результатов, не вызывают доверия и итоги анализа зависимости от числа жителей того или иного региона. Поэтому для районирования следует руководствоваться комплексной характеристикой — принимать во внимание сочетание количества осадков* и плотности населения на конкретной территории.

* Здесь и далее под количеством осадков понимается их среднее многолетнее максимальное суточное количество за холодный период года.



Распределение среднего многолетнего максимального суточного количества осадков за холодный период года на территории России.



Районирование территории России для дифференциации критериев опасности снегопадов (с учетом лавиноопасных территорий).

Больше всего осадков выпадает на Дальнем Востоке, Сахалине, Камчатке и в Карелии (от 17 до 21 мм). Чуть менее — в предгорьях Урала, на севере европейской части России, на Чукотке, в горах Кавказа и Алтая. Меньше всего снега достается центру европейской части, Якутии и Забайкальскому краю. По количеству осадков можно выделить четыре района, в которых оно составляет ≤5, 5–10, 10–15 и 15–20 мм.

При сопоставлении данных о количестве осадков и плотности населения получилось 36 комбинаций значений. Правда, оказалось, что не все они встречаются в реальности, поэтому их итоговое число составило 31. Наибольшую площадь занимают малонаселенные территории (менее 1 чел./км²) с количеством осадков менее 5 мм. Это Республика Саха (Якутия), Эвенкийский и Ямало-Ненецкий автономные округа, а также цент-

ральная и северная части Красноярского края. Существенная площадь приходится также на малонаселенные районы с осадками от 5 до 10 мм.

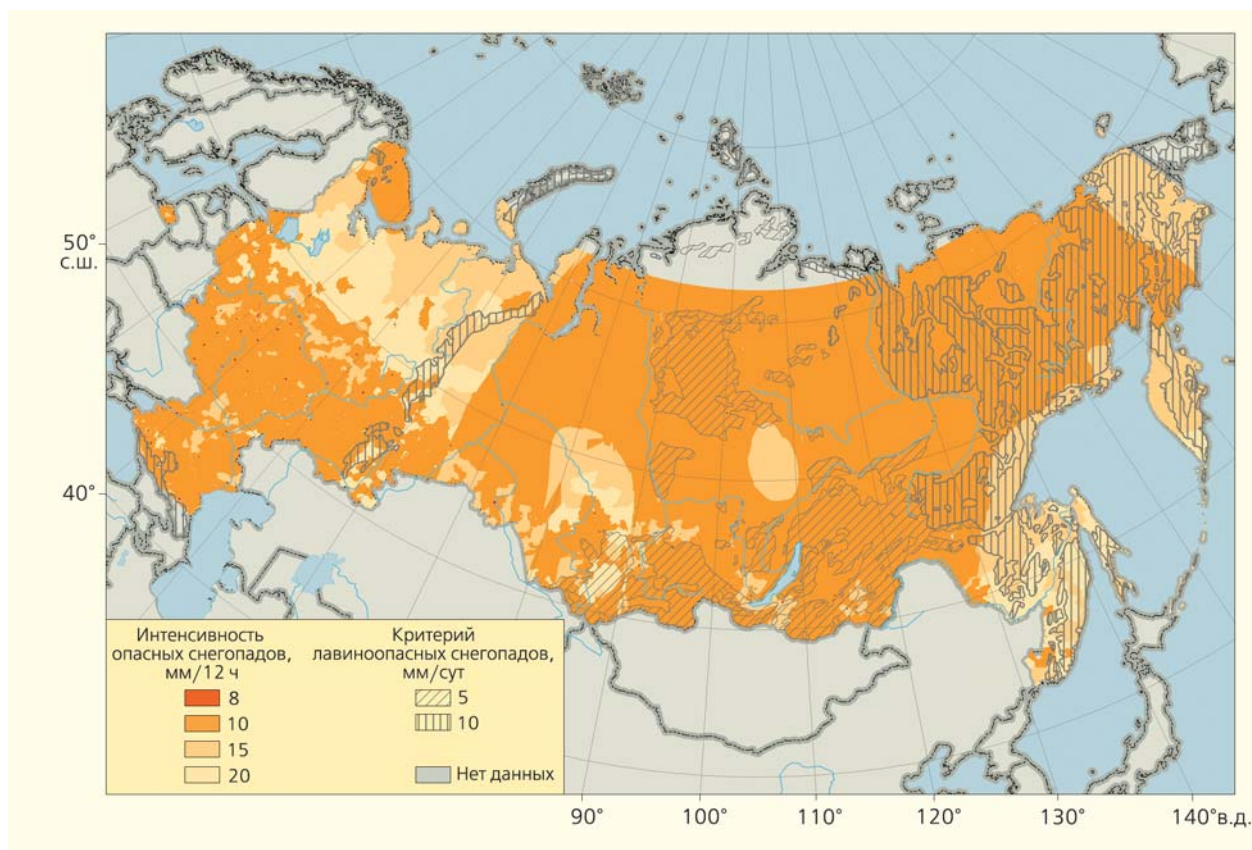
Территория некоторых из выделенных районов оказалась очень маленькой, но ею нельзя пренебрегать. Такие места необходимо рассматривать особо. Случается, что выделенный район малой площади — результат погрешности интерполяции, хотя чаще всего это города, по уязвимости существенно отличающиеся от соседних регионов. Вокруг городов (особенно мегаполисов) часто формируются концентрические окружности разных плотностей населения.

В большинстве горных районов нашей страны сильные снегопады — основная причина схода лавин, и этого тоже нельзя не учитывать при районировании. Лавиноопасными могут считаться снегопады разной интенсивности, это зависит от

ландшафтно-климатических условий территории. Считается, что в горах континентальных областей лавину может спровоцировать выпадение 5 мм, а в остальных горных районах — 10 мм снега за 24 ч.

Для определения интенсивности опасных снегопадов были проанализированы значения, при которых возникали чрезвычайные ситуации в каждом выделенном районе. Таких значений в среднем было 10–15, иногда до 25. Принцип определения итогового критерия базировался на выборе минимальных величин из имеющихся, при этом исключались те случаи, когда экономический ущерб был нанесен комплексом неблагоприятных явлений, а не только снегопадом.

Анализ показал, что чрезвычайные ситуации возникают тогда, когда снега выпадает от 10 (в крупных городах континентальной части России —



Распределение уточненных критериев опасности снегопадов по территории России.

Уфе, Челябинске, Новосибирске) до 30 мм за 12 ч (в пригородах Владивостока и Южно-Сахалинска). Но оказалось, что далеко не во всех рассматриваемых районах есть фактические данные об интенсивности снегопадов, которые приводили к чрезвычайным ситуациям. Чтобы определить критерии для таких районов, необходимо было рассчитать зависимость угрожающих снегопадов от количества осадков и плотности населения, а затем для каждого района ввести коэффициент.

Таким образом, опасность снегопадов определялась двумя способами: по данным о чрезвычайных ситуациях, вызванных сильным снегом, либо с помощью расчетной формулы — для тех районов, где отсутствовали фактические данные (или их было недостаточно).

Новые критерии

Полученные данные были обобщены и сведены к четырем значениям: 8, 10, 15 и 20 мм за 12 ч. Изменение величин производилось в сторону уменьшения: все районы, в которых за полсуток

выпадало от 10 до 15 мм снега, получили критерий 10 мм, от 15 до 20 мм — 15 мм, а 20 мм и выше — 20 мм.

Итоговое распределение критериев опасности снегопадов выглядит следующим образом.

Минимальные значения — 8 мм за 12 ч — предложены для территорий средних по размеру городов Центрального, Южного и Поволжского федеральных округов: Воронежа, Липецка, Нальчика, Астрахани, Ростова-на-Дону, Грозного, Пензы, Костромы, Ижевска, Казани, Тамбова и Йошкар-Олы, а также для некоторых районов Московской обл.

На более чем 50% территории страны рекомендовано считать опасным выпадение 10 мм снега за 12 ч (что в два раза меньше существующего критерия). Это равнинные территории Республики Саха (Якутия), большей части Центрального, Приволжского и Южного федеральных округов (за исключением перечисленных городов), Красноярского края и Мурманской обл.

В Республике Карелия, Ненецком автономном округе, Архангельской и Томской областях, на части территории Хабаровского и Камчатского краев пред-

ложено установить критическим выпадение 15 мм снега за 12 ч.

А критерий в 20 мм за 12 ч целесообразно оставить неизменным лишь в южной и центральной частях Сахалина, на южной оконечности Камчатского п-ова, Курильских о-вах, в Вологодской обл., северной части Республик Карелия и Коми. Эти территории занимают не более 15% всей площади России.

* * *

Полученные критерии могут впоследствии уточняться, но уже в более крупном масштабе и с использованием данных отдельных метеостанций о количестве осадков во время фиксирования ущерба от снегопада. Определение лавиноопасности горных территорий также может меняться на региональном уровне.

Таким образом, составлены рекомендации, призванные в первую очередь уберечь человека и сферу его жизнедеятельности от последствий экстремальных снегопадов. А подходы, использованные при районировании, пригодятся и для уточнения опасности других гидрометеорологических явлений. ■

Литература

1. Гаврилова С.А., Грязнова В.В., Данилина А.В., Шнытарков А.Л. Анализ распределения чрезвычайных ситуаций природного характера в конце XX – начале XXI века на территории России // Геориск. 2011. №4. С.58–64.
2. Шнытарков А.Л. Распространенность и режим природных чрезвычайных ситуаций в России // Материалы Шестой Всероссийской научно-практической конференции «Управление рисками чрезвычайных ситуаций». М., 2001. С.201–205.
3. РД 52.04 563-2002. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения: Инструкция. М., 2002.
4. ГОСТ Р 22.0.03-95.
5. Алисов Б.П. Климат СССР. М., 1956.

Происхождение солей, диapiroв и рассолов Мертвого моря

Отыщи всему начало, и ты многое поймешь.
К.Прутков

Г.А.Беленицкая,

доктор геолого-минералогических наук

*Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им.А.П.Карпинского
Санкт-Петербург*

Мертвое море — уникальный природный рассольно-соляной объект, локализованный в пределах глубочайшего (до 8–10 км) грабена, в самой низкой точке суши. Высокая насыщенность солями, рассолами, а возможно, и углеводородами, солянокупольное строение, рекордный по глубине надсолевой рассольный водоем, сеймотектоническая и флюидодинамическая напряженность недр обсуждаются в первой статье цикла «Мертвое море: соли, рассолы, мифы» [1]. Именно эти особенности должны стать ключевыми при рассмотрении природы солености Мертвого моря. В этой проблеме можно выделить два аспекта: генезис знаменитых поверхностных рассолов самого Мертвого моря-озера и происхождение вмещающей их соляной чаши. В литературе чаще обсуждается первый вопрос, но мы начнем со второго.

Соли грабена Мертвого моря

В процессе образования каменной соли, таком, казалось бы, простом и ясном, еще очень много остается спорного.

М.А.Жарков

Поверхностные воды или рассольно-соляные инъекции? Главные и наиболее спорные вопросы в происхождении солей — доминирующие источники и механизмы их накопления. Разрабатываются две основные альтернативные группы гипотез: эвапоритовые (климатические) и инъекционно-осадочные (аклиматические) (табл.1). Согласно эвапоритовым (ныне наиболее распространенным во всем мире), основной источник солей — поверхностные (преимущественно морские) воды Земли, а главный механизм накопления — естественное (солнечное) выпаривание,

обусловленное сухим и жарким климатом. Появление целого ряда модификаций эвапоритовых гипотез (см. табл.1) вызвано сложностью, а порой и невозможностью адекватно объяснить многие особенности соленосных толщ.

Гипотезы инъекционно-осадочной группы, не отрицая участия эвапоритовых процессов, обосновывают определяющий вклад в масштабное соленакопление восходящих разгрузок в седиментационные бассейны. По эксгалиационно-осадочной гипотезе (ее сторонники — Л.М.Бирина, В.И.Созанский, В.П.Порфирьев, Н.М.Джидридзе, С.Д.Гемп, А.Ф.Горбов, В.И.Раевский и др.) — это «собственно эндогенные» мантийно-магматогенные рассолы. По регенерационной, или рециклинговой (которую я поддерживаю и разрабатываю), — ремобилизованные на глубине более древние рассольно-соляные массы [2]. Преобладание в составе восходящих разгрузок либо рассолов, либо соляных масс определяет как способ поступления в седиментационные бассейны, так и характер накопления в них солей. Для рассолов это — химическое взаимодействие, для соляных масс — внедрение и растекание (табл.2).

Применительно к соляным толщам Мертвого моря обычно рассматриваются лишь эвапоритовые гипотезы. Источником солей считаются поверхностные воды палеореки Иордан или Средиземного палеоморя, временно проникавшие в плиоцене по окольному проливу во впадину Мертвого моря (рис.1). Возможность участия в соленакоплении каких-либо глубинных поступлений рассолов и солей в известной мне литературе не обсуждалась.

Возражения против «речной» версии вызывает главным образом состав речных вод, резко отличающийся от потенциально солеродных [1, табл.]: их пресноводность, гидрохимический тип, состав макро- и микрокомпонентов (в частности, ничтожные содержания К и Вг, которыми уникально

Таблица 1
Основные модели галогенеза

Группы моделей	Эвапоритовые	Инъекционно-осадочные	
Типы моделей	мелководнобассейновые: –баровая; –подготовительных бассейнов; –шельфов сатурации; –расслоенных рассолов; –многократных осушений; –сэбхи; –сухого озера глубоководнобассейновые: –глубокого бассейна; –глубокого перенасыщенного бассейна	регенерационная: –рассольно-осадочная; –аллохтонная	эксталяционно-осадочная
Основные источники галогенного вещества	природные поверхностные воды (морские, озерные, речные)	глубинно-коровая ремобилизация рассольно-соляных масс	мантийно-магматогенные рассолы
Векторы поступления	сублатеральный приток	восходящая глубинная разгрузка	
Ведущие процессы и факторы кристаллизации*	кристаллизация в результате испарения, иногда вымораживания	кристаллизация в результате химического взаимодействия, изменения температуры (при смешении рассолов с бассейновыми водами)	
Причины кристаллизации	удаление растворителя	высаливание, кристаллизация менее растворимых соединений — химический барьер; снижение растворимости — температурный барьер	

* По аллохтонной (галокинетической) модели ведущий процесс соленакопления — восходящее перемещение соляных масс и их растекание на новых седиментационных уровнях.

Таблица 2
Типы очагов разгрузки рассольно-соляных масс и характер соленакопления

Участники разгрузки	Очаги разгрузки	Тип разгрузки	Характер соленакопления
Рассолы, преимущественно Cl–Na–Ca, Cl–Ca и Cl–Mg–Ca, высокоминерализованные, с характерным комплексом галофильных микрокомпонентов, часто H ₂ S-содержащие, сопряженные жидкие углеводороды и газы Углеводородно-рассольно-соляные массы	восходящие источники, высачивания, рассольные озера и др.	излияние, истечение, фонтанирование	хемогенное — рассольно-осадочное (неоавтохтонное)
	галовулканы (углеводородно-рассольно-соляные)	извержение (амагматическое) эксплозивное (взрывное), истечение	эксплозивно-осадочное в сочетании с хемогенным и аллохтонным
Соляные массы	диапиры, аллохтонные покровы, соляные глетчеры	выдавливание, излияние, растекание	галокинетическое — аллохтонное

обогащены рассолы Мертвого моря), а также обилие приносимой водой терригенной взвеси, существенно превышающей количество растворенных солей, и др. Возражения весьма серьезные, так что эта версия в настоящее время почти не рассматривается.

Критика «морской» версии неоднократно приводилась при обсуждении общих проблем соленакопления. Главные возражения касались наблюдаемых структурно-вещественных и пространственных особенностей реальных соляных толщ

и тех, которые должны возникнуть при солнечном выпаривании морских вод. Весомость этих возражений применительно к соляным толщам Мертвого моря повышается «фокусированным» характером накопления при отсутствии вне грабена отложений, фациально сопряженных с солями, а также незначительным, как и в случае речных вод, содержанием терригенного материала в солях, снос которого неизбежно должен происходить за счет высочайшей интенсивности эрозии крутых высоких бортов. Особого внимания заслу-



Рис. 1. Литолого-фациальная схема Левантского региона для позднего плиоцена — раннего плейстоцена. Прослеживается предполагаемый путь проникновения морских вод Средиземного моря во впадину Мертвого моря — в Лагуну Седом [3].

живает вопрос образования солянокупольных структур из пластовых солей без наличия над ними сколько-нибудь мощного осадочного перекрытия и при недостаточной площади распространения солей, которые смогли сформировать эти поднятия. К тому же весьма проблематично само многократное преодоление морскими водами длинного окольного пути вдоль узких новообразованных тектонических расселин.

Попробуем оценить возможность использования регенерационной гипотезы. В нашем случае наиболее удачной представляется ее аллохтонная разновидность, по которой ведущую роль в накоплении солей грабена Мертвого моря играл переток более древних рассольно-соляных масс (ранее заключенных в мезозойских складчатых системах Северо-Синайско-Пальмирской зоны) в сформированную в позднем плиоцене тектоническую щель (рис.2).

Основанием для такого заключения послужили три группы фактов. Во-первых, морфология соляного тела — неправильно штокообразная уже во время его возникновения, резко отличающаяся от обычных пластовых седиментационных структур.

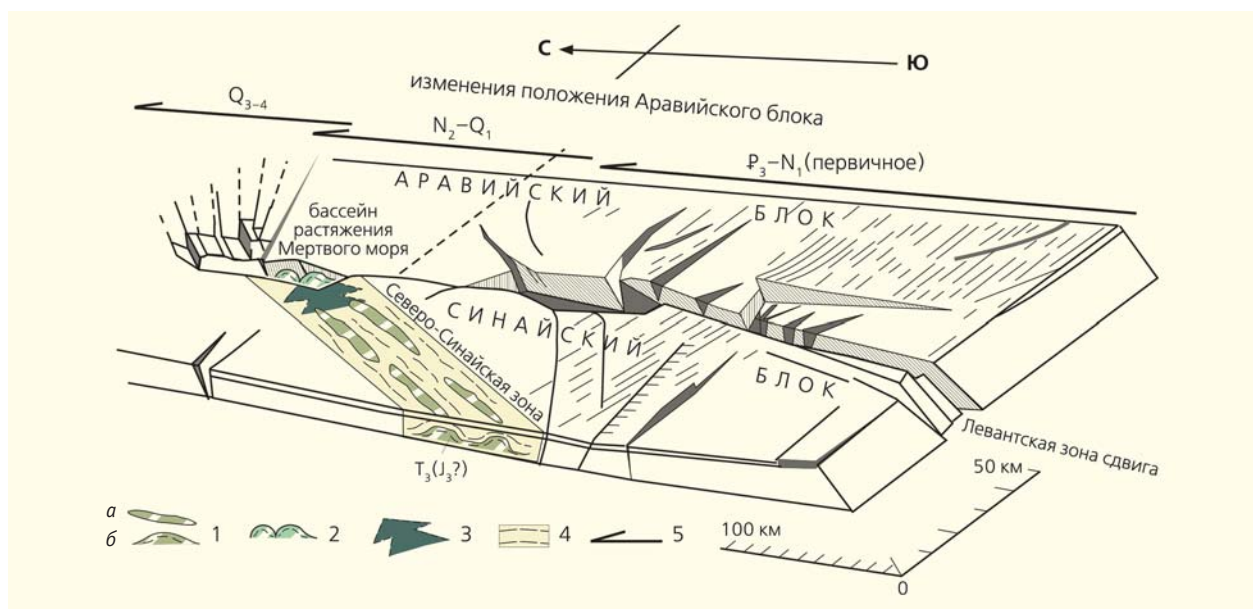


Рис. 2. Формирование очага соляной разгрузки. Эволюция Левантской сдвиговой зоны, образование тектонической щели Мертвого моря и внедрение в нее аллохтонных соляных масс, составлено Беленицкой. Геодинамическая основа модифицирована по [4]. 1 — антиклинальные поднятия мезозойских солей Северо-Синайской зоны (а — в проекции на план, б — в палеоразрезе); 2 — аллохтонные соляные массы, инъецированные в щель растяжения Мертвого моря; 3 — направление внедрения; 4 — осадочные комплексы, перекрывающие мезозойские соляные толщи; 5 — основные направления перемещения тектонических блоков.

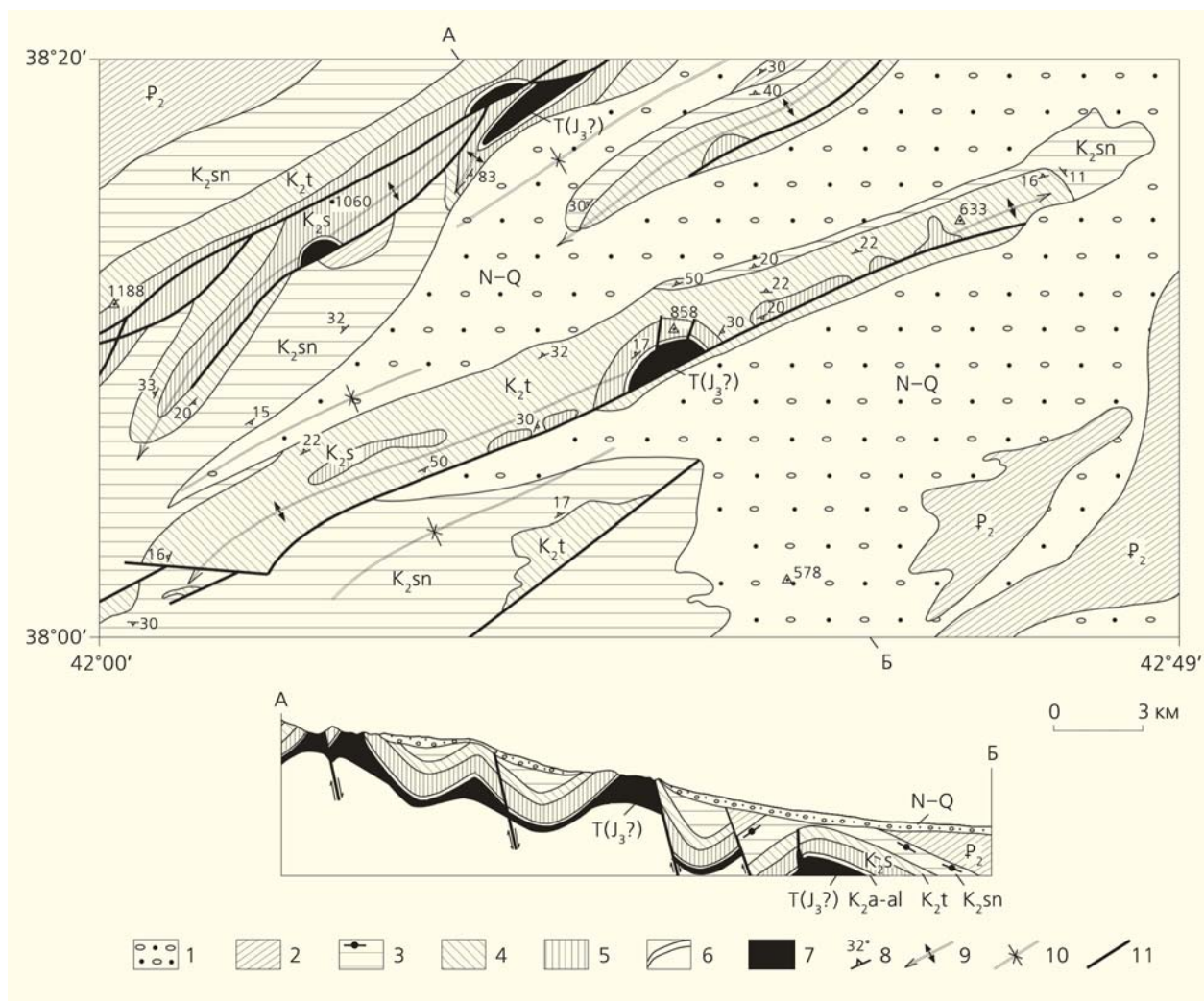


Рис. 3. Пальмирский соленосный бассейн (Пальмирская гряда, к востоку от Левантской зоны). Вверху — геологическая карта, внизу — разрез по линии А—Б. Моделировано по [5, 6]. 1—6 — надсолевые отложения; 7 — соли и диапиры; 8 — углы падения; 9 — оси антиклиналей; 10 — оси синклиналей; 11 — тектонические нарушения.

Во-вторых, наличие в плиоцене на контакте с грабеном источника солей для перетока — мезозойских соляных толщ. Мощные (более 3 км) скопления верхнетриасовых (возможно, верхнеюрских) солей широко распространены в пределах Пальмирской структуры — северо-восточной ветви ранее единой Северо-Синайско-Пальмирской палеорифтогенной зоны (рис.3) [5—7]. О вероятной соленосности Северо-Синайской ветви (былого продолжения Пальмирской) свидетельствуют многие геологические показатели, прежде всего палеотектоническое, палеогеографическое и формационное единство этих структур в мезозое. Но при этом по простиранию Пальмирской зоны не отмечается выклинивания соленосных толщ в юго-западном направлении (в сторону сдвига). В современных приповерхностных разрезах триасово-юрских комплексов Северо-Синайской зоны преобладают гипсы и доломиты

[6, 8], аналогичные развитым в Пальмирской зоне, — закономерные и наиболее устойчивые члены соленосных сообществ. Вдоль тектонических нарушений, секущих верхнемеловые и эоценовые породы Северо-Синайской структуры вне грабена Мертвого моря, широко распространены новообразованные компоненты соляного (галофильного) сообщества [9, 10].

Наличие солей в мезозойских отложениях Северо-Синайской зоны (а возможно, и в опущенном блоке грабена Мертвого моря) подтверждают и более общие палеореконструкции тектоно-седиментационных условий соленаккопления, которые характеризовали в поздне триасово-позднеюрское время протяженную единую Мексиканско-Средиземноморскую систему внутри- и межконтинентальных рифтов (рис.4). Эта система, связанная с расколом Пангеи и заложением мезозойского Нео-Тетиса, контролировала формиро-

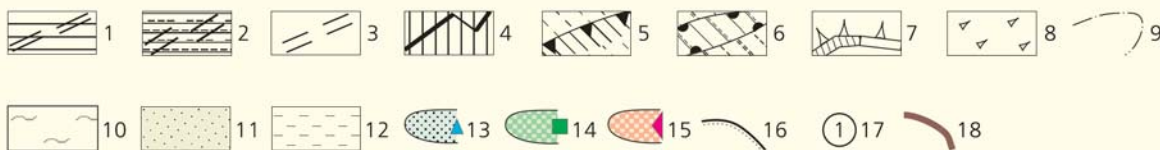
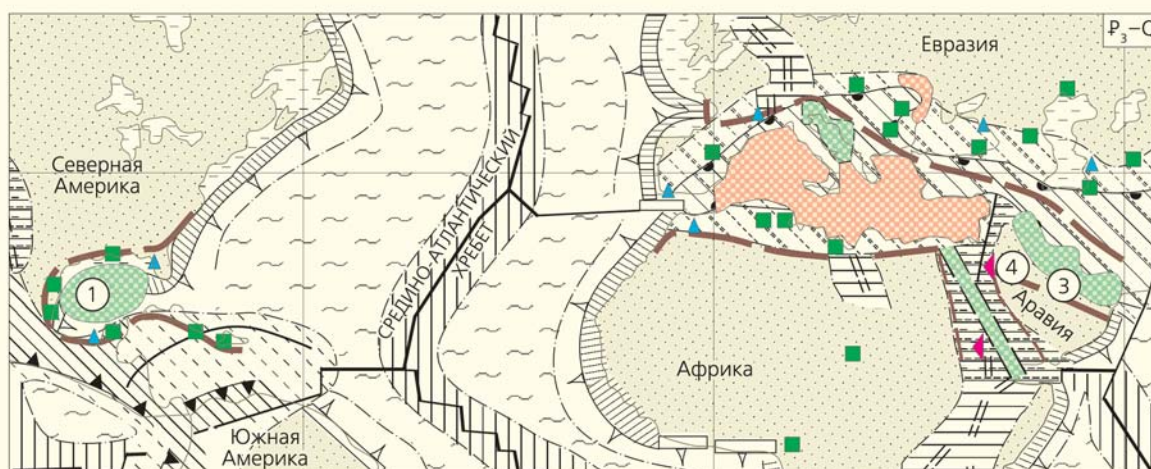


Рис. 4. Мексиканско-Средиземноморский соленосный суперпояс, составлено Беленицкой. Вверху — соленосные бассейны триасово-юрского этапа, внизу — неогеодинамического. 1—8 — геодинамические пояса: 1—3 — рифтовые континентальные (1 — внутриконтинентальные, 2 — межконтинентальные, 3 — рифтовые зоны), 4 — рифтовые океанические, 5—6 — субдукционные (5) и коллизионные (6) (штрихом показаны периферические зоны), 7—8 — пассивноокаринные: 7 — неогеодинамического этапа рифтогенные и сдвиговые, 8 — триасово-юрского времени); 9 — границы между областями с разными типами геодинамического режима; 10 — внутриплитные океанические области; 11—12 — внутриплитные стабильные континентальные области в пределах суши (11) и в пределах акваторий (12); 13—15 — геохимические типы соленосных формаций (мелкие значки показаны вне масштаба): 13 — сульфатно-кальциевый, 14 — галититовый, 15 — хлоридно- и сульфатно-калиевый; 16 — границы блоков континентальной коры для триасово-юрского времени; 17 — крупные соленосные бассейны Мексиканско-Средиземноморского суперпояса: 1 — Мексиканский, 2 — Средиземноморский, 3 — Месопотамский, 4 — Северо-Синайско-Пальмирский (Мертвого моря); 18 — общий ареал распространения триасово-юрских солей Мексиканско-Средиземноморского суперпояса (тонкие линии — зоны пересечения с другими соленосными поясами).

вание вдоль молодых рифтогенных окраин Лавразии и Гондваны мощнейшего одноименного соленосного суперпояса. Он отличался чрезвычайно масштабным распространением солей, в том числе в своей восточной части, которая включала интересующую нас Северо-Синайско-Пальмирскую палеорифтогенную соленосную зону. Позже пояс был разделен субмеридиональным Атлантическим океаном на две гигантские соленосные ветви — Мексиканскую и Средиземноморско-Аравийскую. В их пределах на неотектоническом этапе возникли сопоставимые по масштабу неоген-четвертичные соленосные пояса (рис.4). Для обеих ветвей хорошо просматривается унаследованность размещения как контуров поясов, так и отдельных соленосных бассейнов неотектонического времени по отношению к поздне триасово-юрским.

В-третьих, возникновение главных условий реализации перетока солей — образование самого щелевидного грабена Мертвого моря и смещение среза Северо-Синайской соленосной ветви к месту его «утыкания» в эту новообразованную щель [6, 7] (см. рис.2). В итоге в Северо-Синайской структуре, вмещающей сдавленные соляные массы, рассолы и углеводороды, возникли условия для их интенсивного выжимания в только что возникшее тектоническое зияние. Разгрузке способствовали значительные напряжения сжатия и повышенные температуры, при которых подвижность солей резко возрастает. Внутри же щели, при более низких давлениях и температуре, теку-

честь выдавленных солей резко снижалась до нормального состояния. Та же участь — активная эмиграция в щель — в еще большей мере должна была постигнуть рассолы и углеводороды.

Родство рассольно-соляного выполнения грабена Мертвого моря с материнскими мезозойскими солями Северо-Синайско-Пальмирской зоны подтверждают их сходные черты: наличие в разрезе прослоев калийных солей; высокие содержания К, Mg, Br в восходящих термальных рассолах; присутствие в рассолах сероводорода — члена соляного сообщества и важного показателя наличия в разрезе галогенно-карбонатных комплексов [11], подобных породам в Пальмирском бассейне; обогащенность нефтяными углеводородами; сходный характер перемятости солей и др.

Итак, есть веские основания полагать, что в конце плиоцена в новообразованный грабен Мертвого моря внедрилось огромное массивное асимметричное соленосное тело, прижатое к западному борту. Совпадение места и времени появления солей во впадине Мертвого моря с местом и временем образования сдвиго-раздвиговой щели на пересечении Левантской зоны с соленосной Северо-Синайской структурой позволяет довольно уверенно считать, что именно последняя структура послужила источником солей. Глубокая же тектоническая щель создала оптимальные условия для перетекания в нее рассольно-соляных масс (рис.5). Нельзя исключить участия во всех этих процессах и тех мезозойских солей, которые могли оказаться в глубоко опу-

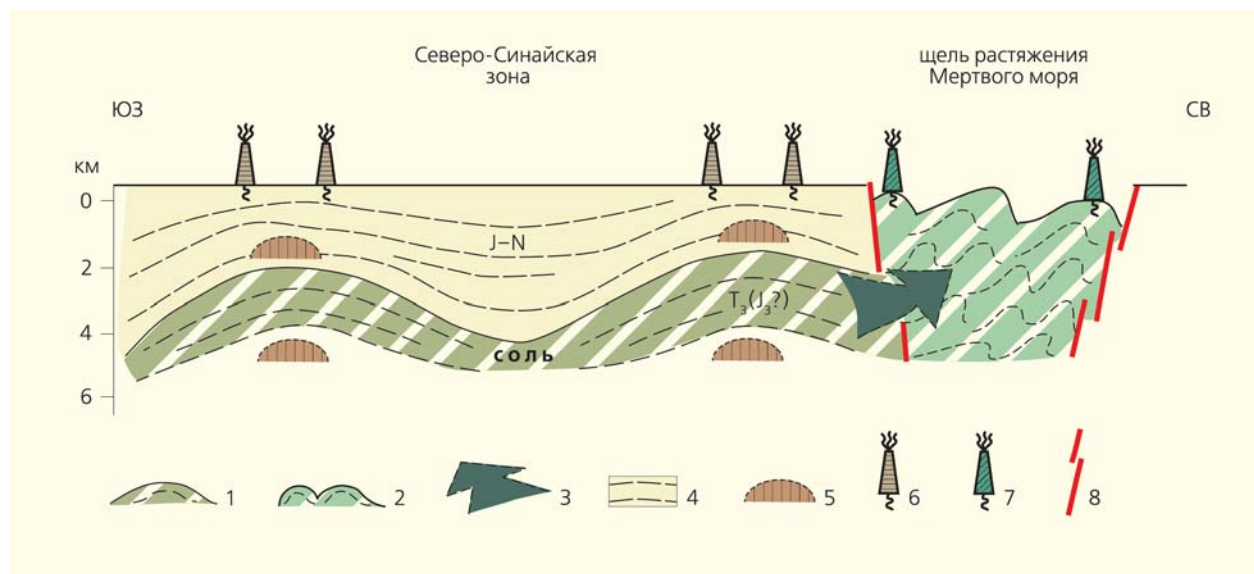


Рис. 5. Внедрение аллохтонных рассольно-соляных масс в котловину Мертвого моря. Модельный палеогеологический разрез вдоль Северо-Синайской авлакогенной зоны и поперек тектонической щели Мертвого моря на время позднеплиоценовой фазы раздвига, составлено Беленицкой. 1 — мезозойские соляные толщи в Северо-Синайской зоне; 2 — аллохтонные углеводородно-рассольно-соляные массы, инъецированные в щель растяжения Мертвого моря; 3 — направление внедрения; 4 — осадочные комплексы, перекрывающие мезозойские соляные толщи; 5 — возможное положение залежей углеводородов; 6—7 — проявления грязевого (6) и соляного (7) вулканизма; 8 — тектонические нарушения.

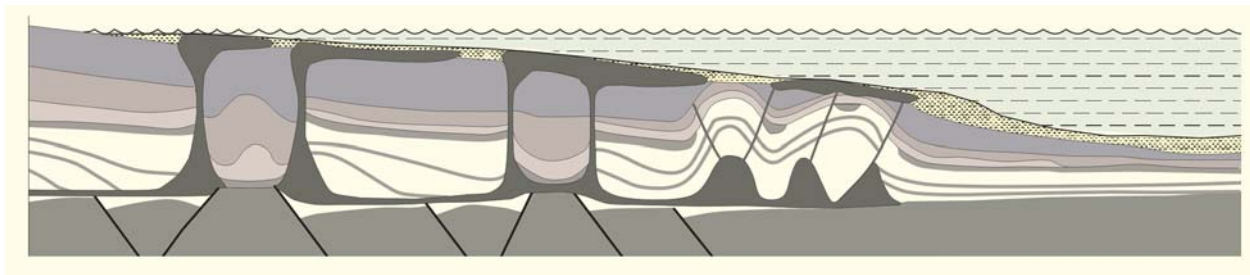


Рис. 6. Модель развития аллохтонных соляных покровов при растекании солей по дну акваторий синхронно с накоплением морских осадков. Темно-серое — соль [12, с упрощениями].

щенном блоке мезозойских пород во внутренних частях грабена.

Наличие двух (а иногда и больше) уровней солености свойственно не только району Мертвого моря, но и другим солянокупольным бассейнам Мексиканско-Средиземноморского пояса (см. рис.4). Чаще всего это те же два уровня — триасово-юрский и неогеновый. В Персидском солянокупольном бассейне к ним добавляется более древний и столь же масштабный — венд-кембрийский [1, рис.1]. Можно представить схему формирования аллохтонных уровней солености за счет масштабного перетекания более древних солей и их растекания с образованием седиментационных пластообразных соляных тел (без всякого участия испарительных процессов) (рис.6). Разные уровни солености надежно установлены в Мексиканском бассейне и весьма вероятны в Средиземноморском [12; 13, рис.5—7].

Почему море соленое?

Глубокая впадина Мертвого моря представляет собой не что иное, как...обнажение на земной поверхности рассолов подземной гидросферы
А.Ф.Горбов

Солевой состав рассолов Мертвого моря формируют три главных источника: воды реки Иордан (основной участник поверхностного питания) и два типа высококонцентрированных рассолов (участников подземного стока) — рассолы выщелачивания вмещающих солей, преимущественно инфильтрогенные нисходяще-латеральные, и глубинные восходящие (рис.7). Гидрохимические показатели каждого из этих источников были рассмотрены в первой статье цикла [1, табл.].

Относительную роль этих источников в образовании рассолов Мертвого моря оценивают по-

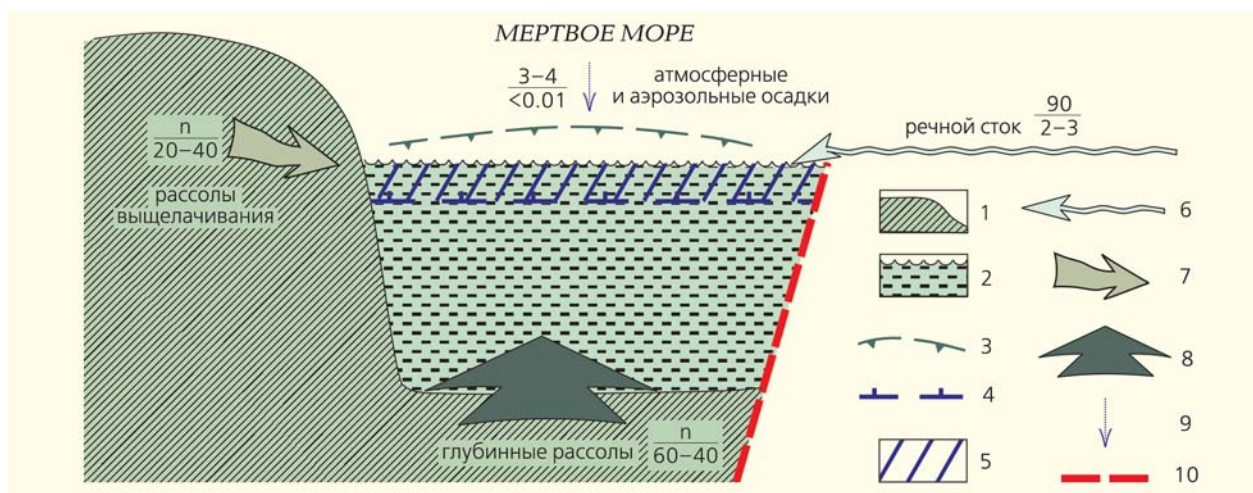


Рис. 7. Модель формирования водного и солевого баланса Мертвого моря, составлено Беленицкой. 1 — соляные отложения субстрата; 2 — рассолы Мертвого моря; 3 — напорный уровень глубинных рассолов; 4 — ориентировочная глубина интенсивного влияния поверхностного водного стока; 5 — зона смешения поверхностного и глубинного стоков (верхний слой стратифицированных рассолов); 6—9 — главные участники водного и солевого питания Мертвого моря [14; 15], длина стрелок и цифра в числителе отражают относительную роль (%) каждого участника в водном питании, ширина стрелок и цифры в знаменателе — их роль в солевом питании: 6 — воды поверхностного (речного) стока, 7 — рассолы выщелачивания солей, 8 — глубинные напорные рассолы, 9 — атмосферные осадки и аэрозольный солевой занос; 10 — тектонические нарушения.

разному. Одни исследователи [3, 14, 15] придают существенное значение высококонцентрированным рассолам, другие — водам реки Иордан. Приведем ориентировочные количественные соотношения в годовом водном и солевом балансе главных участников питания (рис.7).

В приходной статье водного баланса основную роль (более 90%) до последнего времени играл речной сток (1.25 млрд м³/год). Предполагаемый общий вклад двух рассольных источников составлял около 10% (0.15 млрд м³/год). В солевом же балансе (из-за очень большого различия в соотношении минерализаций ~1:400) картина совсем иная. Вклад речного стока (минерализацией до 1 г/л) не превышает 2—3%. Из суммарного вклада двух типов высококонцентрированных (более 400 г/л) рассолов наиболее значимы (до 60—80%) глубинные поступления.

Поскольку количественные оценки солевого питания Мертвого моря ориентировочны, остановимся на некоторых дополнительных, прямых и косвенных, показателях, которые характеризуют вероятную роль каждого из источников.

Воды р.Иордан. Их весьма ограниченный вклад в солевой баланс рассолов Мертвого моря подтверждают многие факты, близкие тем, которые

противоречат «речной» версии формирования и самих солей грабена. И никакие процессы сгущения и метаморфизации приносимых речных вод не способны создать наблюдаемый ныне ионно-солевой состав рассолов. Скорее, в пользу распресняющего влияния вод Иордана говорит характер латеральной и вертикальной зональности в толще рассолов Мертвого моря [1].

Рассолы выщелачивания солей свиты Седом. Об их подчиненном значении также свидетельствуют гидрохимические характеристики: относительно низкая минерализация, «чисто» хлоридно-натриевый состав, бедность К, Mg, Ca, Br и другими макро- и микрокомпонентами, высокие значения хлор-бромного коэффициента и др. (рис.8). Кроме того, растворение солей свиты Седом лимитируется «доступом» к их поверхности вод выщелачивания, проходящих через слабосоленосные плейстоценовые отложения. А еще, как правило, соли сами создают себе защиту в виде своеобразных чехлов из рассолов выщелачивания. Последние по мере насыщения солью становятся значительно тяжелее, чем исходные воды, и локализуются на поверхности «соляного зеркала» [16].

Глубинные восходящие рассолы. Их многочисленные наземные очаги разгрузки — восходящие

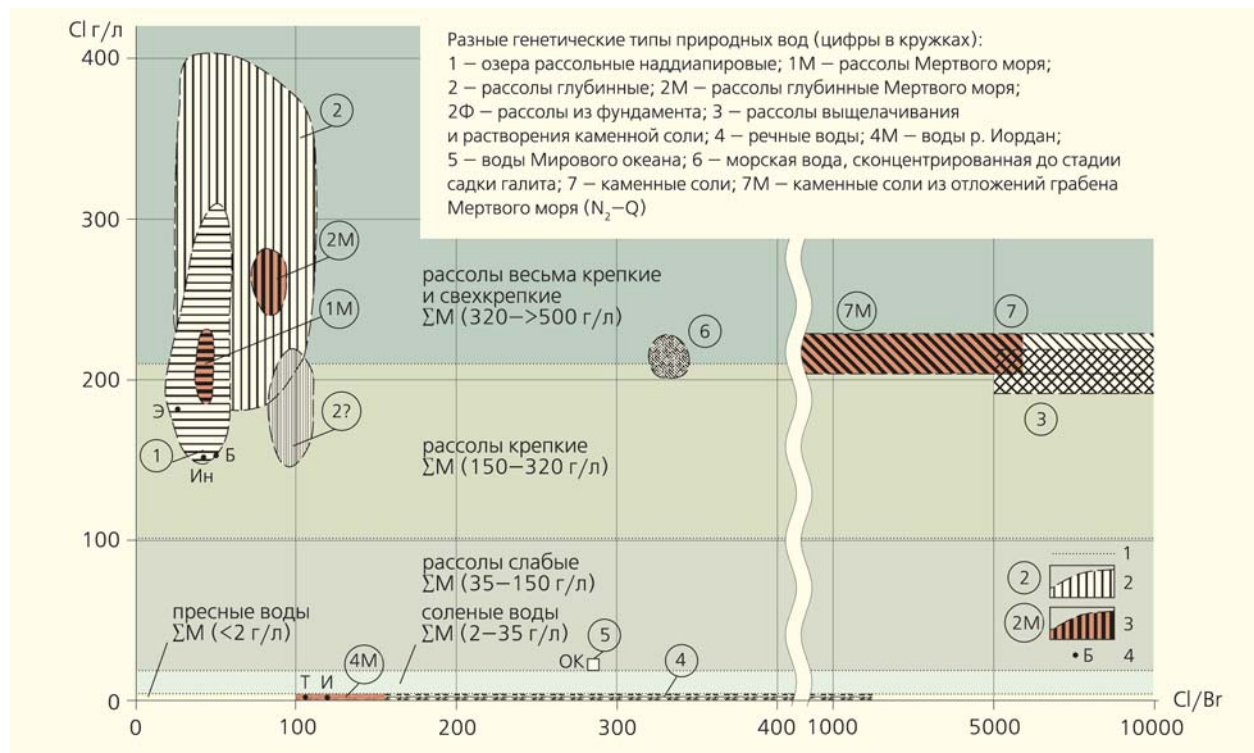


Рис. 8. Поля преобладающих значений Cl/Br-коэффициента, содержания хлора, общей минерализации природных вод и показатели Мертвого моря, составлено Беленицкой. 1 — границы областей распространения природных вод с разной минерализацией [16]; 2—3 — поля распространения природных вод разных генетических типов (сопровождаются индексами в кружках): 2 — для разных регионов мира, 3 — для региона Мертвого моря; 4 — конкретные показатели отдельных объектов региона Мертвого моря (И — р. Иордан у Иерихона, Т — оз. Тивериадское) и Прикаспийской впадины (наддиапировые озера: Э — Эльтон, Б — Баскунчак, Ин — Индер).

источники, часто термальные и сероводородные, — хорошо известны. Главное свидетельство определяющего вклада глубинных рассолов — максимальная сопоставимость их гидрохимических характеристик с показателями рассолов Мертвого моря. Наиболее информативны следующие: высочайшая и близкая по величине минерализация тех и других; одинаковые хлор-кальциевый тип и хлоридный Mg-Na-Ca-состав; чрезвычайно высокие (до 4—5 г/л) содержания Br; низкие (41—43) значения Cl/Br-коэффициента (см. рис.8). Именно интенсивному подтоку глубинных рассолов, максимальному в самых глубоких слоях рассольной толщи (в сочетании с одновременным разбавлением поверхностной зоны пресными и богатыми кислородом водами Иордана), по-видимому, обязано существование и вертикальной стратификации этой толщи, и ее латеральной зональности [1].

Есть еще один незначительный (количественно) участник водно-солевого баланса — атмосферные осадки (см. рис.7). Они условно объединяют собственно водные осадки (в основном дождь) и солевую пыль. Первые играют некоторую роль в водном питании, а вторая вносит небольшую вклад в солевой баланс.

Итак, если в водном питании Мертвого моря основную роль (во всяком случае, до последнего времени) играл поверхностный сток пресных речных вод, то ионно-солевой их состав, безусловно, формировали высококонцентрированные рассолы — глубинные восходящие и, в меньшей мере, выщелачивания.

Сухой жаркий климат и высокая испаряемость, несомненно, дополнительно способствовали быстрому росту минерализации рассолов любого генезиса, ослабляя разбавляющее влияние пресных вод Иордана.

Формирование солей, рассолов и диапиров: хроника событий

*Соль... вовлечена в вечный круговорот, сохраняя при этом практически неизменной общую массу...
В геологическом цикле галокинез — это лишь эпизодически повторяющаяся фаза в эволюции соли.
Ф.Трусхейм*

В геологической истории солей и рассолов Мертвого моря намечаются три крупных этапа.

Поздний триас — поздняя юра (~220—150 млн лет назад). Образование мощной толщи материнских солей в Северо-Синайско-Пальмирской внутриплитной палеорифтогенной структуре (элементе Мексиканско-Средиземноморского суперпояса).

Поздняя юра — начало плиоцена (150—2.5 млн лет назад). Деформации сжатия в осадочном выполнении структуры, возникновение соляных ку-

полов, участие солей в образовании осадочного чехла и в нефтегазонакоплении.

Поздний плиоцен — квартал (2.5 млн лет назад — настоящее время). Активизация Левантской сдвиговой зоны; формирование глубокой щели — грабена Мертвого моря, западное ограничение которого совпало со срезом Северо-Синайской соленосной структуры. Глубочайший провал земной коры стал естественным местом разгрузки и перетока солей, рассолов и углеводородов из Северо-Синайской структуры, заложив основу мощному накоплению здесь солей и рассолов. А в западном обрамлении Левантской зоны в то же время появляются многочисленные грязевые вулканы, и образуется мощный грязевулканический комплекс (формация Хатрурим). Его возникновение, безусловно, свидетельствует о высокой энергетической напряженности недр во всем регионе и об их интенсивной взрывной разгрузке. Предполагается, что немного раньше, а частично и одновременно с этими событиями, в грабен Мертвого моря с севера через узкий залив проникали морские воды, связанные с плиоценовой трансгрессией в Средиземном палеоморе (см. рис.1).

Два первых этапа составили предысторию солей Мертвого моря, а третий — собственно историю (как и историю самого вмещающего их грабена). Рассмотрим немного подробнее последовательность рассольно-соляных событий в течение третьего этапа, выделив в нем подэтапы и ключевые уровни разреза, отвечающие этому времени.

Поздний плиоцен — ранний плейстоцен (2.5—0.8 млн лет назад). В это время происходила разгрузка-перетекание в глубокое (6—8 км) тектоническое зияние, которое характеризовалось резко пониженным давлением, находящихся под напором триасово-юрских солей, рассолов и углеводородов. Аллохтонные соляные массы, возможно содержащие значительное количество несоляного материала, заполняли этот провал (заплывали) (см. рис.5). Соляные покровы сверху наращивались новыми хомогенными (рассольно-осадочными) соленосными отложениями. Главным источником последних в большой мере служили высококонцентрированные рассолы (разгружавшиеся вместе с солями и образующиеся при выщелачивании перемещенных солей). Соленакпление этого типа, начавшись одновременно с иммиграцией солей, происходило, по-видимому, и после ее завершения, сыграв значительную роль в формировании верхних частей свиты Седом. Поверхность солей была скорее всего неровной. Максимальная ее высота (и мощность соляного тела) отмечалась на участках, прижатых к западному борту, а минимальная — к восточному.

Средний — поздний плейстоцен (0.8—0.012 млн лет назад). После предполагаемой недолгой связи (через пролив) с морем в позднем плиоцене в течение всего последующего времени Мертвое море представляло бессточный озерный водоем. Нерав-

номерное перераспределение соляных масс внутри грабеновой структуры под действием тектонических и гравитационных напряжений сопровождалось ростом соляных поднятий-диапиров и проседанием компенсационных впадин второго порядка. Они и сформировали приповерхностную структуру соляного тела. Росту диапиров сопутствовало образование кепроков (каменных шляп-покрышек) и развитие соляного карста, а прогибанию депрессий — накопление озерных терригенно-карбонатных соленосных отложений (при участии материала речного стока, продуктов разрушения и выщелачивания поднятых частей соляных куполов, а также глубинных рассолов).

Голоцен (0.012 млн лет назад — настоящее время). Оформление современной озерной рассолоносной впадины Мертвого моря на фоне продолжения роста соляных структур и изменения рельефа поверхности соляных масс. Изменение конфигурации и объемов наддиапировых водоемов и связанного с ними положения напорных уровней подземных рассолов обусловили колебания уровня Мертвого моря-озера и его предшественников. Эти колебания служили наглядным отражением активной жизни соленосных недр.

Современное Мертвое море представляет собой модель глубоководного озерного рассолоно-бассейна, который заполняет наддиапировую

компенсационно-тектоническую котловину. Его рассолоносная впадина сейчас значительно недокомпенсирована осадками. Особенно сильно это отмечается в северной, наиболее прогнутой части, где ее дно находится на 750—800 м ниже уровня океана, а рассолы располагаются на 425 м ниже уровня океана и продолжают понижаться. Наблюдаемое и ныне опускание моря-озера, по видимому, — не только следствие техногенных воздействий, но и проявление циклических естественно-природных колебаний.

* * *

Итак, грабен Мертвого моря можно рассматривать как длительно действующий локализованный очаг рассолоно-соляной разгрузки недр. В формировании его солей, рассолов и диапиров определяющее значение имели (и имеют поныне) латеральные и восходящие перемещения и разгрузки «странствующих» рассолоно-соляных масс. В позднем плиоцене — раннем плейстоцене доминирующая роль принадлежала внедрению солей, а в последующее время — разгрузке рассолов. Немалое место могли занимать также разгрузки углеводородно-рассолоно-соляных смесей, в том числе взрывного типа. Тектоническая активность неизменно служила (и служит) регулятором интенсивности в жизни солей и рассолов. ■

Работы выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 07-05-00907-а, 10-05-00555-а.

Литература

1. Беленицкая Г.А. Соленосное чудо планеты // *Природа*. 2013. №6. С.21—32.
2. Беленицкая Г.А. Галогенсодержащие бассейны // *Литогеодинамика и минералогия осадочных бассейнов* / Под ред. А.Д.Щеглова. СПб., 1998. С.220—320.
3. Zak I., Bentor Y.K. Same new data on the salt deposits of the Dead Sea area, Israel // *Geol. of saline deposits. Proc. Hanover Symp.* 1968. (Earth sciences, 7). P.137—144.
4. Обстановки осадконакопления и фации / Под ред. Х.Рединга. Т.2. М., 1990. С.381.
5. Omara S. Diapiric structures in Egypt and Syria // *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 1964. V.48. №7. P.1116—1125.
6. Копп М.Л., Леонов Ю.Г., Аджамян Ж. Деформации запада Аравийской плиты как результат сдвиговых перемещений по Левантскому разлому // *Геотектоника*. 1994. №3. С.52—65.
7. Хаин В.Е. Региональная геотектоника. Вып.1. Северная и Южная Америка, Антарктида и Африка. М., 1971.
8. Atlas of Israel: cartography, physical geography, human and economic geography, history. Jerusalem, 1970.
9. Gilat A. Hydrothermal activity and hydro-explosions as a cause of natural combustion and pyrolysis of bituminous rocks: the case of Pliocene metamorphism in Israel (Hatrurim formation) // *Geol. Surv. Israel. Curr. Res.* 1998. V.11. P.96—102.
10. Гилат А. Содом и Гоморра: гидротермальные взрывы и самовозгорание горючих газов, вызванные землетрясением? // *Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь*. М., 2010. С.112—114.
11. Belenitskaya G.A. Distribution pattern of hydrogen sulphide-bearing gas // *Petroleum Geoscience*. 2000. V.6. №2. P.175—187.
12. Беленицкая Г.А. Природные соляно-нафтидные гиганты // *Природа*. 2013. №1. С.11—23.
13. Беленицкая Г.А. Мексиканский соляно-нефтяной реактор // *Природа*. 2011. №3. С.18—31.
14. Bentor Y.K. Some geochemical aspects of the Dead Sea and the question of its age // *Geochem. et Cosmochim. Acta*. 1961. V.25. P.239—260.
15. Neev D., Emery K.O. The Dead Sea depositional processes and environments of evaporates. Jerusalem. 1967.
16. Зайцев И.К., Толстихин Н.И. Закономерности распространения и формирования минеральных подземных вод. М., 1972.

Кризис, из которого нет и не будет выхода

А.М.Гиляров,

доктор биологических наук

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

В своей предыдущей статье я писал: «нет никаких надежд на то, что современное общество перестанет быть обществом потребления, в котором все, в том числе и живая природа, превращено в товар»*. И сегодня, читая студентам лекции о проблемах вымирания, мне приходится с грустью «пророчествовать»: в течение вашей жизни тигр в дикой природе исчезнет. И не только у нас в Приморском крае, но и во всех местах, где его еще можно встретить. По данным «Красной книги Международного союза охраны природы» (МСОП), общая численность тигров в дикой природе в 2012 г. не превышала 3 тыс., а в конце 1990-х годов оценивалась в 5–7 тыс. особей, т.е. была в два раза выше. Исторический ареал этого хищника простирался от территории современной Турции до Тихого океана, охватывая на юге Индостан, Индокитай, Малайский п-ов и крупные острова Юго-Восточной Азии. Теперь от него остались крошечные территории, разбросанные по разным местам Индии, Китая и стран Юго-Восточной Азии. Вымирание в обозримые сроки (50–100 лет) угрожает также многим другим крупным и малочисленным животным: исчезнут в дикой природе все человекообразные обезьяны и все носороги, некоторые птицы — в первую оче-



Восточная, или горная, горилла (*Gorilla beringei*). Этот вид значится в списках «Красной книги МСОП», как «находящийся в опасности». Тем не менее, его численность, как и другого вида — западной гориллы (*G. gorilla*), неуклонно снижается. Основные причины этого: браконьерская охота, уничтожение природных местообитаний и заболевание — геморрагическая лихорадка Эбола. Поскольку гориллы необычайно медленно размножаются, даже небольшого истребления достаточно, чтобы рост популяции прекратился.

Здесь и далее фото Г.И.Юсина, сделанные в Уганде в 2013 г.

* Подробнее см.: Гиляров А.М. Неотвратимая угроза биологическому разнообразию // Природа. 2011. №9. С.3–12.

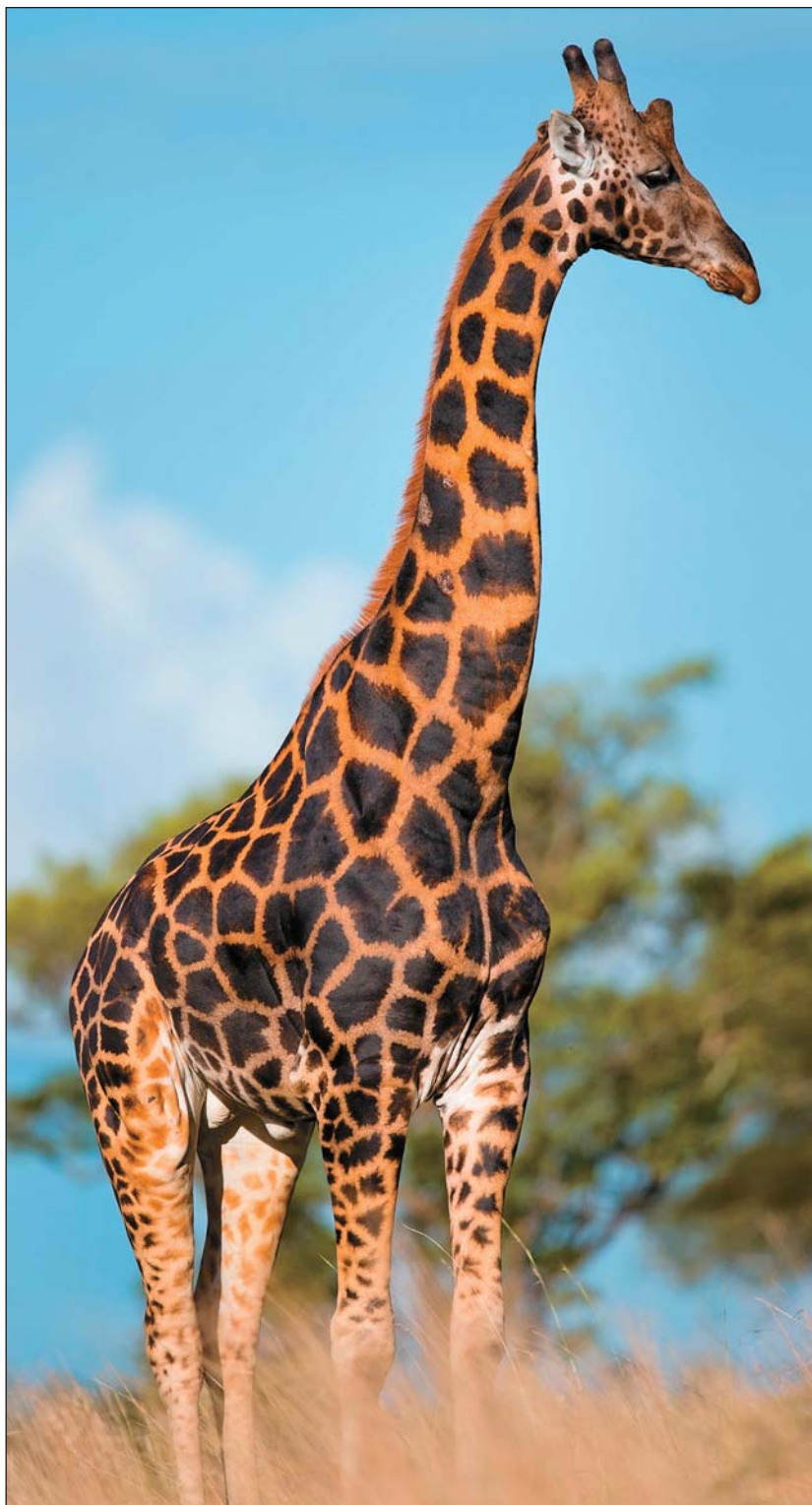
редь крупные и совершающие дальние перелеты (например, такие, как стерх).

Все чаще можно встретить утверждение, что мы наблюдаем новое, шестое, массовое вымирание, сопоставимое, по крайней мере по скорости развития, с такими же известными событиями прошлого. Считается, что их было пять: первое еще в ордовике (закончилось 443 млн лет назад), затем в девоне (359 млн лет назад), в пермском периоде (291 млн лет назад), в триасе (200 млн лет назад), а последнее — уже в меловом периоде (65 млн лет назад). В каждом случае с лица земли исчезало огромное число организмов: от 35 до 50% всех родов, а видов — до 96% (в пермском периоде). Конечно, судить можно только о тех организмах, остатки которых сохраняются в отложениях. Палеонтологи все же полагают, что приравнять наблюдаемый кризис биоразнообразия к известным пяти вымираниям прошлого некорректно [1].

Хотя, по данным «Красной книги МСОП», число вымерших за последнее время видов животных вовсе не так велико, следует иметь в виду, что достаточно полно в ней представлены только птицы и млекопитающие; земноводных и пресмыкающихся уже значительно меньше, а рыб — крайне мало. Что же касается беспозвоночных, в том числе самой богатой видами группы — насекомых, то их практически нет (за исключением некоторых крупных, бросающихся в глаза, стрекоз, бабочек и жуков). Но ведь подавляющее большинство видов животных на Земле — это как раз насекомые и другие наземные членистоногие. Крупномасштабное сведение тропических лесов невольно сопровождается истреблением множества членистоногих, среди которых, вероятно, около 70% видов так и остаются неописанными, не получившими научных названий. Согласно моделям, основанным на раз-



Белый носорог (*Ceratotherium simum*). В «Красной книге МСОП» отнесен к категории «находящихся в опасности». Ранее различали две крупные популяции белого носорога — северную и южную. Но теперь первая уже не существует, зато вторая — самая крупная среди популяций носорогов обоих видов. На 31 декабря 2010 г. ее численность составила 20170 голов. Детальных карт распределения носорогов специально не публикуют (указывают только страны), чтобы не облегчать жизнь браконьерам. Браконьерство — основная причина гибели носорогов — ориентировано на добычу рогов, которые ценятся в китайской медицине, а также используются для изготовления престижных ножей для кинжалов. Особенно ценятся рога другого вида, черного носорога, но за его неимением используют и рога белого.



Жираф (*Giraffa camelopardalis*). В «Красной книге МСОП» он пока отнесен к категории «вызывающих наименьшие опасения» — общая численность довольно высокая. Но ситуация может быстро измениться, поскольку территории, на которых он встречается, интенсивно осваиваются. В 1999 г. суммарную численность оценивали в 140 тыс. особей, в 2007 г. — уже в 80 тыс. Специалисты выделяют целый ряд подвидов жирафа, различающихся рисунком пятен. Некоторые популяции жирафа крайне немногочисленны и нуждаются в дополнительной охране.

ных предположениях, наиболее вероятное суммарное число видов наземных членистоногих составляет 2.5—3.7 млн [2]. Оценить адекватно их потери мы пока не можем.

Все предыдущие вымирания были вызваны естественными причинами — мощнейшими извержениями вулканов, резким изменением климата и др. Причина современного вымирания — исключительно деятельность человека. Каждое из пяти прошлых вымираний сменялось длительным периодом восстановления природных экосистем (на самом деле появлялись новые экосистемы с другим составом фауны и флоры), но наблюдаемый сейчас кризис разнообразия никаким восстановлением не сменится при «жизни цивилизации». Только через очень большой промежуток времени (измеряемый миллионами лет), когда *Homo sapiens* как биологический вид уже вымрет (а почему мы должны думать, что никакое вымирание нам не грозит?), возможно, появятся какие-то новые экосистемы. Очевидно, что современный кризис биоразнообразия не прекратится, а будет только усугубляться. Тому есть ряд причин, среди которых условно можно выделить три основные, на самом деле связанные между собой.

Первая — это хозяйственное освоение территории, превращение природных земель в пастбища (еще не худший вариант) и другие сельскохозяйственные угодья, в площадки для строительства зданий и дорог, а порой — просто в места для свалки. Эту проблему четко сформулировал выдающийся немецкий зоолог и борец за сохранение природы Б.Гржимек еще в начале 1950-х годов. Название его книги «Для диких животных места нет» предельно точное. За 60 лет, прошедших с тех пор, места для диких животных стало куда меньше. Все начинается с уничтожения растительного покрова (нередко наиболее варварским способом — выжигани-

ем) и разрушения почвенного слоя. Хотя земледелие имеет давнюю историю, отмеченную своими технологическими прорывами (например, изобретением плуга), ряд новшеств порожден индустриальной эпохой. Это мощная сельскохозяйственная техника, минеральные удобрения, пестициды, без которых получить урожай в тропиках просто невозможно (все съедят листогрызущие насекомые). Растущее население развивающихся стран Африки, Азии и Центральной Америки должно как-то прокормиться. В ряде случаев и расчищенные земли начинают использовать под технические культуры. Так, на Борнео и Суматре уничтожают тро-

пические леса (там обитают последние орангутаны) для разведения плантаций масличной пальмы, чтобы получать из нее растительное масло, которое используется для различных целей, в том числе как добавка в дизельное топливо.

Для многих бедных стран тропического пояса важнейший источник дохода — экспорт сельскохозяйственных продуктов (кофе, какао, кокосовых орехов). Ради плантаций кофе уже вырублены и продолжают вырубаться леса, служащие прибежищем множеству видов животных, среди которых и находящиеся под угрозой вымирания. Каждая выпитая нами чашечка кофе вносит свой

вклад в сведение тропических лесов, где обитают исчезающие виды, включая некоторых паукообразных обезьян. Вряд ли мы об этом задумываемся, а если и задумываемся, то не перестаем пить кофе и какао. Ученые из Австралии, Японии и Италии недавно исследовали систему торговых связей между странами и посчитали, что огромное число случаев угрозы видам, занесенным в Красную книгу (т.е. нуждающимся в особой охране), вызвано производством, ориентированным на экспорт. Изменить сложившуюся ситуацию можно, только если возложить свою долю ответственности за причиненный природе ущерб на производителей (экс-



Гепард (*Acinonyx jubatus*). В «Красной книге МСОП» отнесен к категории «уязвимых». В 1970-х годах его численность еще составляла 15 тыс. особей, сегодня она, видимо, не превышает 7.5 тыс. и, вероятно, будет значительно снижаться. Основные причины — уничтожение природных местообитаний и охота. Когда-то огромный ареал гепарда помимо Африки включал Аравийский п-ов, территории, примыкающие к Каспию и Аральскому морю. Встречался на территории бывших республик СССР — Туркмении и Узбекистана. Сейчас от всей азиатской популяции осталась небольшая группа (не исключено, что всего 20 особей) в Иране, о состоянии которой почти ничего неизвестно.



Леопард (*Panthera pardus*) по классификации «Красной книги МСОП» относится к категории «находящихся в состоянии, близком к вызывающим опасения». Еще недавно никаких опасений этот вид не вызывал. У него был огромный ареал, охватывающий почти всю Африку, Переднюю Азию, Кавказ, Закавказье, многие районы Средней Азии (республики бывшего СССР), Индию, часть Китая и острова Юго-Восточной Азии. Достаточно многочисленна пока только африканская популяция, но некоторые подвиды находятся в критическом состоянии. Так, численность обитающего у нас на Дальнем Востоке амурского леопарда, самого крупного подвида, возможно, не достигает и 30 особей.

портеров), торговцев и потребителей (импортеров) соответствующих товаров [4].

Вторая причина заключается в том, что какие-либо действия, направленные на охрану природы или даже просто планы таких действий возможны лишь в богатых развитых странах

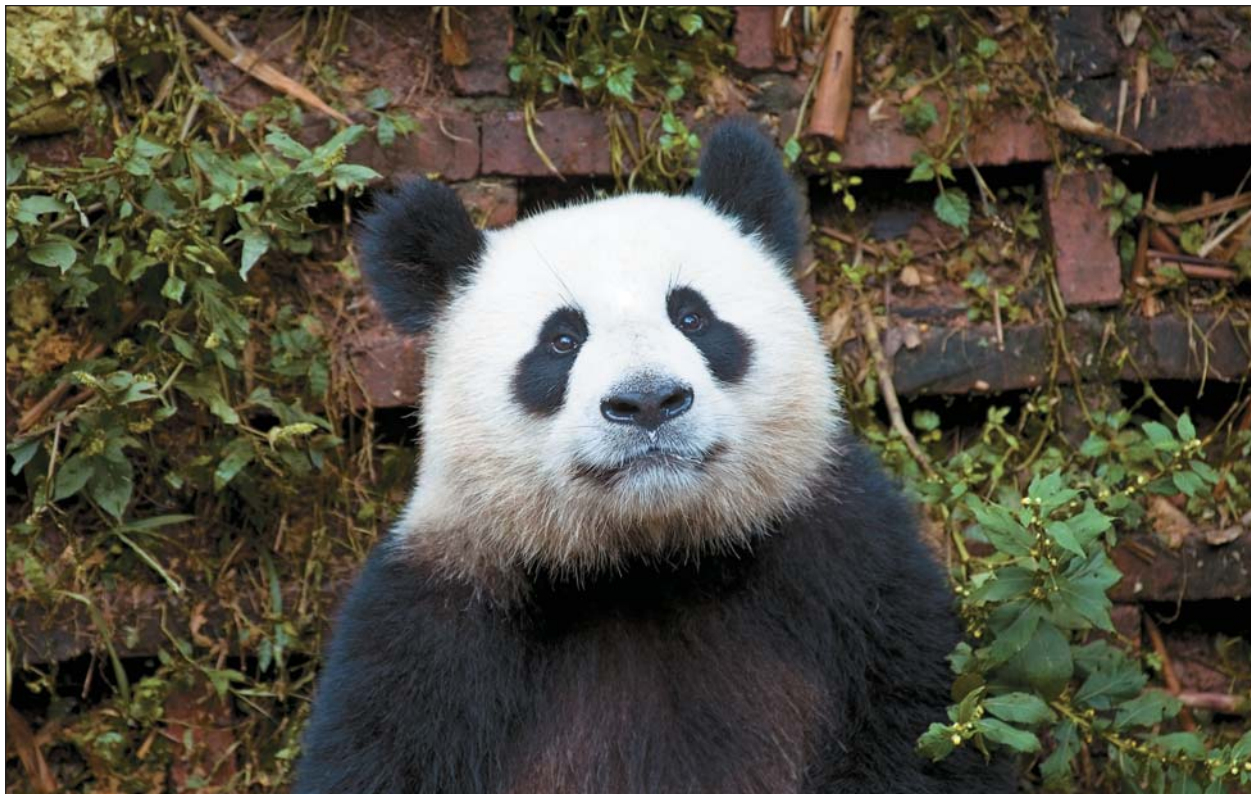
с населением достаточно образованным и, конечно, же сытым. Это страны Западной Европы, а также США, Канада и Австралия. В свое время меня поразило сравнение количества энергии, затрачиваемого на одного человека в разных странах. Выяснилось, что житель Австралии по-

требляет столько же энергии, сколько 50 кенийцев.

Только при материальном благополучии (и определенном уровне культуры) озабоченность людей сохранением окружающей их природы может быть реализована. Такую деятельность многие поддерживают взносами добровольно. Так, в Королевском обществе защиты птиц (Великобритания) насчитывается более миллиона членов! В Германии меня не раз поражало обилие и разнообразие птиц в городских парках, а уж когда я увидел в Киле диких гусей, разгуливающих по набережной (правда, близко к урезу воды), то просто не поверил своим глазам. В странах, где люди вынуждены думать о хлебе насущном, любые разговоры о необходимости охранять окружающую природу не найдут никакого отклика. Впрочем, помимо сытости нужен и определенный уровень культуры. Когда я писал эти строки, на интернет-странице «Союза охраны птиц России» появилось сообщение: «1 июня я (Рахматуллин Ренат) и Бекмансуров Ринур отправились на остров Ивановский (Татарстан) с целью закольцевать птенцов орлана. У первого гнезда мы обнаружили пару мертвых орланов, при осмотре обнаружили следы отверстий от дроби. Также неподалеку, на берегу валялись остатки сетей и мусор»*. Вряд ли люди, застрелившие орланов-белохвостов, были голодными.

Третья причина кроется в самом «венце природы». В подавляющем большинстве люди не готовы признать право животных на существование, если не видят какую-то возможную выгоду для себя. Человек, как полный хозяин на Земле, видимо, считает, что не только может, но и должен использовать окружающую природу для собственного блага. К сожалению, именно такая сугубо антропоцентри-

* <https://www.facebook.com/soyuz.ohranypitrossii>



Большая панда (*Ailuropoda melanoleuca*) в Центре разведения панды в Ченду (провинция Сычуань). В «Красной книге МСОП» относится к категории «находящихся в опасности». По последним оценкам, численность вида в природе составляет около 1600 особей. Беспрецедентные меры, принятые правительством Китая, вселяют надежду на возможное увеличение популяции. Меры включают не только чрезвычайно строгое, вплоть до смертной казни, наказание за убийство панды, но и, что гораздо важнее, восстановление лесов между участками, где еще есть этот вид. Государство выплачивает большую дотацию крестьянам, чтобы они вместо выращивания зерновых культур на полях высаживали лес. Так появятся коридоры, по которым панды смогут перемещаться между основными местообитаниями в горных лесах с зарослями бамбука. В Китае сейчас более 60 заповедников, где обитают хотя бы небольшие популяции большой панды.

Фото Ван Нин

ческая позиция была, есть и будет доминирующей в человеческом сознании, тем более что она соотвечствует установкам господствующих религий — ислама, христианства и иудаизма. Какие-либо рассуждения о «правах» животных, в том числе на определенную территорию, где они могли бы спокойно жить, возможны только в обществе с высокой правовой культурой.

Однако было бы в высшей степени наивно ожидать, что признание прав животных получит сколько-либо широкое распространение.

Все сказанное очевидно и известно, но говорить об этом как-то не принято. Что мы должны делать, осознавая неотвратимость кризиса биоразнообразия? Опустить руки и ожидать естественного хода развития со-

бытий? Ни в коем случае! Необходимо поступать так же, как врачи, пытающиеся всеми возможными средствами продлить жизнь больных с неизлечимыми заболеваниями. Наш долг — приложить максимум усилий, чтобы сохранить еще оставшееся, притормозить дальнейшее разрушение природных экосистем, снизить риск скорого вымирания тех видов, которым это грозит. ■

Литература

1. Barnosky A.D., Matzke N., Tomiya S. et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? // Nature. 2011. V.471. P.51—57.
2. Hamilton A.J., Basset Y., Benke K.K. et al. Quantifying uncertainty in estimation of tropical arthropod species richness // Am. Naturalist. 2010. V.176. P.90—95.
3. Гржимек Б. Для диких животных места нет / Пер. Е.А.Геевской. М., 1978.
4. Lenzen M., Moran D., Kanemoto K. et al. International trade drives biodiversity threats in developing nations // Nature. 2012. V.486. P.109—112.



Гималайский медведь: воспитание медвежат-сирот

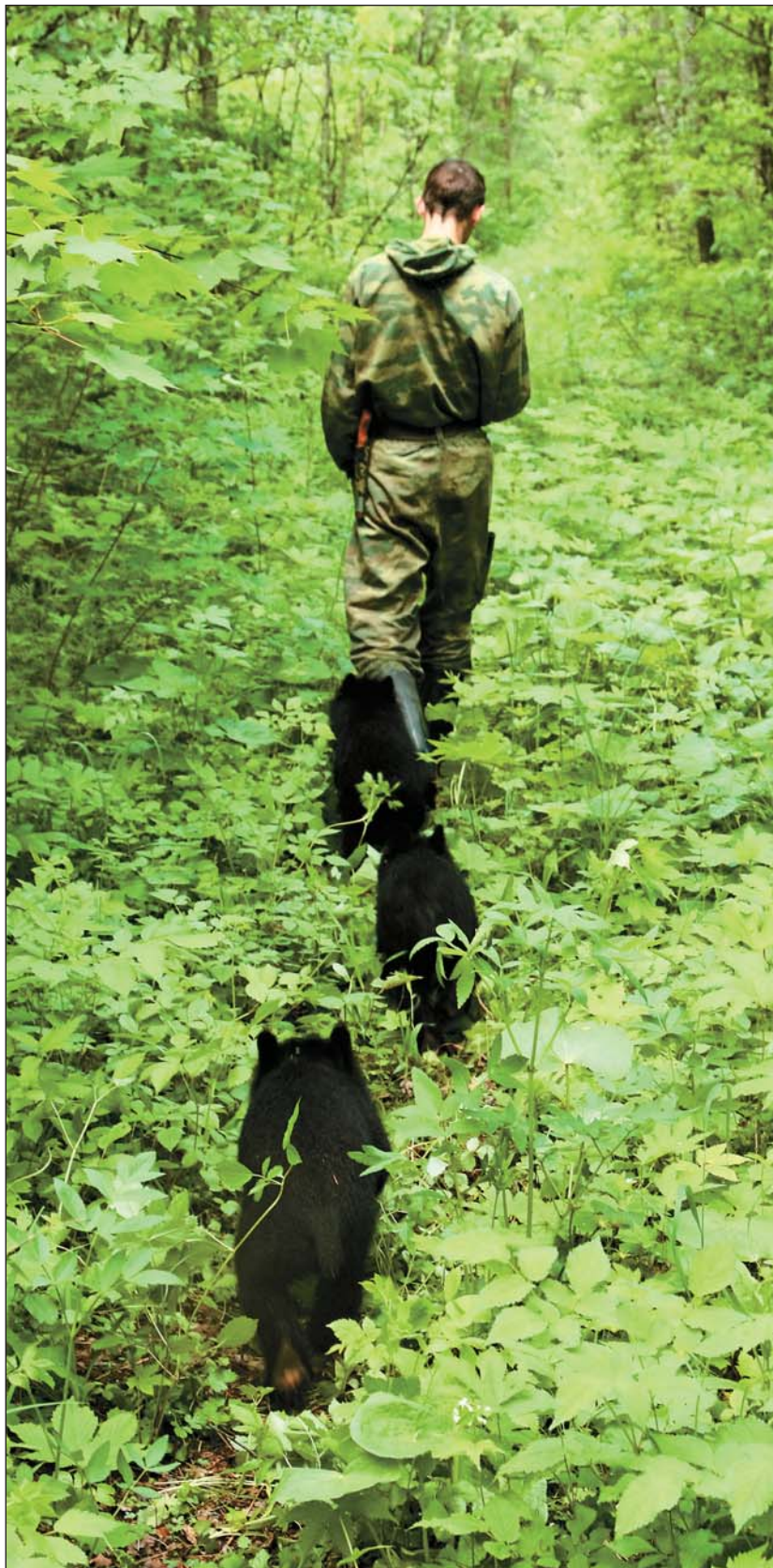
*С.А.Колчин,
кандидат биологических наук
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН*



Гималайский, или азиатский черный, медведь (*Ursus thibetanus*) живет в горных тропических и субтропических широколиственных лесах Юго-Восточной Азии. В нашей стране, на юге Дальнего Востока, в зоне кедрово-широколиственных лесов, обитает самый северный подвид этого медведя — уссурийский (*U.tussurianus*). Его ареал, довольно обширный до середины XX в. (не входили лишь открытые пространства Приханкайской равнины и заболоченные части пойм Амура и Уссури), теперь значительно сократился и стал мозаичным. Снижается и численность зверя — из обычного он превратился в редкого [1]. Виной тому нарушение его местообитаний: уцелевшие остатки кедрово-широколиственных лесов продолжают интенсивно вырубаться. Уничтожаются породы деревьев, имеющие для медведя первостепенное значение, — кедр и дуб, плодами которых он питается, и липа, в дуплах которой он зимует. Но не только ухудшение условий жизни пагубно сказывается на состоянии вида; гималайский медведь — объект охоты и браконьерства (в китайской народной медицине используется его желчный пузырь, в кулинарии — лапы). До 1998 г. он находился в списках «Красной книги России», затем переведен без всяких на то оснований в разряд охотничьих животных. В результате зимнего промысла в берлогах остаются осиротевшие медвежата, которым не выжить без материнской заботы.

В 2009—2010 гг. мы взяли за «воспитание» трех осиротевших детенышей гималайского медведя. Идея эта, конечно, ненова: первым выращиванием медвежат и их адаптацией к самостоятельной жизни в лесу занялся известный зоолог В.С.Пажетнов еще в середине 1970-х годов в Центральном-лесном заповеднике [2]. Эти пионерные работы стали началом фундаментальных иссле-

© Колчин С.А., 2013



Формирование реакции следования у медвежат.

Здесь и далее фото из архива автора

дований поведения бурого медведя. На их основе была разработана методика, по которой уже 30 лет на биостанции «Чистый лес» (Тверская обл.) выращивают медвежат-сирот [3]. Опираясь на опыт коллег, мы начали свою работу, цель которой — изучить этапы формирования поведения у детенышей гималайского медведя и вернуть их в естественную среду.

Все необходимые навыки медвежата приобретают в первые полтора года жизни, и именно столько времени нам предстояло провести вместе со своими подопечными в лесу. Местом для эксперимента был выбран стационарный участок в бассейне небольшой реки Дурмин, затерявшейся среди западных отрогов Среднего Сихотэ-Алиня. Следуя методике, малышей оградили от контактов с посторонними людьми и определили на жительство в клетку, находящуюся в лесу. Ежедневно с малышами проводили длительные экскурсии.

Привязанность к взрослому животному (обычно к матери) у медвежат формируется вскоре после рождения. К запаху медведицы, теплу ее тела, голосу они привыкают еще в берлоге, но более важен момент, когда семья выбирается из нее. Трясущиеся от нервного напряжения и холода малыши видят перед собой перемещающуюся медведицу. Ее темный силуэт выделяется на светлом фоне весеннего леса и служит очень сильным визуальным раздражителем для медвежат, и те стремятся во что бы то ни стало догнать мать. Упавшие деревья, кочки и ручьи — значительная преграда на пути, которая только усиливает возбуждение и потребность медвежат быть около медведицы. Они пищат, орут, но упорно бегут вперед. Так формируется и сохраняется до самого распада семейной группы реакция следования. Это уникальное явление этологи называют импринтингом (от англ. imprinting — оставлять след, запечатлевать) [4, 5].



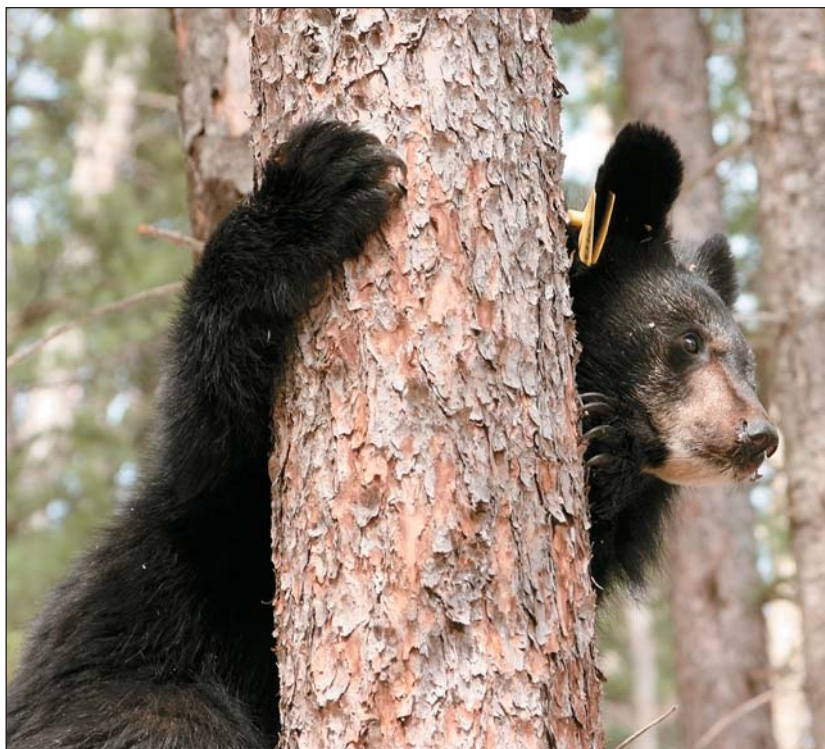
Шикша в возрасте 2.5 и 3.5 месяцев (вверху), 4.5 месяцев и 1.5 года (внизу).

Взятые из берлоги детеныши, еще не «запечатленные» на медведицу-мать, могут вступить в социальную связь с человеком-поводырем.

Медвежат было трое — два самца и самка. Самый рослый, непоседливый и упрямый — Яша — поступил к нам из Приморья. Он властвовал над другими медвежатами — Шумом и Шикшей. Правда, грациозная и своенравная «сестра» умела постоять за себя, а вот робкий «брат» побаивался Яшку и в короткой схватке нередко уступал ему найденный муравейник, гнездо ос или кладку рябчика. Однако,

несмотря на ссоры, медвежата были сплоченной командой. Особая взаимная привязанность проявлялась у них в опасных ситуациях — когда встречались следы тигра или появлялся взрослый медведь. Страх к крупным хищникам у медвежат врожденный, при этом в их поведении удивительным образом отражается возможная степень опасности. Медведи разного пола и возраста неодинаково относятся к детенышам, и тем очень важно вовремя распознать, с какими намерениями приблизился к ним взрослый. Так, наши подопечные проявляли явный страх,

встретив взрослого медведя-самца или его следы в июне-июле — в период гона, когда он наиболее опасен. Свежий след того же медведя, оставленный в конце лета или осенью, значительно меньше пугал детенышей. Практически не боялись они и встреч с медвежьими семьями. Но ничто не пугало так наших малышей, как появление тигра — основного естественного врага гималайских медведей. Свежие следы этого хищника неизменно вызывали сильнейший страх и эмоциональное потрясение. Спасаясь, медвежата немедленно взбирались на дерево. Только там они



От опасности — на дерево!

были недоступны тигру. На стационаре обитали два взрослых тигра — самец и самка. Время от времени они проявляли интерес к медвежатам, наведываясь ночью к их клетке, когда те безмятежно спали. Тигры опасались подходить к клетке вплотную и обыкновенно наблюдали за ней из-за какого-нибудь дерева. Медвежата узнавали о визитах тигров только утром, выйдя на прогулку, и при этом всякий раз бурно реагировали на их запах. Мои попытки пройти с детенышами по свежему следу гигантской кошки оканчивались всегда одинаково: медвежата тревожно фыркали, осматривались, поднимаясь на задние лапы, жались к моим ногам и в конце концов лезли на дерево. Несколько раз на прогулках мы слышали отдаленный мощный рев тигра-самца, невозмутимо заявлявшего лесным обитателям о своем появлении. Приходилось незамедлительно возвращаться к клетке и запирали медвежат. Вероятность навсегда потерять кого-либо из них, безусловно, име-

лась, и я предпочитал не рисковать. Как высокоспециализированный хищник, тигр умеет подходить к жертве незаметно и умерщвлять ее без лишнего шума и возни.

За время работы с медвежатами произошло немало встреч с дикими животными. Но события, о которых я хочу рассказать, оказались особо памятными.

Ранним утром 9 июня 2010 г. я решил посетить участок, где обитал взрослый медведь-самец, чтобы увидеть ответную реакцию детенышей на его свежие следы. Как раз в это время медвежата-подростки приступают к самостоятельной жизни, поскольку их мать вновь образует брачную пару с самцом, присутствие которого пугает детенышей. Выйдя из клетки, медвежата деловито разбрелись в поисках муравейников, обследуя встречавшийся на пути валежник, попутно обрывали всходы симплокарпуса.

Недалеко от реки под елью была обнаружена лежка знакомого медведя-самца. Медвежата

сосредоточенно обнюхали место, где отдыхал сородич, удостоили вниманием его экскременты, после чего отошли, возобновив прерванное занятие. Запах медведя не вызвал у них беспокойства: зверь был здесь много часов назад, и след его остыл. Задерживаясь у зарослей борщевика и белокопытника, мы медленно двигались вниз по реке. Следы недавнего присутствия медведя-самца были повсюду, но сегодняшних следов не попадалось. Вскоре появились и более старые кормовые площадки крупного самца бурого медведя. Медвежата чуяли запахи сородичей, но лишь на короткое время они становились объектом их интереса.

Там, где река прижата к горному склону и где пролегла звериная тропа, медвежата неожиданно насторожились. На замытом илом участке тропы я заметил старый след тигра. Вряд ли он мог стать причиной тревоги медвежат. Но такое беспокойство мог вызвать только запах хищника. Я пытался разглядеть какие-либо следы присутствия зверя, но ничего не находил. Взглянув на медвежат, я заметил, что Яша обнюхивает нависшую над тропой ольху. Тигр оставил на ней мочевую метку, ее запах и взволновал малышей. Мы отправились дальше.

Утолив голод, медвежата стали посматривать на крупные деревья — подошло время отдыха, и в кронах проводить его безопаснее. Беспокойство детенышей и желание влезть на дерево могут вызывать и шум речной воды на перекатах, и высокая трава, — в лесу их всюду подстерегает опасность. Остановив внимание на толстом ясене, медвежата дружно полезли вверх. Зная, что ближайшие 30–40 минут они не спустятся с дерева, я решил вернуться вдоль реки, чтобы тщательно осмотреть следы побывавшего здесь бурого медведя. Разбираясь в его набродах, я медленно шел берегом и примерно через 50 м неожиданно наткнулся на след крупного



Медвежата затаились на ясене.

тигра, перешедшего реку с противоположного берега. Брызги воды на высушенном жарким солнцем галечнике и сверкающие потеки грязи с лап на прибрежной растительности свидетельствовали, что тигр-самец был здесь буквально только что. Сверив с часами записи в дневнике на данном отрезке маршрута, я отметил, что здесь мы проходили не более часа назад.

Тигра наверняка заинтересовали следы медвежат, и он не упустит выпавшей возможности подкараулить их. Возможно, тигр слышал или даже видел нас. Мое присутствие сдержит его — как и всякий зверь, он благоразумно опасается человека. Но, умело маскируясь в зарослях подлеска, он будет настойчиво ждать момент, пока кто-либо из медвежат не отда-

лится от нашей группы. В такой ситуации мне лишь остается быть особо бдительным и не терять их из виду.

Медвежата не торопились покидать ясень и еще полчаса безмятежно дремали, удобно устроившись на ветвях. Когда они слезли, мы отправились к месту, где тигр оставил след. Попытаться обойти его не было смысла, поскольку, во-первых, на пути

к клетке мы наверняка пересечем его в каком-либо другом месте, а во-вторых, появление охотящегося тигра теперь можно ожидать где угодно. Я решил не мудрствовать, изобретая план отступления, и повел медвежат обратным маршрутом — прямоком на след. Будь что будет.

Детеныши вновь разбрелись в поисках пищи. Медвежата-самцы первыми учуяли тигра, не дойдя до следа более двух метров, и молча взметнулись на ясень. Задержавшаяся у муравейника Шикша не видела реакции братьев. Подойдя к ясеню и уловив совсем свежий запах хищника, она будто ударилась о невидимую стену: громко рявкнув, буквально взлетела к Яшке и Шуму! Такую бурную реакцию медвежат я наблюдал впервые.

Медвежат сковал панический ужас. В течение 10 минут они тихо жалобно ныли, забравшись на высоту 15 м, после чего притихли и улеглись на ветвях. Через час Яшка медленно сполз по стволу, уселся в развилке и начал кричать. Ему наскучило сидеть на дереве, но страшный запах и возможный его обладатель где-то там, внизу, пугали. Через 15 минут медвежонок осторожно спустился и, постояв в тишине, нерешительно подошел к следу тигра. Яшу вновь охватил ужас. С громкими и частыми гортанными щелчками (особым звуком тревоги, свойственным медведям) он начал метаться по следу. Сильный, неподвластный страх мешал обстоятельному исследованию запаха тигра. В это время дерево покинул Шум. Он неотступно следовал за Яшей, что только усиливало его беспокойство. Оба медвежонка перескочили через след тигра и влезли на соседний ясень.

Оставшаяся в одиночестве Шикша стала кричать, призывая братьев. Беспокойство ее нарастало. Но на громкие крики сестры медвежата-самцы совершенно не реагировали. Ими овладело состояние полудремы или, скорее, какого-то апатичного оцепенения, связанного с силь-

ным стрессом. Шикшу отделяли от братьев какие-то 10—12 м, и, отзовись они на ее призыв, беспокойство медвежонка стало бы меньшим. Но самцы лежали на ветвях молча и неподвижно. Дважды Шикша спускалась на несколько метров, но с внезапным испугом лезла обратно. Только через полтора часа она осторожно спустилась на землю.

Шикша и Шум не проявляли особой симпатии ко мне. В большей степени они были привязаны к Яшке и ходили за мной только потому, что так было положено по их природе. Однако и я не пытался навязать медвежатам свою дружбу. Напротив, меня радовало их некоторое недоверие ко мне — человеку, что было гарантом их дальнейшего благополучия. Этим медвежатам хватало своего лесного медвежьего мира, и они не стремились выйти за его границы. Яша же считал меня своим близким другом, этаким напарником в лесных походах, был нагловат, иногда норовил укусить, но при этом был готов идти за мной на край света.

Вот и сейчас Шикша желала во что бы то ни стало воссоединиться с братьями. Ко мне она не подошла и даже не взглянула в мою сторону. Мое присутствие полностью игнорировала, не доверяя мне в такой серьезной ситуации. На пути к ясеню, где затаились самцы, непреодолимой преградой для Шикши стал след тигра. Его запах помешал ей оценить ситуацию адекватно и отыскать след братьев. В течение минуты перепуганная Шикша бегала в густых зарослях, дважды вскакивала на деревья, а потом пропала. Я пошел к месту, где в последний раз видел ее, ожидая найти Шикшу на очередном дереве, но ее поблизости не оказалось. Заметив мои перемещения, медвежата-самцы завоновались. Вскоре прибежал Яшка. Шум еще в течение 15 минут голосил на ясене, после чего присоединился к нам. Я ходил от дерева к дереву, всматривался в кроны, но Шикши нигде не было. Бежавшие за мной медвежата

то и дело натыкались на след тигра. Не выдержав напряжения и бессмысленной ходьбы взад-вперед, они влезли на толстый ильм. Несколько раз мне как будто бы слышались отдаленные крики медвежонка. Я замирал, вслушиваясь в лесные звуки, но, кроме птичьей разноголосицы, шелеста листвы в кронах и жужжания слепней, ничего не слышал.

Отчаявшись отыскать Шикшу, я решил увести в клетку медвежат-самцов, а затем вернуться и продолжить поиски их сестры. В обычной ситуации она могла бы прийти к клетке сама: медвежата прекрасно ориентировались на знакомой территории и играючи отыскивали меня и друг друга по следам. Но присутствие тигра меняло дело. Оставлять Шикшу в лесу было нельзя. В надежде, что она благоразумно отсидится на каком-нибудь дереве до моего возвращения, я повел Яшу и Шума домой. Когда я стал отдаляться, подавая специальный сигнал, медвежата слезли с дерева и догнали меня. Натерпевшись страху, они буквально наступали мне на пятки. Вскоре далеко впереди действительно раздался голос Шикши. При потере членов семьи детеныши гималайского медведя призывают их громким и коротким «Ау!». Шикша постепенно отдалялась от нас. Стараясь не потерять ее со слуха, я ускорил темп. Медвежонок держал направление в сторону клетки, бежал к ней напрямик через незнакомые места. У Шикши проявилась врожденная способность следовать к намеченному объекту кратчайшим путем.

До этого случая никто из медвежат никогда не покидал группу. Бывало, что, поедая кедровые орехи и испытывая жажду, они уходили за несколько сотен метров на поиски воды, или, увлекшись чем-либо, возвращались с прогулки (по моему следу!) через час после меня. Но вот чтобы медвежонок самостоятельно убежал к клетке, бросив остальных, — такого еще не было.

Расстояние между нами постепенно сокращалось. Вдруг Шикша пронзительно рывкнула, и вслед за этим раздался двукратный глухой и мощный рев какого-то зверя. Воцарившаяся на короткое время тишина разразилась истошными воплями медвежонка. Я помчался на крики. Продираясь сквозь заросли, мы миновали долину и стали подниматься на горный склон. Шикша сидела на высокой пихте. Вокруг нее с истеричным карканьем кружилось несколько большеклювых ворон. Медвеженок забрался по дереву, насколько это позволяла сделать толщина ствола. Казалось, еще немного, и раскачивающаяся под тяжестью Шикши макушка пихты обломится вместе с медвежонком. Переведя дыхание, я осмотрелся и рядом с пихтой заметил продолговатую лежку крупного зве-

ря. Примятые травинки медленно расправлялись — зверь ушел, слышав наше приближение. Взгляд скользнул на ствол пихты, и только тогда я понял, что же тут произошло.

Как и следовало ожидать, тигр обратил внимание на одинокого, голосившего на всю округу медвежонка и начал охоту. Перемещаясь выше по склону, хищник приблизился к Шикше и огромными прыжками, круша подлесок, бросился на нее. Но Шикша заметила тигра и, рывкнув от ужаса, взметнулась на пихту. О том, насколько она была близка к гибели, свидетельствовали глубокие длинные порезы от когтей хищника на светлой коре дерева. Тигр заскочил вслед за ней на пихту на высоту 4 м! Спасли медвежонка расположенные выше густые ветви. Потерпев неудачу, тигр

улегся под деревом, но, слышав наше приближение, ушел. Откуда-то взялись и вороны — неизменные спутники тигра в его зимних странствиях, ожидающие возможности поживиться добычей хищника. Летом же эти пернатые обыкновенно заняты семейными хлопотами.

Я стоял под пихтой и ждал несколько отставших медвежат-самцов. Душераздирающие крики Шикши заставили их сбавить темп и проявить особую осторожность при приближении к сестре. Выйдя к очередным «горячим» следам тигра, медвежата полезли на деревья. Яшка вскочил на пихту, где сидела Шикша, что вызвало у нее очередной приступ ужаса. Царапанье когтей по стволу при подъеме Яши в данной ситуации Шикша расценила как новую попытку нападения тигра и громко



А играют медвежата самозабвенно.



Медвежата исследуют запахи на маркировочном дереве.

ривкнула. Шум полез на березу, растущую в 10 м от пихты.

Угроза миновала. Теперь-то уж медвежата ни за что не покинут деревья. Убедившись в том, что Шикша цела и невредима, я отправился домой.

Наскоро перекусив, через два часа я снова был около медвежат. Они сидели на прежних местах и изредка тихо покрикивали. Я уселся под обломанным кедром, настроившись на длительное ожидание, и почти не со-

мневался, что сегодня медвежата не покинут деревья. Мне было известно, что избежавшие нападения тигров медведи могут сидеть на деревьях несколько дней. Но и тигры часто выжидают под деревьями недосыгаемую добычу. Медведь вряд ли покинет дерево в присутствии тигра, запах которого он способен чуть даже высоко в кроне.

Заметив меня, Яша осторожно спустился по стволу до места, где заканчивались царапины

когтей тигра. Внимательно обнюхав ствол, медвежонок забрался обратно. Шум, желая перебраться к остальным, слез с березы и осторожно, с остановками и короткими подъемами на деревья, направился к пихте. На столь отважный шаг он мог решиться только в моем присутствии. Запах тигра на пихте напугал медвежонка, и он влез на соседний дуб. Шум расположился в месте, где расстояние до сестры не превышало 2.5 м. Медвежата заметно успокоились и перестали кричать.

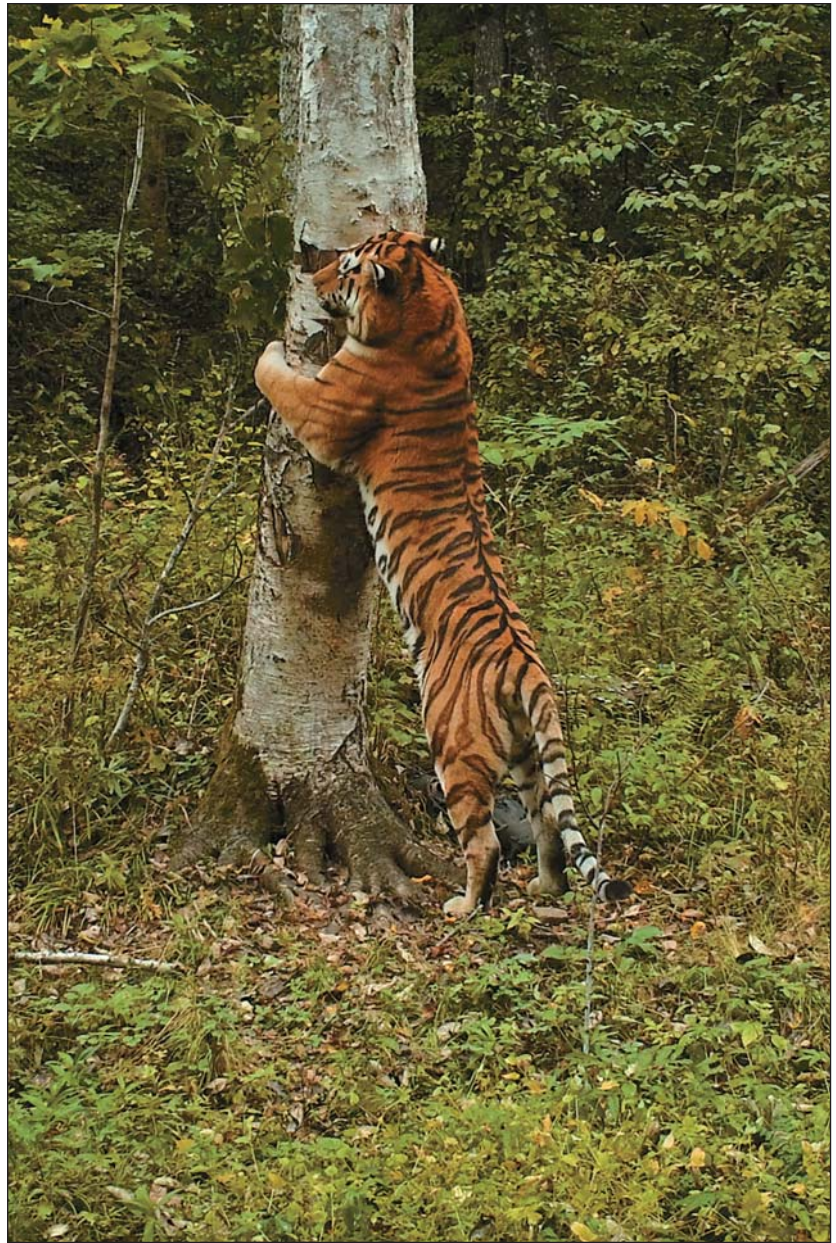
До этого нам с медвежатами не раз приходилось встречаться с их взрослыми сородичами. Обычно инициатором сближения был я сам. Но несколько раз, слышав возню детенышей, звери подходили к нам из чистого любопытства. Как правило, это оканчивалось сильным беспокойством детенышей, заметивших медведя, который, обнаружив человека, убежал. Медвежата в моменты таких встреч также пользовались деревьями, но затаивались на них лишь в том случае, если я подолгу оставался на следах зверя. Если же я уходил, взволнованные медвежата, путаясь под ногами, охотно бежали следом. Как оказалось, ничего подобного при встрече тигра не происходит. И это правильно. Встретив медведя, мать уводит детенышей, а если зверь проявит интерес к ним, то будет атакован разъяренной самкой. Материнский инстинкт делает ее неустрашимой, поэтому даже взрослые самцы опасаются таких встреч. А медведица, в свою очередь, держится подальше от мест их возможного присутствия. Однако оказать сопротивление тигру самке медведя непросто и чревато самой стать его добычей. Благоразумнее всего в таком случае отсидеться на дереве. Насколько же сильно работают инстинкты у медвежат, ведь их никто не учил жить в лесу! Однако в поведении Шикши произошел некоторый сбой. И этому я попытался найти объяснение.

Свежий запах тигра-самца вызвал у медвежат сильнейший стресс. Оказавшись на дереве в одиночестве, Шикша осмелилась отправиться на поиски братьев самостоятельно. Но, подавленная страхом, она оказалась неспособной преодолеть это состояние, чтобы отыскать дерево, где они затаились. Шикша решила бежать к клетке, где вероятность встретить братьев была наиболее высока. Как я уже говорил, мне она не доверяла. Действия медвежонка, безусловно, были не совсем адекватны степени опасности, которая возникла в связи со встречей следа хищника.

Мои размышления прервало движение на дубе. Оказалось, что Шуму было недостаточно созерцать Шикшу и Яшу с соседнего дерева, и он, просидев на дубе два часа, вновь устремился установить с ними непосредственный контакт. Медвежонок спустился на землю, потоптался, то и дело поглядывая на пихту, и вернулся на свое дерево. Конечно, под пихтой были многочисленные следы тигра, но особенно страшным медвежонку казался нижний участок ствола дерева, «замаркированный» лапами и животом хищника.

День приближался к концу, лес начали окутывать сумерки. Медвежата больше не делали попыток слезть, и если самцы иногда лениво перемещались в кроне, то Шикша оставалась неподвижной. Вскоре она принялась сооружать гнездо, пригибая к себе ветви пихты. Пришло время подумать о ночлеге и мне. Я отправился домой.

С рассветом я вернулся. Медвежата еще спали. Ночью самцы поменялись местами. Как это произошло — осталось загадкой. Но Шум все-таки перебрался к любимой сестре, а Яшка дремал на его дубе. Безрезультатно прождав их целый час, я решил действовать сам. Каждый день после прогулки медвежата получали порцию разваренного овса. Я вынул из рюкзака бидончик с кашей и открутил крышку.



Тигр у маркировочного дерева.

Чувствительные носы зашевелились, детеныши, слглатывая слюну и облизываясь, занервничали. Первым не вытерпел Яшка. Он спустился с дерева, уткнулся мне в ноги и тихонько заворчал. Вскоре его обуяла тревога. Он вздрагивал от каждого моего движения, тревожно озирался по сторонам, с шумным сопением принюхиваясь к запаху тигра. Шум и Шикша осторожно подобрались к оцарапанному тигром участку ствола, но не решались

преодолеть последние метры. Не выдержав нарастающего напряжения, Шум рывкнул, после чего оба медвежонка взметнулись наверх. Только через полчаса он слез с дерева. Малейшее мое движение непременно замечалось медвежонком, усиливая его страх. Я старался стоять изваянием. Наконец и Шикша слезла с дерева, с осторожностью обнюхала братьев, после чего я стал медленно отдаляться от пихты. Медвежата засеменили



У берлоги гималайского медведя в дупле кедра.

следом. Несмотря на голод, они почти не отвлекались на поиски пищи и почти до самой клетки дружно путались у моих ног.

События того дня не прошли для медвежат бесследно. На прогулках они стали особо бдительны и реагировали даже на незначительные посторонние звуки. С этого же дня медвежата перестали играть. Обычно потребность в игре проявлялась у них ежедневно. А играли медвежата самозабвенно и подолгу. В такие моменты они, казалось, забывали обо всем на свете: сломя голову носились взад-вперед, стрем-

глав заскакивали на деревья, стегивали друг дружку за «штаны» или прыгали вниз с небольшой высоты, боролись, устраивали шумные свалки, при этом сопели, стонали и кряхтели. Естественно, что в минуты таких разрядок медвежата становились особенно доступными для хищников. Но сейчас все изменилось. В течение первых нескольких дней у медвежат не было ни одной игры. Было хорошо заметно какое-то особое напряжение в их поведении — детеныши были исключительно «серьезны». Только на пятый день у Шикши

и Шума произошла своеобразная разрядка в виде короткой игры. Она длилась менее минуты. Начавшись внезапно, она также внезапно прервалась, казалось бы, беспричинным страхом. Шикша влезла на березу, где сидела в течение целых 15 минут, озираясь по сторонам. Вид у нее был подавленный. Беспечно вступив в игру сейчас, медвежонок будто бы перешел некую «дозволенную черту». Всплеск беспокойства был вызван воспоминаниями эпизода с тигром.

Ничуть не изменилось лишь поведение Шикши, связанное с построением маршрутов на совместных прогулках. Она проявляла все ту же самостоятельность, которая в значительно меньшей степени была присуща медвежатам-самцам. Шикша отдалялась от нас на десятки метров и корректировала свой путь относительно нас на слух. В выявлении возможной опасности этот медвежонок, как и прежде, полагался только на себя.

Тогда же мы вновь встретили след тигра-самца. На этот раз он прошел глубокой ночью. Обычно такой след не вызывал у медвежат страха — они его обследовали, тревожно фыркая, ненадолго влезали на деревья и затем продолжали маршрут. Сейчас же медвежата немедленно влезли на дерево, сделав это без бурного проявления эмоций — «на всякий случай». Через час Яша и Шум спустились ко мне, а вот Шикша задержалась в кроне еще на 45 минут.

Неделю спустя жарким днем мы шли вдоль говорливого ручья, где пролегал старая тигриная тропа. Последний раз хищники были здесь более полумесяца назад. Старые лежки и характерные следы-поскребы на субстрате в местах испражнений хищников не пугали медвежат. Мы повстречали ребристую березу, на шероховатом стволе которой тигр оставил мочевую метку. Медведи и их детеныши часто потираются о такие метки, что выступает важным поведенческим механизмом, обеспечи-

вающим опосредованный обмен запаховой информацией между хищниками. Я прошел мимо березы, не задерживаясь. Яша и Шикша следовали за мной в стороне от тропы. Вдруг сзади раздались тревожные крики оставшего от нас Шума. Обернувшись, я увидел, что медвежонок быстро взбирается на маркированную тигром березу и при этом часто останавливается и смотрит вниз. Можно было подумать, что под деревом кто-то есть. Мы вернулись назад. Береза с резким запахом тигриной метки, встреченная «один на один», что было вообще-то обычным явлением, на этот раз показала трусишке Шуму неимоверно страшной. Похоже, он тоже не забыл о недавнем столкновении с тигром.

Через месяц мы оказались неподалеку от места, где тигр атаковал Шикшу. Я направился туда. За полтора десятка метров медвежата узнали место и уверенно обогнали меня. Они не оставили без внимания и утоптанную нами ранее траву, обнюхали лежку тигра и поднялись на исцарапанный им ствол пихты. Детеныши были спокойны и сосредоточены. Удивительно, но они чулы оставшиеся здесь запахи.

Последние месяцы эксперимента прошли без происшествий. Тигры ходили поблизости, но медвежатами более не интересовались. В августе медведи обрели свободу. Детеныши не ушли со знакомой территории, и мы отмечали их присутствие до самой зимы. Обильный урожай желудей позволил им накопить достаточные для переживания долгой зимы жировые отложения. Выпавший в ноябре глубокий снег надежно укрыл



Яша в берлоге в дупле липы.

следы поздних жировок медвежат под дубами. Крупных дуплистых деревьев, пригодных для устройства берлог, в ближайших окрестностях было достаточно.

Весной мы получили первые вести от медведей, которым пошел уже третий год. У клетки была установлена фотоловушка, срабатывающая на движение перед объективом. Первой сфотографировалась красавица Шикша! Деловито пройдя перед камерой, она съела лист симплокарпуса, заглянула в пустующую клетку и отправилась по своим медвежьим делам. Впоследствии она еще не раз навещалась сюда вплоть до самой осени. Запечатлела камера и медвежонок-самца, но из-за неважного качества снимка не удалось разобрать, кто это был. Но следы молодых медведей в окрестном ле-

су и их кормовые заломы на деревьях стали встречаться достаточно часто. Это говорило о том, что медвежата успешно прижились в природе. Удалось получить фотоснимки и тигра-самца. Он был в полном здравии и по-прежнему регулярно посещал бассейн Дурмина. Однажды в августе в его экскрементах я обнаружил коготки и шерсть медвежонка-сеголетки.

Долгие месяцы жизни в лесу в обществе медвежат навсегда оставили в моем сердце светлые чувства, радость и грусть от мимолетного, едва осязаемого соприкосновения с таинственным и столь непонятным, недоступным для нас миром замечательных животных. Живите, мишки! Наслаждайтесь волей, но будьте осторожны. Остерегайтесь тигров и не попадайтесь охотникам. ■

Литература

1. Юдин В.Г. Гималайский медведь // Медведи. Промысловые животные России и прилегающих стран и среда их обитания. М., 1993.
2. Пажетнов В.С. Мои друзья медведи. М., 1985.
3. Пажетнов В.С., Пажетнов С.В., Пажетнова С.И. Методика выращивания медвежат-сирот для выпуска в дикую природу. Тверь, 1999.
4. Lorenz K. Der Kumpan in der Umwelt des Vogels // J. Ornithol. 1935. Bd.83. S.137—213, 289—413.
5. Понугаева А.Г. Импринтинг (запечатлевание). Л., 1973.

Восточнокавказский тур — краса и гордость заповедника

М.А.Газаев,

доктор химических наук

Л.А.Тогузаева

Ф.А.Атабиева,

кандидат химических наук

Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник





В самой высокогорной зоне Большого Кавказа, где находятся все его «пятитысячники» (кроме Эльбруса и Казбека), а в многочисленных ледниках берут начало крупные реки — Чегем, Черек-Безенгийский и Черек-Балкарский, расположен наш знаменитый заповедник. На его территории обитают 158 видов позвоночных животных, принадлежащих к пяти классам и 24 отрядам. Это один вид костных рыб, три вида земноводных, четыре — пресмыкающихся, 120 — птиц и 30 — млекопитающих. Многие из них занесены в Красные книги не только Кабардино-Балкарской Республики, но и Российской Федерации. Подробнее о работе заповедника можно прочитать в наших предыдущих статьях в «Природе» [1, 2]. А здесь мы расскажем об удивительных животных, символе нашего заповедника — восточнокавказских турах.

Восточнокавказский (дагестанский) тур (*Capra cylindricornis*) — представитель рода горных козлов из семейства полорогих (Bovidae). Это эндемик Северного Кавказа, он включен в «Красную книгу МСОП» как уязвимый и подверженный исчезновению в природе вид. В заповеднике обитают три популяции тура: Чегемо-Безенгийская, Безенгийско-Балкарская и Суканская.

Внешне восточнокавказский тур напоминает западнокавказского. Оба они массивного телосложения и примерно одинаковой величины. Отличие заключается в длине и форме рогов. У самцов западнокавказского тура они короткие и изогнуты дугой назад, а у его восточнокавказского собрата — более длинные (до метра) и закручены в изящную спираль. Кроме того, рога обоих имеют огромный диаметр. У самок они короче (всего лишь около 30 см) и тоньше [3].

У самцов рога начинают расти уже в первые недели жизни, к шести месяцам они достигают

© Газаев М.А., Тогузаева Л.А., Атабиева Ф.А., 2013



Взрослый самец восточнокавказского тура.

Здесь и далее фото И.П.Шпиленка и М.А.Газаева

в длину 8—10 см и продолжают расти всю жизнь, но неравномерно: быстро летом и медленно, почти останавливаясь, зимой (а также в голодное время или во время болезни животного). Чередование периодов роста приводит к появлению на рогах годовичных колец, позволяющих определить возраст их владельца. В первые три-четыре года жизни кольца хорошо различимы, но в дальнейшем они нарастают более тесно, и оценивать возраст животного становится труднее.

Восточнокавказские туры отличаются относительно крупными размерами и коренастым сложением. По результатам наших определений, длина туловища взрослого тура составляет 120—160 см, высота изменяется от 70 до 100 см, а масса — от 120 до 140 кг. Самцы значительно крупнее самок. Окраска животных рыжевато-серая, нижняя



В поисках новых пастбищ.



Небольшая группа самок с молодняком.

часть тела всегда светлая, а хвост, грудь и ноги — темнее. Борода темная и очень короткая (до 7 см), у некоторых особей она почти незаметна.

Раз в год туры линяют. Этот процесс стартует сначала у самцов, находящихся в хорошей физической форме, затем у самок, а самыми последними линяют наиболее ослабленные животные. Зимняя шерсть туров, как правило, разных оттенков — от темно-коричневого до орехового, летняя же светлее и с красноватым отливом. Густая и длинная, она способна удерживать у поверхности тела теплоизолирующую прослойку воздуха, благодаря чему хорошо защищает животное от холода.

Восточнокавказские туры в заповеднике обитают на скалистых склонах гор, на высотах от 1000 до 3800 м над ур. м. В течение года они перемещаются в пределах одного хребта, не предпринимая дальних кочевков.

С наступлением весны туры обычно собираются на солнечных склонах у верхней границы леса. По мере таяния снега они переходят в альпийский пояс, где кормятся на лугах. Летом поднимаются на высоту до 3800 м над ур. м. и проводят жаркое время около снежников, предпочитая более прохладные и тенистые места. Там, на большой высоте, их можно встретить и на лугах, и на каменистых поверхностях.

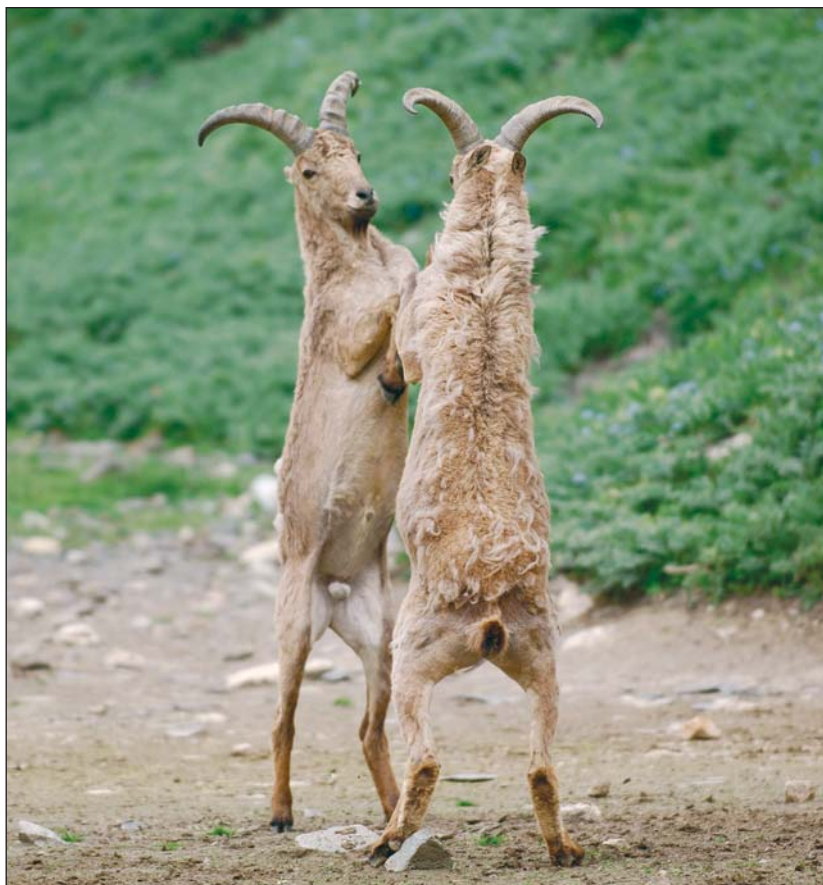
Как и все горные козлы, туры отлично умеют лазить. Их копыта с твердой внешней частью и губчатой подошвой служат великолепной опорой даже на крутых скользких скалах. Двигаясь по ровной поверхности, тур может развить скорость до 50 км/ч, при подъеме — до 25 км/ч. Ширина шага тура при спокойной ходьбе составляет около 50 см, длина прыжка может достигать 3 м, при спуске — 9 м [4].

Туры, как и большинство травоядных, питаются травами и ли-

стьями, которые они находят на высокогорных пастбищах. В теплое время года, когда растения богаты питательными веществами и минеральными солями, туры запасают их в организме. Основу питания составляют бобовые и злаки. Туры поедают даже люпин и чемерицу, ядовитые для других животных, однако избегают, например, пырея и овсяницы. Водопоями турам служат многочисленные ручьи в высокогорьях заповедника.

С наступлением осени туры спускаются вниз, к верхним границам леса (приблизительно 1500–2000 м над ур. м.), туда, где по влажным лощинам и тенивым склонам еще сохраняется свежая зелень.

Зимой туры покидают свои пастбища и спускаются еще ниже — до высоты 1000–1500 м, а иногда и менее. В холодное время года животные практически не кочуют. Они собираются большими группами и укрываются от холода под деревьями.



Выяснение отношений.

В ясную погоду охотно проводят время на открытых склонах гор. Часто их можно встретить на гребнях, где снег быстро исчезает под лучами солнца и действием ветра. В таких местах животным удается выкопать траву. Кроме нее, зимой в их рационе важную роль играют ветки деревьев — ивы, рябины, клена, осины, а иногда даже сосны и пихты.

Прекращение браконьерства и снижение конкуренции с сельскохозяйственными животными (в связи с ограничением их численности в пограничных с заповедником районах) приводит к тому, что туры постепенно занимают более доступные участки — перемещаются к днищам межгорных долин.

Туры живут группами, а время от времени образуют крупные стада (мы наблюдали скопления около 60 особей). Но бо-

лее стабильны малые группы — как правило, они состоят из 10—30 животных. Состав таких групп в пределах одного сезона относительно постоянен. Самцы держатся стороной от самок и молодняка, формируя отдельное стадо. В этих стадах (куда входят животные разного возраста) устанавливается четкая иерархия. Самцы, занимающие верхние ступени, имеют больше возможностей оставить потомство в период размножения.

Осенью, зимой и ранней весной туры активны в течение всего светлого времени суток. Летом пасутся в основном на рассвете и закате, а днем (примерно с 9—10 до 16—17 ч) проводят время на индивидуальных лежках — в небольших углублениях, которые они выкапывают копытами. В них животные не только отдыхают днем, пережевывая траву, но и спят ночью.

Если туры не преследуют и не спугивают, то в определенные часы изо дня в день в течение длительного времени можно наблюдать в одном месте одну и ту же группу животных. Вожаков и сторожей у туров нет. Но в отдыхающем стаде всегда находится одно или несколько бодрствующих и посматривающих по сторонам животных. Обычно это старые, более осторожные звери. Они занимают при отдыхе возвышенные места с широким обзором, поэтому первыми замечают опасность.

У тура очень тонкий слух (он улавливает звук щелчка фотоаппарата на расстоянии 50 м) и великолепное обоняние (чувствует человека за сотни метров). Но лучше всего у него развито зрение — животное может заметить хищника на расстоянии нескольких километров!

Туры способны издавать разные звуки, и самый частый из них — своеобразный свист, короткий и резко обрывающийся. Этот звук — предостерегающий. Животные «свистят» как в случае явной опасности, так и при подозрении на нее. Изданный вначале одним зверем, свист повторяется часто другими и по несколько раз подряд. Иногда туры «чихают». Убегая, они фыркают, что служит выражением гнева. Коротким тихим бляением самки подзывают козлят. Такими же звуками (но более «нежными») отвечают им детеныши.

В брачный период, длящийся с ноября по январь, самцы-одиночки навещают группы к самкам. Выбрав одну из них, «кавалер» вытягивает голову вперед и в таком положении, с опущенными вдоль лопаток рогами, мелкими семенящими шагами подбегает к ней. Если самка не принимает ухаживания, она наносит самцу быстрые, короткие удары рогами и незадачливый ухажер отходит. Иногда за одной самкой ходят, проявляя к ней внимание, два-три самца, при этом по отношению друг к другу они ведут себя относительно миролюбиво. Но драки все же слу-



Игры козлят.

чаются, хотя происходить они могут в любое время года. В брачный период турниры бывают лишь ненамного чаще, чем обычно. Драки самцов всегда проходят по одинаковому сценарию. Двое, встретившись, сначала застывают один против другого, затем встают на задние ноги, пригибают голову и резко опускаются вниз, сталкиваясь рогами. Удар бывает настолько сильным, что звук от него слышен более чем за километр. После одного-двух ударов самцы обычно расходятся.

Потомство у туров появляется в период с конца мая до середины июня. Беременность длится 150 дней, и на свет появляется один, реже два детеныша. Перед родами самки держатся отдельно на верхней границе леса или в субальпийском поясе. Лактация и кормление молодняка продолжаются по крайней мере

до наступления следующей беременности или течки. В случае, если беременность не наступает, молоком пользуются и годовалые козлята.

При рождении туренок весит 5–6 кг. В течение первых трех-четырех лет он интенсивно растет, потом рост замедляется, но продолжается почти до конца жизни. Новорожденный детеныш лежит в укрытии, пока мать кормится. Но спустя всего несколько дней малыши уже могут следовать за матерями и вскоре не хуже их прыгают и карабкаются по скалам. Вместе с окрепшими турятами самки обычно возвращаются в общице стада. Но замечено, что некоторые из них вместе со своим приплодом все лето держатся отдельно.

Даже в условиях заповедника туры редко доживают до преклонного возраста (рекордсменом-долгожителем мы считаем

животное, прожившее 18 лет). Многие гибнут от схода снежных лавин или попадают в зубы к хищникам. Основные враги туров в заповеднике — волк и рысь. Сильнее всего туры страдают от них в зимний период. В лесном поясе скапливается много снега, поэтому животные вынуждены собираться на ограниченных, хорошо продуваемых площадках. Здесь-то они и становятся легкой добычей. Часто хищники подкарауливают туров в местах переходов (на постоянных излюбленных тропах) или на солонцах*, так как преследовать их в угон по сильно пересеченной скалистой местности не могут. Кроме волка

* Солонцы — в данном случае искусственные подкормки, необходимые для обеспечения диких животных жизненно необходимыми минеральными веществами. — *Примеч. ред.*



Сотрудник заповедника за работой.

Таблица

Количество туров в Кабардино-Балкарском высокогорном заповеднике по результатам весенних маршрутных учетов 2008–2012 гг.

Годы	2008	2009	2010	2011	2012
Число особей	6600	6550	6950	6900	7000

и рыси существенную опасность для туров представляет еще один высокогорный хищник — леопард (его присутствие периодически отмечается в заповеднике на Башиль-Чегемском участке). Из тех мест, где появляется эта дикая кошка, туры часто на некоторое время уходят вовсе.

С 1982 г. в нашем заповеднике, как и во многих других, ведется «Летопись природы». В нее ежегодно заносятся материалы по динамике численности

востокавказского тура. Учет животных проводится по 50 постоянным маршрутам, проложенным в горно-луговом поясе заповедника. Сроки учета падают на апрель и сентябрь: в этот период туры, придерживаясь в основном вершин хребтов и верховьев речных долин у ледников и снежников, сравнительно легко попадают в поле зрения учетчиков. Работники заповедника обходят участки обитания животных и подсчитывают число особей в каждом

стаде. Общая сумма встреченных во время учета туров дает представление об их общей численности в заповеднике.

В настоящее время у нас насчитывается около 7000 голов этих животных. За время существования заповедника на всей площади горно-лугового пояса, пригодной для обитания восточнокавказского тура (а это 50 369 га), показатели численности колебались от 5200 до 7000 особей (таблица). Больше всего их встречается в горных долинах Безенгийского и Башиль-Чегемского участков заповедника — обычно 60% от общего числа учтенных животных [5].

Но так было не всегда. Начиная с XIX в. популяция восточнокавказского тура (как и его западного сородича) опасно сократилась. Причиной стало браконьерство. Сегодня борьбу с незаконной охотой ведет служба охраны заповедника, состоящая из 47 государственных инспекторов. В связи с удаленностью многих участков они работают в кордонах вахтовым методом по 3–5 сут. Есть и оперативная группа (разделенная на две мобильные подгруппы). Она контролирует те участки, которые больше всего страдают от нарушителей заповедного режима. Такая организация охраны признана самой эффективной в условиях высокогорья и дает возможность держать под контролем всю территорию заповедника. Результат налицо — численность восточнокавказских туров в Кабардино-Балкарском заповеднике в настоящее время остается стабильной. ■

Литература

1. Атабиева Ф.А., Газаев М.А., Жинжакова Л.З. На водосборе реки Черек-Безенгийский // Природа. 2009. №10. С.39–44.
2. Газаев М.А., Атабиева Ф.А., Тогузаева Л.А. Заповедное высокогорье // Природа. 2013. №4. С.57–61.
3. Абдурахманов М.Г. Кавказский тур // Редкие животные СССР. Копытные звери. М., 1977.
4. Залиханов М.Ч. Туры в Кабардино-Балкарии. Нальчик, 1967.
5. Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник. Летопись природы. Наблюдение явлений и процессов в природном комплексе заповедника и их изучение. Книга 22. 2011 г. Кашхатау, 2012.

Спектр возмущений земных суток

А.В.Бялко,
доктор физико-математических наук
Институт теоретической физики им.Л.Д.Ландау,
Москва

Недавно наш журнал опубликовал результаты исследований вращения твердого ядра Земли относительно поверхности нашей планеты [1]. Основанием той работы послужили как сейсмическая регистрация крупнейших землетрясений, «высвечивающих» центральные области Земли, так и анализ ряда экспериментальных данных об отклонениях вращения Земли от равномерного*. Авторы статьи [1] в первую очередь интересовали, естественно, долгопериодические вариации длительности земных суток — колебания с характерным периодом около 60 лет. Здесь мы, напротив, обратим внимание на высокочастотные флуктуации вращения планеты. Это оказывается возможным потому, что регулярно пополняются ряды данных по длительности суток и направлению земной оси даются с ежесуточным разрешением, а общая продолжительность высокоточных измерений составляет уже более 50 лет.

Суть проблемы

Задача представляет прежде всего общезначимый интерес. Колебания земной оси привлекают внимание научного сообщества еще со времен Эйлера. Отличие наблюдаемого (чандлеровского) периода колебаний T_c , оказавшегося равным 436 сут, от эйлеровского периода в 305 сут до сих пор имеет только качественное объяснение. Затянутость решения этой проблемы объясняется тем, что по мере совершенствования методов измерений строение нашей планеты представляется все более и более сложным. По той же причине в похожем положении находится также теория движения Луны, которая отнюдь не исчерпывается решением ньютоновой задачи трех точечных тел. Сложность расчетов связана не только с необходимостью учета морских приливов, которые хотя бы легко наблюдать. На движение Луны, возможно, влияют также смещения твердого ядра Земли

в окружающей его жидкости, аналогичные внешним приливам.

Решение этих сложнейших задач — дело будущего, когда станут достаточными наши познания о собственной планете. На данной стадии можно лишь проанализировать доступные данные известными математическими методами. Даже эта операция, как будет видно, даст неожиданные результаты, часть из которых пока не удастся объяснить.

Наша более узкая цель — посмотреть под тем же углом зрения на особенности современного климата. Не так давно был поставлен вопрос, влияет ли Луна на погоду в масштабе от недель и месяцев до нескольких лет. Значительный вклад в развитие этой идеи внес Н.С.Сидоренков [2, 3]. Он утверждает, что существует достаточно сильная корреляция между вариациями длительности физических суток и движениями атмосферы, а следовательно, и метеорологическими явлениями.

Некоторый физический резон в предположении о связи погоды и вариации суток, безусловно, есть. Логика здесь примерно следующая. Вследствие солнечных возмущений орбита Луны сильно отличается от эллиптической. Величина апогея Луны достигает минимальных значений в те моменты, когда Солнце, Земля и Луна оказываются примерно на одной прямой, причем при близости к этой прямой апогей оказывается на 7.5% ближе к Земле, чем большая полуось лунной орбиты. Вблизи этих моментов (их средний период 27.55 сут называется аномалистическим) Земля испытывает значительное ускорение, которое заметно влияет и на скорость ее вращения. Если же вся планета начинает вращаться быстрее (или медленнее), то океан и атмосфера «узнают» об этом в последнюю очередь, отставая от суши (или опережая ее).

Но прямая оценка масштаба явления не приводит к значимому результату. Вариации суток δT достигают нескольких миллисекунд в неделю. Они связаны с вариациями угловой скорости вращения $\delta\omega$: $\delta T = -T_0\delta\omega/\omega_0$, где величинами с нулевым индексом обозначены невозмущенные период и скорость вращения Земли. Упомянутые разности скорости вращения атмосферы и земной тверди по порядку величины составляют

* International Earth Rotation and Reference Systems Service (www.iers.org/IERS/EN/DataProducts).

$\delta v \sim \omega_0 R \delta T / T_0 \sim 10^{-5}$ м/с (R — радиус Земли). Эта разность настолько незначительна, что она не может повлиять на ветры и течения. Зададим обратный вопрос: возможно ли воздействие движений атмосферы на продолжительность суток? Ответ тоже оказывается скорее отрицательный: вариации момента инерции планеты при синоптических явлениях — циклонах и антициклонах — слишком малы. Отношение массы атмосферы к массе всей Земли порядка 10^{-6} , самые крупномасштабные вариации давления не дают возмущений массы более 1%, поэтому относительные возмущения момента инерции атмосферного происхождения оказываются менее 10^{-8} . И все же, если бы какие-то погодные явления (например, чередование Эль-Ниньо и Ла-Нинья) оказались в резонансе с характерными частотами изменения длительности суток, то взаимодействие возмущений вращения с погодой в принципе могло бы иметь место.

По этой причине статистическое исследование вариаций длительности суток представляет вполне направленный интерес. Если характерные частоты длительности суток окажутся близкими к частотам погодных колебаний, будет иметь смысл более подробно исследовать физику резонансного воздействия Луны на атмосферу и океан. Если нет — то и сам вопрос будет закрыт.

Методы

В 30-х годах прошлого века американский математик Н. Винер и его советские коллеги А.Я. Хинчин и академик А.Н. Колмогоров развили метод анализа стационарных случайных процессов. С физической точки зрения «стационарный» означает, что причины, вызывающие этот процесс, остаются постоянными во времени, а смысл слова «случайный» в том, что при имеющемся уровне знаний мы не можем точно предсказать дальнейший ход событий. Вариации длительности суток хорошо удовлетворяют этим критериям. Сегодня мы рассматриваем эти ряды как непредсказуемые и потому случайные, но это вовсе не исключает их высокую предсказуемость в будущем при выяснении физики происходящего или вероятностную предсказуемость уже сейчас. Собственно говоря, предсказание движения Луны построено именно так: частотным анализом прошлых наблюдений [4], а вовсе не решением уравнения Ньютона.

Если на объект действуют несколько источников возмущений с разной периодичностью, то в записи процесса, на первый взгляд хаотичной, помогает разобраться теорема Винера—Хинчина. Она утверждает, что спектральная плотность случайного процесса связана с его корреляционной функцией (коррелятором) преобразованием Фурье. Метод применим как для непрерывных

процессов, так и для случайных функций, заданных дискретными рядами. Корреляционная функция процесса, представленного достаточно длинным (в идеале бесконечным) рядом, вычисляется достаточно просто. Сначала надо найти среднее значение \bar{f} ряда f_i и его дисперсию — среднеквадратичное отклонение от среднего значения:

$$\bar{f} = N^{-1} \sum_{i=1}^N f_i; \quad D = N^{-1} \sum_{i=1}^N (f_i - \bar{f})^2.$$

Для вычисления корреляционной функции надо просуммировать почти такое же выражение, но взятое в точках, отстоящих друг от друга на определенное расстояние $2r$; результат нормируется на дисперсию D :

$$K(2r) = D^{-1} \sum_{i=1}^N (f_{i+r} - \bar{f})(f_{i-r} - \bar{f}).$$

Коррелятор — очевидно симметричная функция, равная единице в нуле:

$$K(-r) = K(r); \quad K(0) = 1.$$

Ее убывающие колебания служат достаточной характеристикой набора частот исходного процесса, но информация об их взаимных фазах при усреднении теряется.

Спектральная плотность $S(\omega)$ — это функция, указывающая, какая доля энергии любого процесса приходится на интервал частот $d\omega$. Согласно теореме Винера—Хинчина, она вычисляется по стандартной формуле Фурье-преобразования четной функции корреляции:

$$S(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} K(r) \cos(\omega r) dr.$$

Для конкретных применений полезно иметь в виду следующее. Во-первых, описанная процедура работает безукоризненно, если ряд данных математически бесконечный или очень длинный и повторяющийся. Для конечных же рядов неизбежно возникают ошибки, как для самых высоких частот, по порядку величины близких к частоте следования данных, так и для самых низких, периоды которых сравнимы с полной длиной ряда. Во-вторых, дисперсия ряда должна быть по возможности однородной. В конкретном случае к этому условию можно приблизиться выбором начала и конца ряда, немного потеряв в точности результатов.

Для конечных рядов возможны два способа их дополнения до бесконечных: многократное повторение известного ряда или обнуление внешних частей. В первом случае при вычислении спектра возникают паразитные частоты, соответствующие периодам, равным длине ряда, его половине, четверти и т.д. Во втором (его мы и предпочтем) — возникнет естественный ущерб однородности ряда на низких частотах. Критерием (необходимым, но недостаточным) достоверности результатов служит положительность спектральной функции в области вне диапазона ошибок. И последнее со-

ображение. Размерность спектральной плотности обратна размерности частоты ω . Поэтому функция $\omega S(\omega)$ безразмерна, она лучше выявляет особенности спектра на высоких частотах. Кроме того, если нормировать ее интеграл на единицу, то спектр частот можно выражать в относительных единицах, например в процентах.

Есть еще один метод исследования длинных рядов данных. В 80-х годах французский геофизик Ж. Морле и американский физик А. Гроссман создали так называемый вейвлет-анализ. Вейвлет — это специальная функция, меняющаяся с некоторой частотой и быстро убывающая по обе стороны от центра. Ее свертка с записью конкретного геофизического процесса выявляет, присутствует ли в данном месте записи частота вейвлета. При анализе перемежающихся процессов (когда возникает то одна частота, то другая) вейвлет-анализ оказался плодотворным и успешно конкурирует с методом Винера—Хинчина. Для данной задачи вследствие высокой однородности исходного ряда суточных возмущений его использование было бы неоправданным.

База данных

В сутках 86 400 с. На самом деле это среднее время оборота Земли по отношению к Солнцу, а физический период вращения Земли (звездные сутки) немного больше: $T_0 = 86\,164.0916$ с. Данное число — тоже не постоянная величина. За его из-

менениями следит международная организация International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS). Она публикует ежесуточные данные измерений скорости вращения Земли и направления ее оси. Эти данные получают слежением за реперными источниками радиоизлучения (квазарами) с помощью интерференции сигналов удаленных друг от друга радиотелескопов. Точность угловых измерений по порядку величины составляет $\delta\varphi \sim 10^{-3''} \sim 5 \cdot 10^{-9}$ по направлениям, что примерно соответствует $\delta t \sim T_E \delta\varphi \sim 0.3$ мс в точности моментов прохождения источников радиоизлучения. Измерения такой высокой точности начались в начале 60-х годов. Ряд данных с 1 января 1962 г. и до конца 2012 г. состоит из 18 628 членов (рис.1). Однако для анализа мы возьмем только его отрезок начиная с 1968 г., поскольку в это время произошел излом тренда. Вычитая из ряда данных линейное приближение (тренд), не влияющее на колебания, получим достаточно однородный ряд для исследования методом Винера—Хинчина (см. рис.1).

Отметим некоторые физические особенности исходного ряда. В нем на глаз заметна сезонная (годовая) квазипериодичность, а также повторяемость с длиной около месяца. Возможная причина последней уже обсуждалась. Годичный же период связан, скорее всего, с тем обстоятельством, что зимой Северного полушария масса снега, выпадающего на сушу, заметно увеличивает момент инерции планеты. Заметим, что осадки, выпадающие в океан, на моменте инерции никак не сказыва-

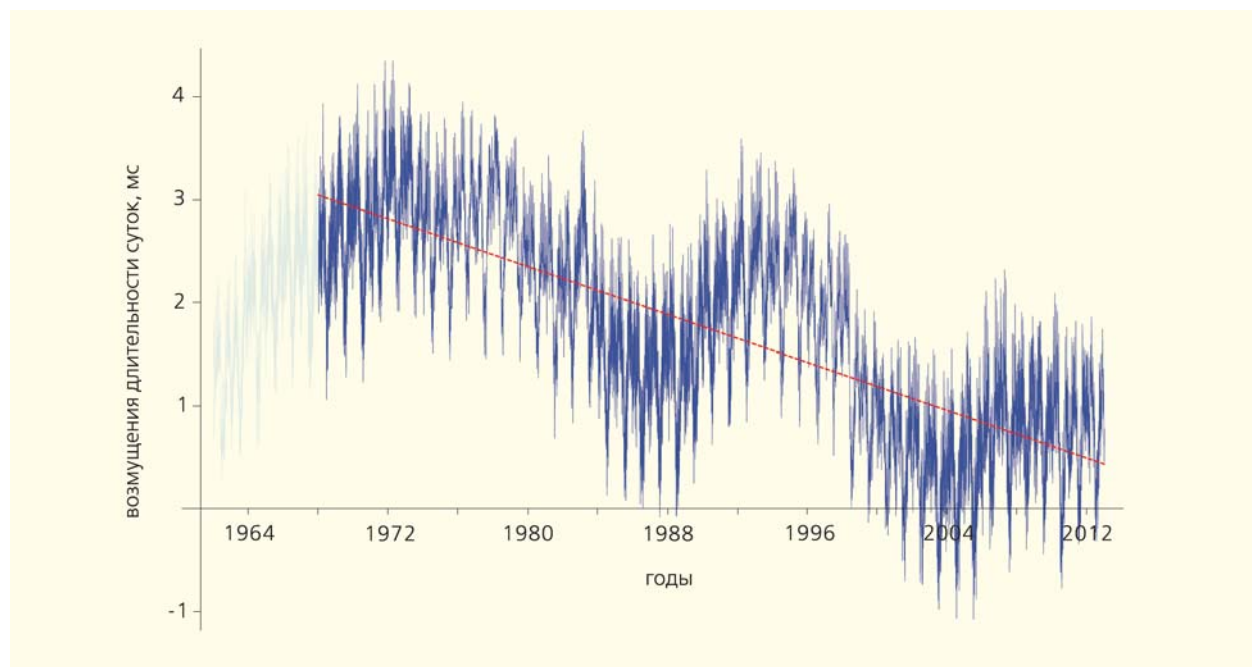


Рис.1. Возмущения длительности физических суток. Отрезок ряда (синяя часть данных) после вычитания линейного тренда (штриховая прямая) использован для вычисления корреляционной функции и спектра флуктуаций. Голубая часть — высокочастотные данные до 1968 г.

ваются. Вследствие накопления снега на суше момент инерции планеты возрастает на относительную величину порядка 10^{-7} , вращение Земли замедляется, а продолжительность суток увеличивается. В Южном полушарии вклад аналогичного явления пренебрежимо мал вследствие малой площади суши в умеренных широтах. Действительно, как показывают измерения, внутри года самые длинные сутки приходятся на февраль-март, самые короткие — на лето и раннюю осень Северного полушария.

Коррелятор и спектр

Годичные и месячные вариации, естественно, видны и на графике корреляционной функции (рис.2), но информация о фазах этих колебаний при ее вычислении исчезает. На первый взгляд коррелятор выглядит как разрывная функция, но, как показывает врез рисунка, где та же функция представлена с высоким разрешением по времени, это впечатление неверно. Оно лишь следствие того, что корреляционная функция основного рисунка построена из 8 тыс. расчетных чисел. Такое высокое разрешение вместе с гладкостью на малых масштабах позволяют достаточно точно интерполировать ряд коррелятора непрерывной

функцией. С ее помощью был вычислен спектр возмущений физических суток (рис.3).

С одной стороны несомненно, что результат оказался успешным. В расчетном спектре присутствуют небольшие отрицательные значения только в низкочастотной области допустимых ошибок. В спектре проявились узкие линии годовых ($2\pi \pm 0.07 \text{ год}^{-1}$) и полугодовых ($4\pi \pm 0.08 \text{ год}^{-1}$) колебаний, а также очень узкая линия на частоте $83.30 \pm 0.07 \text{ год}^{-1}$, которая в точности соответствует периоду аномалистического месяца Луны $T_a = 27.55 \text{ сут}$. Не так отчетливо совпала линия, отвечающая периоду повторения лунных затмений. Этот период в 18 с небольшим лет, носящий название *сарос*, известен с глубокой древности. Его спектральная линия, впрочем, лишь наполовину превосходит область ошибок, расширяющуюся в сторону низких частот. Есть в спектре еще и небольшой пик, соответствующий полумесячному периоду, но он расположен так далеко справа, что отражение его на графике привело бы к потере наглядности. А между аномалистическим пиком и полумесячным в спектре — пустыня.

С другой стороны, необъяснимым сюрпризом оказалось полное отсутствие в спектре линии на частотах, близких к периоду Чандлера (436 сут). Еще одна неожиданность в том, что проявилась тонкая линия на частоте, которая не соответству-

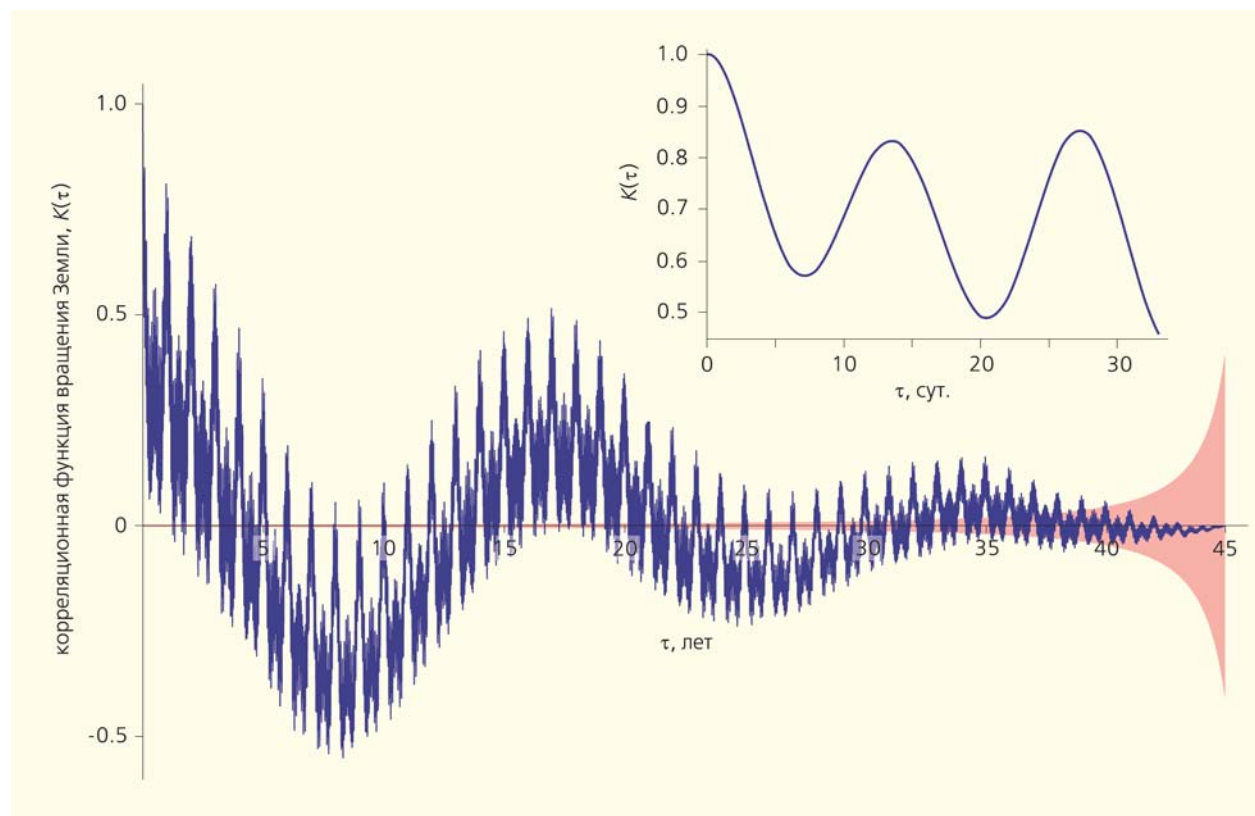


Рис.2. Корреляционная функция возмущений скорости вращения Земли $K(\tau)$ для ряда ежесуточных данных с 1968 по 2012 г. Красной заливкой показана область возможных ошибок. Во врезе представлена та же функция при малых сдвигах τ .

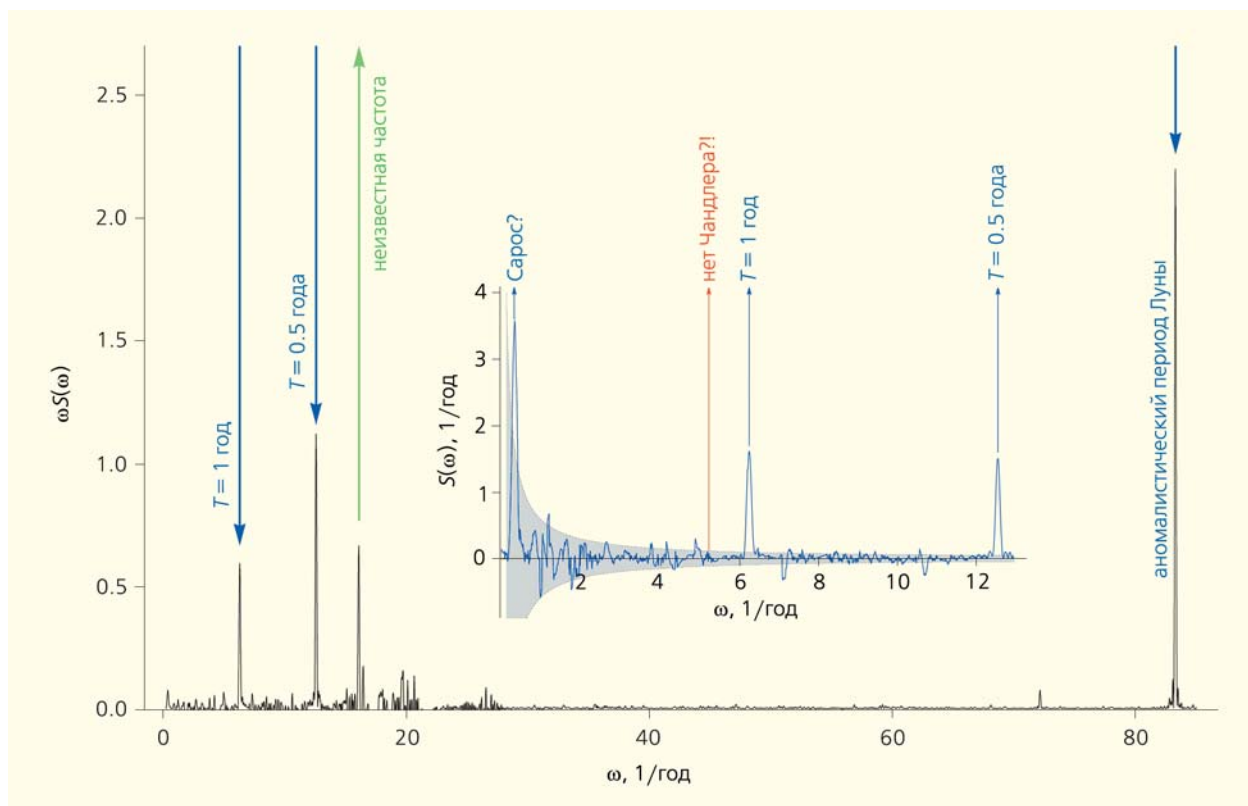


Рис.3. Спектр возмущений физических суток $S(\omega)$, вычисленный как фурье-образ корреляционной функции, а также нормированное на единицу распределение частот $\omega S(\omega)$. Синие стрелки показывают присутствующие в спектре точно известные частоты (они отвечают периодам, равным году, полугоду и аномалистическому месяцу). Соответствие низкочастотного максимума саросу находится на пределе точности (область возможных ошибок показана заливкой). Красной стрелкой отмечено полное отсутствие в спектре частоты, соответствующей периоду Chandlera (436 сут). Зеленой стрелкой показан существенный пик спектра, частота которого не нашла своего соответствия физическим процессам.

ет ни одному известному периодическому процессу. Период, отвечающий этой загадочной частоте, равен 142.5 ± 1.4 сут. Никакие комбинации разностей этой частоты со всеми известными (годовой, полугодовой, аномалистической) также не приводят к каким-либо разумным периодам. В принципе можно допустить, что эта частота фиктивна, что она возникает как результат какой-то математической неточности. Однако отсутствие в спектре длительности суток частоты Chandlera гораздо более серьезно. Направление земной оси и вариации длительности суток — это составляющие, в конечном счете, одного и того же вектора угловой скорости Земли. Его изменения вызываются общими физическими причинами. Каким образом они регулярно воздействуют на

его направление и не влияют с той же частотой на его величину, остается неясным.

* * *

В заключение должен сказать: не исключаю, что подобное исследование вариаций земных суток уже было кем-нибудь проведено, а полученные здесь парадоксальные несоответствия объяснены. Как было сказано во введении, наша цель — аналогичное изучение климатических рядов, эта же работа планировалась лишь для отработки метода их спектрального анализа. В следующей статье будет рассказано о спектрах климатических квазидвухлетних возмущений, там же будет дан ответ, связаны ли возмущения вращения Земли с погодными флуктуациями или нет. ■

Литература

1. Денисов Г.Г., Новиков В.В., Федоров А.Е. Как твердое ядро Земли сутки изменяет // Природа. 2013. №5. С.3—10.
2. Сидоренков Н.С. Природа нестабильностей вращения Земли // Природа. 2004. №8. С.8—18.
3. Sidorenkov N.S. The interaction between Earth's rotation and geophysical processes. Weinheim, 2009.
4. Meeus J. Astronomical Algorithms. Richmond, 1998.

Сапоги поморов Зимнего берега Белого моря

Д.О.Осипов,
доктор исторических наук
Государственный исторический музей
Москва

Поводом для написания этой статьи послужила необычная находка в селе Долгощелье Мезенского р-на Архангельской обл. Речь пойдет о сапогах, обнаруженных в ходе экспедиции Соловецкого морского музея, которую проводила Архангельская региональная общественная организация «Товарищество северного мореходства»). Само же это товарищество было создано на Соловках в 90-е годы XX в. по инициативе историка, мореплавателя и писателя Сергея Васильевича Мо-

розова, долгие годы там проживавшего. Изучая уходящие традиции судостроения, морской практики и промыслов поморов, населявших некогда Зимний берег Белого моря, участники экспедиции опрашивают старожилов, описывают сохранившиеся у них предметы промыслового инвентаря, собирают другую информацию.

Долгощелье — известное село в устье р.Кулой, расположенное в 60 км от г.Мезень. Основные занятия его жителей (около 600 человек) — рыбная ловля и (до недавнего времени) охота на тюленя. В хозяйственных прист-

ройках старых домов все еще можно найти вещи, относящиеся к уходящей эпохе. Так, на пове-ти* одного из сельских домов, построенного еще в 1902 г., была обнаружена пара необычных кожаных сапог с высокими голенищами. С согласия хозяев усадьбы находку доставили в Москву и показали специалистам по истории обуви, которые сразу же отметили необычный крой са-

* Повесть — нежилая пристройка к деревянному дому (в основном на Русском Севере), служившая для хранения корма для скота, сельскохозяйственных орудий и других хозяйственных принадлежностей.

© Осипов Д.О., 2013



Дом А.А.Нечаевой в селе Долгощелье.



Сапог из села Долгощелье. Вид сбоку.



Рисунок поверхности кожи.

пог, сшитых из шкуры морского животного.

Видовую принадлежность шкуры определяли в Московской ветеринарной академии им.К.И.Скрябина, на факультете товароведения и экспертизы сырья животного происхождения. Специалисты установили, что для изготовления сапог использовалась шкура беломорского тюленя, отличающаяся высокой водонепроницаемостью благодаря особому строению коллагенов дермы. Водоотталкивающие свойства шкур морских животных (тюленей, нерп, сивучей и др.) были хорошо известны населению Русского Севера и народам Сибири (ненцам, нанайцам, эскимосам) и поэтому использовались ими для промысловой обуви [1].

На Руси самые ранние упоминания о шкурах морских животных встречаются в новгородских берестяных грамотах. Так, в грамоте №133, по времени относящейся к 50–80-м годам XIV в., некто Григорий пишет, что послал со своим складником (соучастником некоего предприя-

тия) кипу нерпы и тюленьих кож для продажи, а также узкую веревку (очевидно, кожаные ремни [2, с. 312]). Фрагменты выделанных тюленьих шкур зафиксированы археологами в коллекциях Пустозерска [3, с.229] и Мангазеи [4, с. 34–37].

Какие морфологические особенности характеризуют промысловую обувь поморов? Повышенной их гидроизоляции, помимо особого строения кожи, способствует необычный крой сапог, рассчитанный на минимальное количество швов. Поэтому сапожное голенище высотой 45 см выкроено не из двух деталей, как у обычной городской обуви, а из цельнокроеной заготовки, немного надставленной в верхней части. С этой же целью удлиненные крылья головки смыкаются на пятке, исключая отдельно выкроенный задник, характерный, как и двухсоставное голенище, для обычных городских сапог.

Слабопрофилированная однослойная подошва толщиной 4 мм с овальным носком и округлой пяткой имеет длину 27 см,

что по распространенной сейчас в России шкале соответствует 42-му размеру (т.е. обуви взрослого мужчины). С нижней стороны подошва дополнительно усилена кожаной набойкой.

Какую технологию применяли мастера при пошиве такой обуви? Нижний край голенища скреплялся с верхним обрезом головки прямым (сандальным) швом, в который вкладывалась кожаная прокладка, обеспечивающая водонепроницаемость шва. Нужно заметить, что прокладка в шов изредка встречается и у городской обуви [5, с.162]. Найденные сапоги были сшиты ручным способом на прямую колодку (такая обувь не имеет право- и левосторонней ориентации). О профессиональности мастера свидетельствуют ровные линии швов и расстояния между шовными отверстиями. По-видимому, в ближайшей округе существовала сапожная мастерская, специализировавшаяся именно на промысловой обуви, необходимой местным жителям. Нельзя исключать, что такая мастерская существовала и в самом Долго-



Набойка в подошвенной части.

щель, особенно если учитывать значительные размеры этого села, где рыбная ловля и промысел тюленя были традиционным занятием жителей.

Неровные швы, которыми прикреплен подметка, и круглые заплатки из коровьей шкуры, поставленные в местах потертости складок голенища, свидетельствуют о «домашнем ремонте» сапог. Время их изготовления определить сложно, поскольку в данном случае использовались архаические приемы раскроя и сборки, распространенные еще в Средневековье, а ввезшаяся морская соль способствовала хорошей сохранности кожи. И тем не менее эту пару сапог стачали не ранее начала XX в.

Найденные в Долгощелье промысловые сапоги представляют собой малоизвестный ныне

тип специализированной кожаной обуви, который существовал не одно столетие и был полностью вытеснен резиновой обувью лишь в 70-е годы XX в. В связи с этим показательна история защитной городской обуви, известная нам значительно лучше. Судя по преискурантам такой обуви (например, преискуранту магазина «Мюр и Мерилиз»), кожаные калоши доминировали в московских магазинах вплоть до Первой мировой войны*. Именно такие носил учитель греческого языка Беликов — герой рассказа А.П.Чехова «Человек в футляре», который «...покатился вниз по лестнице, гремя своими калошами»**. Причина

* Преискурант магазина «Мюр и Мерилиз». Весна—лето. М., 1913. С.4.

** Чехов А.П. Избранные сочинения. М., 1951. С.264.



Кожаная прокладка в шов.

популярности кожаных чехлов для обуви раскрывается в «Обозревателе столичных мод» за 1860 г.: «Конечно, резиновые калоши лучше других исполняют свое назначение (не пропускают воду. — Д.О.), однако они так безобразны, что многие дамы от них отказываются, предпочитая кожаные»***.

Все известные мне образцы рыбацких сапог, хранящиеся в российских музеях, — поздние, изготовленные не ранее начала 19-го столетия. Что же представляла собой рыбацкая обувь в Средневековье? Самые ранние упоминания о ней в письменных источниках относятся лишь к XVI—XVII вв., что объясняется установившейся в России практикой фиксации хозяйственного регламента. Однако в приходно-расходных книгах промысловая обувь фигурирует под разными названиями, среди которых встречаются: *долгари* («А двои долгари сапоги отосланы на Красную гору ко старцу Пахому в ловлю») [6]; *бахилы* (бафилы) [7, с.64]; *баламутные сапоги***** [8]. На Русском Севере со второй половины XVII в. известны *хайлы*: «1694 Мережа редкая... ветха жь; 8 хайль кожаныхъ ловецких» [9, с.85]. Поскольку подлинных экземпляров средневековой промысловой обуви не сохранилось, мы не знаем, как она выглядела.

Со второй половины XVIII в. самыми распространенными рыбацкими сапогами становятся *осташи* — высокие, в аршин, выворотные непромокаемые сапоги, получившие свое название от г.Осташкова, где было налажено их массовое производство [10, с.61—62]. Образец такой обуви, изготовленной из юфти и поставленной на деревянно-шпильное (по определению Т.С.Алешинной) крепление, можно видеть в экспозиции Краеведческого музея г.Кимры. Судя по длине подошвы кимрских сапог, со-

*** Северный цветок. СПб., 1860. № 37. С.161.

**** Баламут — одно из названий невода.

ставляющей 39 см, они надевались поверх обычной обуви. На верхней части голенища оставшихся сапог, как правило, ставилось фабричное клеймо. Клейменная пара оставшейся хранится в фондах отдела ткани и костюма Государственного исторического музея (№80715/25 Ж-170). Их тоже отличает высокое (70 см) цельнокроеное голенище, сшитое выворотным швом с использованием кожаной прокладки, и большой размер подошвы, скреплявшейся с верхом шпилечным способом. Время их изготовления сотрудники музея датируют второй половиной XIX в.

Близкие по типу модели высокой непромокаемой обуви хранятся в Российском этнографическом музее (Санкт-Петербург), Новгородском и Тверском государственных музеях-заповедниках и в других российских музеях. К сожалению, детальное исследование такой обуви до сих пор не привлекало внимания специалистов, поэтому в литературе по истории костюма, включая современные мультимедийные издания и ресурсы мировой информационной сети, отсутствуют содержательные сведения о специализированной рыбацкой обуви.

Не встречаются детали рыбацких кожаных сапог и в археологических коллекциях, хотя ко-

личество публикаций таких коллекций значительно увеличилось за последнее время. Объясняется это тем, что в руки археологов чаще всего попадает материал из городских кварталов, содержащий детали бытовой обуви (поршней, туфель, лаптей*). Единственная находка специальных охотничьих (ловчих) сапог с высокими голенищами, крепившимися к поясу, зафиксирован в материалах раскопок Великого Новгорода [11, с.87].

Таким образом, найденная в Долгощелье пара рыбацких сапог представляет собой редкий экземпляр некогда распространенной кожаной промысловой обуви ручной пошива. Шпилечное крепление подошвы, минимальное количество швов, усиленных кожаной прокладкой, использование кожи морских животных — все это делало обувь непромокаемой. Большие размеры указывают на то, что рыбацкие сапоги могли надеваться не только поверх толстых вязаных носков или шерстяных онучей, но и поверх обычной обуви. Следовательно, такие сапоги использовали как в начале, так и в конце лова, т.е. при спуске лодки на воду и во время причаливания к берегу.

* Подробнее см.: Осипов Д.О. Кожевенные изделия из раскопок Московского Кремля // Природа. 2008. №4. С.33.



Заплата в нижней части голенища.

В заключение хотелось бы отметить, что данная находка демонстрирует стремительную смену хозяйственного уклада, начавшуюся в России с развитием технической революции — в «век пара и электричества». В результате, столкнувшись с некогда привычными вещами, которые веками использовались в домашнем быту или ремесленном производстве, мы зачастую не понимаем их назначения. И лишь внимательное изучение музейных экспонатов или неожиданно обнаруженных древностей помогает нам лучше понять жизнь наших предков. ■

Литература

1. Василевич Г.М. Обувь народов Сибири // Сборник музея антропологии и этнографии МАЭ. Т.21. Л., 1963.
2. Рыбина Е.А. Торговля средневекового Новгорода. Великий Новгород, 2001.
3. Курбатов А.В. Кожаные предметы из Пустозерска // Ясински М.Э., Овсянников О.В. Пустозерск. Русский город в Арктике. СПб., 2003.
4. Визгалов Г.П., Пархимович С.Г., Курбатов А.В. Мангазея: кожаные изделия (материалы 2001—2007 гг.). Екатеринбург, 2011.
5. Векслер А.Г., Осипов Д.О. Кожаные сапоги из раскопок в Москве // Археологические памятники Москвы и Подмосковья. М., 2000.
6. Рукописи Пертоминского Преображенского монастыря // Государственный архив Архангельской обл. Ф.60. Оп.1. XVII в. № 40. 1687 г.
7. Вахрос И.С. Наименование обуви в русском языке. Хельсинки, 1950.
8. Акты Иверского Валдайского монастыря XVII — нач. XVIII в. // Санкт-Петербургский филиал Института российской истории РАН. Ф.181. Оп.1. 1665 г.
9. Словарь русского языка XII—XVII вв. Т.20. М., 1995.
10. Кочин Г.Е. Материалы для терминологического словаря Древней России. М.; Л., 1937.
11. Осипов Д.О. К вопросу об атрибуции одной категории кожаных изделий. // Археологические вести. №17. СПб., 2011.

Необычные структуры на поверхности льда Каспийского моря

К.Е.Сазонов,

доктор технических наук

Крыловский государственный научный центр

Российский государственный гидрометеорологический университет
Санкт-Петербург

В январе 2013 г. в северной части Каспийского моря проводилась международная ледоисследовательская экспедиция, в состав которой вошли представители России, Казахстана, Финляндии и Италии. Целью работ было исследование прочностных свойств ледяного покрова, знание которых необходимо при проведении морских операций. В ходе экспедиции решалась задача найти соответствия между данными о прочности льда на изгиб и сжатие, полученными методами разрушения консольных балок на плаву и сжатия цилиндрических образцов льда, с данными определения этих же характеристик косвенным методом (измерением температуры и солёности льда).

На последнем полигоне, где работала экспедиция, были замечены необычные структуры на поверхности льда. На совершенно ровном участке ледяного покрова толщиной 20 см и более в разных местах наблюдались небольшие изометричные участки, имеющие концентрическое строение за счет слоев вторичного льда, наросших на верхнюю поверхность покрова. Все свидетельствовало о том, что в этих местах вода неоднократно изливалась на поверхность льда. В каждой структуре можно было выделить несколько замкнутых кривых линий, вложенных одна в другую, которые, по-



Необычные концентрические структуры на льду: толщиной 20 см и более примерно в 0.5 км от ледяного канала (вверху) и на тонких (до 10 см) льдах в его непосредственной близости.



Каспийский тюлень всплыл в канале, только что проложенном ледоколом среди сплошных льдов.



Тюлени располагаются на краю ледового канала, а когда ледокол приближается, они отползают на безопасное расстояние.



Лунка, пробитая тюленем во вставке молодого льда, образовавшегося в разводе между льдинами. Сам тюлень через нее скрылся под воду при подходе нашего ледокола.

видимому, соответствуют краям намерзших слоев воды.

Каково происхождение этих структур? Как образуются подобные нарушения сплошности ровного ледяного покрова?

Полигон, где они были обнаружены, непосредственно примыкает к судоходному каналу, который проложен во льдах между портом Баутино и намывными островами, предназначенными для добычи нефти на месторождении Кашаган (Казахстан). Другие полигоны, на которых работала экспедиция, находились довольно далеко от судоходной трассы, и на них подобные формы на льду отсутствовали.

Может быть, причина образования таких структур — просто активность каспийского тюленя (*Pusa caspica*)? Эти животные проделывают лунки в тонком льду и затем поддерживают

их, не давая замерзнуть. Но ведь аналогичным образом ведут себя и другие ластоногие, проводящие некоторый период жизни на дрейфующих или припайных льдах. Мне неоднократно приходилось наблюдать тюленей в Карском море. Однако там в припайных льдах подобные структуры никогда не встречались. Так что само наличие в сплошном ледяном покрове лунок не приводит к образованию кольцевых форм намерзания воды на льду.

По сообщениям капитанов каспийских ледоколов, наибольшая плотность тюленей в течение зимнего периода наблюдается как раз в районе ледового канала, так как здесь практически всегда имеются свободные ото льда участки воды. Нами была обследована территория примерно в километре от ледового канала, но подобные концентри-

ческие формы встречены только в непосредственной близости от него. Каспийские тюлени, группирующиеся у судоходного канала, проделывают в тонком льду лунки. При движении нашего экспедиционного судна по ледяному каналу несколько раз можно было видеть, как тюлени пробивают в тонком льду отверстие и уходят под воду, когда судно приближается. Каспийским тюленям, находящимся на дрейфующих льдах рядом с ледовым каналом, нет необходимости постоянно поддерживать сохранность лунки. В районе расположения канала практически всегда есть чистая вода либо участки с тонким, только что образовавшимся ледяным покровом, который легко пробивается тюленем. Поэтому они легко оставляют сделанную лунку и переходят к разводам чистой воды либо создают новую. Это отличает



Лунка в относительно толстом льду. По-видимому, тюлень часто ее использовал, поэтому она не замерзла. Рядом видна вылившаяся на поверхность льда вода.

каспийских тюленей от тюленей северных морей.

Скорее всего, причина появления кольцевых структур на льду кроется и в поведении тюленей, и в особенностях ледового покрова на Каспии. Когда животное выбирается через лунку на поверхность, то на лед попадает довольно большое количество воды. Ее выливается тем больше, чем тоньше ледяной покров, так как в этих случаях меньше расстояние от воды до поверхности льда. В толстых припайных льдах (как, например, в Карском море) отсутствие кольцевых форм намерзания воды на поверхность льда вокруг лунок можно объяснить большей толщиной ледяного покрова, чем в Каспийском море, а также слоем снега на льду. Чем толще лед, тем меньше воды попадает на его поверхность, так как при движении по узкой

лунке шкура тюленя «выжимается». Снежный же покров впитывает то небольшое количество воды, которое все-таки увлекается тюленем на поверхность. Это позволяет объяснить, почему в других морях подобные структуры не наблюдались.

Также могут оказаться важными и некоторые особенности северного Каспия. В зимний период гидрологический и ледовый режимы характеризуются высокой изменчивостью: часто происходят сгонно-нагонные явления, деформирование ледяного покрова на больших участках, образуются торосы, стамухи*, подсоны и наслоения льда. Хорошо известно, что динамические процессы в ледяном по-

* Торосы — нагромождения льдин, образующиеся в результате сжатия ледяных полей. Стамуха — отдельный ледяной торос, севший на дно.

крове сопровождаются распространением изгибно-гравитационных волн**, а также локальными изменениями уровня поверхности воды. Все эти явления приводят к выплескиванию воды через образованные тюленями лунки на поверхность ледяного покрова. В результате могут также образовываться отмеченные необычные концентрические структуры. ■

** Изгибно-гравитационные волны — это волны, распространяющиеся под ледяным покровом по поверхности раздела воды и льда; на характеристики этих волн оказывают влияние физические свойства воды и льда. Изгибно-гравитационные волны были впервые обнаружены при организации Дороги жизни по льду Ладожского озера зимой 1941—1942 гг. Группа ученых, оставшихся в блокадном Ленинграде, исследовала это явление и предложила меры борьбы с его опасными проявлениями.

С.Н.Виноградский — патриарх Бри-Конт-Робер

Из истории становления экологической микробиологии

Н.Н.Колотилова,
кандидат биологических наук
Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

В дни празднования во Франции 100-летия со дня рождения великого микробиолога Луи Пастера, 90 лет назад, в знаменитом институте, носящем его имя, был открыт Сельскохозяйственный, или Почвенный, филиал. Это событие свидетельствовало о появлении в институте с традиционно медицинской тематикой нового направления, возглавить которое предстояло русскому и тоже великому микробиологу Сергею Николаевичу Виноградскому*. Как известно, международный авторитет и признание ему принесло открытие хемосинтеза как нового способа существования организмов. Из этого открытия ученым сразу были сделаны выводы экологического значения. А начав работать в Институте экспериментальной медицины (ИЭМ), Виноградский развернул исследования микробных процессов в почве и обобщил свои взгляды в речи «О роли микробов в общем круговороте жизни», которая была прочитана на торжественном заседании института в 1896 г.

Уехав из России в 1920 г. и пройдя свой путь эмиграции (Константинополь, Марсель,



Портрет С.Н.Виноградского. Фото 1922 г. Из архива кафедры микробиологии Санкт-Петербургского государственного университета.

Кларанс в Швейцарии, Белград, Париж), Виноградский оказался в Институте Пастера по приглашению Эмиля Ру.

23 февраля 1922 г.

Дорогой господин Виноградский. Мои коллеги и я будем Вам признательны, если Вы сообразовите приехать и сотрудничать в Институте Пастера. Вооружившись багажом Ваших обширных научных знаний, Вы сможете продолжать Ваши блестящие исследования без всяких огорчений. Мы будем счастливы видеть в своих рядах, в своей среде не только Мечникова, но и Виноградского. Для нас Вы будете мэтром в области почвенной микробиологии [1, с.131].

* В «Природе» статьи о Виноградском появлялись неоднократно: в связи со 100-летием открытия хемосинтеза (1986. №1. С.71—85); 120-летием Института экспериментальной медицины (2010. №11. С.39—49); 150-летием со дня рождения ученого (2006. №7. С.59—71).

Конечной точкой маршрута стал маленький городок Бри-Конт-Робер (Brie-Comte-Robert), в 30 км к югу от Парижа. Здесь началась «третья жизнь» великого микробиолога [1].

Городок Бри-Конт-Робер

Место для устройства филиала было выбрано не сразу. Отказавшись работать в Париже, Виноградский вместе с Ру осмотрел несколько принадлежащих институту помещений в окрестностях столицы и остановил свой выбор на усадьбе в тихом старинном городке Бри-Конт-Робер (департамент Сена и Марна). Город, основанный в 1136 г. братом короля Людовика VII, графом Робером де Дрё (le comte Robert de Dreux), носит его имя; первая часть названия, «Бри», по одной из версий переводится с галльского как «плато», или «возвышенность». От эпохи Средневековья здесь сохранился полуразрушенный замок, окруженный весьма мирным на вид крепостным рвом, готическая церковь Св.Этьена (Saint Etienne) XII в., несколько красивых старинных зданий. Принадлежащая институту усадьба с двумя украшенными майоликой павильонами, фруктовым садом, цветником, обширным парком с вековыми деревьями была расположена на окраине города, за ней расстились поля. Раньше усадьба принадлежала жительнице города мадам Депре, завещавшей ее Институту Пастера. Причина столь щедрого дара неизвестна. Возможно, она связана с благодарностью Пастеру за спасение от смерти нескольких жителей городка, укушенных бешеной собакой. Кроме того, недалеко отсюда, на равнинах Бри, в селении Пуи-льи-ле-Фор, Пастер провел в 1881 г. свой знаменитый эксперимент: на 60 овцах и 10 коровах продемонстрировал эффективность вакцинации от сибирской язвы.

Заброшенная усадьба немного напоминала Виноградскому его любимое поместье в Городке (Украина). И даже почвы здесь, по воспоминаниям его дочери Елены*, были похожие, хоть и менее плодородные, чем украинские черноземы, но культуры росли те же: злаки и сахарная свекла. Довольно быстро в усадьбе навели порядок,

* Виноградская (в замужестве Быхавская) Елена Сергеевна (1890—1957), биолог. Получила образование в Бедфордском колледже в Лондоне (1908—1909) и Ньюэнском колледже в Кембридже (1909). Эмигрировала, с 1920-х годов она жила в Париже, а с 1931 г. работала ассистентом в лаборатории Виноградского в Бри-Конт-Робер, помогая отцу в качестве лаборанта и секретаря, а затем и референта в реферативном журнале «Бюллетень Института Пастера» (Bulletin de l'Institut Pasteur). Позднее перешла в Лабораторию Дюжаррика (R.Dujarric) в Институте Пастера. Основные работы посвящены нитрификаторам, изучению клубеньковых бактерий (совместно с Виноградским), а позднее — экологии и физиологии пурпурных серобактерий.



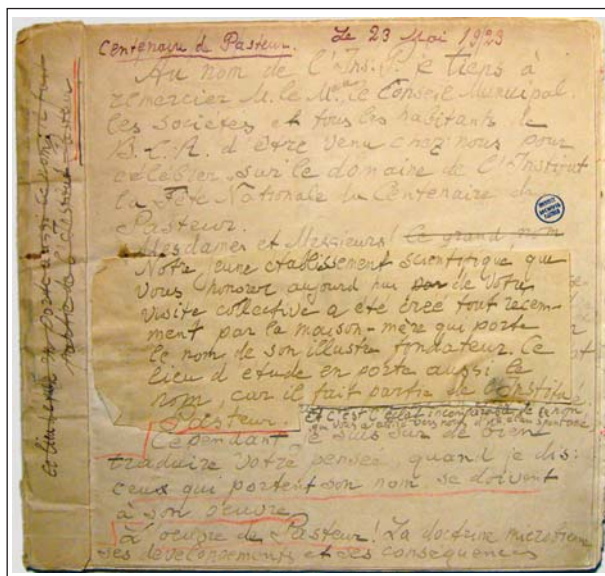
Бри-Конт-Робер: вверху — старый замок, в середине — церковь Св.Этьена, внизу — улицы города.

Фото Н.Н.Колотиловой

провели газ и водопровод, закупили необходимое оборудование. В полной мере проявился и хозяйственный талант Виноградского — старые деревья были выкорчеваны, яблони при надлежащем уходе приносили прекрасные урожаи. Сергей Николаевич, по его же словам, всю жизнь служивший богине плодовых деревьев Помоне, каждый год отсылал в Институт Пастера аккуратно упакованные ящики с разными сортами яблок. На территории усадьбы сразу появились своеобразные «опытные поля»: работы Виноградского в течение многих лет были посвящены сравнению микробов в почве «Шпалера» (под плодовыми деревьями) и «контрольной» — под паром — почве.

100-летие Пастера

Открытие лаборатории решено было провести 23 мая 1923 г., приурочив к празднованию 100-летия со дня рождения Пастера. Юбилей отмечали с опозданием (Пастер родился 27 декабря 1822 г.), видимо, из-за послевоенных осложнений в стране, но очень широко и торжественно. Празднества состоялись в Париже, Лилле, Страсбурге (там, где Пастер был университетским профессором), в Доле (где он родился) и Арбуа (где окончил свой жизненный путь). Из нашей страны в торжествах участвовали микробиологи Л.А.Тарасевич и Д.К.Заболотный, ставшие своего рода «полпредами» Советской России. Их приезд, несомненно, способствовал налаживанию отношений между французскими и советскими учеными. В Москве в дни празднования юбилея имя Пастера было



Автограф речи С.Н. Виноградского на открытии филиала Института Пастера в Бри-Конт-Робер 23 мая 1923 г. Из Архива Института Пастера в Париже (W1N3).

присвоено Государственному институту народного здравоохранения, директором которого был Тарасевич.

На открытие филиала в Бри-Конт-Робер приехал Заболотный, хорошо знакомый Виноградскому по ИЭМ. Торжества проходили прямо под открытым небом, на площадке были расставлены стулья для зрителей. Первым к присутствующим обратился мэр города Поль Шарль Савари. В речи, посвященной Пастеру, он перечислил основные достижения великого ученого, в частности, их значение для развития медицины, высказал слова благодарности в адрес покойной мадам Депре за дар Институту Пастера.

Виноградский выступил с ответной речью «во вполне французском духе». Отдав дань заслугам Пастера, он в доступной форме рассказал о важности задач, стоящих перед сельскохозяйственной микробиологией, которой ему предстояло заниматься. В заключение прозвучала история о том, как в свое время Пастер не побоялся пригласить к себе в институт молодого и практически неизвестного ученого, только что выполнившего свои первые исследования по серным и нитрифицирующим микробам. Силою обстоятельств ученый не смог воспользоваться приглашением великого мэтра, но вот сейчас, 33 года спустя, его приход в Институт Пастера состоялся. Героем эффектного рассказа был сам Виноградский.

Создание новой методологии

Виноградский был известен как автор метода, позволяющего создавать строго избирательные (элективные) условия, способствующие росту искомого микроба и подавляющие другие организмы. Благодаря применению метода элективных культур были выделены многие функциональные группы микроорганизмов, осуществляющие те или иные процессы в природе. Следующий этап работы — получение чистой культуры микроорганизма — стал важнейшим методом в общей микробиологии.

Возвращение в науку после 15-летнего перерыва и в весьма зрелом возрасте (ему было 67 лет) — дело необычное и непростое. Необычным оказался и подход ученого. Взавшись за создание почвенной микробиологии как новой науки, Виноградский начал с создания методологии. Уже в первых статьях и выступлениях он констатировал недостаточность метода общей микробиологии, прежде всего метода чистых культур применительно к микробиологии почвы, доказывал необходимость исследовать функции микрофлоры в ее естественном состоянии. «Прямое применение к почвенной микробиологии выводов, полученных на чистых культурах, недопустимо, — отмечал он в докладе, сделанном в Обществе про-

мышленной химии (1924). — Придерживаясь современного метода, мы никогда не дойдем до выявления роли почвенных микробов в их естественной среде, хотя бы даже опыты с чистыми культурами продолжались века!» [2, с.405].

Виноградский сначала предложил метод прямого микроскопического анализа почвы (счет бактерий на мазках, приготовленных «по Виноградскому»), затем метод микробных культур на почве (изучение колоний микробов, вырастающих в чашках Петри на увлажненной почве при внесении в нее различных питательных веществ), а также метод самопроизвольных культур (изучение микроорганизмов, развивающихся на пластинках силикагеля*, пропитанных тем или иным питательным веществом). Это позволило получать «биологический ответ» почвы — быстрый и интенсивный рост микроорганизмов, использующих данный субстрат. В результате сформировалось представление о роли отдельных групп микроорганизмов в почвенном ансамбле, постепенно приводящее к понятию микробного сообщества. Следующим важным шагом стало введение Виноградским сравнительного подхода и понятия «нормальной» (контрольной) почвы. Так возникло представление об «автохтонной» и «зимогенной» микрофлоре, характерной, соответственно, для «нормальной» почвы и появляющейся в ответ на внесение субстрата.

Подробно разработанный подход к изучению почвы Виноградский изложил на I Международном микробиологическом конгрессе (Париж, 24 июля 1930 г.). В докладе «Микробиологический анализ почвы» он сформулировал идею метода: чтобы узнать естественные функции микроорганизма, нужно внести изолированное химическое вещество в природную смесь микроорганизмов, существующую в данном образце почвы, и посмотреть (через несколько часов или дней, в зависимости от субстрата), какие микроорганизмы будут доминировать первыми. Они и есть возбудители процесса. Виноградский описал динамику роста бактерий при добавлении в минеральную среду пептона, аспарагина, крахмала, целлюлозы, этанола, муравьиной, уксусной, масляной кислоты (т.е. полимеров и мономеров, сбраживаемых субстратов и продуктов брожения).

Полученная картина стала прообразом системы трофических связей в микробном сообществе. Впоследствии ее разрабатывал выдающийся микробиолог XX в., основатель природоведческой микробиологии, Георгий Александрович Завар-

* Гель кремневой кислоты, который Виноградский предложил для получения твердых питательных сред. По своему химическому составу силикагель гораздо ближе к «естественной» почве, содержащей кварц, алюмосиликаты, чем полисахаридные (на основе агар-агара) или белковые (на основе желатина) твердые среды, со времен Р.Коха применяемые в общей и медицинской микробиологии.

зин. Знаменателен заключительный тезис доклада Виноградского: «Микробное население почвы — это организованный коллектив, который отвечает на воздействие и энергию, приходящие извне, с максимальной отдачей, этот максимум обусловлен принципом разделения труда, которое находит выражение в особенностях всех членов этого коллектива» [3].

Осознавая себя основоположником новой науки, Виноградский записал в дневнике: «В результате моих работ создалась новая ветвь наук, которую я назвал "Microbiologie oecologique", и ей положено прочное основание» (цит. по: [1, с.194]). Появление новой области науки — микробиологической экологии — Виноградский провозгласил на I Конгрессе франкоязычных микробиологов в Париже в октябре 1938 г. [4]. Этот доклад — последнее публичное выступление Виноградского и его научное завещание. Почти без изменений текст его был опубликован не только в «Анналах Института Пастера», но и в «Трудах Французской сельскохозяйственной академии» (отдельный оттиск), в выпуске журнала «Antonie van Leeuwenhoek», посвященном юбилею выдающегося голландского биохимика и микробиолога А.Клюйвера, а затем — как заключительная глава «Основы экологической микробиологии» в книге «Микробиология почвы» [2]. Благодаря ее изданию заветы Виноградского стали доступны российской аудитории; для нескольких поколений советских микробиологов книга служила настольным руководством. Не случайно многие идеи Виноградского воплотились в современных методах экологии микроорганизмов, в том числе почвенной микробиологии.

Ученики и сотрудники

Хотя Виноградский начал работать в Бри-Конт-Робер практически один, со временем у него появились помощники, но их всегда было немного. Вначале помогала близкая знакомая по Одессе — К.Г.Никитина**, которая фактически спасла Виноградского, настояв на его немедленном отъезде из захваченного большевиками города. Сама она, оставшись в Одессе, оказалась в отчаянном положении; выволить ее и переправить в Париж помог Заболотный. «Чувствую себя настоящим экспедитором», — весело писал он Виноградскому после удачного окончания этого предприятия.

** Никитина Ксения Георгиевна (около 1895 — после 1964), дочь командира эскадрона драгунского полка. Жила в Одессе, с раннего возраста была вынуждена «служить по конторам», в 1917—1920 гг. исполняла обязанности секретаря Виноградского. В 1922 г. приехала во Францию (жила в семье Виноградских до 1953 г.), с 1923 г. была некоторое время помощницей в лаборатории ученого, а также занималась хозяйством усадьбы. Закончила свои дни в богадельне во Франции.



Лаборатория Виноградского в Бри-Конт-Робер. Из журнала «Архив биологических наук» (1927. Вып. 1—3. С.11—36). Справа — предполагаемый сохранившийся павильон усадьбы (современная фотография).



Я.Земецкая в лаборатории Виноградского. Середина 1920-х годов. Фото из Архива РАН.

Время от времени в лаборатории ненадолго появлялись и вскоре исчезали стажеры; лишь двоим из них, Я.Земецкой* и Л.Г.Ромеллю**, отвечавшим требованиям Виноградского, удалось удер-

* Земецкая (Земецкая-Маршевская) Ядвига (1891—1968) — польский микробиолог, профессор. В 1924—1927 гг. работала в лаборатории Виноградского, вернувшись в Польшу (1927), преподавала в университете в Познани, затем в Институте удобрений и почвоведения в Пулаве, где организовала кафедру микробиологии (1931).

** Ромель Ларс Гуннар (1891—1981) — шведский микробиолог, специалист по лесным почвам, профессор. Стажировался в лаборатории Виноградского (1926—1927), в 1930-х годах работал в Лаборатории лесных почв Корнельского университета (Нью-Йорк, США), затем на Шведской лесной экспериментальной станции в Стокгольме.

жаться. Ромель изучал нитрифицирующие бактерии в кислых лесных почвах, Земецкая исследовала азотфиксацию, в частности, совместно с Виноградским усовершенствовала метод тестирования почвы, используя бактерии рода *Azotobacter*. Метод был представлен на I Международном конгрессе почвоведов (Вашингтон, 1927 г.), и его разнообразные модификации получили широкое распространение, в частности в СССР в лабораториях Е.Е.Успенского, С.П.Костычева и др.

Наконец, в 1931 г. сотрудницей и помощницей Виноградского стала его дочь Елена, получившая в юности неплохое биологическое (агрономическое) образование. Единственная из дочерей она, хоть и в зрелом возрасте, пошла по стопам отца. Елена во многом помогала ему и в лаборатории, и с оформлением рукописей. Сама она изучала нитрифицирующие бактерии активного ила на станции водоочистки Коломб в Париже, где описала несколько новых организмов. После смерти отца осталась работать в Институте Пастера, занимаясь, в частности, экологией бактерий серного цикла — темой, начатой отцом еще в страбургский период.

Жизнь на «русском острове»

В годы эмиграции семья Виноградских жила уединенно. Сергей Николаевич, писал Заварзин, создал себе «русский остров» во Франции. В доме часто звучала музыка, служившая отдушиной Виноградскому и его близким. Сам он был блестящим пианистом и даже в преклонные годы интересовался вопросами музыкальной жизни.

Гостей в доме было немного. В середине 1920-х годов навещали друзья и коллеги из России: Д.К.Заболотный, В.Л.Омелянский, Б.Л.Исаченко, С.П.Костычев. Возвращаясь из США (1927 г.) с Конгресса почвоведов, заглянул в лабо-

раторию А.Ф.Лебедев — замечательный почвовед и микробиолог, первооткрыватель хемосинтеза на водороде и гетеротрофной фиксации CO_2 у бактерий. Хорошо знакомый по Петербургу академик Г.А.Надсон, приехав с лекцией в Институт Пастера (1935 г.), пытался посетить Виноградского в Бри-Конт-Робер, но в силу внешних обстоятельств его визит неожиданно сорвался. Многие встречи невольно оказались последними: в 1928 г. пришло известие о смерти Омелянского, ушли из жизни Заболотный (1929 г.), Костычев (1931 г.), в 1931 г. Лебедев был арестован и сослан на строительство Беломорканала, в 1937 г. арестован Надсон (расстрелян в 1939 г.).

Заряд энергии и оптимизма приносили визиты американского ученого З.А.Ваксмана*, тоже «своего», из Одессы. Ваксман занимался вопросами почвенной и морской микробиологии, считая себя учеником и отчасти продолжателем традиций Виноградского**. Он стал одним из его первых биографов [5], а также оказывал старому ученому неоценимую помощь в издании во Франции его книги «Microbiologie du sol. Problèmes et méthodes. Cinquante ans de recherches» (1949), которая спустя три года была опубликована в СССР [2]. В письмах, хранящихся сегодня в Архиве РАН, Ваксман сообщал Виноградскому о научных событиях в мире, рассказывал (в допустимых пределах) о своих поездках в СССР, откуда письма Виноградскому приходили все реже, а некоторые корреспонденты и вообще перестали отвечать.

* Ваксман Зельман Абрахам (Соломон Яковлевич) (1888—1973) — американский микробиолог, член Национальной академии США (1942). Родился в России (с.Прилуки), окончил экстерном гимназию в Одессе (1910), в том же году эмигрировал в США. Получил образование в сельскохозяйственном колледже Ратгерского университета (1915) и в Кальфорнийском университете (1916—1918). Работал в Ратгерском университете (1918—1925), заведовал отделом в Океанографическом институте в Вудс-Холе (1931—1942). Открыл стрептомицин (1942) и ряд других антибиотиков (Нобелевская премия, 1952).

** Не случайно одна из его работ по аналогии с названием речи Виноградского (1896) называется «Морские бактерии и их роль в круговороте жизни в море» (*Waksman S.A., Hotchbiss M. and Carey C.L. Marine bacteria and their role in the cycle of life in the sea // Biol. Bull. 1933. V.65. №2. P.137-167.*)



С.Н.Виноградский (в центре) в возрасте 90 лет с семьей и гостями: стоят Е.С.Виноградская (слева) и К.Г.Никитина, сидит супруга З.А.Ваксмана.

Фото З.А.Ваксмана

Переписка

О связях Виноградского с российской эмиграцией известно сравнительно немного. Он упоминает имена работавших в Институте Пастера М.В.Вейнберга, А.М.Безредки, С.И.Метальникова, некоторых врачей (среди них В.Н.Сиротинин, И.С.Чекунов, А.О.Маршак, Д.Д.Попов).

В Архиве Института Пастера хранятся письма и приглашения Виноградскому от эмигранта Н.А.Булгакова (по поручению русской академической группы), Г.Шавельского (по поводу съезда русских ученых), из Общества русских врачей им.И.И.Мечникова, Академического союза, Научно-философского общества. Однако это все единичные письма, а не свидетельства обширной переписки. Весьма интересна подборка писем из Шанхая от А.И.Бердникова, знакомого Виноградскому врача-эпидемиолога, последнего заведующего Особой лабораторией («Чумным фортом») в ИЭМ (1917 г.), основателя кафедры микробиологии в Саратове (1918 г.), эмигрировавшего почти одновременно с Виноградским через Грецию и Югославию в Париж (1923 г.), профессора микробиологии и организатора Русской оперной

группы в Париже. В середине 1930-х годов Бердников решил попытаться счастья в Америке, но, не сумев получить визу, надолго «застрял» в Шанхае. Там, стараясь продолжать научные изыскания, испытал бедность, презрительное отношение «научной элиты», пережил ужасы войны с Японией. В некоторых письмах Бердникова встречаются просьбы о помощи, и, судя по контексту, Виноградский эту помощь оказывал. Год и обстоятельства смерти Бердникова до сих пор не установлены.

Среди корреспондентов Виноградского из Советской России (в Архиве Института Пастера их письма, естественно, помещены в раздел иностранной корреспонденции): ботаник И.П.Бородин, микробиологи А.А.Владимиров, А.Ф.Войткевич, В.Л.Омелянский, почвовед К.К.Гедройц, гелиобиолог А.Л.Чижевский, сотрудница лаборатории Любечских полей орошения Т.С.Нагибина. Обращают внимание письма В.Л.Омелянского, Д.К.Заболотного, Н.Г.Холодного, ученика Омелянского И.А.Макринова, Б.Л.Исаченко, где сообщаются новости и научные проблемы. Исаченко пишет о своих экспедициях в моря Северного Ледовитого океана, о сенсационной находке пурпурных бактерий в пластовой воде нефтяных скважин, о переезде ИЭМ из Ленинграда в Москву, о планах по подготовке к изданию в СССР работ Виноградского.

В конце 1940-х годов Виноградского волновал вопрос об издании «Микробиологии почвы». Переписка на эту тему продолжалась до последних месяцев жизни Исаченко; после его смерти издание книги завершил новый директор Института микробиологии АН СССР А.А.Имшенецкий, редактировавший ее перевод с французского.

В раздел иностранной корреспонденции входят также письма от крупных европейских и американских ученых, среди которых микробиологи К. ван Ниль (Голландия, США), Дж.Рассел*, Г.Торнтон (Англия), Х.Дж.Кон (США), Я.Земецкая (Польша), Л.Ромелль, Х.Бартель (Швеция), А.Клюйвер (Голландия) и др. Во многих письмах — оживленные научные дискуссии. Эти письма, проникнутые глубоким уважением, свидетельствуют о важной роли, которую в годы эмиграции продолжал играть Виноградский в международной научной жизни.

В архиве Виноградского много писем и деловых записок от «старых пастеровцев»: А.Кальмета и Э.Ру, возглавлявшего Институт Пастера до 1933 г. Удивительный по теплоте души и отзывчивости человек, Ру был особенно близок и дорог Виноградскому. Директор института не раз оказывал большую помощь не только в организацион-

ных вопросах, но и во многих экстренных жизненных случаях, связанных, в частности, с болезнями Виноградского и членов его семьи. Виноградский не раз с благодарностью отмечал внимательность, благородство и деликатность Ру. Смерть Кальмета и Ру (1933 г.), людей его поколения, произвели на Виноградского очень тяжелое впечатление, он становился все более одиноким. Но нужно подчеркнуть, что до конца его жизни, несмотря на сложные внешние обстоятельства (в том числе немецкую оккупацию в годы войны и послевоенную разруху), руководство Института Пастера сохраняло по отношению к старому ученому внимательное и уважительное отношение.

«Летопись нашей жизни», «Микробиология почвы»

Упомянем вскользь два важнейших события последнего десятилетия жизни Виноградского, горько названного им после смерти жены Зинаиды Александровны (1939) «доживанием». Потеряв любимую спутницу жизни, много лет бывшую душевной опорой и освещавшую мир бесконечно доброй кроткой улыбкой, в который раз ощутив границу между жизнью и смертью, Виноградский почувствовал желание воскресить в памяти события уходящей жизни и рассказать о них. Начавшаяся Вторая мировая война, оккупация немцами Бри-Конт-Робер, невозможность работать в нетопленной полуразрушенной лаборатории без газа и электричества по-своему способствовали написанию «Летописи нашей жизни» — так назвал Виноградский свои воспоминания, посвященные «памяти божественной мамочки Зины». Эта огромная рукопись составляет более 700 убористо написанных «на одном дыха-



Книга «Микробиология почвы» с ленточкой из Института Пастера.

* В черновике письма 1927 г. директору Ротамстедской агрономической станции сэру Дж.Расселу (Russel) встречается, видимо, наиболее раннее упоминание Виноградским почвенной микробиологии как экологической микробиологии, более точно дату возникновения термина «экологическая микробиология» мы пока не знаем.



Улица Виноградского в Бри-Конт-Робер.

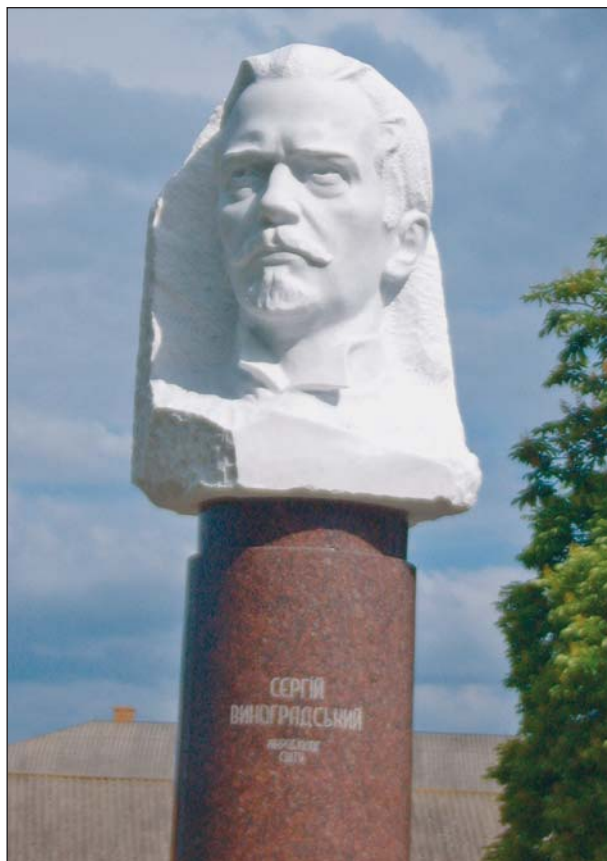
нии» листов, без черновиков и почти без помарок. Мемуары поражают исторической точностью, тем более удивительной, что весь домашний архив Виноградского до 1920 г. был утрачен, и единственными источниками служили дневниковые записи и память. «Летопись», писавшаяся с конца 1941-го по 1 октября 1942 г., охватывающая события от раннего детства Сережи до начала 1940-х годов, была положена «в стол» и ждала своего читателя. В 1980-х годах по материалам «Летописи» Заварзин написал книгу «Три жизни великого микробиолога» [1]. Эта документальная повесть о Сергее Николаевиче Виноградском — одно из самых глубоких научных и литературных произведений, посвященных жизни и научному наследию ученого — вышла в свет лишь в 2009 г. и выдержала два издания. В настоящее время заканчивается работа над публикацией самой «Летописи нашей жизни».

Кроме «Летописи» Виноградский подготовил собрание работ, составивших однотомник «Микробиология почвы». Это потребовало редактирования многих статей, особенно ранних, перевода их на французский язык, написания предисловий, оценивающих проблемы с современной (1945) точки зрения. Как уже отмечалось, венчала книгу программная статья «Основы экологической микробиологии». Колоссальный труд был окончен в 1946 г., к 90-летию автора.

Однако издание «Микробиологии почвы» во Франции и в Советском Союзе в русском переводе



было трудноосуществимой задачей. Оно уже мало зависело от самого Виноградского, хотя он энергично боролся за его осуществление. Потребовалась согласованная деятельность многих ученых Европы, США, СССР. Изданная во Франции книга вызвала горячие поздравительные отклики в научном мире. На русском языке «Микробиология почвы» вышла в свет за несколько недель до смерти Сергея Николаевича. Так, в последнее десятилетие жизни великий ученый подвел и обобщил итоги своего длинного и плодотворного жизненного и научного пути.



Памятник С.Н.Виноградскому в Городке.

Фото Д.Мигуна и Н.Н.Колотиловой

Каков же итог 30-летнего «французского» периода жизни Виноградского? Его главным результатом стало создание нового научного направления, «экологической микробиологии». Оно документировано 10 мемуарами (статьями) в «Анналах Института Пастера», многочисленными сообщениями и докладами, эпохальной книгой «Microbiologie du sol. Problèmes et méthodes. Cinquante ans de recherches». Итоги жизненного пути подве-

дены в автобиографической повести «Летопись нашей жизни».

Земной путь Виноградского окончился 60 лет назад, он похоронен в одной могиле с женой Зинаидой Александровной и младшей дочерью Еленой на городском кладбище в Бри-Конт-Робер.

После смерти Виноградского сельскохозяйственный филиал в Бри-Конт-Робер перестал существовать. Сегодня этот район города застроен новыми домами, а память о прошлом хранит украшенный майоликой павильон (одно из уцелевших зданий). Ландшафты городской окраины напоминают об аллеях платанов, акаций, каштанов. Улицам присвоены имена С.Виноградского, Э.Ру, существует и квартал Пастера.

Сегодня интерес к Виноградскому и его учению сохраняются в нашей стране и за рубежом. Об этом свидетельствуют новые книги и статьи о Виноградском (например, [6, 7]), научные конференции, чтения имени С.Н.Виноградского, начатые в 1970 г. в Институте микробиологии АН СССР и возобновленные после большого перерыва в 2011 г. в том же институте, но теперь носящим его имя. Необходимо отметить, что огромную роль в увековечении и пропаганде имени Сергея Николаевича сыграл его идейный последователь, Георгий Александрович Заварзин.

В России существует премия им. Виноградского как научная академическая награда, которая с 1970 г. регулярно присуждается за выдающиеся работы в области общей микробиологии*. Общество микробиологов Украины названо именем Виноградского. Особого упоминания заслуживает открытие в Городке 25 мая 2012 г. первого в мире памятника Виноградскому (скульптор Н.Н.Обезюк), сооруженного по инициативе жителей города. ■

* Лауреаты премии им. С.Н. Виноградского: С.И.Кузнецов (1970), Г.А.Заварзин (1973), Е.Н.Мишустин (1977), Е.Н.Кондратьева (1980), Л.В.Калакуцкий (1983), М.В.Иванов (1985), Д.Г.Звягинцев (1989), Г.И.Каравайко (1992), Ю.И.Сорокин (1997), М.В.Горленко (2000), В.Ф.Гальченко (2003), Б.А.Быззов (2006), Ю.А.Троценко (2009), Е.А.Бонч-Осмоловская (2012).

Литература

1. Заварзин Г.А. Три жизни великого микробиолога. Документальная повесть о Сергее Николаевиче Виноградском. М., 2009.
2. Виноградский С.Н. Микробиология почвы. Проблемы и методы. Пятьдесят лет исследований. М.; Л., 1952.
3. Winogradsky S. Analyse microbiologique su sol. 1er Congrès International de Microbiologie, Paris 21–25 juillet 1930.
4. Winogradsky S. La microbiologie écologique: ses principes, son procédé. Rapport présenté au I Congrès des Microbiologistes de la Langue Française, Paris, 27-29 Octobre 1938 // Ann. Inst. Pasteur. 1938. V.61. P.731.
5. Waksman S.A. Sergei Nikolaevitch Vinogradsky. A story of great bacteriologist. New Brunswick, 1953. (Ваксман З.А. Сергей Николаевич Виноградский. История жизни великого бактериолога). Русский перевод книги опубликован в сборнике «Рассказы о великом бактериологе С.Н.Виноградском». СПб, 2004.
6. Dworkin M. Sergei Winogradsky: a founder of modern microbiology and the first microbial ecologist // FEMS Microbiol. Rev. 2012. V.36. P. 364–379.
7. Ackert L. Sergei Vinogradskii and the Cycle of Life: From the Thermodynamics of Life to Ecological Microbiology, 1850–1950 // Archimedes. V.34. Dordrecht, 2013.

Книга, написанная с любовью

К.Г.Михайлов,

кандидат биологических наук

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

По сравнению с литературой 1920—1940-х и даже 1950-х годов хорошие книги по энтомологии встречаются сейчас крайне редко. Такая же ситуация и с вузовскими учебниками по этой специальности. До сих пор остается непревзойденным руководством Б.Н.Шванвича, выпущенное еще в 1949 г.! Когда в начале 1980-х я учился на кафедре энтомологии биологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, мы по-прежнему пользовались «Шванвичем», а вот брать в руки учебник для сельскохозяйственных вузов Г.Я.Бей-Биенко (издания 1971 и 1980 гг.) нам преподаватели как раз не рекомендовали. С тех пор вышли лишь переводное американское руководство по насекомым (1985), а также очередной учебник для сельскохозяйственных вузов Ю.А.Захваткина (последнее издание — 2012 г.), где, при всем уважении к автору, для преподавателя МГУ интересен только раздел по эмбриологии. Есть еще главы по насекомым в нескольких переводных книгах по зоологии беспозвоночных, но это все не то, не то, не то... Нехватка учебников очевидна.

Разговоры про цветной атлас насекомых велись на нашей кафедре как минимум лет двадцать. Когда-то я тоже надеялся поучаствовать в издании такой книги, но потом осознал, что моих организаторских и финансовых способностей для этого недостаточно. А великолепные фотографии насекомых накапливались — в первую очередь благодаря неутомимой ра-

боте страстного любителя фотоохоты, сотрудника кафедры Владимира Михайловича Карцева. Устраивались выставки, шли годы. И вот совсем недавно, буквально несколько лет назад, издательство «Фитон» приступило к изданию серии цветных фотоатласов животных и растений. От лица немного различающихся юридических лиц под общим именем «Фитон» выпущены тома по растениям, земноводным и пресмыкающимся, некоторым необычным моллюскам, птицам, летучим мышам и т.д. При самом активном участии Владимира Михайловича в 2011 г. вышел замечательный атлас пауков*. Наконец пришло время и для насекомых, тоже впервые в России. Однако насекомые — это вам не пауки, их разнообразие как минимум на порядок или даже на два выше. Вдвоем-втроем такую книгу написать просто невозможно. Поэтому по инициативе Карцева был собран коллектив из 14 авторов, преимущественно сотрудников и выпускников кафедры энтомологии биофака МГУ.

И получилась чудесная книга, о которой хочется писать только в превосходной степени. Прекрасные фотографии, в основном сделанные в природе, тщательно вычитанные и выверенные тексты. В результате непростых переговоров с издательством Владимиру Михайловичу удалось добиться удаления слова «определитель» из загла-



В.М.Карцев, Г.В.Фарафонова, А.К.Ахатов и др.
НАСЕКОМЫЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.

М.: Фитон XXI, 2013. 568 с.

* Сейфулина Р.Р., Карцев В.М. Пауки средней полосы России: Атлас-определитель с обзором биологии пауков. М., 2011. См. также: Михайлов К.Г. Атлас пауков — первый российский! // Природа. 2011. №10. С.81—85.

вия книги, которое, на мой взгляд, немного подпортило впечатление от атласа пауков, выпущенного ранее. В подзаголовке осталось только: «Атлас с обзором биологии».

Книга посвящена памяти Георгия (Германа) Николаевича Горностаева, крупного энтомолога, специалиста широкого профиля, я бы сказал даже «генералиста» в самом лучшем смысле этого слова, сотрудника кафедры энтомологии, автора целого ряда определителей насекомых и учебно-методических пособий, выпущенных в разных издательствах в 1970—1990-х годах. Прекрасные книги Горностаева наряду с книгами классиков популярной энтомологии Н.Н.Плавильщикова и П.И.Мариковского дали «путевку в жизнь» даже не одному, а нескольким поколениям юных энтомологов, в числе которых и автор рецензии. Ну а начало детским энтомологическим увлечениям, конечно же, положили бессмертные «Необыкновенные приключения Карика и Вали» Яна Ларри.

Рецензируемый атлас — издание дорогое, обычному научному работнику и вузовскому преподавателю оно не по карману. Но так как тираж относительно невелик, думаю, он найдет своего покупателя (тысячный тираж атласа пауков за два года почти полностью распродан).

Как и атлас пауков, книга начинается вступительной статьей декана биологического факультета МГУ академика М.П.Кирпичникова. В предисловии от авторов четко указана основная цель — «дать развернутую характеристику насекомых, показать красоту и загадочность “параллельного мира” и заинтересовать этим читателя» (с.11). Ему рекомендуется не использовать книгу как определитель или какое-то специальное пособие, а просто «читать ее и рассматривать картинки», ведь издание было задумано как богато иллюстрированные очерки о жизни насекомых, адресованные ши-

рокому кругу читателей. И эта задача выполнена! При чтении возникает стойкое ощущение нежной любви авторов к мухам и жукам, кузнечикам и бабочкам, тараканам и блохам — словом, ко всем насекомым без исключения. Вот что пишет один из авторов о клопах: «После восхода солнца, когда травы, в которых ночуют [клопы-]пикромерусы, обильно усеяны росой, клопы скапливаются на верхушечных листьях, обсыхающих раньше других. Затем до полудня клопы находятся в среднем и верхнем ярусе травянистой и кустарниковой растительности, где они охотятся; здесь же происходит и встреча полов. Ближе к вечеру, когда верхний слой подстилки хорошо просыхает, клопы спускаются на нее и откладывают яйца на растительные остатки» (с.204). А вот о пчелином волке — филантусе: «В воздухе волк (точнее, волчица) схватывает пчелу мощными передними ногами и наносит ей удар ядовитым жалом “под подбородок” в соответствии с мудростью древнего инстинкта. Из парализованной пчелы оса, опустившись на землю возле норки, сперва выдавливает сладкое содержимое медового зобика (специального наполненного нектаром резервуара) и съедает его, а затем относит пчелу в гнездо. Для взрослой осы нектар — лакомство, а для личинки он ядовит» (с.372).

Небольшие разделы книги посвящены классификации и названиям, а также общей характеристике насекомых. Кратко описаны их внешнее строение, жизненный цикл, поведение и экологическое значение. Далее следуют очерки о разных отрядах насекомых, начиная с чешуйниц и заканчивая двукрылыми, т.е. комарами и мухами. Достаточно хорошо представлены фотографии не только взрослых насекомых (имаго), но и их личинок, а иногда даже яиц и куколок. К сожалению, количество хороших специалистов-энтомологов неуклонно сокращается,

и поэтому не удалось найти авторов, которые бы написали не только о нескольких незначительных в фауне Европейской России отрядах (палочниках, пухоедах и т.п.), но и о многочисленных в природе ногохвостках. Соотношение числа видовых очерков по каждому из отрядов насекомых примерно коррелирует с объемом этого отряда: про жуков (свыше 350 тыс. видов в фауне мира) написано 75 страниц текста и приведено 153 фотографии, про бабочек (более 170 тыс. видов в мировой фауне) — 64 страницы и 95 фотографий (правда, большинство из них более крупные, чем фото жуков). А вот фотогеничным стрекозам (в мире около 5000 видов) «досталось» лишь 35 страниц и 48 фотографий. Меньшую симпатию вызывают такие докучливые спутники человека, как тараканы, вши и блохи, им отведено всего по несколько страниц текста. А фотографии больших «поселений» вшей (с.142, 143) слабонервным людям я смотреть не рекомендую. К сожалению, данные о числе видов приведены не для всех отрядов.

Заканчивается книга словарем терминов, списком литературы (в основном представлены не учебники, а определители насекомых, которых тоже катастрофически не хватает) и указателями русских и латинских названий насекомых.

Содержание очерков невозможно пересказать даже конспективно. И я настоятельно рекомендую всем, кому хоть сколько-нибудь интересны насекомые, обязательно взять эту книгу в руки, почитать тексты и посмотреть на замечательные иллюстрации! Для меня, например, было интересно узнать, что теперь одного из богомоллов называют «эмпуса», а не «эмпуза», как я привык. Забыл я и о том, что при охоте на жертву и борьбе с ней складчатокрылые осы семейства Vespidae никогда не пользуются своим жалом. В поведении хищных мух-толкунчиков обнаружилась параллель с пауками-пизау-

рами*: самцы и тех и других преподносят самке «свадебный подарок» — как правило, пойманное насекомое. А вот фотография «Стрекоза и паук» (с.56) — по мнению авторов, она свидетельствует о беспечности стрекозы, присевшей на цветок рядом с опасным хищником. На самом деле изображенный на фотографии взрослый паук-охотник из рода *Dolomedes* охотится в первую очередь на поверхности воды, так что для стрекозы он опасности не представляет.

Большинство фотографий просто великолепно. Конечно, при съемке очень мелких насекомых трудно достигнуть нужной глубины резкости по всему кадру, и поэтому некоторые фрагменты фотографий получаются «не в фокусе»; но при этом сами «герои» показаны достаточно хорошо. Особенно интересны фотографии наименьших объектов — белокрылок, их яиц и личинок (с.161), тлей (чуть дальше) и трипсов (с.220—222). Плохо смотрится только единственное фото на с.268; скорее всего, это техническая ошибка, допущенная при верстке альбома.

Книга тщательно вычитана, в самом тексте и в подписях к рисункам опечаток очень мало; зато несколько совершенно недопустимых описок и опечаток «вылезло» в аннотации, размещенной на обороте титульного листа. Этот недочет сильно затрудняет составление правильного библиографического описания книги. Лично меня

* См., напр.: Михайлов К.Г. Удивительная пизаура // Природа. 2011. №9. С.77—79.

огорчил отказ от использования в книге буквы «ё». Вроде бы в последние годы авторы и редакторы учебных пособий склоняются к введению этой буквы, так как при компьютерном наборе текста и верстке уже не получить той экономии металла, что давало сокращение числа литер на одну, как было ранее. В рецензируемой книге буква «ё» употребляется только в слове «лёт», поскольку иначе смысл этого термина полностью искажается. Словосочетание «на Европейской России» я бы по всей книге заменил на «в Европейской России».

Наверное, можно было бы больше внимания уделить очень популярному в зарубежной энтомологии направлению, связанному с изучением воздействия микроорганизмов типа *Wolbachia*** на самых разных насекомых. В последние годы опубликованы буквально сотни работ такого рода, уже почти молекулярного уровня. Но наши энтомологи почему-то их мало цитируют.

Хотя в начале книги авторы справедливо указывают, что только родовые и видовые латинские названия животных пишут *курсивом*, по всему тексту книги курсивом даны также латинские названия семейств, что

** *Wolbachia* — род граммотрицательных плеоморфных бактерий (риккетсий) из класса альфа-протеобактерий, облигатных внутриклеточных симбионтов членистоногих и нематод филярий. Встречается в основном в половой системе животных-хозяев. Впервые обнаружены в 1924 г. у обыкновенного комара М.Хертигом и С.Б.Вольбахом.

в научной литературе не принято. Не до конца следуют авторы книги и Международному кодексу зоологической номенклатуры, хотя, как известно, «кодекс надо читать». Авторы видов, названия которых перенесены в другой род, не взяты в скобки, как того требует кодекс. Неудачно размещена фотография в оглавлении книги: там, где речь идет о бабочках, поместили почему-то клопа...

Конечно, при таком объеме книги, написанной к тому же в кратчайшие сроки, буквально в течение года, совсем избавиться от ошибок невозможно в принципе. Я знаю, что мои дошлые коллеги-энтомологи уже нашли какие-то мелкие неточности в тексте. Но достоинства атласа значительно, многократно превышают его недостатки!

И еще очень важная особенность этой книги — в ее написании приняли участие разные поколения московских энтомологов, от 25-летних аспирантов до 70-летних заслуженных специалистов. Это подтверждает преемственность, отсутствие разрыва поколений хотя бы в этой области научного знания, что немаловажно для современного возрождения науки в России.

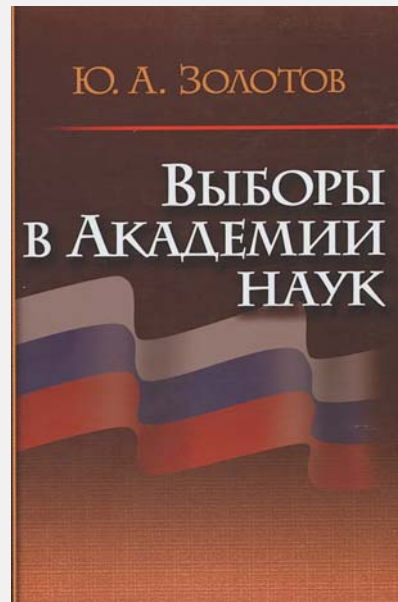
Так уж сложилось, что я изучаю пауков, а не насекомых, и не считаю себя профессионалом-энтомологом. Тем не менее, как выпускник кафедры энтомологии я не мог пройти мимо этой замечательной книги. И еще раз настоятельно рекомендую — читайте ее и смотрите фотографии. Не пожалеете! ■

История и организация науки

Ю.А.Золотов. ВЫБОРЫ В АКАДЕМИИ НАУК. М.: Физматлит, 2011. 208 с.

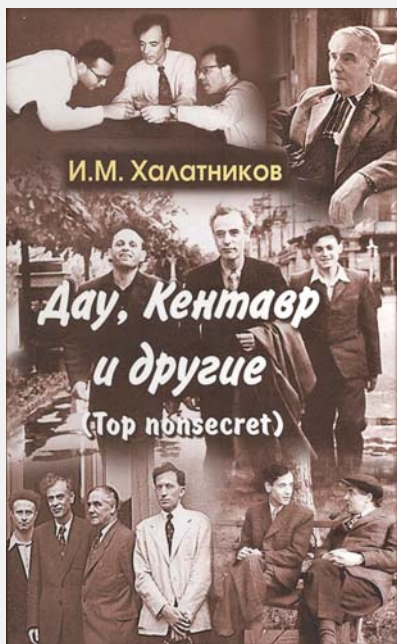
История формирования Академии наук очень интересна, а история выборов полна драматических эпизодов. Выборы членов академии были введены лишь в 1803 г., своих же президентов академия избирает только с 1917 г. Эта книга — не историко-научное исследование, а скорее собрание фактов, оценок, впечатлений и даже легенд, по сути дела фольклора. Это не только и не столько зарисовки и мнения автора, являющегося членом академии уже более 40 лет, — это собранная им антология описаний, сделанных многими известными учеными, и любопытных документов, которые лишь недавно стали доступны.

Материал книги распределен по четырем главам, которым даны точные названия: «Звания и должности в Академии», «Выборы членов Академии», «Кто был и кто есть в Академии. И кто в нее не попал», «Выборы должностных лиц». Тема выборов в Академии наук интересна не только научным работникам и историкам науки, она всегда находила широкий отклик в нашем обществе. Некоторые страницы истории выборов членов академии напоминают просто детективные романы. Ясно и то, что тема выборов весьма значительна; ведь отбор выдающихся деятелей науки — важная общественная и государственная задача. Хорошо бы решать ее без ошибок.



Физика. История науки

И.М.Халатников. ДАУ, КЕНТАВР И ДРУГИЕ (TOP NONSECRET). М.: Физматлит, 2012. 192 с.



Известный физик-теоретик академик И.М.Халатников увлекательно рассказывает о своей жизни и о коллегах в так называемый «золотой век» физики, когда шло соревнование между физиками и лириками за влияние на умы. Среди кумиров общества чаще других звучали имена Л.Д.Ландау и П.Л.Капицы. Уже при жизни о них складывались легенды. Автор работал вместе с Ландау в Институте физических проблем, руководимом Капицей. Совместно с Ландау им был выполнен целый ряд эпохальных работ, они тесно сотрудничали в рамках Атомного проекта. После смерти Ландау Халатников основал Институт теоретической физики им.Л.Д.Ландау, который сыграл решающую роль в сохранении школы Ландау и развитии теоретической физики. Много внимания в книге уделено иногда забавным, иногда печальным подробностям налаживания контактов советских физиков с коллегами за рубежом. Завершают книгу мысли автора о судьбах науки и научных институтов в нашей стране в последние годы существования СССР и в наши дни. А вместо эпилога приведен текст «Потерянный рай» — выступление академика А.Б.Мигдала на юбилее одного из пионеров теории хаоса М.Фейгенбаума. Живой рассказ о том, как создавался институт, как он работал, поможет понять, как в условиях неполной свободы мог успешно функционировать коллектив, где царила атмосфера духовной и научной свободы. Читатель захочет узнать, в чем секрет кажущегося противоречия. Автор дает ясный ответ: никакого секрета нет. Об этом и книга.

Физика

КОМПЛЕКСНАЯ И ПЫЛЕВАЯ ПЛАЗМА: ИЗ ЛАБОРАТОРИИ В КОСМОС / Под ред. В.Фортова, Г.Морфилла. Пер. с англ. под ред. А.Г.Храпака. М.: Физматлит, 2012. 444 с.

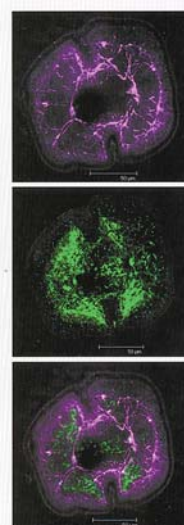


Книга — перевод коллективной монографии, изданной CRC Press в 2010 г. Представленные в монографии работы созданы 13 ведущими специалистами из России, Германии, США и Австралии, сотрудничающими в рамках Российско-Германской исследовательской группы и Партнерской группы по физике комплексной плазмы. В монографии рассмотрены различные типы экспериментальной пылевой плазмы, детально описаны уникальные экспериментальные и теоретические результаты, полученные как в наземных экспериментах, так и в условиях микрогравитации. Обсуждаются свойства газоразрядной, криогенной, замагниченной, ядерно-возбужденной пылевой плазмы, а также плазмы, возбуждаемой ультрафиолетовым излучением. Дан обзор волновых свойств комплексной плазмы в разных фазовых состояниях. Представлены последние результаты исследования фазовых переходов между различными кристаллическими и жидкостными состояниями пылевой плазмы. Особое внимание уделено астрофизическим аспектам физики пылевой плазмы, численному моделированию ее свойств, междисциплинарным вопросам и возможным применениям результатов, полученных исследователями. Книга представляет интерес для специалистов, занимающихся изучением физики низкотемпературной плазмы и газового разряда, исследованиями процессов кристаллизации и плавления, созданием материалов и покрытий с заданными свойствами и разработкой методов диагностики дисперсных сред.

Биология

М.Н.Бисерова. МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ УЛЬТРАСТРУКТУР. ПОДГОТОВКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ И ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ КОНФОКАЛЬНЫХ ЛАЗЕРНЫХ МИКРОСКОПОВ: ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ДЛЯ БИОЛОГОВ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2013. 104 с.

Эта книга — простое, понятное и полезное руководство по применению методов ультраструктурных и иммуноцитохимических исследований в биологии. Представлены краткие сведения об устройстве современных электронных и конфокальных микроскопов, принципы формирования изображения в разных оптических системах. Описаны свойства фиксаторов и значения осмолярности растворов. Даны подробные протоколы подготовки объектов для исследований, методы специфического окрашивания ультраструктур, собраны полезные советы и рецепты подготовки биологических образцов для изучения с помощью электронных и лазерных микроскопов. Подробно прописаны способы приготовления реактивов и растворов для культивирования живых объектов. Большинство процедур проиллюстрировано фотографиями устройств и материалов для их выполнения. Описаны «подводные камни», типичные промахи и ошибки, которых следует избегать микроскопистам. В книге детально объясняется, как получать точные, достоверные и хорошо документированные фактические данные при исследовании биологических объектов современными методами микроскопии.



Н.М. Бисерова

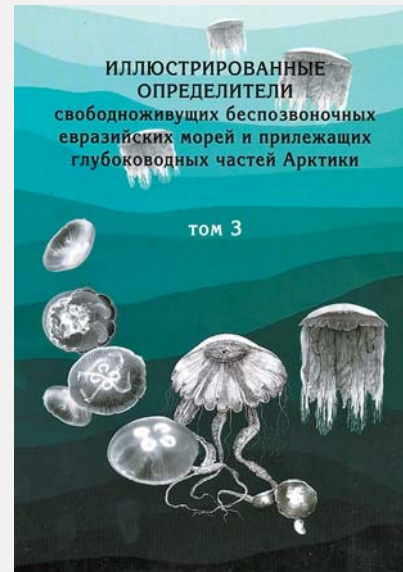
МЕТОДЫ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ
БИОЛОГИЧЕСКИХ
УЛЬТРАСТРУКТУР

ПРАКТИЧЕСКОЕ
РУКОВОДСТВО
ДЛЯ БИОЛОГОВ

Зоология

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЕ ОПРЕДЕЛИТЕЛИ СВОБОДНОЖИВУЩИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЕВРАЗИЙСКИХ МОРЕЙ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ГЛУБОКОВОДНЫХ ЧАСТЕЙ АРКТИКИ. Т.3: СТРЕКАЮЩИЕ И ГРЕБНЕВИКИ / Ред. Б.И.Сиренко. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 237 с.

В третий том определителя вошли сцифоидные медузы, ставромедузы, сифонофоры, гидроидные полипы и медузы, актинии, антипатарии, мягкие кораллы, цериантарии, морские перья, мадрепоровые кораллы, зоантиды и гребневики. Данные по видовому составу и распространению уточнены по результатам обработки новых материалов из морей Баренцева, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. В отличие от первого и второго томов иллюстрированных определителей, в настоящем томе большинство групп животных (за исключением актиний, мягких и мадрепоровых кораллов) содержат виды всего Северного Ледовитого океана, а не только евразийских морей Арктики. Для высших таксонов даны ключи для определения семейств, родов и видов. В определителе представлены характеристики 348 видов и подвидов, для каждого даны краткие сведения о синонимии, распространении и экологии. В конце издания приведены карты с основными типами ареалов видов, населяющих воды арктических бассейнов. Разделы книги написаны квалифицированными и опытными систематиками из Зоологического института РАН, Института океанологии РАН и Санкт-Петербургского государственного университета.



Ботаника

Е.Т.Валягина-Малютина. ДЕРЕВЬЯ И КУСТАРНИКИ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ: ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ / Под ред. Т.Е.Тепляковой. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 459 с.



В определитель включены описания 126 видов древесно-кустарниковых растений, произрастающих на территории средней полосы европейской части России (22 области и четыре республики). Этим определителем можно пользоваться и в смежных областях (Витебской, Ленинградской, Новгородской, Псковской и др.), где флора более или менее схожа с флорой представленного в книге региона. Не забыты и 174 вида древесных растений — пришельцев из других стран, которые широко культивируются в садах, парках, скверах, на приусадебных участках и в защитных лесных полосах и настолько прижились и распространились, что часто забывают об их происхождении. Описанные в определителе виды относятся к 101 роду и 41 семейству.

Для каждого вида приводятся морфологическое описание, жизненная форма и время цветения, указаны местообитание, географическое распространение, хозяйственное и природоохранное значение. Для интродуцентов охарактеризовано их происхождение. Особое внимание обращается на виды, которые интенсивно истребляются в результате хозяйственной деятельности человека и постепенно исчезают из естественных растительных сообществ. Для надежности и точности определения каждого вида приведены морфологические черно-белые рисунки автора. Определитель компактен и позволяет взять его с собой за город, в лес, в парк, на дачу для определения растений прямо в природе.

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 обольщению.

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



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

В первых двух конкурсах (в 2011 и 2012 гг.) участвовали все желающие (независимо от возраста, специальности и гражданства), способные корректно и доступно рассказать неподготовленному читателю о молекулярной науке. В этом году на конкурс также попадут работы, отобранные во время приема участников летней школы «Биотехнология будущего 2013», с которой сотрудничает «Биомолекула».

Номинации конкурса:

- статья по теме своей научной работы (не менее 10 тыс. знаков), премия — 20 тыс. руб.;
- обзорная статья (10 тыс. знаков), раскрывающая небольшую научную область, премия — 20 тыс. руб.;
- короткое научное сообщение (5 тыс. знаков) о результатах исследования, опубликованных с начала 2013 г., премия — 10 тыс. руб.

По результатам интернет-голосования один из участников конкурса также получит приз зрительских симпатий — планшетный компьютер «Samsung Nexus 10» от российской компании «Helicon».

Денежные призы предоставлены американской компанией «Life Technologies».

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

Работы принимаются с 1 июля до 31 октября 2013 г. Результаты будут объявлены в ноябре 2013 г.

Подробности: <http://biomolecula.ru/content/1205>

Княгиня Голицына

..Но я вчера Голицыну увидел
И примирен с отечеством моим.

А.С.Пушкин.

О.А.Валькова,

кандидат исторических наук

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

Княгиня Евдокия Ивановна Голицына (1780—1850) писала 14 августа 1835 г. непременно секретарю Императорской Санкт-Петербургской академии наук, академику и математику Павлу Николаевичу Фуссу (1798—1855): «Сударь! Прошу вас быть столь обязательным и передать господам академикам экземпляр “Анализа силы”, содержащий 1-е приложение принципа абсолютной классификации применительно к вычислениям»*. Далее княгиня рассказывала о некоторых своих идеях в приложении к новому методу математических вычислений, упомянув, что господин Брашман уже использовал ее принцип, и завершала письмо следующим: «Приложение принципа классификации к наукам дает более абсолютное развитие этого метода вычислений, оно выдвигает новые проблемы. Но невозможно при каждом случае использования метода возвращаться к базовым вопросам. Я рассматриваю их как заявленные. Если первая идея хорошо оценена, это с необходимостью облегчит последующую экспозицию. Я надеюсь, что все господа академики захотят, чтобы эти методы вычислений были доказаны и использованы и чтобы был признан этот новый путь [исследований]» [1].

Здесь речь идет об отдельной части книги Голицыной «De l'analyse de la force» («Анализ силы»), опубликованной в 1835 г. в Санкт-Петербурге. Это было первое в России математическое сочинение, автором которого стала женщина. Прочитанное письмо почти наверно можно считать и первым в нашей стране обращением женщины в Академию наук с просьбой дать экспертное заключение и оценку ее научным выводам. Княгиня Голицына, хорошо известная в отечественной истории литературы и культуры и почти полностью забытая в истории науки, по праву может носить титул первой российской женщины-математика.

Ее отец — Иван Михайлович Измайлов (1724—1787), сенатор, действительный тайный советник, мать — Александра Борисовна Измайлова, урожденная княжна Юсупова (1744—1791). Рано осиро-



Княгиня Е.И.Голицына в образе Флоры. Художник Э.Виже-Лебрён. 1799.

тев, Евдокия воспитывалась в доме своего дяди, московского генерал-губернатора Михаила Михайловича Измайлова (1719—1800), где, по утверждениям биографов, получила разностороннее образование. Ее брак с князем Сергеем Михайловичем Голицыным (1774—1859), сказочно богатым, однако, по отзывам современников, мало привлекательным, был устроен лично императором Павлом I. Замужество продлилось недолго и завершилось сразу же после кончины государя: княгиня заявила супругу, что впредь собирается жить отдельно от него. Уже поселившись в Петербурге, на улице Миллионной, она стала хозяйкой одного из самых знаменитых и престижных светских салонов своего времени. Современники запомнили ее как женщину удивительной красоты, обладательницу прекрасного вкуса, позволявшую себе некоторую

* Здесь и далее перевод с французского кандидата исторических наук Г.И.Любиной, постоянного автора журнала «Природа».

эксцентричность поведения, никогда, впрочем, не переступавшую границ приличий. Предпочитавшую вести ночной образ жизни княгиню с восхищением называли «Princesse Nocturne» (принцесса ночи или ночная княгиня) или «Princesse Minuit» (княгиня полуночи).

Юный А.С.Пушкин бывал на ее вечерах, не раз упоминал ее имя в письмах и посвятил ей несколько строк, среди которых знаменитое стихотворение 1817 г. «Краев чужих неопытный любитель...». И, судя по всему, наш великий поэт не был одинок в своем восхищении Голицыной. Например, в 1818 г. К.Н.Батюшков писал одному из братьев Тургеневых: «Вы счастливее других, не потому ли, может быть, что трудно кому-нибудь превзойти вас в доброте, точно так как княгиню Голицыну, Авдотью Ивановну, в красоте и приятности. Вы оба никогда не состаритесь: вы душою, она лицом. Это не я говорю: Жуковский...» [2]. Салон Евдокии Голицыной был преимущественно политический и литературный, но не только. Помимо людей светских, литераторов и политиков в нем бывали: математик, академик Михаил Васильевич Остроградский (1801—1861), профессор, также математик, Николай Дмитриевич Брашман (1796—1866), известный инженер в чине генерала Морис Дестрем (1787—1855), генерал-лейтенант Пьер-Доминик Базен (1783—1838). Как отмечал оставшийся анонимным биограф Голицыной: «Не только пламенная душа великого поэта находила для себя живительную среду в обществе княгини Евдокии Ивановны, но и строгие ученые того времени», — добавляя, что академик Остроградский — «кажется, был любимым ее собеседником» [3, с.157].

Как бы это ни казалось странным окружающим, но светская красавица была искренне увлечена науками и, прежде всего, философией и математикой. П.А.Вяземский заметил не без язвительности по этому поводу: «...позднее и в последние годы жизни своей княгиня пустилась в высшую математику, соединенную с еще высшею метафизикою. Эти занятия признавала она каким-то наитием свыше. Она никогда к ним не готовилась и разрешала многотрудные задачи, так сказать, бессознательно и неведомо от себя» [4, с.4]. Хотя справедливости ради следует отметить, что тот же Вяземский несколько ранее писал о ней нечто прямо противоположенное: «Счастливыцы! Вы сидите у княгини Голицыной, слушаете ее мысли и чувства, и слышите ее голос. <...> Сделай одолжение, скажи ей мое почтение и еще что-нибудь такое, которое живет почтения и рассудительнее любви. Я в ее беседе провел часы из приятнейших и счастливейших в жизни моей» [5, с.510].

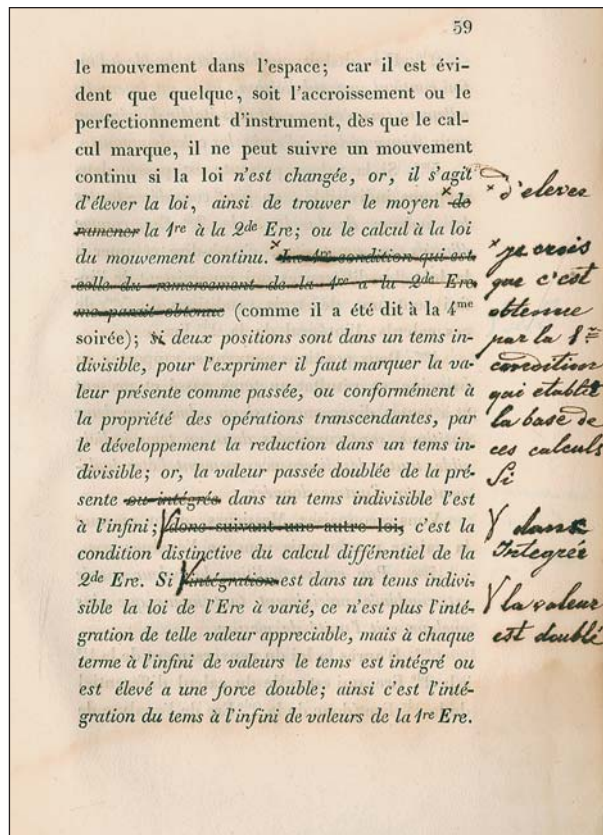
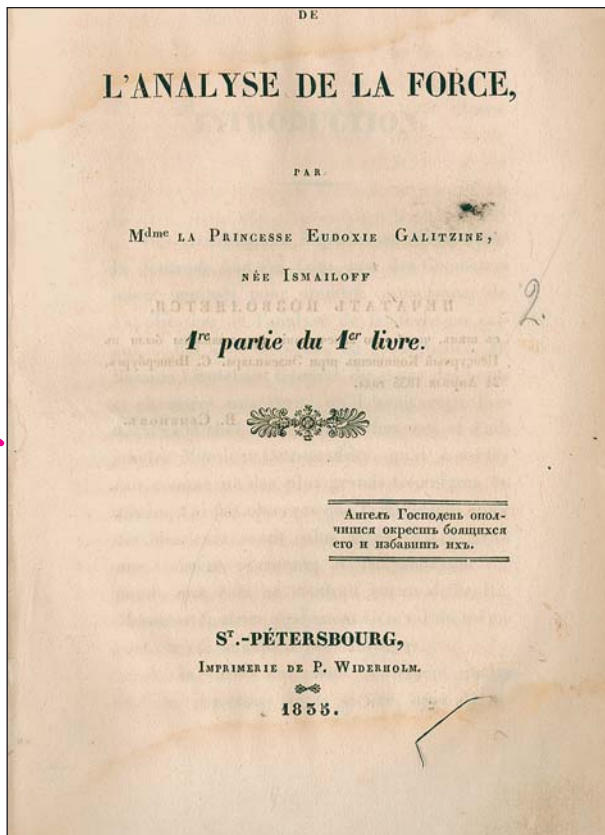
Изданная в 1835 г. в Петербурге книга «Анализ силы» по форме представляла собой изложение бесед, которые автор на протяжении некоторого времени вела с генералом Базеном, академиком Остроградским и профессором Брашманом [6]. Предметом исследования являлись «Закон или Сила как начало созданного закона»; язык книги не

был математическим, о чем сама автор писала: «Мой язык не математический, но он выражает идею математическую, и, как я уверена, столь определенно, что могу отдать отчет в каждой моей фразе. Может быть то, что мне кажется очень ясным, не будет ясно для тех, которые не знают предшествующего. Но после полного развития сочинения, все увидят, как строги условия моих выводов» [7, с.72]. Вторая часть работы была опубликована спустя два года в 1837 г. [8].

Труд Голицыной не прошел незамеченным. Рецензия на него, содержащая пространные выписки из самого сочинения, появилась на страницах «Библиотеки для чтения». В целом, она носила вполне благожелательный характер. После достаточно подробного изложения содержания работы (лишенного признаков иронии или язвительности, которые можно встретить у Вяземского), рецензент писал: «Весьма приятно и лестно для всех соотечественников сочинительница видеть Русскую даму, которая говорит столь высоким философским языком. Только самая черная зависть может клеветать на нас, будто бы не любим философии: когда философия так умна, и вместе с тем так любезна, мы — первые ее поклонники, и как скоро выйдет окончание “Анализа силы”, непременно передадим нашим читателям вполне и *con amore* [с любовью. — О.В.] сущность этого замечательно-го подвига мышления» [7, с.74].

В течение нескольких лет книга стала предметом обсуждения в литературных салонах во всяком случае в присутствии самой княгини. Подробное описание одной из таких бесед, имевшей место в 1843 г. Москве, было опубликовано тогда же в журнале «Москвитянин» известным литератором Федором Николаевичем Глинкой (1786—1880)*. Прежде чем приступить непосредственно к описанию ученой беседы, автор счел нужным сказать несколько слов о самой Евдокии Голицыной: «Занимаясь с давнего времени и с редким постоянством, трудом обширным и важным, — писал он, — любознательная соотечественница наша охотно беседует везде, где может, с людьми, имеющими значение в ученом мире. В Санкт-Петербурге любимым собеседником ее бывал г-н Остроградский, человек гениальный, высокостоящий между всеми учеными знаменитостями Европы. И здесь, в Москве, не раз приглашала она к себе людей, занимающихся науками (преимущественно Математикою в высшем ее значении), мышлением, словесностью. В один вечер застал я у нее некоторых московских ученых и литераторов и был свидетелем разговора, во многих отношениях замечательного. В этот раз княгиня обнаружила такой, собственно ей принадлежащий, взгляд на вещи, который не может не показаться чрезвычайно *новым*

* И.Г.Зенкевич ошибочно приписывает приведенные здесь слова Ф.Глинки академику М.В.Остроградскому, не ссылаясь при этом на источник своей информации [9, с.24].



Титульный лист книги Е.И.Голицыной «De l'analyse de la force» и страница из книги с правкой читателя. Экземпляр Российской государственной библиотеки.

и вместе с тем *справедливым* по глубокомысленным выводам, которыми она старалась и умела оправдывать свои умозрительные *положения*» [9, с.538]. Начав изложение беседы с краткого содержания самой книги, Глинка далее писал: «Княгиня А.И.Голицына в сочинении своем занимается раскрытием и определением сил и начал. Расчерпывая природу на самой глубине ее, сочинительница желает высмотреть тайну сил, действующих в составе мирового здания» [10, с.538]. Все изложение научного разговора сиятельных собеседников выдержано не просто в серьезном или одобрительном тоне, а, скорее, даже в подобострастном. Однако можно предположить, что истоки этой подобострастности кроются в высоком общественном положении и значительном состоянии княгини, а не в научной значимости ее работы.

Но, похоже, Голицыну не очень интересовало мнение светского общества. Ей хотелось получить оценку профессионалов. И, надо отметить, Академия наук откликнулась на ее просьбу. Протоколы собраний академической конференции 1835 г. свидетельствуют о том, что письмо княгини от 14 августа 1835 г. было получено и обсуждалось на заседаниях. В §372 «Протоколов конференции Академии наук» написано следующее: «...автор в своем первом письме сообщает о трех новых ме-

тодах вычислений, на открытие которых она претендует, и что профессор Брашман подтвердил письмом, что он с легкостью решил проблему теплоты в сфероиде при соблюдении жестких условий этих вычислений. Г-жа княгиня просит Академию воспользоваться пребыванием г-на Брашмана в столице, чтобы подтвердить приложения, которые он, как ему кажется, с успехом сделал из ее открытия. Не считая себя вправе требовать от иностранного ученого мнения об этих работах прежде, чем он сам сочтет уместным его обнародовать, узнав, с другой стороны, из работы мадам Голицыной (которая, в сущности, состоит из протоколов ее 6-ти бесед с тремя представителями Академии, назначенными, чтобы изучить ее открытие), что г-н Остроградский вошел в их число, Академия постановляет: просить этого академика в соответствии с выдержкой протокола сообщить о природе новых вычислений г-жи кн. Голицыной и об их приложении, которое сделал г-н Брашман, если этот последний согласится принять в этом участие. Секретарь уполномочен информировать г-жу княгиню о положении дел» [11. Л.90].

Видимо, ответ академика Фусса не удовлетворил Голицыну, потому что уже 3 сентября 1835 г. она вновь писала в Академию, предположительно Остроградскому: «Я получила письмо от г-на Фусса

в ответ на мое письмо. В нем он сообщил, что в Академии получен экземпляр “Анализа силы” и что господа академики поручили вам изучить “приложения” и высказать им ваше мнение. Но ваше мнение уже высказано. Вы заметили, что эти вычисления заслуживают глубокого анализа, а затем вы добавили, что вы их поняли и считаете их новыми». И продолжала, пытаясь точнее объяснить свои пожелания: «Должна заметить господам академикам, что я просила помощи геометров только для того, чтобы облегчить истолкование этих вычислений. Назначили людей, которых я знаю. Я далека от того, чтобы претендовать на открытие. Я имела целью анализ и считаю его точным, поскольку не позволяю увлечь себя гипотезами. Тот, кто не занимался этим, может не знать, но невозможно, чтобы Академия не осознавала серьезности вопросов, толкуемых в этих беседах. Отослав этот экземпляр в Академию, я не просила об изучении всего тома, а только приложений. Если же хотят заняться другими вопросами, содержащимися в этой 1-ой части, было бы желательно, чтобы это не было поверхностно, чтобы их обсудили в строгой записке и позаботились бы о том, чтобы отказ был мотивирован и чтобы было объяснено, почему их не приняли к [рассмотрению]» [12].

Как следует из протоколов академической конференции (§ 415 за 1835 г.), Остроградский ознакомил коллег с этим письмом Голицыной, заметив далее: «Поскольку г-жа княгиня заявила в своем письме, что просит у Академии только анализа приложений, он счел себя свободным от доклада, который от него потребовала Академия, полагая провести рабочую конференцию по вопросу г-на Брашмана» [11. Л.99 об., 100]. Княгиня, однако, была настойчива. Она еще дважды писала академику Фуссу, пытаясь добиться желаемого ответа. Наконец, на очередном собрании академической конференции было решено следующее: «Секретарь прочел письмо, в котором г-жа княгиня Голицына просит подвергнуть суждению Академии определение, данное ею дифференциальному анализу на с.10—13 ее небольшого сочинения “Анализ силы”, — отмечено в §434 “Протоколов конференции Академии наук 1835 г.”, — Она желает знать, предпочтет ли или нет Академия это определение тому, что принято. После того как секретарь прочитал цитированные страницы, Академия приняла решение ответить г-же княгине, что не находит никакой необходимости изменить определение дифференциального исчисления в том общем виде, в каком оно получено. Кроме того, было отмечено, что на цитированных страницах она [Академия] не нашла ничего такого, что могло бы сойти за определение, в том смысле как это принято в математике и логике» [11. Л.101]. Можно предположить, что это был не совсем тот ответ, на который рассчитывала княгиня.

Анонимный биограф Евдокии Голицыной упоминает также о том, что математик, академик

В.Я.Буняковский (1804—1889) написал официальный отзыв на ее книгу, предварительно не только прочитав ее, но и обсудив с автором, возможно, даже на заседании академической конференции. Приведенная в опубликованной биографии цитата из рецензии Буняковского, полную версию которой, к сожалению, не удалось обнаружить, лишена и восторженности, и подобострастности обеих упомянутых нами журнальных рецензий. «Голицына барыня умная, — писал Буняковский, — но в сочинениях своих, к сожалению, не обнаруживает ничего математического. Мне предписано было рассмотреть ее сочинение и сделать сообщение. Я поставил Евдокии Ивановне два вопроса, на которые она не сумела дать ответа. Это занесено было в протокол, и математика не обогатилась новыми идеями. Сказать правду, я удручил ей такими вопросами, на которые, уверен был, что она не ответит, потому что барыняхватила через край» [4, с.158]. Однако достоверность этих сведений не подтверждается документами. В архивных материалах Академии наук не удалось обнаружить никакого упоминания о том, что Буняковскому также поручалось оценить работу княгини. Возможно, анонимный биограф по какой-то причине перепутал имена Буняковского и Остроградского.

Тем не менее княгиня получила ответ на свой вопрос, быть может, и не такой, которого она ждала. Однако подобная суровая оценка ученых мужей не смутила Евдокию Ивановну, и в 1844/1845 гг. в Париже она выпустила в свет второе издание своей работы [13]. В 1846 г. книга была опубликована в Лондоне по-английски под названием «The analysis of force» [14]. В том же году увидела свет еще одна ее работа: «A poetical fragment on partial gravitation», название которой можно перевести как: «Поэтический фрагмент о частичной гравитации». К сожалению, составить даже примерное представление о содержании последней работы мне не удалось, настолько редка сегодня эта книга.

В последние годы жизни Голицына подолгу жила во Франции, продолжая и здесь свои философско-математические занятия. Сохранились сведения о том, что Евдокия Ивановна общалась с членами Академии в Париже. Вяземский писал об этом с приличной долей презрения: «Разумеется, русская княгиня, к тому же богатая, легко отыскала в ученой парижской братии усердных приверженцев и деятельных сотрудников, — и добавлял, имея в виду математику, — Она в это время издавала на французском языке несколько брошюр по этим темным и головоломным предметам». Надо заметить, что Вяземский был не одинок в своем отношении к научным занятиям Голицыной. Советский историк математики Игорь Георгиевич Зенкевич в книге, посвященной женщинам-математикам пишет о ней: «Дочь сенатора, княгиня, получившая прекрасное образование, она принадлежала к тому обществу, которое придерживалось взгляда о том, что “ученость не следует впус-

кать в гостиную». В этом обществе Голицыну третируют, считали «пропащей женщиной» только потому, что она «сочиняла книги» [9, с.24].

Подобная оценка не совсем справедлива, хотя и нелицеприятных слов в свой адрес, возможно, княгиня слышала немало. Евдокия Ивановна Голицына умерла 18 января 1850 г. и была похоронена в Александро-Невской лавре. Научную оценку трудов княгини современники дали, но потомки не потрудились оценить их заново. Тем не менее, даже

если почтенные академики были правы, и в книге Голицыной не содержалось ничего нового с точки зрения математической, то она все равно стала первой в России дамой (другие имена сегодня неизвестны), посмевавшей попросить или, скорее, потребовать от Академии экспертной оценки своей работы. Книга «Анализ силы» стала первым в отечественной истории научным сочинением (написанным женщиной), которое обсуждалось на заседании академической конференции. ■

Литература

1. *Голицына Е.И.* Письмо неперемому секретарю Петербургской Академии наук П.Н.Фуссу. 14 августа 1830 г. // ПФА РАН. Ф.1. Оп.3. Д.81. Л.238, 238 об., 239.
2. *Батюшков К.Н.* Письмо к Тургеневу 1818 г. // Константин Николаевич Батюшков. Его письма и очерки его жизни // Русский архив. 1867. Т.1. С.1510.
3. *С.Д.* Княгиня Е.И.Голицына // Русский архив. 1891. №1. С.152—160.
4. *Вяземский П.А.* Princess Nocturne (княгиня ночная). Из старой записной книжки. М., 1875.
5. Из писем князя П.А.Вяземского к А.Я.Булгакову. Варшава. 28 июня (1818) // Русский Архив. 1879. Т.1.
6. *Galitzine E.* De l'analyse de la force. 1-ère partied u 1-er livre. St.-Petersburg, 1835.
7. L'analyse de la force, par M-me la princesse Eudoxie Galitzine // Библиотека для чтения. Журнал словесности, наук, художеств, промышленности, новостей и мод. 1837. Т.25. [№11—12]. С.72—74.
8. *Galitzine E.* De l'analyse de la force. 2-de partie. St.-Petersburg, 1837.
9. *Зенкевич И.Г.* Судьба таланта (Очерки о женщинах-математиках). Брянск, 1968.
10. *Глинка Ф.* Книга кн[ягини] Авдотьи Ивановны Голицыной и вечерняя беседа ее в Москве // Москвитянин. 1843. Ч.VI. №12.
11. Протоколы Конференции Академии наук 1835 г. // ПФА РАН. Ф.1. Оп.1а. Д.52.
12. *Голицына Е.И.* Письмо [М.В.Остроградскому]. 3 сентября 1835 г. // ПФА РАН. Ф.1. Оп.3. Д.81. Л.245, 246, 246 об.
13. *Galitzine E.* De l'analyse de la force. 2 edition. Paris, 1844; 1845.
14. *Golitsyna E.* The analysis of force. L., 1846.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь

Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы

О.О.АСТАХОВА

М.Б.БУРЗИН

Т.С.КЛЮВИТКИНА

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

О.И.ШУТОВА

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 10.07.2013
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать
Заказ 1493
Набрано и сверстано в редакции

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