

ПРИРОДА

5 05



В НОМЕРЕ:**3****Биография современника****Киселев Г.В.****Судьба рядового Алехина****10****Наследие****Сорокина М.Ю.****О записке Е.Л.Кринова****Кринов Е.Л.****Октябрь 1941-го в Москве (11)****Капица Е.Л.****А.А. и П.Л.Капицы в письмах военных лет (16)****23 ЦУНАМИ ГЛАЗАМИ СПЕЦИАЛИСТОВ****Никонов А.А.****Волна, которая обошла весь мир (23)****Завьялов А.Д.****Землетрясение у берегов Суматры (29)****Пийп Б.И.****Засекреченное цунами (37)****44****Калейдоскоп**

Экология ядерной энергетики (44). Фобос и Деймос проходят перед Солнцем (44). Вся астрофизика — в Интернете (44). Награда за метеорологические исследования (44). Рыбка-малютка (45). Космический прогноз стихийных бедствий (45). Игры римских легионеров (45).

46**Зеленый Л.М., Григоренко Е.Е.****Миссия «Cluster», восставшая из огня подобно Фениксу**

Первая попытка запустить многоспутниковую систему «Cluster» в 1996 г. закончилась неудачей. Но этому проекту придавалось столь важное значение, что все четыре спутника были созданы заново и запущены носителем «Союз—Фрегат».

54**Величко А.А., Тимирёва С.Н.****Западная Сибирь — великая позднеледниковая пустыня**

На покрытом болотами и озерами гигантском пространстве нередко встречаются песчаные отложения — свидетели недавнего, по геологическим меркам, времени, когда в Западной Сибири господствовала пустыня.

Научные сообщения**63****Худяков Ю.С.****Могила изгоя в урочище Улуг-Чолтух****67****Волынский А.Л.****Удивительные свойства упаковочной пленки**

Если растянуть упаковочную армированную пленку, возникает своеобразный регулярный рельеф: металлическое покрытие распадается на ряды «островов»-фрагментов. В природе немало сходных периодических структур. Не лежит ли в основе их образования общий механизм?

73**Недорезов В.Г.****Синхротронное излучение: из рук физиков — в руки врачей**

Рентгенологи стремятся, с одной стороны, получить как можно больше информации о тканях, а с другой — как можно меньше облучить пациента. Решить обе задачи позволяет использование синхротронного излучения.

82**Новости науки**

У колыбели солнечных систем (82). Границу Солнечной системы перенесли (83). Марсианское море «заговорило» (83). Дислокации формируют наноструктуру (84). Экзотические гады Флориды. Семенов Д.В. (84). Стволовые клетки человека в мозге крыс. Липина Т.В. (85). Что рассказывают алмазы (85). Куда делись горные вершины? (86). Тень цунами бежит впереди (86). Пещеры говорят о климате далекого прошлого (86). Теплеет, но как быстро? (87). Математическая статистика или пар? (87).

Коротко (72)**Рецензии****88****Максименко В.М.****Документальный памятник эпохи****91****Новые книги****Встречи с забытым****93****Борисов В.П., Волков А.В.****«Голубая лента Атлантики»**

CONTENTS:

- 3 Biography of Our Contemporary**
Kiselev G.V.
Destiny of Private Alekhin

- 10 Heritage**
Sorokina M.Yu.
On Report of E.L.Krinov
Krinov E.L.
October 1941 in Moscow (11)
Kapitza E.L.
A.A. and P.L.Kapitza in Wartime Letters (16)

- 23 TSUNAMI THROUGH THE EYES OF SPECIALISTS**
Nikonov A.A.
A Wave That Have Traveled All Around the World (23)
Zavyalov A.D.
Earthquake in Shores of Sumatra (29)
Piyp B.I.
A Secret Tsunami (36)

- 44 Kaleidoscope**
 Ecology of Nuclear Energetics (44). Phobos and Deimos Are Passing Before the Sun (44). All Astrophysics in Internet (44). Prize for Meteorological Investigations (44). A Tiny Fish (45). Satellite Prediction of Natural Disasters (45). Roman Legioner's Games (45).

- 46 Zelenyi L.M., Grigorenko E.E.**
«Cluster» Mission That Have Arisen from Fire Like Phoenix
First «Ariane-5» attempt to launch four Cluster spacecrafts ended in a disaster. But the scientific importance of the mission is so high that all four spacecrafts have been remanufactured and launched by Russian «Soyuz—Fregat» system.

- 54 Velichko A.A., Timireva S.N.**
Western Siberia – A Great Late Ice Age Desert
In this great plain covered by marshes and lakes the sand sediments are often encountered. They are witnesses of geologically recent time when Western Siberia was a realm of desert.

- Scientific Communications**
63 Khudyakov Yu.S.
A Tomb of Outcast at Ulug-Choltukh Tract

- 67 Volhynskij A.L.**
Surprising Properties of Packing Film
When metal-plated film is stretched a peculiar regular texture emerge: the metal plating is desintegrating into series of island-like fragments. There are many similar periodic structures occuring in nature. Is there some common underlying mechanism in creating them?

- 73 Nedorezov V.G.**
Synchrotron Radiation: From Physicists to Physicians
Radiologists aim, on the one hand, at obtaining as much information on tissues as possible, and, on the other hand, to inflict minimal radiation damage to the patient. Using synchrotron radiation allows to achieve both these goals.

- 82 Science News**
 At a Cradle of Planetary Systems (82). Boundary of Solar System Has Been Shifted Further Away (83). Martian Sea Began to Speak (84). Dislocations Form Nanostructure (84). Exotic Reptiles and Amphibias of Florida. **Semenov D.V.** (84). Human Stem Cells in Rat Brain. **Lipina T.V.** (85). What Do Diamonds Tell (85). Where Did Mountain Peaks Disappear? (86). Tsunami Shadow Runs Ahead of It (86). Caves Tell About Climate of Distant Past (86). It Becomes Warmer, but How Fast? (87). Mathematical Statistics or Wager? (87).
 In Brief (72)

- Book Reviews**
88 Maksimenko V.M.
Historical Document of the Epoch

- 91 New Books**

- Encounters with Forgotten**
93 Borisov V.P., Volkov A.V.
«Blue Ribbon of Atlantics»

Судьба рядового Алехина

*Сзади Нарвские были ворота,
Впереди была только смерть...
Так советская шла пехота
Прямо в желтые жерла «Берта».*

*Вот о вас и напишут книжки:
«Жизнь свою за други своя»,
Незатейливые парнишки, —
Ваньки, Вальки, Алешки, Гришки, —
Внуки, братики, сыновья!*

А.Ахматова. Победителям
29 февраля 1944 г.

Г.В.Киселев,

кандидат технических наук

Государственный научный центр РФ «Институт теоретической
и экспериментальной физики»

Мы впервые встретились с Леонидом Андреевичем Алехиным в 1958 г. в Министерстве среднего машиностроения (МСМ). У Алехина был десятилетний стаж работы, из них 8 лет — на комбинате №817 в Челябинске-40. В 1956 г. он был назначен заместителем начальника технического отдела Главного управления химического оборудования (ГУХО) МСМ. Главное, чему научил меня Алехин, — это тщательная проработка технических вопросов, которые ставили перед нами комбинаты, научно-исследовательские и проектные организации. Еще одному правилу научил меня Андреевич: уважать людей, какое бы должностное положение они ни занимали. И еще — не гнуть перед начальством. Все эти качества помогали ему на фронте. Ими Алехин руководствовался и в мирное время.

Спустя годы он был назначен начальником технического отдела ГУХО, а автор — его заместителем. Мы проработали вместе, в одном кабинете, друг против друга, около 20 лет. Он был откровенен со мной. Полное доверие и дружба связывают нас по сию пору.

21 июня 1941 г. рядовому 659-го стрелкового полка Леониду Алехину исполнилось 19 лет. Его полк был дислоцирован в 15 км от Бреста. Прошло почти полгода с того момента, когда он, будучи студентом второго курса физического факультета Воронежского университета, был призван в армию. За прошедшее после призыва время его

научили воинскому распорядку, дисциплине и обращению с оружием. Леонид еще не знал, что в его военной и мирной жизни ему фантастически повезет. Он останется жив в этой кровавой человеческой мясорубке. Окончит физический факультет Воронежского университета, станет работать в числе первых в атомной промышленности.



Сталинград. 1943 г. За участие в боях солдату гвардейского полка Алехину присвоено звание старшего сержанта (стоит во втором ряду, в центре).

© Г.В.Киселев, 2005



Начало войны. В бой пошла пехота.

Леонид хорошо помнит свой первый бой, когда его полк встретился с моторизованной колонной противника. В этом бою он неожиданно увидел немцев, идущих в атаку на мотоциклах. Нашим бойцам удалось отбить несколько мотоциклов, которые они потом использовали. Его полк сначала участвовал в защите Бреста, но затем стал отступать. Зачастую, как вспоминает Алехин, немецкие части катили по шоссе в сторону Минска на автомашинах, бронетранспортерах, танках, мотоциклах, не обращая внимания на бредущих в лесных зарослях, тяну-

щихся вдоль шоссе советских бойцов. Так, отступая и отступая с боями, полк Алехина со временем вышел к его родной деревне в Курской области. Встретился Леонид с родным дедом, который его укорял: «В войну 1812 года не допустили французов сюда, а ты пустил каких-то немцев».

После поражения на рубеже Щигры—Фатеж в районе Курска остатки полка отправили на перестроение в Воронеж. Леонид говорит сейчас, что самым ярким впечатлением от Воронежа было посещение бани — теперь этого не понять.

За первые месяцы отступления Алехин повидал гибель товарищей и врагов, поражение наших войск, несправедливость и неоправданную жестокость военачальников, приказывающих расстреливать бойцов, показавших трусость и дрогнувших в бою.

Забегая вперед, скажем, что Алехину повезло и в другом — его ранило всего лишь раз. Небольшой осколок мины попал ему в щеку, недалеко от зрительного нерва — врачи не рискнули его извлекать. Так и живет Алехин с осколком в щеке. За время войны он стал другим человеком: научился военному мастерству, осторожности, умению общаться с начальниками и отстаивать свое мнение. Стал ли он циничным, как можно было ожидать от молодого неокрепшего характера? Скорей всего, да, если судить по его высказываниям, что без этого качества в войне не проживешь. До призыва в армию он не брал в рот спиртного, а на войне никогда не отказывался от 100 г «наркомовских» для расслабления, а если была возможность добавить, он ею пользовался. Но что хорошо Алехин понял, без чего не выживешь в этой войне — это товарищеская поддержка и взаимовыручка. Именно это качество и это понимание объединяло тогда людей сильнее всего. В качестве небольшого отступления отметим, что ежегодные встречи ветеранов войны накануне Дня Победы, по нашему мнению, объясняются именно этой крепкой воинской дружбой.

Леонид приглашал иногда автора на встречи ветеранов его полка, которых со временем становилось все меньше и меньше. Без слез нельзя было видеть, как встречались однополчане, обнимая друг друга после годичной разлуки. За праздничным столом приходилось слышать многочисленные истории и случаи. Именно там автор узнал, как гвардейские минометы «Катюша» встретили

в Сталинграде колонну немецких танков (но об этом ниже), о беседе с писателем Эренбургом во время переформирования и т.д. Он рассказывал бойцам, над чем работает, о московской жизни, положении на фронтах. Правда, как Алехин вспоминает, жена Эренбурга попросила у политрука, который ездил договариваться о выступлении, мешок сахарного песка (такая была жизнь в те времена), однако его не оказалось, и была оговорена какая-то другая плата.

Из Воронежа часть Алехина, которая после переформирования стала артиллерийским полком, отправили под Москву, сначала они находились на станции Снегири (именно здесь состоялась встреча с Эренбургом), затем в Балашихе, где были укомплектованы гвардейскими минометами «Катюша». Алехин вспоминает: «Приехали мы в Балашиху, прицепили к нашему эшелону какие-то орудия, сказали секретные, и поехали мы в Арск, под Казанью, для тренировок. После обучения обращению с «Катюшами» нас отправили на защиту города Керчь. Но в Керчи нас достаточно быстро сбросили в море, и после переправы через пролив мы отбивались от немцев, которые высадились на косе Чушка. Затем постепенно, с боями наша часть оказалась в Сталинграде. Участие в защите Сталинграда отпечаталось в памяти на всю жизнь. Здесь он стал сержантом, а затем старшим сержантом, командиром орудия «Катюша». Из рассказов Алехина о сталинградских боях можно составить повесть. Перескажем лишь два эпизода.

Первый эпизод. В один из дней в начале зимы 1942 г. немецкие войска, которые уже были окружены, предприняли крупномасштабное наступление в районе элеватора, где в это время находился полк Алехина. На позицию гвардейских минометов «Катюша» надвигалась большая колонна немецких тан-



Под Курском. Август 1943 г.



Освобожденный Киев. На Крещатике. Ноябрь 1943 г.

ков. Минометы были закопаны в землю и не могли менять позицию, но угол их стрельбы мог регулироваться. Был отдан приказ, и «Катюши» стали стрелять прямой наводкой по немецким танкам. Эффект оказался поразительный — танки вспыхивали как свечи. Очень быстро передовая колонна танков была остановлена, а другие повернули вспять — настолько огневое нападение «Катюш» было неожиданным для немцев. Алехин говорит, что за время боев возникали различные ситуации, но подобной по той напряжен-

ности, когда они отбивали атаки немецких танков прямой наводкой «Катюш», он не помнит.

Второй случай, произошедший с Алехиным во время боев за Сталинград, имел продолжение в мирной жизни. Однажды рота, в которой он служил, получила распоряжение оказать помощь в эвакуации раненых. Задание заключалось в том, чтобы доставить раненых, которые, как говорит Алехин, «штабелями лежали на берегу Волги», на борт речных барж, приспособленных под временные госпитали. Алехин сейчас



До войны. Леонид Андреевич — студент 2-го курса физико-математического факультета Воронежского университета. Скоро его призвуют в ряды Красной Армии.

затрудняется сказать, сколько человек он перенес с берега на баржи. В общем случай обычный, заурядный по тем временам. Но Леонид не мог предположить, что впоследствии встретится с одним из спасенных бойцов.

В 1984 г. Алехин перешел работать в московский Институт теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ). В это время директором ИТЭФ был Иван Васильевич Чувилко, который также участвовал в сражениях за Сталинград, был ранен,



После окончания Великой Отечественной войны. Алехин (в среднем ряду второй слева) с однокурсниками 4-го курса Воронежского университета. 29 февраля 1948 г.

лишившись запястья правой руки. Его отец также воевал в Сталинграде, однако отец и сын не знали, что находились где-то недалеко друг от друга, так как писать о дислокации воинской части и месте боев было нельзя, военная цензура работала эффективно. Когда после демобилизации отец и сын встретились, то им было что рассказать, в частности, отец рассказал о своем ранении и что он остался жив благодаря тому, что какой-то сержант перенес его с берега Волги на госпитальную баржу, где врачам пришлось ампутировать ему ноги. Впоследствии Иван Васильевич Чувилко стал известным ядерным физиком, доктором физико-математических наук, профессором, лауреатом Государственной премии и после кончины академика А.И.Алиханова был назначен директором ИТЭФ. В 1985 или 1986 г., как вспоминает Алехин, директор пригласил к себе домой, накануне Дня Победы, нескольких ветеранов-фронтовиков, работающих в ИТЭФ, в том числе Алехина. Когда хозяин дома стал знакомить Леонида Андреевича со своим отцом, который передвигался по квартире в инвалидной коляске, тот заметил, что ему знакомо лицо Алехина, именно он переносил его на госпитальную баржу. Как вспоминает Алехин, трудно себе представить более трогательную встречу трех фронтовиков — защитников Сталинграда. К сожалению, обоих Чувилко уже нет в живых.

После Сталинградского сражения Леонид Андреевич участвовал во многих боевых действиях, окончив войну на Рейне. Он вспоминает, что в последние дни войны был прикомандирован от полка к штабу маршала Рокоссовского для координации огня «Катюш» и стал свидетелем операции по взятию сильно укрепленной позиции немцев. Рокоссовский вызывал по очереди танкистов, показывал им медаль Героя Советского Союза за выполнение задания по

взятию этого пункта. Однако танковые атаки результата не дали, поскольку орудия противника были пристреляны, и танки гибли один за другим. Рокоссовский, обращаясь к Алехину, говорил: «Ну, что же вы, гвардейцы, не можете поразить своими «Катюшами» эту позицию, все время у вас недолет». Только ночью саперам удалось взорвать этот укрепленный пункт.

После окончания войны, демобилизовавшись, Леонид Андреевич восстановился на втором курсе физфака Воронежского университета, который окончил в 1949 г. На 4-м курсе он женился на красивой девушке, которую звали Анна, и уже через год стал счастливым отцом. По окончании университета Алехина распределили в Институт химической физики (ИХФ), где директором был лауреат Нобелевской премии академик Н.Н.Семенов. В институте очень часто проходили научные семинары по атомной проблематике, в которых принимали участие И.В.Курчатов, А.П.Александров и другие ведущие участники советского Атомного проекта, в том числе и В.С.Фурсов, один из ближайших помощников Курчатова по реакторам. Фурсов читал лекции на физфаке Воронежского университета и знал Алехина. Увидев однажды Леонида Андреевича в коридоре ИХФ, он спросил его, что он здесь делает и не хотел бы поехать на Урал, где развертываются большие дела. Алехин, не раздумывая, согласился. Фурсов представил его Курчатову и попросил распорядиться об откомандировании Алехина в Челябинск-40. Курчатов это сделал незамедлительно, и вскоре семья Алехина уже ехала на новое место.

К середине 1948 г. в Челябинске-40, недалеко от Кыштыма, были закончены строительно-монтажные работы на первом промышленном уран-графитовом реакторе «А» (предназначенном для производства оружейного плутония), который



Леонид Андреевич (крайний справа) в центральном зале тяжеловодного реактора комбината №817 (Челябинск-40). 1960-е годы.

начал работать 18 июня 1948 г. В этот период комбинат испытывал большую нужду в физиках, химиках, металлургах и других специалистах — планировались пуски радиохимического и металлургического заводов, а также строительство новых промышленных реакторов для получения оружейного плутония. Кадры собирали со всей страны. Поэтому когда Алехин в середине 1949 г. появился на комбинате, его сразу же назначили в службу управления реактором «А». После некоторого периода стажировки он стал инженером управления реактором, который сменный персонал ласково называл «Аннушка». Пуск и эксплуатация реактора «А», осуществлявшиеся под непосредственным руководством Курчатова, позволили получить к середине 1949 г. достаточное количество плутония для изготовления ядерного заряда и произвести 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне испытания первой советской атомной бомбы.

К этому времени Алехин превратился в квалифицированного реакторщика, чему в немалой степени способствовали его ра-

бочие контакты с Игорем Васильевичем Курчатовым. Леонид Андреевич вспоминает, что Курчатов часто руководил работами по ликвидации аварийных ситуаций, которые иногда возникали на реакторе «А», и не выходил из здания реактора, пока опасность не была ликвидирована. Во время этих аварийных работ Игорь Васильевич подолгу находился в центральном зале (ЦЗ) реактора, направляя и тщательно контролируя действия сменного персонала, не считаясь с уровнями радиации. Алехин говорил, что был один аварийный случай, когда Курчатов находился в ЦЗ реактора «А» в обычной одежде и бурках. После замечания дозиметриста, что в ЦЗ «грязно» и что необходимо переодеться в спецодежду, Игорь Васильевич согласился лишь сверху накинуть белый халат. Когда он выходил с территории объекта, дозиметрические приборы, которыми были оснащены проходные, показали очень высокую загрязненность. В результате, часовой, который имел соответствующую инструкцию, не пропустил Игоря Васильевича и попросил его вернуться и отмыться в санпропускнике. Курчатову

История современника



Фото 80-х годов.

ничего не оставалось, как подчиниться, но выходил он уже одетый как положено, в чистой спецодежде. Алехин также вспоминает, что когда реактор «А» работал стабильно, Игорь Васильевич любил сидеть в комнате управления, которая называлась «комната №15», и следить за параметрами. Однажды он дал задание Леониду Андреевичу и старшему инженеру управления Маврушиной подсчитать, сколько трития можно накопить на реакторе типа реактора «А». На следующий день результаты расчетов были доложены. Авторы расчетов, несмотря на существующий строгий режим секретности, спросили Игоря Васильевича — зачем нужны эти рас-

четы, ведь главная задача — это накопление плутония. На что он ответил, что в свое время они узнают.

Вскоре Алехина перевели на должность заместителя начальника смены, а затем начальника смены нового промышленного уран-графитового реактора АВ-1, который находился примерно в 3 км от реактора «А». Через некоторое время его, как уже опытного специалиста, поставили начальником смены реактора АВ-3, основным назначением которого было производство трития для водородного оружия. Здесь Алехин понял, зачем Курчатов давал задание подсчитать производительность реактора по тритию. Он вспоминает, что при первом пуске реактора АВ-3 не хватало опытных и ответственных людей для загрузки рабочих блоков в технологические каналы. Находившийся в это время в ЦЗ А.П.Александров, тогда помощник Курчатова по реакторной тематике, предложил использовать его в качестве рабочей силы и стал под контролем Леонида Андреевича загружать рабочие блоки в реактор.

В 1953 г. Алехин был удостоен звания лауреата Сталинской премии 2-й степени за участие в работах по производству трития для первой советской водородной бомбы и получил 10 тыс. рублей — по тем временам это была большая сумма. Среди лауреатов Сталинской премии за создание реакторов для производства трития были также Александров (премия 1-й степени), который помогал Алехину загружать реактор АВ-3 и много сделал для создания тритиевых реакторов, Фурсов (премия 2-й степени), который рекомендовал Курчатову Алехина для работы на комбинате. Большое значение имела встреча Леонида Андреевича с заместителем министра среднего машиностроения Е.П.Славским. Однажды им вдвоем пришлось разбираться с неисправностью одного из узлов реактора АВ-3, для чего при-



Прогулка с семьей на ВДНХ. На руках — внук Андрей.



Встреча ветеранов в Москве, в парке речного вокзала. 80-е годы.

шлось проникнуть в затесненное технологическое пространство реактора. Эта совместная работа запомнилась Славскому, и он через некоторое время попросил откомандировать Алехина в Главное управление химического оборудования (ГУХО) МСМ на должность заместителя начальника технического отдела. И когда Курчатова и Александров встретили Алехина в здании Министерства, то очень удивились и стали его расспрашивать, что да как. Леонид Андреевич заметил, что теперь он их начальник. Оба академика весело засмеялись, сказав: «Ну, это свой человек». Впоследствии Алевин неоднократно пересекался по работе с этими выдающимися участниками Атомного проекта, и всегда они находили полное взаимопонимание.

В подчинении технического отдела ГУХО были все промыш-

ленные реакторы для производства плутония, трития и разнообразных изотопов для народного хозяйства, науки, медицины и сельского хозяйства. Главная задача Алехина заключалась в том, чтобы обеспечить надежную и безопасную эксплуатацию промышленных реакторов, увеличение их продукции (план утверждался ЦК КПСС), разработку проектов и пуск новых промышленных реакторов. Он участвовал в пуске всех реакторов Сибирского химического (кроме реактора И-1) и Красноярского горнохимического комбинатов, за что был удостоен звания лауреата Ленинской премии.

Большая ответственность легла на плечи Алехина при создании, пуске и обеспечении надежной эксплуатации изотопного водоводяного реактора бассейнового типа («Руслан») и тяжеловодного реактора Л-2

(«Людмила»). Они продолжают эксплуатироваться по настоящее время на НПО «Маяк» (бывший Челябинск-40). Леонид Андреевич был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР за участие в работах по реактору «Руслан».

Алехина хорошо знали и уважали на предприятиях, в НИИ и конструкторских бюро. Будучи руководителем среднего звена, он воспринял все принципы и традиции, которые были заложены в атомной промышленности. И в мирное время он оставался солдатом, создавая вместе со своими товарищами и коллегами ядерные материалы для атомного щита нашего Отечества.

К великому прискорбию, 13 апреля 2005 г., когда статья уже находилась в печати, Леонид Андреевич скончался. Вечная ему память. ■

О записке Е.Л.Кринова

М.Ю.Сорокина,
кандидат исторических наук
Архив РАН
Москва

Как научное сообщество «перерабатывает» и усваивает ценнейший из исторических опытов — негативный, не только интересная проблема для историка, но и важнейший вопрос здоровья и жизнеспособности самого сообщества. Однако тема негативного опыта Второй мировой войны (потери, эвакуация, оккупация, коллаборационизм) до сих пор остается одной из самых болезненных для российского общества и всеми силами отторгается как на уровне властных структур, так и сознанием конкретного человека. Очередной военный юбилей — 60-летие окончания Второй мировой войны — хороший повод попробовать пристальнее всмотреться в собственную историю.

Публикуемое ниже свидетельство известного исследователя метеоритов Евгения Леонидовича Кринова (1906—1984) было написано «по заказу» Владимира Ивановича Вернадского (1863—1945), находившегося в эвакуации на курорте Боровое (Казахстан). «Воспользовавшись приездом сюда в связи с поисками метеоритов Е.Л.Кринова 19.X.1942, — отметил в «Хронологии» академик, — я просил его написать мне о панике в Москве в 1941 при наступлении немцев*. Написанные по свежим следам, ровно в первую годовщину памятных событий, воспоминания Кринова — почти военный рапорт, точный и сдержанный в описании фактической канвы, но именно лаконичностью ярко передающий величайшее напряжение момента и людских судеб.

Несколько слов о личностном и институциональном контекстах записок. В предвоенные годы Вер-

надский возглавлял академический Комитет по метеоритам (КМЕТ), который был вторым после Биогеохимической лаборатории учреждением, где сосредотачивалась его работа. Кринов, с первых дней своей научной карьеры работавший в метеоритном отделе Минералогического музея АН СССР, а затем в созданном на базе отдела в 1939 г. КМЕТ**, был учеником академика, который выделял его среди сотрудников. Человек больших исканий — так отзывался Вернадский о 33-летнем ученом в дневниках 1939 г., опубликованных И.И.Мочаловым (Дружба народов. 1992. №11—12. С.38), — и по-отечески продолжал заботиться о нем с началом войны. «Поддержите Кринова» — этот рефрен постоянно сопровождал письма Вернадского другому ученику — академику Александру Евгеньевичу Ферсману (1883—1945)***, который сразу после начала Великой Отечественной войны возглавил Комиссию по геолого-географическому обслужива-

** Ученым секретарем КМЕТ был знаменитый исследователь Тунгусского метеорита Леонид Алексеевич Кулик (1883—1943), в июле 1941 г. ушедший в народное ополчение и погибший в плену.

*** Письма В.И.Вернадского А.Е.Ферсману / Сост. Н.В.Филиппова. М., 1985. С.148 и др. Е.Л.Кринов в высшей степени оправдал возложенные на него Вернадским надежды: с 1947 г. он ученый секретарь, с 1972 г. председатель Комитета по метеоритам АН СССР, одновременно заведующий лабораторией метеоритики Института геохимии и аналитической химии АН СССР. Доктор геолого-минералогических наук; руководил многими экспедициями по изучению падений метеоритов, в том числе Сихотэ-Алинского железного метеоритного дождя. В 1966 г. открытый в метеоритах минерал получил название криновита. Воспоминания Е.Л.Кринова о его встречах с В.И.Вернадским см.: Земля и Вселенная. 1974. №4.

нию Красной армии при Отделении геолого-географических наук АН СССР (далее — ОГН)****. Масштабы деятельности и влияние комиссии и ее руководителя были существенно значительнее, чем следовало из названия. Хотя летом 1941 г. многие академические учреждения были эвакуированы, Ферсман оставался в Москве и активно взаимодействовал с Государственным комитетом обороны, непосредственно формируя неотложные оборонные задания геологам. Как вспоминал академик А.Л.Яншин, оказалось так, что многочисленные геологические отряды, разбросанные по стране, получали распоряжения не от Президиума АН СССР, находившегося в Казани, а прямо от Ферсмана*****.

Комиссия Ферсмана, как и большинство учреждений ОГН, в том числе Институт геологических наук (далее — ИГН), располагалась по хорошо известному и поныне академическому адресу: Старомонетный переулок, 29. В осенние дни 1941-го многие научные сотрудники академических учреждений перешли на казарменное положение и жили прямо здесь. Учитывая оборонное значение их работы, в здании работала хорошая столовая, почти бесперебойно подавалась техническая электроэнергия и т.п. События, описанные Криновым, происходили именно в этом интерьере.

**** Неофициально ее называли комиссией оборонных работ. ОГН насчитывала более 150 сотрудников.

***** «Правда, с санкции и с согласия тогдашнего президента В.Л.Комарова», — пишет далее А.Л.Яншин, но это весьма сомнительно. См.: Яншин А.Л. На Южном Урале // Геологи Академии наук СССР в годы Великой Отечественной войны на трудовом фронте. М., 1991 (Очерки по истории геологических знаний. Вып.27). С.106—107.

* Архив РАН. Ф.518. Оп.2. Д.50. Л.118.

Октябрь 1941-го в Москве

Е.Л.Кринов

В первых числах октября 1941 г. положение на западном фронте осложнилось ввиду предпринятого нового наступления немецкой армии на Москву. Ухудшающаяся с каждым днем обстановка на фронте постепенно стала доходить до Москвы, отражаясь на настроении населения. В десятых числах октября по Москве стали уже ходить слухи о приближении немцев к Москве. 13 октября я ездил для выполнения работ по оборонной комиссии¹ за пределы Москвы, на расстояние 25 км (по направлению Горьковской железной дороги), причем наблюдал увеличение количества войск под Москвой. При поездке на заставах документы проверяли не милиция, а военные власти. В окрестностях Москвы начали появляться оборонительные сооружения: противотанковые рвы, заграждения и т.п. 14 октября я уже не смог выехать туда же из-за того, что автобусы по пригородным направлениям ходить перестали. 15 октября сотрудникам оборонной комиссии было сообщено, что на 16 X находив-

шийся в то время в Москве председатель оборонной комиссии академик А.Е.Ферсман назначил совещание с представителями некоторых военных учреждений, а на 17 X было назначено заседание комиссии оборонных работ, на котором, между прочим, был намечен доклад о красках из конита Флоренского². Однако, по приходе утром на работу мы узнали от ученого секретаря Отделения геолого-географических наук И.И.Катушенка³ о том, что А.Е.Ферсман вчера вечером, т.е. 15 X, выехал из Москвы и что сейчас вся работа прекращена и нужно брать в руки лопаты и идти за город рыть окопы. В связи с такими сведениями зам. председателя комиссии оборонных работ А.В.Гавеман⁴, ученый секретарь комиссии Чернявский⁵, научный сотрудник С.В.Грум-Гржимайло⁶ и я, собравшись вместе, решили обсудить создавшееся положение и принять соответствующее решение. При этом каждый из участников уже слышал от многих лиц о том, что немцы вплотную подходят к Москве, что население уже пешком начинает покидать Москву, заводы закрыты и с 16.X



Евгений Леонидович Кринов
(1906—1984).

все рабочие с двухнедельным пособием распущены по домам. Некоторые даже говорили о том, что Москва уже окружена немецкой армией и что в ночь с 16 на 17 октября она должна вступить в Москву, при этом ходили слухи о том, что будто бы все мосты, метро, многие заводские здания минированы и будут взорваны

© Кринов Е.Л., 2005

¹ Имеется в виду Комиссия по геолого-географическому обслуживанию Красной армии при ОГТН АН СССР.

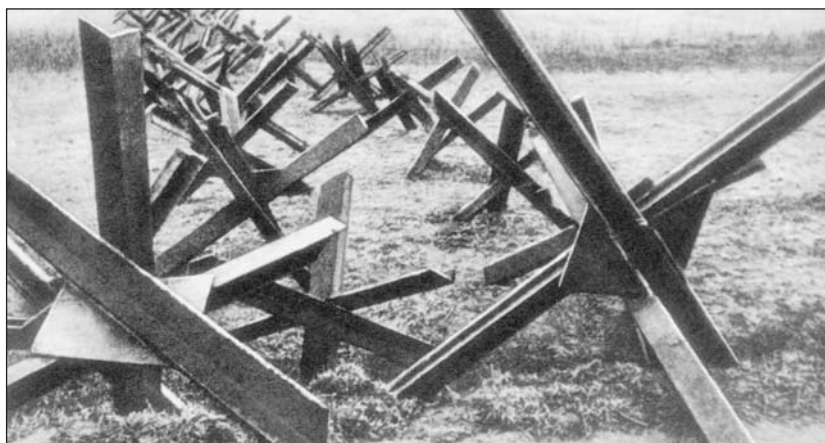
² Флоренский Кирилл Павлович (1915—1982) — геохимик, палеонтолог, ученик Вернадского, сотрудник Биогеохимической лаборатории АН СССР (1940—1941) и Комиссии по геолого-географическому обслуживанию Красной армии при ОГТН АН СССР, в которой работал до ухода в действующую армию в сентябре 1942 г. Им был разработан и внедрен способ использования минерала глауконита вместо дорогостоящих соединений хрома для изготовления зеленой защитной краски.

³ Катушенко Иван Иосифович (Осипович) (1903—?) — геолог, кандидат геолого-минералогических наук (1938); в 1939—1941 гг. начальник Восточно-Сибирской геологической экспедиции; временно исполняющий обязанности ученого секретаря ОГТН АН СССР до 16 сентября 1941 г. В эвакуации в Свердловске; с 1943 г. ответственный секретарь редколлегии журнала «Известия АН СССР. Серия геология». В 1949—1957 гг. заведующий сектором геологии Сахалинского филиала АН СССР. В 1957 г. вернулся в Москву, работал в ИГН АН СССР, в 1957—1973 гг. ученый секретарь Национального комитета геологов СССР.

⁴ Гавеман Александр Васильевич (1903—1990) — один из пионеров и инициаторов внедрения аэросъемки в исследование природной среды, с 1938 г. заведующий отделом географического применения аэросъемки Института географии АН СССР. С 1939 г. заместитель Ферсмана в Комиссии по применению аэросъемки АН СССР. Доктор географических наук (1942). В период борьбы с космополитизмом уволен из системы АН (1947), работал в Калининском университете.

⁵ Чернявский Борис Алексеевич — ученый секретарь возглавлявшейся Ферсманом Комиссии по применению аэросъемки АН СССР.

⁶ Грум-Гржимайло Софья Владимировна (1908—1969) — физик-оптик, сотрудник Института прикладной минералогии (1932—1941).



Оборонительные сооружения на подступах к Москве.

при вступлении немцев в Москву. Посоветовавшись, мы решили подготовить все материалы оборонной комиссии к эвакуации, а самим 17 утром к 10 часам всем явиться на работу. Метеоритная коллекция, упакованная в ящики, кроме 10 самых крупных, а также архивные материалы КМЕТ⁷, находились в это время в вагоне на

Казанском вокзале, причем вагон этот должен был уйти из Москвы для вывоза ценностей Геологического института и Музея, и в том числе и метеоритов.

Возвращаясь домой со службы 16.X, я принужден был идти от Старомонетного переулка до Страстного бульвара пешком, т.к. трамваи почти прекратили

движение, а в троллейбусы из-за перегруженности попасть было невозможно. Проходя по улицам Москвы, я наблюдал в продовольственных магазинах огромные очереди. Оказалось, что в магазинах стали выдавать все продукты по карточкам до конца месяца. Кроме того, масло сливочное давали не только по талонам, но еще и просто по корешкам карточек. Выдавали также сахар, крупы, а на некоторые хлебные талоны увеличенные нормы муки. Из-за того, что заводы работать перестали, а рабочие были освобождены и притом получили зарплату вперед за 2 недели, то и создались огромные очереди во всех магазинах. Дома я узнал, что некоторые жильцы уже покинули свои квартиры и пешком по шоссе направились из Москвы. Утром 16 октября обычного сообщения по радио Советского Информбюро не было, а было лишь передано, что немцы прорвали оборону и обстановка на западном фронте создалась тяжелая.

17 октября утром мы, сотрудники оборонной комиссии, собравшись в Институте геологических наук, узнали о том, что помощник директора института Козачинский⁸, начспецчасти института Иванова и ученый секретарь ОГН И.И.Катушенков, покинув Институт, находятся сейчас в вагоне, который вместе с ценностями в это время все еще продолжал оставаться на вокзале, но ожидалось его отправление из Москвы. С этого же дня (или даже накануне, точно не помню) прекратила свою деятельность и столовая института, причем мы узнали, что ее директор, партийная⁹, захватив

⁷ Там содержались документы и по Тунгусскому падению.

⁸ Козачинский Лев Павлович — в 1941 г. помощник директора ИГН АН СССР по административно-хозяйственной части. Директором института в этот момент был член-корреспондент АН СССР Иосиф Федорович Григорьев (1890—1949), а его заместителем доктор геолого-минералогических наук профессор Анатолий Георгиевич Бетехтин (1897—1962), который фактически осуществлял эвакуацию ИГН.

⁹ Фамилию не помню. По прибытии заведующего столовой в Казань, а Козачинского в Миасс, в то время, когда паника в Москве уже прекратилась и был ряд случаев привлечения к ответственности вплоть до расстрела директоров учреждений, пытавшихся бежать из Москвы и вывезти продукты и казенное имущество, они вывезенные ими из Москвы продукты сдали в общественные столовые, указав при этом, что они будто бы и вывозили эти продукты из Москвы с той целью, чтобы не оставить немцам. На этом основании они впоследствии оправдались и в суде, который состоялся вследствие того, что Бетехтин дела Козачинского и зав. столовой передал в суд. — Прим. ЕЛКринова.

продукты, уехала из Москвы. Уехала из Москвы также и помдиректора Географического института¹⁰. Побыв немного в институте, мы все разошлись по домам в ожидании своей эвакуации, по поводу которой продолжали хлопотать через Файланда¹¹ Гавеман и Чернявский. Между прочим, большую деятельность в эти дни проявлял Меннер¹², который почти единолично таскал и перекладывал в течение всех этих дней ящики с имуществом Геологического института, отбирая наиболее ценные для вывоза в первую очередь. Вместе с ним вопросом эвакуации оставшихся сотрудников Геологического института и имущества последнего занимался ученый секретарь института К.И.Соустов¹³, а по кристаллографической лаборатории, которая не прекращала своей работы во главе с А.В.Шубниковым¹⁴, Беляев¹⁵. Однако с Меннером у меня вышло столкновение по тому вопросу, что он хотел отправить в уходящем вагоне только одни метеориты, я же настаивал на вы-

¹⁰ Институт географии АН СССР возглавлял академик Андрей Александрович Григорьев (1883—1968), его заместителем по административно-хозяйственной части была Фира Исаевна Хмельницкая.

¹¹ Файланд Сергей Михайлович — заведующий отделом научной пропаганды Президиума АН СССР (1941).

¹² Меннер Владимир Васильевич (1905—1989) — геолог, палеонтолог, стратиграф; в 1934—1989 старший научный сотрудник, заведующий отделом, заместитель директора ИГН АН СССР; академик АН СССР (1966).

¹³ Соустов Николай Иванович (1903—?) — геолог, ученый секретарь ИГН АН СССР (1938—1941), кандидат геолого-минералогических наук (1941).

¹⁴ Шубников Алексей Васильевич (1887—1970) — физик, кристаллограф, заведующий Лабораторией (позднее — Институт) кристаллографии АН СССР с 1937 г., академик АН СССР (1953).

¹⁵ Беляев Леонид Михайлович (1910—1985) — кристаллограф; ученый секретарь Лаборатории кристаллографии АН СССР с 1940 г., кандидат физико-математических наук (1942). Зам. директора Института кристаллографии по научной части (с 1944 г.).



Зенитчики на Советской площади.



Столица насторожилась, в небо поднимаются аэростаты.



7 ноября 1941 г. По окончании парада на Красной площади войска отправляются в бой.

Ласнеке

возе и архива по метеоритам, инвентарной книги, наблюдений болидов, некоторых ценных рукописей, а также материалов по аэрофотосъемке места падения Тунгусского метеорита. Мне пришлось даже заявить Меннеру о том, что я с его мнением не считаюсь и при посредстве Филиппова¹⁶ — ученого секретаря физико-математического отделения, бывшего в то время помощником Файланда, — добиться разрешения на отправку в указанном вагоне всех этих материалов.

17, 18 и 19-го октября продолжалась та же картина на улицах Москвы, что и 16-го октября. Огромные очереди в продовольственных магазинах, причем некоторые из них один за другим вследствие окончания продуктов стали закрываться. При этом еще 17-го октября стало известно, что рабочие на окраинах Москвы по дорогам, ведущим из города, устроили собственные заставы и стали останавливать

уезжавших в нагруженных продовольствием и имуществом машины с директорами различных учреждений. При этом, как правило, все содержимое машин выбрасывалось, и были случаи даже убийств убежавших директоров. Позднее, кажется, приняли участие в задержании таких самостоятельных уезжавших администраторов и представители власти.

В эти же дни по многим учреждениям, например, в Институте геодезии, аэросъемки и картографии, было дано распоряжение высшего начальства о раздаче всего оборудования сотрудникам учреждений.

Ввиду того, что Козачинский покинул институт, А.В.Шубников объявил приказ о том, что он взял на себя функции директора института, причем все оставшиеся сотрудники выразили согласие подчиниться Шубникову. Последний начал с того, что назначил нового заведующего столовой, и на остатках

продуктов столовая, кажется, с 18 октября возобновила свою деятельность. Сотрудники с этого дня снова стали получать обеды и хлеб. В этот же день было объявлено по радио, что в 17 часов состоится выступление Щербакова¹⁷. Однако в 17 часов было сообщено, что выступление состоится в 18 часов, но и в 18 часов выступление не состоялось, а было лишь объявлено постановление Моссовета о том, чтобы многие закрывшиеся магазины, а также трамваи и другой городской транспорт возобновили свою бесперебойную деятельность.

Наконец, 19 октября днем по радио было сообщено, что вечером в 9 часов будет передаваться постановление Комитета обороны¹⁸. Все с волнением стали ожидать этой передачи, причем одни предполагали, что будет предложено населению покинуть город ввиду его сдачи немцам, другие — что населению предложат защищать Москву и т.д. Наконец, в 9 часов указанное постановление было опубликовано, причем в нем было указано, что оборона дальних подступов к Москве, на расстоянии 100—130 км, была поручена Жукову¹⁹. Отсюда мы узнали, что немцы находятся еще на расстоянии 100—130 км от Москвы. Затем, в этом постановлении было указано о назначении нового коменданта города, о возобновлении нормальной работы всеми учреждениями и заводами, о мерах борьбы с паникерами, провокаторами и пр. После опубликования этого постановления жизнь в Москве стала быстро возвращаться к нормальному состоянию. Несмотря на то, что оборона самого города, устройство баррикад и противотанковых заграждений на площадях и улицах города продол-

¹⁶ Филиппов Михаил Иванович (1901—1942) — ученый секретарь Физического института АН СССР (1935—1937); затем — Отделение физико-математических наук СССР, кандидат физико-математических наук.

¹⁷ Щербаков Александр Сергеевич (1901—1945) — 1-й секретарь Московского горкома и обкома ВКП(б), начальник Совинформбюро.

¹⁸ То есть Государственного комитета обороны (ГКО), который возглавлял И.В.Сталин.

¹⁹ Генерал Георгий Константинович Жуков (1896—1974) с октября 1941 г. был направлен командовать Западным фронтом и осуществлять оборону Москвы.

жались с еще большей энергией, настроение населения стало все более и более приходить к нормальному состоянию.

Заслуживает внимания, что, несмотря на пережитую в городе панику, в период с 16 по 19 X почти совершенно не наблюдалось, по крайней мере в центральной части города, хулиганства, грабежей и насилия, не нарушалась также работа электростанций, водопровода, канализации, почты и телеграфа, радио, железных дорог.

Утром 17 октября на площади Маяковского было установлено два орудия, причем одно было направлено вдоль улицы Горького (к Белорусскому вокзалу), а второе — по Садовому кольцу, в направлении Кудринской площади. В эти дни в Москве увеличилось количество войск, причем по ночам на многих площадях города, например, на Страстной, скапливалось большое количество грузовиков.

На 25 октября (в дате не уверен!) Файланд назначил заседание всех ответственных уполномоченных по учреждениям Академии наук, причем по Метеоритному комитету таковым был назначен я. Заседание состоялось в 5 часов вечера в зале заседаний Президиума АН и происходило при зажженных свечах. Файланд на этом заседании объявил о том, что им непрерывно ведется работа по эвакуации всех оставшихся сотрудников АН и наиболее ценного имущества институтов. Почти каждый день он получает по одному или несколько вагонов и непрерывно отправляет из Москвы, и в связи с этим он предложил всем в течение 1—2 дней окончательно собрать все свои личные и казенные вещи и приготовиться к эвакуации. В ожидании же таковой и после подготовки к ней, принять участие в тех или иных работах по обороне Москвы. В течение всех дней московской паники и последующих затем двух недель (до 2.XI), един-



Наступление началось...

ственный уполномоченный Президиума АН по Москве Файланд сохранял спокойствие, постоянно был в здании Президиума (я ежедневно его посещал), поддерживал непрерывный контакт с НКПС²⁰, добиваясь вагонов для отправки научных работников и имущества институтов из Москвы. Им, с моей точки зрения, было проявлено колоссальное количество энергии для того, чтобы в течение всего периода получить достаточно много вагонов для эвакуации; это дело в то время было очень нелегкое. Затем ежедневно Файланда осаждало по несколько десятков лиц по всевозможным вопросам в связи с эвакуацией. И всякий раз, когда я бывал при этом, я наблюдал спокойное деловое отношение Файланда. По моим впечатлениям, Файланд был на своем месте.

Вагон с ценностями музея, в том числе и метеоритной коллекцией, ушел из Москвы, кажется, 20 X, причем его сопровождала Иванова. А Катусенок и Козачинский вернулись в институт, кажется, 18 или 19 октября, но Шубников продолжал вести работу по руководству институтом вплоть до своего выезда из Москвы 25 или 26 октября.

После ухода из Москвы вагона с метеоритной коллекцией

в Москве остались 10 самых крупных метеоритов, а также еще некоторое ценное имущество и оборудование КМЕТ. Из этих 10 метеоритов 6 я перевез в последних числах октября из Музея в Геологический институт (на Старомонетный переулок) и здесь сложил их в вестибюле, подготовив к погрузке для отправки в ожидавшемся в ближайшие дни эшелоне. Оставшиеся же в Геологическом музее 4 метеорита: «Палласово железно», «Богуславка», «Сырмолотово» и «Чебанкол», упакованные в ящики, были сложены мною в подвале музея в самом низу и заложены сверху ящиками с минералами.

После этого, 2 ноября 1941 г., я выехал из Москвы в связи с эвакуацией Комиссии оборонных работ ОГГН из Москвы в г. Свердловск, куда и прибыл 8 ноября 1941 г.

20 октября 1942 г. Курорт Боровое Ажмолинской обл.

Архив РАН. Ф.518 (В.И.Вернадский). Оп.2. Д.50. Л.119—122 об.

© Публикация и комментарии **Сорокиной М.Ю.**

В рамках проекта РГНФ (№04-03-00260а).

²⁰ Наркомат путей сообщения.

А.А. и П.Л.Капицы в письмах военных лет

Е.Л.Капица,
кандидат биологических наук
Мемориальный музей П.Л.Капицы
Москва

Анна Алексеевна, жена Петра Леонидовича Капицы, вспоминала: «Начало войны. Мы услышали молотовскую речь — объявление войны, когда ехали из города на дачу, по приему в машине. Надо было начинать какую-то новую жизнь. Примерно через месяц большая часть Института была эвакуирована в Казань. Отправили мы туда наших сыновей, а сами еще какое-то время жили в Москве <...> Под большим зданием Института у нас было бомбоубежище, и туда приходили не только оставшиеся в Москве сотрудники, но и люди со стороны. Отчего-то всем казалось, что наше убежище лучше, чем другие, хотя я думаю, что все они были более или менее одинаковыми. Я старалась во время бомбежек всегда быть там, чтобы у людей была уверенность: если жена директора с ними, значит, все будет хорошо. Я старалась всех устроить. Налеты были в основном вечером и ночью. Приходили и сидели люди с детьми, и мне хотелось, чтобы все хотя бы чувствовали себя здесь в безопасности.

А потом пришлось уезжать в Казань, и было это, наверное, в октябре. Я помню, что ехали мы туда вместе с Фрумкинскими — Амалией Давыдовной и Александром Наумовичем*. В Казани мы поселились в помещении бывшей дворницкой университета. Мы жили внизу, а на втором этаже — Чудаковы (семья академика Е.А.Чудакова**. — Е.К.). Посреди нашей квартиры была большая круглая печь, которая отапливала три или четыре маленькие комнаты, в которых мы и расположились.

В Казани я начала работать в госпитале сестрой-санитаркой в хирургическом отделении. Я была «подъемной силой» и могла сгодиться абсолютно на любую работу».

* Фрумкин Александр Наумович (1895—1976), физикохимик, академик (1932).

** Чудаков Евгений Александрович (1890—1953), академик (1939), труды по теории автомобиля.

Анна Алексеевна особенно не распространяется об этой работе. Некоторые сведения о ней можно почерпнуть из воспоминаний известного хирурга Владимира Васильевича Кованова (1909—1994), врача казанского военного госпиталя №3647:

«Над нашим госпиталем шефствовала Академия наук СССР и помогала во многих делах. Младшего персонала в госпитале не хватало: большинство молодых женщин и девушек работали на военных заводах, а к нам направляли пожилых людей, физические возможности которых были ограничены.

Чтобы помочь нам, жены научных сотрудников академических институтов, находившихся в эвакуации в Казани, взяли на себя заботы о тяжелораненых. Вместе со своими детьми они дни и ночи дежурили в палатах. На дежурства приходили как на работу — по графику. Анна Алексеевна Капица брала с собой своих ребят-подростков. Они помогали катать бинты, заготавливать материал для операционной и перевязочной, подавали тяжелораненым воду, чай, кормили обедом. Нашим добровольным помощникам приходилось нелегко. Они недосыпали, недоедали, многое из того, что приходилось делать, было им совершенно незнакомо, и нужно было учиться «на ходу»... (Кованов В.В. Призвание. М., 1970. С.166—167).

В архиве Анны Алексеевны хранится несколько писем с фронта от Антонины Ивановны Шнейдер, хирурга, с которой она работала в госпитале в Казани и очень подружилась».

20 ноября 1942 г.

«Здравствуй, дорогая Аня,
Получила твое 2-е письмо и рада до безумия. Ты не представляешь, какой это здесь праздник — получать письма, да еще от любимых друзей.

Когда ты писала письмо, настроение, видимо, у тебя было неважное. У тебя какие-то сомнения насчет твоей работы. Все это напрасно. Твоя работа и помощь такому большому мужу — это во

много раз ценнее, чем 10 таких, как я. Ты не улыбайся. Это правда. Ты должна, конечно, в первую очередь помогать ему для блага всего человечества. Ты делаешь большое дело, и никаких сомнений быть не может. <...>»

Капица в это время был полностью поглощен «кислородной проблемой». Еще до войны он разработал принципиально новый метод получения больших количеств жидкого кислорода. В военных условиях это стало чрезвычайно актуально. Оборонная промышленность, особенно металлургия, остро нуждалась в жидком кислороде, и необходимо было наладить его промышленное производство. Анна Алексеевна вспоминала: «Петр Леонидович устроил себе лабораторию в главном здании университета. В те годы он в основном занимался кислородом и довольно часто в связи с этим ездил в Москву. Во время войны, да и после ее окончания, Петр Леонидович с большим энтузиазмом работал с кислородом. Ему было интересно заниматься не только научными и инженерными сторонами дела, но и налаживать промышленное производство кислорода и его внедрение. Он никогда не был аппаратчиком, а тут он встал во главе большого промышленного объединения «Главкислород». Это была абсолютно новая для него деятельность, и Петру Леонидовичу было страшно интересно — заставить наших министров работать иначе, чем они привыкли. У меня всегда было некоторое предубеждение против этих занятий Петра Леонидовича, но ему это было интересно, он считал это важным, так что ничего уж тут сделать было нельзя».

12 февраля 1942 г.

Гостиница Националь, комн. 439
Москва

Дорогая Крыса¹,

Доехали неплохо, хотя и с приключениями. Сперва ехали в санитарном вагоне. Читал там лекцию, слушали самодетельность. Доехали до Куровской (89 км от Москвы), там пересели в теплушку, т.к. санитарный поезд пошел на Ярославль. Должен был ехать 2—3 часа, но в поезде ехали лошади, и одна на ходу выскочила. Так что задержались и попали в Люберцы только поздно вечером, так что там пришлось бы ждать всю ночь с субботы на воскресенье. Но удалось созвониться с Кафтановым, и он выслал машину. Так что к пяти часам попал в Москву. Всех нас устроили в одной комнате гостиницы, т.к. большинство домов тут холодные. С питанием как в дороге, так и здесь вполне благополучно. Оказывается, наши бойцы получают лучшие обеды, чем академики. Здесь работы много, главным образом это кислородное дело, Сталинская премия и также мастерские. Уже просит радиокомитет, Красная Звезда (Ерусалимский) завтра идти на митинг в Колонный зал. Интеллигенция Москвы встречается с интеллигенцией освобож-



Говорит Москва... 22 июня 1941 г.

денных областей. Придется пробыть еще дней 10—12. В Москве пока совсем спокойно, налетов нет. Говорят, наши дела на фронте хорошо. Ждут, что обо всем будет сказано ко дню Красной Армии. В Ленинград дозвониться нельзя. Кафтанов послал правительственную телеграмму насчет Лени и Наташи² в день моего приезда, так что я не потерял совсем время. На днях должны из Казани поехать члены Сталинского комитета. Ты не пускай Ал. Ник. (Крылова, отца Анны Алексеевны. — Е.К.) ни за что. Я объяснил, что ему трудно ехать, и это они здесь хорошо понимают. Ты пришли мне письмо, как ваши дела, как экзамен Сережи, как питаетесь. Насчет Института пишу Ольге Алексеевне.

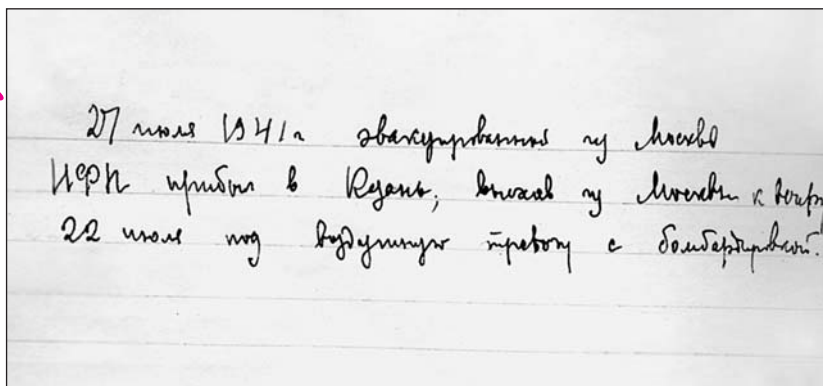
Крепко целую Вас всех.

Твой Петя.

P.S. Я, конечно, простудился по дороге, еще немного хриплю, но так все хорошо».

¹ Прозвище, данное ПЛ. своей жене, которая по образованию была археологом, и он дразнил ее поначалу «архивной крысой».

² Вдова старшего брата Петра Леонидовича и его племянник Леонид погибли от голода в блокадном Ленинграде, и только благодаря усилиям Петра Леонидовича их удалось эвакуировать весной 1942 года.



Факсимиле записи в протоколах знаменитых физических семинаров Института физпроблем: «27 июля 1941 г. эвакуированный из Москвы ИФП прибыл в Казань, выехав из Москвы 22 июля под воздушную тревогу и бомбардировки».

19 октября 1942 г.,

Казань

Дорогой Петя, получила твое письмо и коробку конфет, которую мы тут же съели!

<...> Разве так плохо все с заводом, что ты настолько обеспокоен, это чувствуется из твоего письма. Конечно, надо делать что-то решительное, мне кажется, с автогенчиками, но наши очень рады случаю поехать в Москву. Напиши, как идут дела, а то беспокоюсь, что у тебя не все хорошо. Жаль, что надо жить в гостинице, но без транспорта очень трудно добираться до центра, где, собственно, все у тебя сосредоточено.

Я хожу в госпиталь, работы сейчас совсем мало, отпускают очень мало перевязочного материала, и поэтому почти нет перевязок. Два раза в неделю помогаю в операционной.

От Антонины [Шнейдер] получила письмо с фронта, они где-то на юге, кажется у Сталинграда. Масса работы, но очень довольна. <...>



Анна Алексеевна — сестра-санитарка в Казанском госпитале.

Наташа поступила работать в издательство Акад. наук оформителем и пр. Работа на дому и ей подходящая, я очень рада, потому что, если ты будешь сидеть всю зиму в Москве, можно будет наладить что-нибудь вроде дома. Ну, это будет видно, смотря по тому, как пойдут твои дела.

<...> Сережа занимается на даче. Мы никак не можем оттуда перебраться. Сейчас Академия возит овощи, их разгружают с баржи, и грузовика нет.

О.А. (Стецкая¹. — Е.К.) была простужена, и я ее взяла страхом, сказала, что пошлю тебе телеграмму, если она посмеет в таком виде ходить грузить картошку. Она испугалась и не пошла. Сейчас она здорова. Ну вот, и все новости Казани. Андрей хотел поступить на работу в портняжную мастерскую пришивать пуговицы и резать хвостики ниток — 3 часа в день за 3р. 75 к., но потом решил, что не стоит!

Все шлют привет. Целую крепко.

¹ Стецкая Ольга Алексеевна (1896—1971), инженер-электрик, зам. директора ИФП в 1936—1946 гг.

19 октября 1942 г.,

Дом отдыха «Сосны»

Дорогой Крыс,

Жду машины, чтобы ехать в Москву, и пишу тебе. Здесь было очень хорошо, мало народу, т.к. сюда ходит только автобус. Плохо топят, но спокойно пожить было хорошо. Продумал все московские дела с установкой и наметил план действия.

Был на даче, там плохо. Ее постепенно разбирают соседние части, содрали линолеум, бьют окна, содрали электропроводку, разбирают забор, снимают трубы, колонку, сдирают обшивку и пр. Через годик, кроме сруба, мало, что останется.

Тут забавно рассказывают про Вилки¹. (Уилки. — Е.К.) Он рубаха-парень, по крайней мере себя так держит. В Куйбышеве на «Лебедином озере» танцевала Тихомирнова. При аплодисментах он выскочил из ложи, делая прыжок метра на полтора вниз, мчится на сцену, преподносит Тихомирновой букет и целует и обнимает ее от восторга. Но так восторженно он ведет себя,

только когда на него направлен объектив кинооператора, а так вообще он более флегматичен. Видно, голоса собирает к следующим президентским выборам. Так, на одном из заводов он был заснят, как в восторге целовал нашу работницу, стоящую у станка. Вот воистину единство противоположностей — у него, говорят, 60% всех акций электропромышленности в США. Он хотел повидать также митрополита Сергия и строителей куйбышевского гидроузла. Случилось, что визиты назначили в один день. Привозят его к Сергию, тот встречает его в клобуке, с крестом на груди. А он спрашивает переводчика: «Кто это, строитель плотины в Куйбышеве?» — «Нет, — говорят, — это глава русской церкви». — «Ну, очень хорошо. Спросите его, свободна ли церковь?» Тот сказал: «Да». Поехали дальше.

На фронт ездили без кинооператоров, и Вилки вел себя тихо, очень близко к окопам идти от- казался, стрельба ему не понравилась.

Ну вот, это может тебя поразвлечь, как Вилки делал свой «бизнес» у нас в Союзе <...>

¹ Уилки (Willkie) Уэнделл Л. (1892—1944), американский юрист, предприниматель и политический деятель. Был демократом, хотя и активно поддержал критику деловыми кругами США экономического курса Рузвельта. Перешел к республиканцам и был выдвинут ими кандидатом в президенты на выборах 1940 года. Проиграл их Ф.Д.Рузвельту. В октябре 1942 г. в качестве личного представителя президента США посетил СССР и побывал на различных оборонных предприятиях.

20 октября 1942 г.,
Казань

Дорогой Петя,

Получила твоё письмо, ты пишешь аккуратно-но, за что тебя и хвалю. <...>

Был ли ты у дяди В.¹, это очень интересно, напиши об этом.

В госпитале, как я уже писала, все тихо, работы мало. Завтра операционный день, так что будет больше работы <...>

¹ По-видимому, речь идет о В.М.Молотове.

22 октября 1942 г.,
Гостиница Москва №312

Дорогой Крысен,

Очень много работы сейчас. Все административной. Приходится налаживать работу. Суков не справляется и халтурит. Но вот с нашими товарищами кое-что и удастся наладить.

Был у нас Иракий Андроников. Он очень интересно в лицах рассказывал, как был в бою, как был у партизан. Рассказывал он с 11 вечера до 5 утра. Он похудел и был дома полтора месяца с воспалением желчного пузыря. Сейчас он в резерве, только что выписан из госпиталя и устраивает свои дела.

Был у Гоголевой однажды, там был Ерусалимский. Он рассказывал, как допрашивал свежих



На Балашихинском кислородном заводе.

пленных у Рулева, а также о последней речи Гитлера. В которой [тот] говорит (это 2 недели тому назад), что в этом году закрепится в Союзе, построят линию заграждений от Балтики до Каспия и займутся Англией, которую ему нечего бояться, пока там сидит Черчилль.

<...> Получил телеграмму от президента Корол[евского] общества. Меня и Виноградова назначают представлять общество на чествовании памяти Ньютона. Я думаю выступить и сказать, что если Ньютон был бы жив, то он был бы за открытие 2-го фронта.

Пришла моя медаль¹ в ВОКС (Всесоюзное общество культурной связи с заграницей — Е.К). Обещают дать, я прошу просто, но они хотят с помпой, говорят, это политически важно.

У нас в гостинице очень холодно, нельзя заниматься, но так во всей Москве. Собираюсь переезжать в дом Ольги Алексеевны, там, говорят, топят.

Пришли книгу воспоминаний Ал. Ник.²

Ну, крепко целую вас всех и поросят.

Твой Петя

¹ Медаль имени Фарадея Института инженеров-электриков (Великобритания).

² Речь идет о книге А.Н.Крылова «Мои воспоминания», которую он писал в эвакуации в Казани. Она вышла в свет в 1942 г.

27 октября 1942 г.,
Казань

Дорогой Петюшик,

Проводили Крыловых в Боровое. Они благополучно уехали, вчера получили от них «молнию» из Свердловска, едут хорошо, тепло, уютно. Мы их

Ласневские

обязали нас посылать телеграммы с дороги. Им, конечно, надавали массу вещей в детдом Акад. на-ук. Очень без них скучно, как-то уж привыкли к совместной жизни, и странно, что их нет. Мы сейчас же переехали в их комнаты, чтобы не было пустого вида, на это неприятно смотреть. У тебя стало очень хорошо в кабинете, я думаю, что не надо говорить больше о лишней комнате. Ты увидишь, что тебе вполне достаточно того, что сейчас есть. У Наташи с Леной тоже очень хорошо.

Вчера мы с массой приключений переехали с дачи. Костю [Сидоренко] занесло в овраг, он решил, что так ближе сможет подъехать к даче, чтобы не ехать через мост. Конечно, застрял в канаве, его вынимали красноармейцы (им обещали 1 литр водки!). Потом он и Вася [Перевозчиков] строили настил через канаву, т.е. спилили 8 берез. Все это происходило начиная с 1 ч. дня и до 10 часов вечера. Все вещи лежали грудой среди леса. Наконец ночью мы всё погрузили и пошли ночевать на дачу, и только утром я их отпустила в Казань. И все-таки вся мебель еще осталась на даче, надо ждать грузовик.

Пожалуйста, ешь, сколько хочешь, фруктов и бери из нашего лимита, что хочешь. У меня еще осталось октябрьских денег больше 300 руб. Привези нам или фруктов свежих, или сухих, если там есть. Остальное у нас все есть.

Как у тебя с перспективой жизни в Москве зимой? Я поеду тебя опекать, только если ты будешь жить там не менее 2-х месяцев, а то не стоит. Я работаю в госпитале, но у нас осложнения с карточками, иждивенцам неработающим их не полагается, а кто мы такие, никто еще не выяснил.

Целуют все тебя очень крепко.

28 октября 1942 г.,
Гостиница Москва № 312

Дорогой Крыс,

Очень трудно с оказией для писем, никто за эти дни из Академии не ехал в Казань. Как ты, на-



Отгрузка жидкого кислорода.

верное, заметила, за эти дни произошло вручение мне медали Фарадея. Медаль шикарная, и к ней гравированный диплом на пергаменте.

Передача состоялась в ВОКСе, собралось не много народу — Иоффе, Семенов, Фрумкин, Соболев, Бернштейн, Шмидт, Веселовский, Бах и др. Я произнес речь, которую полностью воспроизводит газета «Труд» за сегодня. Но нас не собирались угощать. Я стал протестовать и сказал, нужно хоть раз, чтоб Вокс угостил и своих ученых, а не только же заграничную шпану кормить. Тогда начали сооружать угощение. Угощение было хорошее, было вино. Я произнес тост за Кеменова¹, председателя ВОКСа. Произнес я тост за связь ВОКСа с советскими учеными, которая по сей день отсутствовала.

Был я у Роз. Сам. [Землячки] и дяди В. Роз. Сам.², все спрашивала о комнате и возмущалась. Оказывается, всю эту историю знает и дядя В. Я успокаивал, говорил, что сейчас с отъездом Ал. Ник. вопрос стоит не остро и, вообще, в военное время такие вопросы имеют второстепенное значение.

Сейчас много хлопот с установкой, вроде критический момент. Удалось расшевелить автогенищиков. Но надо, чтобы все сохранили инерцию. Думаю, что ранее 3-го выехать не удастся. Между 15—18 ноября сессия [Академии наук] в Свердловске. Говорят, обязательно надо ехать. Из Свердловска поеду прямо в Москву. Подумай, не поехать ли тебе туда тоже со мной.

Ну, пока, крепко целую тебя и ребят. Поклон Ол. Ал.

Твой Петя

¹ Кеменов Владимир Семенович (1908—1988), историк искусства и художественный критик. Был председателем Всесоюзного общества культурной связи с заграницей.

² Землячка-Самойлова Розалия Самойловна (1876—1947), партийный и государственный деятель. В 1939—1943 гг. — заместитель председателя СНК СССР.

29 октября 1942 г.,

Казань

Дорогой Петюша, получила твоё письмо, посланное с Соболевым¹. Наконец получил медаль, долго же она путешествовала. Здесь люди, забыв о том, что это все та же медаль, решили, что ты получил орден! Колдаев² был один из немногих, которые слышали твоё имя и слово «медаль» по радио. Он пришел в Институт и там рассказал про медаль, на вопрос, какую же медаль ты получил, он, не задумываясь, ответил: «За отвагу». Ты это имей в виду. Я вижу, что ты не особо скучаешь в Москве и кроме дела еще выбираешь время для визитов, это очень утешительно. О.А. послала «молнию», чтобы тебя и Олега [Писаржевского³] впустили в её комнату. Но вы выпустили из виду, что там ведь нет ни белья, ни одеял, подушек, затемнения и пр. Как это вы будете жить после комфорта

«Москвы» в этом отношении? Тепла недостаточно. Если тебе придется жить в Москве больше 2-х месяцев, то, конечно, я приеду, т.к. не представляю, как вы с Олегом такой долгий срок будете пребывать одни. Ваше хозяйство придет окончательно в упадок.

Очень трогательно со стороны Гитлера предупредить Англию, что он хочет ее уничтожить. Может, это поможет 2-му фронту, если сам черт не помогает. ... Успокой Роз. Сам, что у тебя есть кабинет, и очень симпатичный, а потом, его тебе не надо, если ты будешь все время в Москве.

Все шлют привет. Целую крепко.

¹ Соболев Сергей Львович (1908—1989).

² Колдаев Евсей Владимирович — сотрудник административно-хозяйственного отдела Института.

³ Писаржевский Олег Николаевич (1908—1964), писатель, автор научно-художественных книг. В 1936—1946 гг. был рефрантом П.Л.Капицы.

31 октября 1942 г.,
Гостиница Москва №312

Дорогой Крысен,

Мы выезжаем 4-го ноября, пробудем в Казани до сессии, а потом, по-видимому, из Свердловска поедом прямо в Москву.

Дела идут ничего, только очень медленно, но выправить их удастся. Приходится заниматься, конечно, чисто организационными и административными делами, также проверкой, чтобы все было сделано точно и аккуратно. Все это скучно, но иначе, видно, ничего не поделаешь.

Вчера был в Ак. наук вечер с Андрониковым и Минцем. Было неплохо. Андр[оников] был в ударе. До вечера я читал лекцию инженерам и конструкторам. Это все поднимает настроение и заставляет их работать более энергично. Был я на балете «Дон Кихот» — это первый раз в театре. На этот раз мне достается, и мало времени остается на театр и пр. развлечения. Был еще раз у Гоголевой. Там познакомился с Розенель¹. В понедельник приходят ко мне Александр Наумович Фрумкин и Андроников.

В Институте сотрудники поднесли адрес — поздравления с медалью Фарадея. Адрес посылаю тебе. Так особенно подробно писать не хочется, т.к. предполагаю уже в четверг быть в Казани, так что тогда все расскажу. Между прочим, ты прочла мое письмо невнимательно. Я тратил из нашего ноябрьского лимита, а октябрьский ты можешь использовать целиком. Об этом я тебе дал телеграмму, думаю, она пришла к тебе вовремя.

Ну, пока, целую крепко.

Твой Петя

¹ Луначарская-Розенель Наталия Александровна (1902—1962), артистка, вторая жена А.В.Луначарского.



Шверник вручает Капице Звезду Героя
Социалистического Труда.

В 1943 г. Институт физических проблем возвращается из эвакуации в Москву. Об этом тоже есть запись в журнале институтских семинаров: «С 27 июня по 18 июля весь институт переехал вновь в Москву. Из членов семинара 27/ VI прибыл Стрелков*. 18.VII вернулись остальные, кроме Бриллиантова, который прибыл 21/VII». Анна Алексеевна и Петр Леонидович также практически все время проводят в Москве, хотя дети их продолжают жить в Казани.

Петру Леонидовичу и его сотрудникам удалось наладить производство жидкого кислорода, и за это они были Указом Президиума ВС СССР от 30 апреля 1943 г. награждены орденами и медалями «За успешную работу по разработке и внедрению нового метода получения жидкого воздуха и жидкого кислорода». П.Л.Капица получил орден Ленина, О.А.Стецкая орден Трудового Красного Знамени.

В заключение хочется привести еще два документа, хранящихся в Архиве П.Л.Капицы, и относящиеся уже к победным дням 1945 г. Во-первых, это письмо жены Нильса Бора**, адресованное Анне Алексеевне:

3 марта 1945г., Стокгольм

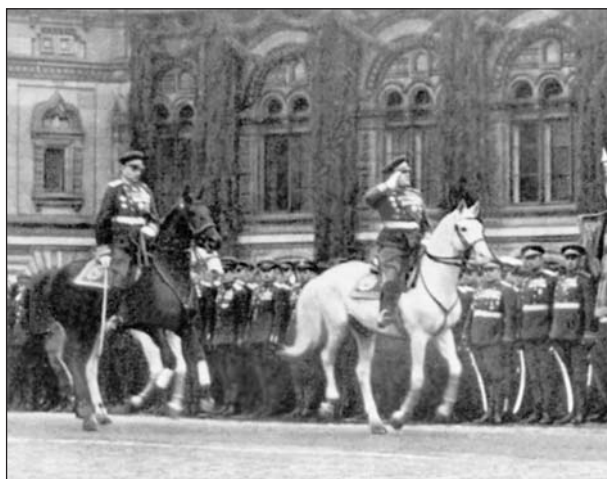
Дорогая моя г-жа Капица,

Чудесное испытываешь чувство, когда можешь снова хоть чуть-чуть восстановить связь со старыми друзьями. И я счастлива, что имею сейчас возможность послать привет Вам и проф. Капице. Мы с Нильсом так часто думали и говорили о вас с тех пор, как в 1941 году были порваны связи. С глубочайшим восхищением следили мы за отважной борьбой русских в течение всех этих лет. Мы вместе с вами страдали в неимо-

* Стрелков Петр Георгиевич (1899—1968), физик, член-корреспондент АН СССР.

** Бор (Bohr) Маргарет (1891—1984), жена Н.Бора.

Расписание



Парад Победы на Красной площади. 24 июня 1945 г.

Наследие

верно тяжелые 41-й и 42-й годы и радовались всем сердцем во время чудесных побед русских армий, начиная со Сталинграда. Этот поворотный момент был для всех нас первым лучом надежды на освобождение от германских агрессоров. Надеюсь, что все вы и другие наши друзья в России здоровы. Для нас это были ужасные пять лет, и я представляю себе, какие это были годы для вас, которым пришлось перенести настолько больше — ведь германская армия опустошила значительную часть России. <...>

В октябре 1943 года мой муж, мальчики и я бежали из Дании под угрозой преследований со стороны немцев. Нет необходимости говорить, с какими чувствами человек покидает свой дом в таких условиях. После 3—4 дней пребывания в Стокгольме Нильс отправился в Англию, и за ним, неделю спустя, последовал Оге, чтобы работать его секретарем. Как ни печально, но мне пришлось расстаться с ними, но зато я была спокойна за них...

Ваша Маргарет Бор

Прием в Кремле

Среди бумаг Анны Алексеевны мы обнаружили сложенный пополам листочек, на котором карандашом были записаны ее непосредственные впечатления от приема в Кремле по поводу Победы. К сожалению, начало этого текста утеряно.

<...> Тост за свободную дружественную Польшу, за присутствующих здесь делегатов, привезших эшелон угля в подарок Москве. Приглашаем товарищей подойти и чокнуться. Все поляки проходят через зал, рабочие-горняки в форме (черная с золотом) и еще несколько человек в штатском.

Подходят под аплодисменты всех гостей. У главного стола поют здравицу по-польски. Уходят обратно.

Тост за Жукова — освободителя Варшавы и взявшего Берлин. Сталин добавляет — теперь Берлин — Жуковский.

Тост за Коневу.

Тост за Рокоссовского — исторический поворотный пункт у Сталинграда, освободившего Данциг и взявшего большой немецкий порт Штеттин. Поляки поют здравицу.

Тосты за всех по очереди маршалов и генералов с несколькими словами об их подвигах. Тост за ветеранов Гражданской войны, за Ворошилова, гости особенно поддерживают. Наконец, за членов Комитета Обороны. Тут особенно выделяется Микоян, который не только давал Армии есть, но и пить (смех). Несколько раз тост за Сталина.

Сталин веселый, совсем седой (pepper & salt¹), часто встает, угощает бойцов ансамбля, много курит папирос, часто подает реплики. Вначале был тост за Молотова — нашего Вячеслава. Маршаки говорят, что дальше была фраза о том, что работа Молотова — как командовать 3-мя Армиями!

Последний тост Сталин произносит за Русский народ. Несколько раз его прерывают, наконец, ему это надоедает. И он обращается к гостям и говорит: «Я потом дам слово, кому его хочется, но сейчас прошу оратора не прерывать». Говорит о храбрости и терпении русского народа. О громадном доверии, оказанном правительству. О тяжелых первых годах — 41—42. О том, что народ мог сказать: и давайте любой мир с немцами. О том, что русский народ объединяет около себя все нации СССР. За доверие, и помощь, и веру спасибо. Наша встреча кончена, кто хочет, может оставаться.

Георгиевский зал белый с золотом, масса света, люстры. Гости исключительно непринужденны, много пьют, целуются, аплодируют, кричат. Много женщин. Много знакомых — писателей, артистов, работников СНК. Конечно, очень много военных.

Митерев (Наркомздрав) с рюмкой обходит всех знакомых, объясняется в любви, говорит о диссертации. Казаков (тяж. машин. строен.) целуется с Капицей, говорит о рабочих руках его, о том, как они все будут для Капицы работать. Смирнов (Санит. Управ. Крас. Армии) трогательно пьянеет. Эренбург мрачен, Маршак, Михоэлс и еще много других. Любочка Орлова проходит чокнуться с генералами и Сталиным. Танцуют около зала.

25 мая 1945 г.

АК

¹ С проседью (англ.).

ЦУНАМИ ГЛАЗАМИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Мы представляем нашим читателям анализ двух катастроф, разнесенных во времени более чем на полвека.

Крупнейшее землетрясение 26 декабря 2004 г. у берегов Малайзии и последовавшее беспрецедентное цунами в Индонезии и на азиатских берегах поразили весь мир. Цунами вызвало разрушения на Мадагаскаре, Маврикии, Мозамбике, в Южной Африке, Австралии и даже Антарктиде. Оно вышло в Тихий и Атлантический океаны и было зарегистрировано в Новой Зеландии и на западном и восточном побережьях Южной и Северной Америки, на Камчатке.

Но мало кто помнит, что сопоставимое по масштабу землетрясение и катастрофическое цунами произошли на Дальнем Востоке нашей страны 5 ноября 1952 г. («Природа», однако, в 2003 г. (№1) публиковала материал об этой трагедии.) Бесценные свидетельства о событии, поразившем тихоокеанские побережья Камчатки и Курильских о-вов, содержатся в дневнике Б.И.Пийпа — известного вулканолога, члена-корреспондента АН СССР, организатора и первого директора Института вулканологии на Камчатке.

Волна, которая обошла весь мир

А.А.Никонов,

доктор геолого-минералогических наук

Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН

Москва

Рождественско-новогодние каникулы 2004—2005 гг., как обычно, я проводил с семьей в приморском городе. Нет, не на берегу Тихого океана (кто из российских ученых мог бы себе это позволить?)... Всего лишь в Прибалтике, на берегу Балтийского, тогда еще безопасного моря. Не прошло и 10 дней, как и Балтика показала, на что она способна, затопив многие прибрежные города на 1.5—2.5 м.

Безмятежным и благостным воскресным вечером 26 декабря я подсел к жене, смотревшей очередные «EuroNews». В этот

момент камера показывала кусок экзотического берега: плоская низменность, широкий проезд в сторону моря, по бокам легкие строения, пальмы. Голубое небо, яркое солнце. Люди с темной кожей спешат, едут на мотоциклах. И вот прямо в камеру, от моря, на расстоянии нескольких сотен метров идет накатом вода, высотой всего 1—1.5 м, но идет не останавливаясь, беспрепятственно, заливая все видимое в объективе пространство, надвигаясь на зрителя. Камера не выдерживает и захлопывается. Все это длится секунды.

Я невольно вскрикиваю: «Цунами!» Мой постоянный многолетний оппонент (и неизмен-

ный помощник) — жена — бросает: «Все у тебя цунами. Как ты скор на решения».

А на экране телевизора уже в другом ракурсе — большая волна заливают побережье, и люди в панике пытаются от нее спастись. В эфире возникает и несется то самое слово — цунами.

С тех пор оно сутками не сходило с экрана, а мы не отходили от телевизоров, меняя каналы и программы.

600, 700, 2.5 тыс., 6, 11, 17, 24, 30, 44, 57, 70, >100, 125, 140, 200, 150, 155, 170, 175, 234 тыс. ... Статистика остановилась на этой цифре. Фактическое количество погибших при катастро-

фах такого масштаба, да еще в глухих азиатских районах, установить невозможно.

Сообщаемое число жертв нарастало горой. Жуткие картины разрушений, хаоса, груды и целые поля обломков, мусора, поваленные деревья, смятые и втиснутые в дома автомашины, выброшенные на сушу корабли, сброшенный с пути пассажирский поезд, цепляющиеся за что попало, накрываемые и увлекаемые волной люди, мертвые тела в воде и на земле...

И съемки с воздуха: десятки километров залитых, опустошенных, с торчащими кое-где остовами домов низменных побережий. Квадратные километры гниющих болот. Как будто люди здесь никогда и не жили.

Прошло полмесяца. Пора от непосредственных впечатлений и переживаний переходить к осмыслению увиденного и узнанного. Ведь мы стали свидетелями (пусть дистанционно) события экстраординарного, причем в мировом масштабе! Природные катастрофы (в том числе и в результате цунами) известны из истории и далекой, и недавней. Но до сих пор они носили характер бедствий национального или локального масштаба. Даже самое страшное в XX в. разрушение в результате землетрясения миллионного города Тангшан в Китае и гибель там 243 тыс. человек (по другим оценкам — свыше 600 тыс.) не вышло за национальные рамки. Сильнейшие цунами прошлого, унесшие жизни десятков тысяч человек, когда волны поднимались на высоту пяти- и даже десятиэтажных домов и сносили все подряд, неоднократно происходили на тихоокеанских берегах. В плотно заселенной Японии в 1896 г. от цунами погибло 23 тыс. человек; 36 тыс. человек погибло после взрыва вулкана Кракатау и вызванного им цунами в 1883 г. Высота волны цунами тогда на Суматре достигала 27 м, а на соседней Яве — 40 м. Ныне масштаб катастрофы небывалый.

После первого глубокого шока пора задуматься, что же принесла и открыла нового катастрофа 2004 г. Подсчеты, исследования и осмысление только начались и продолжатся долго, прежде чем подлинные последствия, а, значит, и уроки станут глубоко осознанными. Сейчас же — отдельные заметки человека с некоторым опытом изучения природных бедствий и катастроф эндогенного происхождения.

Спросите экспертов, изучающих цунами, видели ли они цунами воочию. Ответ будет отрицательный. Специалистам приходится работать с описаниями очевидцев-непрофессионалов — тех редких, кому повезло остаться в живых. Другой источник информации — обследование подвергшихся воздействию цунами прибрежных областей. Инструментальные записи мареографов исключительно важны, но они, как правило, поступают только из пунктов, куда волна приходила ослабленной, «на издыхании». А тут мы видели цунами в действии.

На моей памяти впервые в средствах массовой информации так разносторонне и конкретно удалось увидеть явление цунами: разные волны, наступление, стояние и сход воды. Большей частью не главную самую разрушительную волну, а последующие, несравненно более слабые. Но и это очень важно. Несколько явлений оказались для меня новыми. Впервые, глядя на уникальные кадры движения воды, я осознал, что накат волны (даже если она не разбивается при подходе к берегу и не дает бурунов) происходит значительно быстрее, чем ее спад, уход с залитой низменной территории. Впервые видел, как, войдя в устье речки, вода на глазах поднимала ее уровень, продвигаясь вверх по течению. Видел, насколько взмучена, насыщена взвесью минеральных частиц нахлынувшая на берег вода, даже при относительно небольшой (до 1 м) вы-

соте. Нечего и говорить, что тащила она массу мусора.

Для геолога, занимающегося палеоцунами, очень впечатляюще впервые увиденные (хотя читать о них приходилось много раз) 10–20-сантиметровые слои оставленной цунами грязи, закрывавший асфальт и почву песок с пляжей.

Несколько позже мы узнали и о «роющей» силе цунами. Двухметровые каменные львы засыпанного некогда ранне-средневекового города вблизи современного Мадраса (Южная Индия) после отступления волны подняли горделивые головы над прибрежными наносами.

Нередко вода застаивалась на залитой территории на многие сутки. Это означает, что содержащаяся в ней муть может осаждаться поверх принесенного самим цунами материала. Для выделения слоев палеоцунами в разных местах это может служить важным признаком. Такие слои неоднократно приходилось описывать на крымских и балтийских берегах.

А из того, что услышано, с точки зрения специалиста, я бы выделил сведения о дальности проникновения волны в глубь суши. Во многих телевизионных передачах, особенно из г.Пхукет (Таиланд), подчеркивали, что разрушены отели вдоль берега, а внутри побережья жизнь продолжается, включая обычные вечерние ночные развлечения. Мало кто обратил внимание на отдельные сообщения о том, что разрушающую силу волна сохраняла на протяжении и полукилометра от берега. А иногда (судя по аэронаблюдениям) она проникала вглубь на 5 км. Так, близ одного из городов Индонезии (Осек?) волна унесла пароход весом несколько тонн на 5 км от берега. Один из русских туристов сообщил, что его волной унесло на 10 км от отеля. В провинции Ачех на Суматре, наиболее близко оказавшейся к очагу землетрясения, волна смыла все на расстоянии 15 км от моря.



Здесь и далее фотографии сейсмолога из Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН Т.К.Пинегиной, сделанные на о.Суматра сразу после катастрофы.



Для обывателя, да, пожалуй, и для многих специалистов очень необычным представляется, что аукнулось в Индонезии, а откликнулось за тысячи километров внутри Индокитайского архипелага и на противоположных берегах Индийского океана. Да что там говорить, волна обошла весь мир, была зарегистрирована самописцами даже на Камчатке.

Дело, конечно, и в масштабах очага землетрясения, но в не меньшей степени в том, что за основным толчком последовал мощнейший афтершок с эпицентром на сотни километров севернее (близ Никобарских о-вов). Скорее всего, он-то, располагаясь в открытой во все

стороны части океана, и породил самую разрушительную волну. Вызывает вопросы и неравномерность пространственного распределения силы воздействия и, соответственно, тяжести последствий. Некоторые острова к западу от Суматры (сравнительно близко от эпицентра главного толчка) пострадали мало (например, Мальдивы), хотя далее на запад, на Сомалийском п-ове Африки, последствия оказались тяжелыми. В некоторых случаях, по-видимому, сила волн была поглощена окружающими острова рифами, облик которых, кстати, совершенно преобразился.

Вспоминая телевизионные изображения, я спрашиваю се-

бя, что же поразило больше всего уже не с профессиональной, а с общечеловеческой точки зрения. Из последних кадров (к середине января 2005 г.) наиболее острыми и гнетущими оказались... нет, не кадры последних секунд жизни отрываемых, уносимых и накрываемых волной людей. И даже не вид целого поля с трупами, поливаемых дезинфицирующей жидкостью. Ибо знаю о многих десятках тысяч погибших при землетрясениях Ашхабадском 1948 г. и Спитакском 1988 г. в нашей стране. Знаю и о неизбежном в подобных случаях мародерстве и разных преступлениях. Но о таком слышать, а тем более видеть еще не приходилось. В разрекламированном фильме «Берег мертвых» А.Лошака нам показали брызжущие жизнелюбием, весельем и наслаждением жизнью сцены ночного разгула русской (другие иностранцы уехали) молодежи в городе, где погибли тысячи людей. Настоящий пир во время чумы. Пляски на костях. Называлось это «наши, мужественно сжав зубы, продолжали... отдых». В средневековые были пиршества и блуд перед собственной смертью. Это право умирающих. Здесь — после смерти других. Это — глумление.

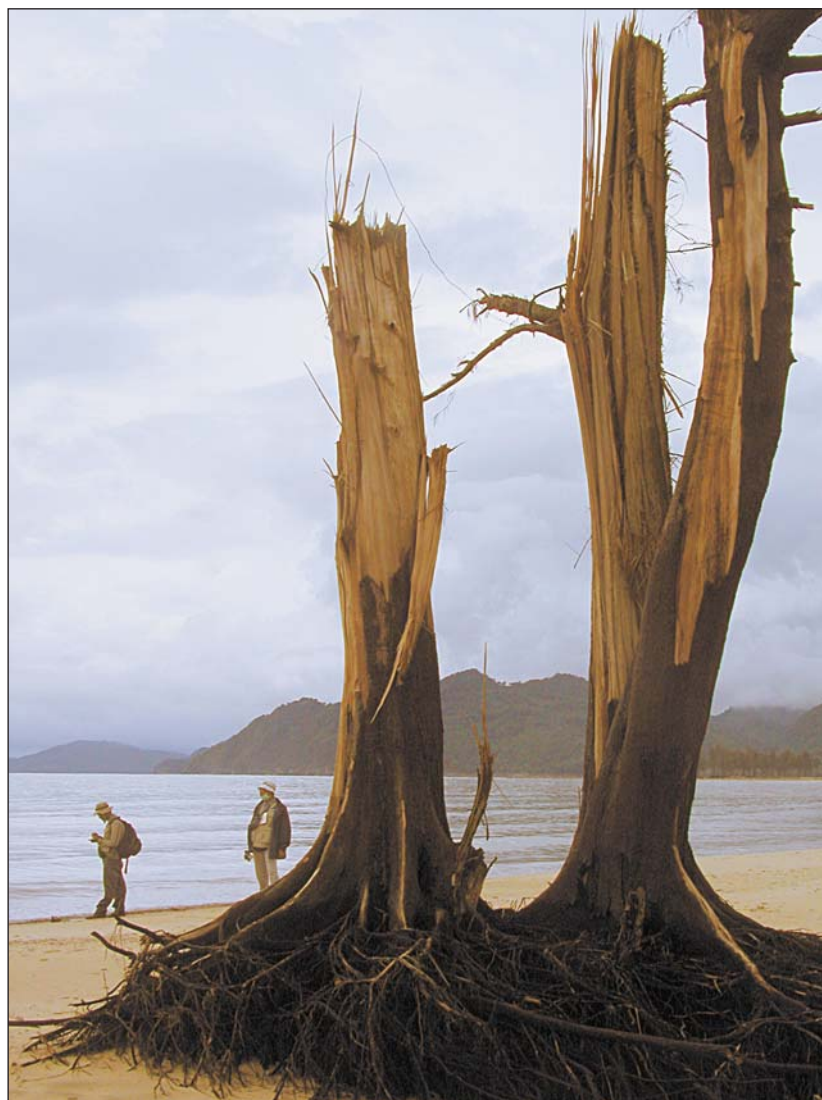
Другая поразившая картина, впечатанная в мозг телехроникой, — встающая до неба стена водной стихии и перед ее движущимся фронтом всматривающийся в нее крохотные фигурки человечков. Долгое, кажется, очень долгое время (хотя в действительности — секунды) — недвижные, околдованные, и лишь в последний момент кадра — бросающиеся бежать...

Единичные уцелевшие рассказывали, что перед первой волной вода внезапно отступила от береговой линии, оставив массу рыбы. Аборигены бросились ее собирать, туристы схватились за видеокамеры. (Как часто такое приходилось читать в описаниях прежних цунами. И везде с одним и тем же кон-

цом для рыбаков-любителей. История не учит.) Лишь часть европейцев, цунами никогда не переживавших, сразу поднялись на верхние этажи домов и тем спаслись.

Из тех, кто читал о землетрясениях или переживал их, многие замечали, что животные перед землетрясением ведут себя необычно, аномально (иногда за несколько часов и даже суток). В сообщениях с места последней катастрофы мы не видели трупов наземных животных. Сотрудники природного заповедника Яла на о.Шри-Ланка также отметили, что все животные, от слонов до кроликов, покинули опасные места. Вот и первобытные племена на Андаманских о-вах (всего около тысячи человек) сохранились. Эти охотники и собиратели, стоящие на ступени развития, соответствующей каменному веку, давно и сознательно изолированы от современной цивилизации, вплоть до запрета проникновения туристов в зону их проживания. У них как раз был сезон охоты на морских черепах. Ученые, уверенные в их гибели, забили тревогу. Но при облете их местообитания вертолет был обстрелян стрелами из примитивных луков. На одном из островов Индонезии полностью спаслось племя так называемых морских цыган, т.е. людей, кочующих вслед за миграцией морской рыбы. За несколько дней до цунами в прибрежных водах пропала рыба, а окружающие животные начали вести себя необычно. Это и послужило морским цыганам сигналом покинуть местообитание. Они ушли на возвышенную местность.

Как много, оказывается, в процессе цивилизации народы утеряли. Невосстановимо? Нет, не так. В США уже несколько десятилетий проводятся научные конференции по аномальному поведению животных, в том числе перед земными бурями. Зоопарки в городах и заповедники на природе исполь-



зуются как мониторинговые и исследовательские центры. В Японии, где проблемой также занимаются всерьез, недавно выпущена соответствующая книга с подзаголовком «От легенд — к науке», рекомендации которой, несомненно, трансформируются и в практические мероприятия. У нас такие наблюдения тоже неплохо начинались, особенно после Спитакского землетрясения, сегодня же совсем заглохли.

Но можно ли было использовать опыт и верования предков на берегах Индийского океана, где произошедшие землетрясения и цунами небывалые? Специалистам по экстремальным явлениям хорошо известен за-

кон уменьшения числа событий на единицу времени по мере увеличения их энергии. И не было оснований теоретически не допускать предельного по магнитуде землетрясения и соответствующего цунами в зоне сочленения Индийской и Аравийской плит, проходящей по внешней дуге Малайского архипелага. Сильные цунами на Суматре многократно отмечались, в том числе и разрушительные. Так, в 1799 г. высота волны цунами достигла 16 м, т.е. в основном гораздо больше, чем на этот раз. Почему же теперь столь громадны потери? Дело не только в высоте волны, но и в размерах очага землетрясения, породившего волны цунами, числе



повторных сильнейших толчков, а, соответственно, и в величине области распространения цунами. Если в 1833 г. катастрофическое цунами распространилось на участке побережья длиной 800 км, то последнее землетрясение имело очаг протяженностью 1200—1300 км, и цунами должно было охватить несравненно большую область. К тому же сильнейшие толчки возникали в разных частях протяженного очага, так что образовалась не одна, а шесть волн цунами

Ведущие державы, форсируя военно-морские исследования, отстали с геофизическим изучением этой опасной природной границы. Тем более, здесь еще не проводились палеосейсмологические наблюдения и изучение палеоцунами, с помощью которых можно установить высоту заплесков, затопливавшуюся площадь и интервалы повторения, т.е. оценить цунами-потенциал.

Что же выясняется? Моментальная магнитуда главного толчка достигла 9—9.3. Максимальная высота волны — 34.6 м. До сих пор шкала цунами ограничивалась пятью градациями (от нуля); теперь надо вводить еще одну — шестую. Около 300 тыс. че-

ловек погибло, среди них одна треть — дети. Это столько же, сколько от всех землетрясений в мире за последние 20 лет. Свыше 500 тыс. остались без крова. Только в Индонезии нуждаются в помощи около 1 млн человек, а 2 млн находятся под угрозой голода. По данным ЮНЕСКО, в подвергшихся стихии странах убытки исчисляются 13.6 млрд долл., на восстановление разрушенного фонда и инфраструктуры потребуется, наверное, десятилетие. Катастрофа такого масштаба в нынешних условиях неминуемо отражается на экономике, жизни и психологии людей во многих странах мира. Погибли около 6 тыс. иностранных туристов. Мировое сообщество обещало предоставить пострадавшим странам 4 млрд долл. (половина от Европейского союза, 1 млрд — за счет частных пожертвований). Пока поступило менее 1 млрд.

Ну и, конечно, вопрос, который в подобных случаях ставится обязательно, а ответ получает чаще всего невнятный или отрицательный. Можно ли было предвидеть такое экстремальное событие и предупредить о нем в реальное время? Наверное, ответы могут быть разные. Я отвечаю в меру своего знания.

В долгосрочном плане, коль скоро Индийский океан не был объектом специализированных сейсмологических (а тем более цунами) исследований, такие прогнозы дать было нельзя. А вот после того как землетрясение с предельной магнитудой возникло и во многих мировых центрах были получены сейсмические записи и началась их срочная обработка, предвидеть мощное цунами и рассчитать время прихода волн на разные берега было делом вполне осуществимым. Американские ученые из Центра прогноза и предупреждения цунами в Гонолулу (Гавайские о-ва) посчитали вероятность возникновения сильного цунами очень высокой и своевременно сообщили высшему руководству Индии и Индонезии. Но... ввиду отсутствия в этих странах системы оповещения и реагирования на цунамиопасность сигнал тревоги не дошел даже до представителей местной власти. Вообще ситуация представляется противоречивой. С одной стороны, американская администрация объявила Индийский океан зоной глобальных интересов США, с другой, ответственный представитель Центра прогноза, оправдываясь, ответил журналистам: «это не зона нашей ответственности».

Ныне это зона общемировой ответственности. На Всемирной конференции по уменьшению опасности стихийных бедствий 18—22 января сего года от имени ЮНЕСКО было сообщено о гибели за последние 10 лет около 850 тыс. человек. Из них около 300 тыс. от землетрясения и цунами 2004 г. Эксперты вновь и вновь призывают правительства тратить не менее 10% средств, требуемых на восстановление, на подготовку к стихийным бедствиям. Ожидают, что система предупреждения позволит сократить потери вдвое. В Индийском океане такая система обойдется в 30 млн долл. Скупым напоминают: они платят дважды. ■

Землетрясение у берегов Суматры

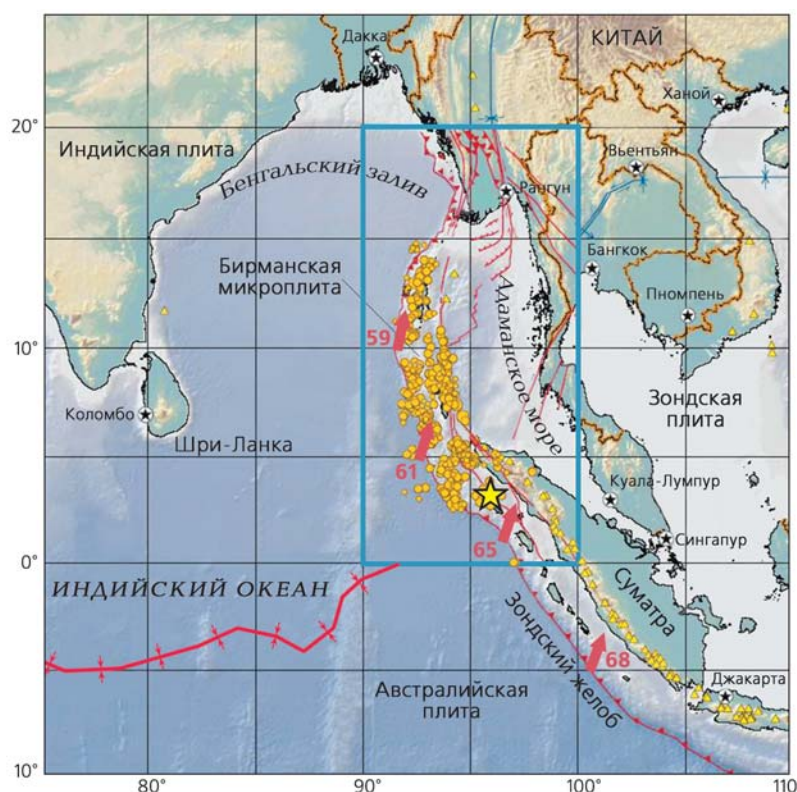
А.Д.Завьялов,
доктор физико-математических наук
Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН

Событие

Катастрофическое землетрясение в Юго-Восточной Азии произошло в воскресенье 26 декабря 2004 г. в 0 ч 58 мин 53 с по Гринвичскому времени (7 ч 58 мин 53 с по местному), в самый разгар рождественского курортного сезона. Его эпицентр находился в Индийском океане в 250 км к западу от северной оконечности о.Суматра (Индонезия). Очаг землетрясения имел глубину около 30 км и, по всей видимости, располагался в земной коре. Расчетная магнитуда оказалась равной 9. По величине магнитуды оно заняло четвертое место среди землетрясений, зарегистрированных за всю историю инструментальных сейсмических наблюдений, начиная с 1900 г. (табл.1).

Термины и понятия

Несколько слов о том, что же такое землетрясение. Землетрясение — слово русское, и поэтому смысл его ясен — трясение земли. Если быть более точным, то землетрясение — это колебания земной поверхности при прохождении волн от источника, находящегося внутри. По-

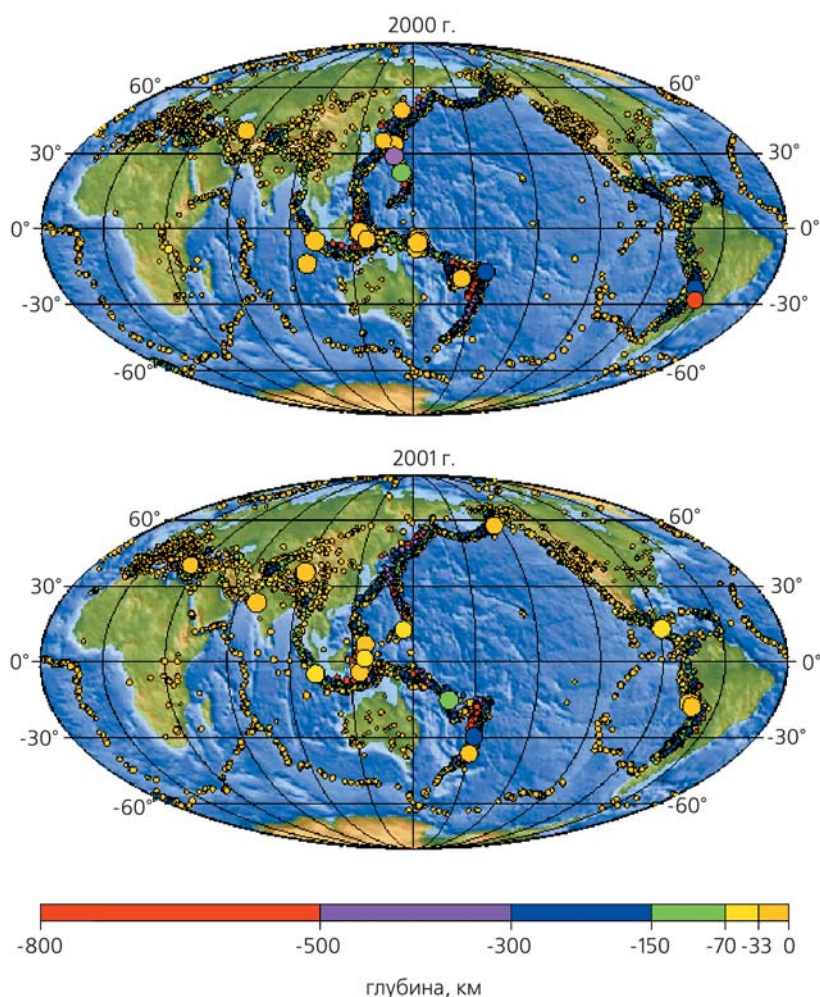


Тектоническая схема северо-восточной части Индийского океана, на которой показаны эпицентр (желтая звездочка) главного толчка землетрясения 26 декабря 2004 г. и его афтершоки (кружки) первых суток. Стрелки показывают скорости перемещения плит (мм/год). Ломаная линия обозначает зону океанической конвергенции Индийской и Австралийской плит.

Таблица 1

Сильнейшие землетрясения на Земле за последние 100 лет

№ п/п	Район	Дата по Гринвичу	Магнитуда	Географические координаты эпицентра	
1.	Чили	1960 05 22	9.5	38°24'ю.ш.	73°05'з.д.
2.	Принц Вильям Саунд, Аляска	1964 03 28	9.2	61°02'с.ш.	147°65'з.д.
3.	Андреановы о-ва, Аляска	1957 03 09	9.1	51°56'с.ш.	175°39'з.д.
4.	Вблизи Западного побережья о.Северная Суматра	2004 12 26	9.0	3°30'с.ш.	95°78'в.д.
5.	Камчатка	1952 11 04	9.0	52°76'с.ш.	160°06'в.д.
6.	Вблизи побережья Эквадора	1906 01 31	8.8	1°0'с.ш.	81°5'з.д.
7.	Крысьи о-ва, Аляска	1965 02 04	8.7	51°21'с.ш.	178°50'в.д.
8.	Ассам—Тибет	1950 08 15	8.6	28°5'с.ш.	96°5'в.д.
9.	Камчатка	1923 02 03	8.5	54°0'с.ш.	161°0'в.д.
10.	Море Банда, Индонезия	1938 02 01	8.5	5°05'ю.ш.	131°62'в.д.
11.	Курильские о-ва	1963 10 13	8.5	44°9'с.ш.	149°6'в.д.



Распределение землетрясений на планете в 2000 и 2001 гг. по данным Национального центра информации о землетрясениях США (NEIC).

гречески землетрясение — *σεισμος*. Отсюда и название направления в геофизике — сейсмология, изучающая землетрясения, их природу и закономерности распространения.

Если аккуратно нанести эпицентры всех зарегистрированных хотя бы за один год землетрясений на карту, то окажется, что их распределение по земному шару вполне закономерное. Подавляющее большинство происходит вблизи зон сочленения тектонических плит, слагающих земную кору — твердую оболочку нашей планеты, образуя так называемые сейсмические пояса: Тихоокеанский, Средиземноморский, Анатолийский, Памиро-Байкальский, Срединно-Атлантический и др. Наиболее активен Тихоокеанский. Именно в нем происходят сильнейшие землетрясения нашей планеты. Здесь, на одном из периферийных участков, в зоне сочленения Индийской, Австралийской, Бирманской и Зондской плит и возникло землетрясение 26 декабря 2004 г. Потенциальная энергия для него накопилась в результате движения (скорее, сопротивления движению) Индо-Австралийской плиты в север-северо-восточном направлении со средней скоростью 60—70 мм в год. В этом месте она сталкивается с Бирманской и Зондской плитами, кото-

рые мешают горизонтальному перемещению и заставляют ее погружаться в мантийный слой в зоне Зондского желоба.

По современным представлениям, землетрясение — следствие возникновения разрыва сплошности горных пород (гигантской трещины) или смещения одного борта относительно другого по уже существующему разрыву в глубинах земных недр. Такой разрыв распространяется, или, как говорят, прорастает со скоростью нескольких километров в секунду, а его борты при этом излучают упругие волны, которые достигают земной поверхности в течение нескольких секунд.

Что же служит причиной землетрясения? Современные геологические, сейсмологические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что землетрясения возникают в результате внезапной разрядки накопленных в области очага будущего события механических напряжений (высвобождение упругой потенциальной энергии). Возникновение напряжений — следствие эволюционного развития Земли как планеты. Энергия в очаге землетрясения снимается и перераспределяется в некотором окружающем разрыв объеме пород. Однако его границы, строго говоря, неопределимы и в сильной степени зависят от строения и напряженно-деформированного состояния земной коры. Не всякий разрыв излучает упругие волны в изучаемом сейсмологией частотном диапазоне (10^{-3} – 10^2 Гц), а лишь распространяющийся со скоростью нескольких километров в секунду.

При очень сильных землетрясениях вызвавшие их разрывы иногда достигают поверхности земли. В таких случаях говорят, что очаг вышел на поверхность. Длина разрывов при самых сильных землетрясениях достигает нескольких сотен километров, относительные смещения его бортов на поверхно-

сти (вертикальные или горизонтальные) — нескольких метров, а в некоторых исключительных случаях и нескольких десятков метров. Точка в глубине земли, где началось движение вызвавшего землетрясение разрыва, называется гипоцентром землетрясения, а проекция этой точки на поверхность — эпицентром. Но чаще всего очаг в виде системы разрывов располагается внутри земли, а его положение определяется косвенными методами, по разнице времен прихода в точки наблюдения (как минимум, их должно быть три) различных типов волн.

Для количественной оценки величины землетрясения предлагались разные меры, но самой практичной оказалась шкала магнитуд (M), которая позволяет достаточно просто сравнивать между собой разные землетрясения. Понятие магнитуды было впервые введено в сейсмологическую практику в 1935 г. американским сейсмологом Ч.Ф.Рихтером (1900–1985), который, в свою очередь, заимствовал этот термин из астрономии. Она характеризует величину землетрясения в его очаге (т.е. в глубине земли) и вычисляется на основании измерений амплитуды и периода сейсмических колебаний на сейсмических станциях. Наиболее проста для измерения величины силь-

ных землетрясений магнитуда M_s , вычисляемая по поверхностным волнам:

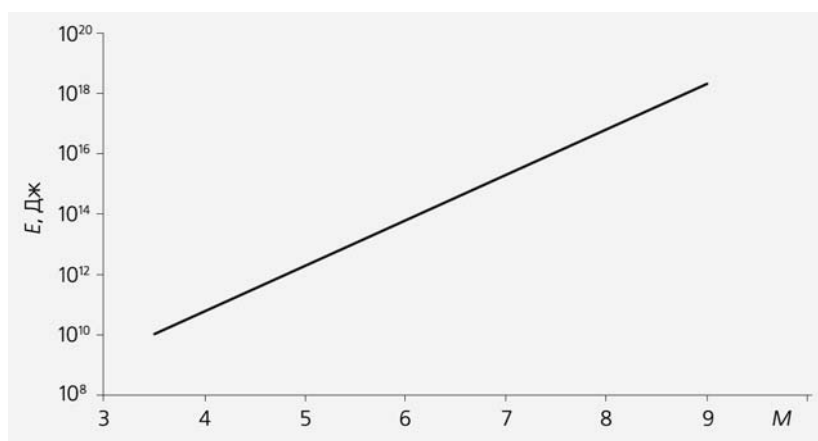
$$M_s = \lg(A/T) + B \lg \Delta + \epsilon, \quad (1)$$

где A , T — амплитуда и период колебаний в волне, Δ — расстояние от станции наблюдения до эпицентра землетрясения, B и ϵ — константы, зависящие от условий расположения станции наблюдения.

Применяются магнитуды и других типов, которые вычисляются на основании измерений продольных и поперечных волн при глубоких землетрясениях, при использовании регистрирующей аппаратуры с разными амплитудно-частотными характеристиками, по спектру или длительности колебаний.

Поскольку шкала магнитуд логарифмическая, то увеличение магнитуды на единицу означает десятикратное возрастание амплитуды колебаний (или смещения грунта) в сейсмической (упругой) волне. Нулевая магнитуда не означает отсутствие землетрясения. Так как нуль — логарифм единицы, то такое землетрясение записывается стандартным сейсмографом на расстоянии 100 км с амплитудой 1 мкм (0.001 мм).

Шкала магнитуд дает относительную силу землетрясения, но из нее мало что можно узнать о физических свойствах сейсмического источника. По-



Соотношение между магнитудой (M) и энергией (E) землетрясений.

этому рассчитывают также общую энергию E излучаемых очагом упругих волн. В первом приближении мы получаем

$$E = q(A/T)^2 t, \quad (2)$$

где t — время прохождения волн через точку регистрации, а коэффициент q учитывает геометрическое расхождение и поглощение энергии на пути от очага до станции наблюдения. Энергетическая характеристика землетрясения в отличие от магнитудной более обоснована физически, но ее прямое вычисление по записям сейсмических волн (сейсмограммам) затруднительно.

Из сопоставления формул (1) и (2) видно, что не должно существовать линейного соответствия между магнитудой и энергией землетрясения. Увеличение магнитуды на 2 единицы соответствует увеличению выделившейся энергии в 1000 раз.

Как отмечалось выше, магнитуда и энергия характеризуют силу землетрясения в очаге. В то же время разрушительные эффекты этого стихийного бедствия проявляются главным образом на поверхности земли. Интенсивность (I) сейсмических колебаний на поверхности исторически определялась шкалой сейсмической интенсивности, которая служит для установления степени воздействия сейсмических волн на земные объекты и для оценки ожидаемых параметров движения грунта при будущих землетрясениях с заданной интенсивностью сотрясений.

В России применяется 12-балльная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. Колебания интенсивностью до 4 баллов замечаются даже не всеми жителями и не приводят к разрушениям. Колебания в 5–6 баллов не только ощущаются населением, но приводят к появлению отдельных трещин в постройках; 7-балльное землетрясение уже может характеризоваться как сильное и приводить к разрушениям. Катаст-

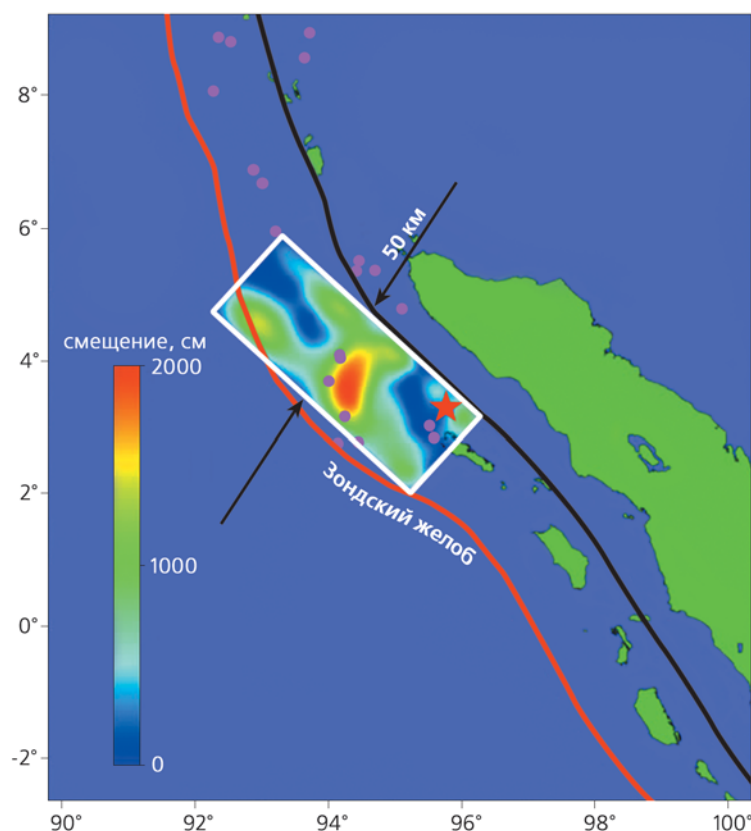
рофические землетрясения с интенсивностью сотрясений в 11 и 12 баллов практически полностью разрушают сооружения и изменяют рельеф местности.

Разрушительные 7-балльные колебания наблюдаются обычно при землетрясениях с магнитудой от 5.5 и на небольшом удалении от эпицентра. При сильнейших землетрясениях с магнитудами выше 8 они проявляются даже на расстояниях в 300–500 км от эпицентра. Чем ближе очаг землетрясения к поверхности, тем больше интенсивность колебаний в эпицентральной зоне, но в то же время она быстрее убывает с расстоянием. Неслучайно землетрясения интенсивностью до 5 баллов регистрировались на территории Европы, хотя их очаги располагались в Карпатах на глубине более 100 км. Пло-

щадь разрушений (S) растет при увеличении магнитуды землетрясения.

Что же произошло? Фактические данные

А теперь снова вернемся к землетрясению 26 декабря 2004 г. Сотрясения, вызванные этим землетрясением, ощущались с силой 8 баллов в провинции Банда-Ачех (северная оконечность о.Суматра), 5 баллов — в провинции Медан (восточное побережье о.Суматра) и 2–4 балла — в различных частях Бангладеш, Индии, Малайзии, Мальдивов, Бирмы, Сингапура, Шри-Ланки и Таиланда. По данным Геофизической службы Российской академии наук, расчетная сила сотрясений в эпицентре землетрясения составила 10–11 баллов. Выде-



Распределение величин смещений в очаговой области землетрясения (по Чен Джи). Звездочка — эпицентр основного толчка, кружки — афтершоки.

лившаяся энергия составила более 10^{18} Дж. Просадки поверхности и оползни наблюдались на о.Суматра, а 28 декабря, т.е. через два дня после землетрясения, начал извергаться грязевой вулкан на одном из Андаманских о-вов.

В результате землетрясения дно океана испытало резкий подъем на несколько метров, сыграв роль своеобразного поршня, что явилось причиной возникновения мощного цунами, ареал губительного воздействия которого, как правило, много больше, чем самого землетрясения.

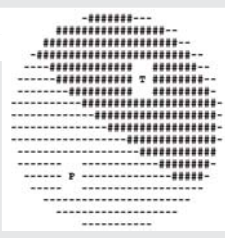
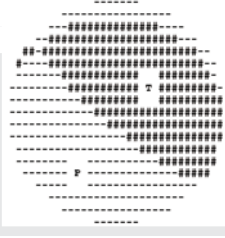
Наибольшее число погибших от землетрясения и цунами (по данным на начало февраля) приходится на Индонезию — 228 448 человек. По меньшей мере 30 959 человек погибли в Шри-Ланке, 10 749 — в Индии, 5 388 — в Таиланде, 150 — в Сомали, 82 — на Мальдивах, 68 — в Малайзии, 90 — в Бирме, 10 — в Танзании, 3 — на Сейшелах, 2 — в Бангладеш и 1 в Кении.

Надо отметить, что при этом землетрясении цунами не могло не возникнуть. По данным академика С.Л.Соловьева (1930—1994), одного из наиболее известных в России исследователей цунами, при интенсивности сотрясений дна океана уже в 8 баллов вероятность возникновения цунами составляет 0.98, т.е. явление можно считать практически неизбежным. Отсутствие службы предупреждения о цунами в Индийском океане сыграло свою роковую роль в гибели людей. Если бы такая служба в регионе была, то у нее было бы по крайней мере несколько десятков минут, чтобы оценить вероятность возникновения цунами и рассчитать возможные амплитуды волн в различных точках побережья, как это было сделано Тихоокеанской службой предупреждения о цунами для побережья Тихого океана.

Первые определения механизма сил, действовавших

Таблица 2

Данные о механизме очага землетрясения 26.12.2004 г.

Источник	Номер плоскости	Углы		Графическое представление
		простираания	падения сдвига	
Гарвард	1	329	8	
	2	129	83	
Геологическая служба США	1	274	13	
	2	130	79	

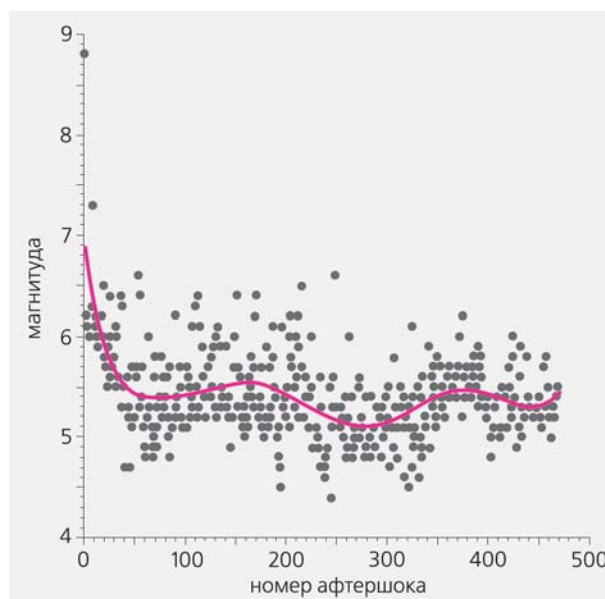
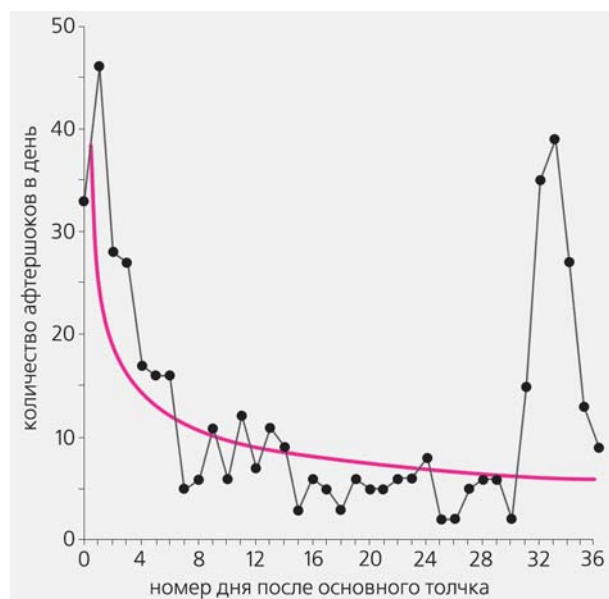
Примечание: Р — продольные волны, Т — поперечные волны.

в очаге произошедшего землетрясения, и подвижек блоков земной коры друг относительно друга в нем, основанные на анализе записей сейсмических волн, показали следующее. Подвижки могли произойти по двум плоскостям, одна (2) из которых крутопадающая, почти вертикальная, а другая (1) — пологая (табл.2). В табл.2 представлены решения, сделанные в двух различных научных центрах. Но их схожесть очевидна. Сейчас трудно сказать, по какой из плоскостей в действительности произошел подвижка. Для этого требуется привлечение дополнительных данных. Кроме того, тот факт, что эпицентр землетрясения находился в Индийском океане и возможные нарушения на поверхности недоступны для прямого изучения, вызывает дополнительные трудности при определении фактической плоскости разрыва.

Чен Джи (Chen Ji), сотрудник Калифорнийского технологического института, проанализировал первые 200 с сейсмограмм, записанных различными сейсмическими станциями, и рассчитал распределение величин подвижек в эпи-

центральной зоне землетрясения. Он установил, что разрыв распространялся в северо-западном направлении, совпадая с направлением Зондского желоба, со скоростью 2 км/с, и «оживил» его на протяжении 400 км. При этом максимальное смещение одного борта разрыва относительно другого составило 20 м. Положение зоны максимальных смещений Чен Джи связывает с наличием жесткого включения, что подтверждается возникновением вблизи северной границы разрыва пяти афтершоков, имевших магнитуды более 5. Кроме того, он отмечает совпадение положения жесткого включения с зоной поворота Зондского желоба на 30° к северу. По-видимому, для моделирования разрыва в очаге землетрясения необходимо использовать два сегмента с различным простираанием.

За месяц, прошедший со дня возникновения землетрясения в районе о.Суматра — Никобарские о-ва — Андаманские о-ва, было зарегистрировано около 500 повторных толчков. Самый сильный из них произошел в тот же день через 3 ч 20 мин



Графики зависимости числа афтершоков (слева) и их магнитуды от времени (по данным службы срочных донесений Геофизической службы РАН).

у Никобарских о-вов и имел магнитуду 7.1, т.е. по своей энергетике был примерно в тысячу раз слабее основного толчка. Уменьшение числа афтершоков в зависимости от времени, прошедшего после основного толчка, имеет классический вид и соответствует известному закону Омори, в то же время на графике распределения величин магнитуд повторных толчков наблюдается тенденция к уменьшению магнитуды. Эти данные позволяют говорить о малой вероятности повторения такого сильного землетрясения в этом районе. Произошедший через месяц «рой» включал около сотни повторных толчков и состоял в основном из более слабых событий с магнитудами от 6.2 до 4.8, энергетика которых в тысячи раз слабее главного толчка. Они, по-видимому, завершают процесс разрушения и выделения накопленной энергии в очаге.

Судя по распределению афтершоков в пространстве за прошедший месяц, длину разрыва в очаге главного землетрясения можно оценить в 1200—

1300 км, а его ширину — более 100 км. Много это или мало? Если наложить область произошедших афтершоков на западное побережье США, то она почти полностью покрывает штат Калифорния. Соизмеримую длину имел разрыв в очаге самого сильного из инструментально зарегистрированных землетрясений нашей планеты — Чилийского, произошедшего 22 мая 1960 г. и имевшего магнитуду 9.5 (табл.1).

Статистика и прогнозы

Вероятно, читателя интересует вопрос о том, а как часто происходят землетрясения такой силы? Сейсмология сравнительно молодая наука. Ей чуть более 100 лет. Но она накопила уже достаточный объем данных, чтобы сделать некоторые статистические выводы. Они со всей ясностью следуют из табл.3. Однако в ней не приведены данные о повторяемости землетрясений с магнитудой более 9. Совершенно естественно, что они случаются еще реже. С 1900 г. собы-

тий с такой магнитудой на Земле зарегистрировано всего 5.

Землетрясение 26 декабря 2004 г. произошло в весьма активном в сейсмическом отношении районе. Только здесь с 1900 по 2004 гг. зарегистрировано 19 событий с магнитудами более 7, т.е. в среднем — 1 землетрясение в 6 лет.

Возможно ли возникновение таких землетрясений в будущем? Нет оснований полагать, что среднегодовой темп выделения сейсмической энергии (табл.3), имевший место в XX в., существенно изменится в большую или меньшую сторону. Скорее всего, из-за огромных масштабов и инерционности глубинных процессов, протекающих в недрах нашей планеты, энергетика сейсмического процесса останется, по крайней мере, на прежнем уровне.

В середине 60-х годов прошлого века С.А.Федотов на основе изучения сейсмического режима Камчатки предложил концепцию сейсмического цикла. Было отмечено, что сильные землетрясения с магнитудами более 7.5 в одном и том же районе сейсмоактивной зоны воз-

никают в среднем через $\Delta T = 140 \pm 60$ лет. При этом их очаговые зоны не перекрывают друг друга, а последовательно заполняют всю площадь сейсмоактивного региона, образуя так называемые бреши — области, имеющие повышенную вероятность возникновения сильных землетрясений.

Впоследствии сейсмический цикл был установлен и для более слабых землетрясений. М.А.Садовский (1904—1994) получил эмпирическую зависимость длительности такого цикла от величины (магнитуды, или энергии) землетрясения:

$$\lg T_{\text{пер}} = 1/3 \lg E_{\text{Дж}} - 3.5.$$

Если принять, что энергия катастрофического землетрясения у берегов Индонезии равна $E = 10^{18}$ Дж (табл.1), то тогда характерное время повторения такого события в этом районе будет около 300 лет. Уточнить эту оценку в конкретном сейсмоактивном регионе можно, используя результаты изучения палеоземлетрясений и палеоцунами, которые значительно расширяют базу данных о сильных землетрясениях и делают

Таблица 3

Частота встречаемости землетрясений различных магнитуд по данным наблюдений с 1900 г.

Землетрясение	Магнитуда	Среднее число событий в год
Катастрофическое	≥ 8.0	1
Разрушительное	7.0—7.9	17*
Сильное	6.0—6.9	134*
Умеренное	5.0—5.9	1319*
Слабое	4.0—4.9	примерно 13 тыс.
Незначительное	3.0—3.9	примерно 130 тыс.
Очень слабое	2.0—2.9	примерно 1300 тыс.

* По данным наблюдений с 1900 г.

статистические прогнозы более надежными.

В России около 25% площади относится к сейсмоопасным зонам, где возможны сотрясения с интенсивностью более 7 баллов. Первое место по уровню сейсмической активности здесь занимают Камчатка, Курильские о-ва и о.Сахалин. По последним данным долгосрочного прогноза академика С.А.Федотова, в ближайшие пять лет с вероятностью около 40% в южной части Камчатки, от мыса Шипунский до мыса Лопатка, может произойти землетрясение с магнитудой более 7.7. На опасность

этого региона указывают результаты наблюдений и других исследователей, использующих набор различных сейсмологических предвестников. В зависимости от того, насколько далеко окажется гипоцентр землетрясения от г.Петропавловск-Камчатский, интенсивность сейсмических сотрясений на его территории может достигнуть величины 8—9 баллов. Поэтому в отпущенное природой время следует в первую очередь предпринять усилия по увеличению сейсмобезопасности, сейсмоустойчивости всех объектов городского хозяйства. ■

Использованная литература

- Соболев Г.А., Аносов Г.И., Антикаев Ф.Ф. и др. Сейсмические опасности / Отв. ред. Г.А. Соболев // Природные опасности России в 6 т. М., 2000. Т.2.
- WEB-страница Национального Центра Информации о землетрясениях Геологической службы США: http://www.neic.cr.usgs.gov/neis/eq_depot/2004/
- WEB-страница Геофизической службы РАН: <http://www.ceme.gsras.ru/>

Засекреченное цунами

Б.И.Пийп

Гигантская волна, вызванная землетрясением, почти полностью уничтожила город Северо-Курильск и множество поселков тихоокеанского побережья Камчатки и Курильских о-вов. По приблизительным оценкам, погибло около 5 тыс. человек, большинство из которых составляли военнослужащие и работники рыбообрабатывающих предприятий. Как и в случаях других катастроф в СССР, масштабы и последствия цунами 1952 г. были засекречены. Я просмотрел газеты «Правда» и «Известия» за ноябрь–декабрь 1952 г. и не нашел никакого упоминания о катастрофе (но нашел две заметки о Курильских о-вах, где описывались успехи социалистического строительства).

В то время мой дед, Б.И.Пийп, был начальником Камчатской вулканологической станции АН СССР, расположенной в пос.Ключи. С 17 по 30 ноября 1952 г. вместе с другим вулканологом А.Е.Святловским он участвовал в рейсе гидрографического судна, которое производило измерения высоты заплеска цунами на юге Камчатки и Северных Курилах. Я считал необходимым опубликовать выдержки из его дневника, которые переносят нас в то время, позволяя узнать некоторые подробности катастрофы.

А.Б.Белоусов,

кандидат геолого-минералогических наук

Институт морской геологии и геофизики

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

12 ноября 1952 г. Среда.

Поселок Ключи. Ясный, тихий зимний день с небольшим морозом. С воскресенья дожидаясь самолета, который по указанию секретаря обкома партии должен прийти за мной, чтобы увезти меня из Ключей в Петропавловск. Там, на юге, 5 ноября было губительное цунами, и областные власти заинтересованы получить побольше сведений об этом явлении.

13 ноября. Четверг.

Утром мороз -18° . День тоже ясный, солнечный. <...>

В 14 ч 30 мин вылетели из Ключей в Петропавловск....В половине пятого благополучно сели на аэродром в Елизово. <...> Снега здесь нет, если не считать редких клочьев кое-где среди травы. <...>

14 ноября. Пятница.

Стоит та же ясная, морозная погода. Утром поехал в обком партии. <...>

Здесь в обкоме, также как и раньше у летчиков, услышал много жутких подробностей о последствиях цунами. Самое ужасное — это срыв г.Северо-Курильска и гибель в нем нескольких тысяч жителей. Здесь уничтожено много домов, несколько

рыбозаводов. На Шумшу, поселения на котором расположены на высоком плоском берегу, строения и люди уцелели. На Шумшу пострадали только строения в селении Байково и в Козыревском. Мало пострадал мыс Васильева на Парамушире, несмотря на то, что низкий.

Рассказывают, что на Северо-Курильск примерно через 40 мин после первого сотрясения надвинулись две сейсмические морские волны. Первая была не особенно высокая, и она только залила первые самые низкорасположенные дома, вторая была очень высокая, как потом выяснилось, 10 м, которая и причинила главные бедствия. Уцелела небольшая часть города, расположенная на участках террасы, сохранились электро- и радиостанции. Радиостанция непрерывно передавала SOS, но как-то бестолково, так что Петропавловск ничего не мог понять. Самолет, прилетевший на рассвете к Парамуширу, обнаружил, что Северо-Курильск смыт, и весь пролив полон обломков домов, бревен, бочек и всего державшегося на воде, в том числе и людей. Приземлившийся самолет, сообщив первые сведения о несчастье, остался принимать следующие самолеты. К этому времени пришел приказ правительства об эвакуации всех ближних островов. Самолетами, а затем пароходами, были эвакуированы сперва женщины и дети, потом мужчины, а в заключение их вещи. К месту

несчастья приехал адмирал со штабом и съехались военные и торговые корабли. Основную массу уцелевших жителей увезли во Владивосток, а небольшую часть на аэродром в Елизово. Эвакуированные жители, говорят, по три дня не могли спать, вскакивали от каждого шороха ночью.

Рассказывают о многих трагических случаях. Например, двое моряков в трусах и тельняшках находились в воде, держась за обломки дома, с 5 ч утра до 5 ч дня. Когда их спасли, один из них, выйдя на берег, упал мертвым, а другой остался живым. Отец, залезший на крышу, не мог спасти дочь, оставшуюся на чердаке под крышей, которая сперва кричала, умоляла отца спасти, но затем замолкла. Трупы погибших море долго выбрасывало, усеивая ими берега.

Много подробностей рассказал Святловский, летавший на три дня в Северо-Курильск. Он сообщил, что следов особо сильного землетрясения на постройки Северо-Курильска он не заметил. Печи были разрушены только частично. Трещин в почве не было. Таким образом, землетрясение здесь проявилось 7—8 баллами. Высота цунами была около 12 м. <...>

15 ноября. Суббота.

С утра вдвоем со Святловским выехали в поселок Богородское в гидрографическую экспедицию. Этот поселок расположен недалеко от Индустриального, около одного из култучков Раковой бухты. Начальник части этой экспедиции Кучеров Иван Петрович охотно поделился имеющимися у него сведениями о цунами 5 ноября. Часто сведения добыты собственными исследованиями гидрографов, часто получены от других ведомств.

Разговаривая с Кучеровым, мы указали ему, что надо было бы исследовать бухты на восточном побережье Камчатки с целью установить действительную высоту волны и определить изменения и размеры разрушений в бухтах. Приняв во внимание наше пожелание и указав, что это совпадает с их намерениями, Кучеров обещал завтра снарядить и отправить гидрографическое судно и взять нас на борт. <...>

Позже я зашел в обком партии и, разговаривая с Соловьевым, узнал, что в обкоме недовольны кое-какими свободными высказываниями Святловского, в частности высказываниями о том, что американцы будто бы сумели предсказать или, во всяком случае, быстро указать местонахождение эпицентра цунами и предупредить о цунами все тихоокеанские острова и берега. Святловский, действительно, говорил мне и, наверное, рассказывал другим о беседе с адмиралом, который будто бы сказал, что американцы сумели предсказать цунами и сумели предупредить об этом за час все ближайшие острова и берега Тихого океана. <...> Позже относительно передачи американцами о цунами выяснилось, что Святловский не совсем



Борис Иванович Пийп (1906—1966).

Здесь и далее фото из архива Б.И.Пийпа

верно информировал меня. Первая их передача открытым текстом была в 5 ч 10 мин по петропавловскому времени (т.е. спустя 1 ч 10 мин после землетрясения), сообщившая координаты эпицентра $51^{\circ}58'$ с.ш. и 160° в.д. Вторая передача, уточнившая координаты, была в 6 ч утра: 51° с.ш. и 158° в.д. Московские координаты были 52° с.ш. и 160° в.д. Цунами в Северо-Курильск пришло через 40 мин после землетрясения. Первая волна была небольшая и залила только часть домов, вторая была катастрофическая.

17 ноября. Понедельник.

Прибыли на судно гидрографической экспедиции. В ожидании пока нас разместят по каютам, сидели в кают-компании и разговаривали с офицерами. Узнали еще некоторые подробности о цунами. На пристань экспедиции первая волна пришла в 7 ч 30 мин, вторая — примерно в 8 ч 15 мин. Высота ее была 115 см. В Северо-Курильске было около 15 тыс. жителей, погибло около 4 тыс. Сильные разрушения, смыв построек были на Парамушире еще в следующих местах: на мысе Рифовом, в погранпункте между мысом Рифовым и Северо-Курильском и на Океанском (ближе к мысу Васильева). На мысе Васильева волна была 4—5 м, но так как жилье расположено выше, то гибели людей не было. Неизвестны данные о волне в пунктах Шипунском, Кроноцком и на Командорских о-вах. <...> Вышли в рейс около 16 час. <...>



Высота заплеска цунами, м (цифры в скобках)
5 ноября 1952 г. на побережье Камчатки
и Курильских о-ов.

20 ноября. Четверг.

Находимся на погранзаставе на о. Онекотан. <...>

Военные, у которых мы сейчас гостим, первым делом стали рассказывать об извержении пика Креницына (южная часть о. Онекотан). Это извержение началось вечером 12 ноября. <...> Пока мы вели разговоры про извержение, солдат сбегал на «птицеферму» и приволок оттуда двух зарезанных кур для приготовления ужина. Оказывается, здесь обилие брошенной семьями эвакуированных офицеров разной живности. Перед эвакуацией хозяева раскрыли двери своих домов, разбросали

по полу зерно, выпустили всех своих кур, поросят, лошадей, коров и собак. Эвакуация происходила 8 и 9 ноября. <...> Приехавшую с мыса Васильева новую группу военных встречали лишь собаки да разбредшийся скот. <...> здесь на Онекотане погибло только 26 пограничников из 110 человек.

Пограничники, которые нас принимают, в момент цунами находились на мысе Васильева. Там высота волны была небольшая — метров шесть, так как аэродром находится над морем на высоте около 5 м, и он немного был залит водой. Здесь погибло три человека, погибло все подсобное хозяйство. Перед наступлением первой волны море отступило от берегов метров на 500, затем наступило первой небольшой волной, потом самой мощной волной и, наконец, опять более слабой волной. Первая волна пришла через 30 мин после землетрясения <...> Землетрясение на мысе Васильева ощущалось сильно. Все проснулись от сотрясения, качались висячие предметы, со стен упали портреты в рамках, долго звенела посуда, и многие печи получили трещины, а частью завалились. <...>

22 ноября. Суббота.

Около часу дня судно снялось с якоря и пошло к северо-восточной оконечности о. Онекотан с промером и другими гидрографическими работами.

Немного не дойдя до столба, одиночно торчащего в море (внизу хорошая столбчатая отдельность, по-видимому, базальт), корабль вновь бросил якорь. На виду стоянки заброшенная заснеженная застава, расположенная на высокой террасе, недоступной для цунами. <...> В море опять были спущены катер и шлюпка, и на них поехало много народа на берег. <...>

С рейда впереди на севере виден снежный, облитый солнцем Парамушир, влево от него одиночным конусом торчит о. Ширинки, а вправо вдали чуть проступает сквозь водную дымку океана не то Камчатка, не то северная оконечность Парамушира.

Часа через два, уже в темноте, вернулся катер с людьми. Привезли «трофеи» — кошку, курицу, две большие задние ноги свиньи и ряд других мелочей. Рассказывают, что застава была брошена внезапно, второпях. Оставлено много вещей и продуктов. В домах находили раскатанное тесто, сваренный студень и т.п. В казарме солдат оставлены мундиры, пять винтовок, два автомата и два ручных пулемета. В домах оставлены радиоприемники, одежда, полушубки, швейные машины, детские куклы. Брошены куры, кошки и собаки. Куры все, за исключением одной и то полуживой, подошли от холода и голода.

Эвакуация этой заставы, расположенной на высокой террасе, была малообоснованной, формальной, выполненной на основании общего приказа.

23 ноября. Воскресенье.

Ночь стояли на рейде, у мыса Васильева.

Самая южная оконечность Парамушира — это низменность высотой не более 5 м, которая вытягивается далеко в море и оканчивается группой построек и маяком среди них. Вглубь от мыса, за пустым пространством, которое занято аэродромом, возвышаются эллинги и постройки, в которых размещен полк. Еще дальше вглубь низменность сменяется невысокими холмиками, которые дальше переходят в склоны высоких гор. Вершины последних, к сожалению, в высоких облаках.

На берег съехало много народу, поехал туда и Святловский. Я не поехал.

В час дня люди вернулись на корабль. По рассказам картина событий получается следующая. Волна здесь не была сильно разрушительной. Она накрыла низменный выступ мыса с двух сторон. Ударной силой она обладала только с востока, со стороны океана, а с запада она поднималась спокойно. Высота ее с западной стороны, со стороны Охотского моря была 6 м (по съемке топографов), тогда как с востока измеренная высота колебалась от 4.5 до 6 м. Наиболее далеко волны прошли по понижению севернее аэропорта и селения, но встречи волн здесь не произошло.

Разрушения были только на одном месте, на подсобном хозяйстве. Высота цунами была здесь по измерению 6 м. Все постройки хозяйства, в том числе одно каменно-бетонное, были разрушены и унесены в море. В море унесло семь человек солдат, но их всех принесло снова обратно, и все они остались живы. Рассказывают про лошадь, которую унесло в море и которая проплыла вокруг мыса и вышла на берег с западной стороны невредимой. В общем, здесь на мысе Васильева погибло три человека, находившиеся в момент цунами на катере, катер был неуправляемый. Рассказывают, что эти люди жгли на катере костер, чтобы привлечь внимание пароходов, но ни один пароход их не подобрал.

Так как по рассказам наиболее сильные разрушения были на рыбокомбинате Океанском и на китобойной базе, где высота цунами, говорят, достигала 20 м, то командир отряда принял решение сходить туда. <...>

К бухте Океанской подъехали в сумерки. Быстро был спущен катер, и в числе нескольких человек команды поехал на берег и я. На берегу нас встретили два мужчины и женщина. Один из мужчин оказался директором Океанского рыбокомбината М.А.Берникидзе. Директор, когда мы представились ему и он узнал, что имеет дело с представителем Академии наук, начал тотчас же рассказывать историю событий.

Землетрясение началось ровно в 4 ч ночи. От сотрясения, продолжавшегося до прихода цунами через полчаса, начали разваливаться печи. Директор, убедившись, что опасаться следующих

сотрясений нет оснований, начал успокаивать народ и отдал уже распоряжение готовить бригады для ремонта утрот печей. Часто выходя в это время на улицу, директор увидел приближавшуюся стену цунами. Сообразив, что это означает, директор дал тревогу, и народ, кто только мог, стал спасаться бегством на соседний с комбинатом остро-конечный невысокий холм, называемый здесь «Дунькиным пупом».

Находясь на склоне холма, директор видел, что накрывшая огромный комбинат гигантская морская волна в несколько минут разрушила и смыла его. Волна была одна. На месте комбината остались руины и разбросанные остатки строений, машин, цистерн, котлов, содержимого складов и вышвырнутые катера. Много, что могло плыть, в том числе и люди, были оттянуты волной в море. Цунами был нацело разрушен огромный, протяжением 120 м, глубиной 7 м и шириной 6 м железобетонный мол, построенный еще японцами, большие блоки этого мола были смещены на 50—70 см в сторону по пути движения цунами. Благодаря молу уцелел пирс, хотя участками его сильно повредило и расшатало. Кран высотой около 6 м, стоявший на конце пирса, был сбит с основания и сильно накренился.

По словам директора, высота цунами была около 15 м, ибо волна, как он сам видел, накрыла на 2 м железобетонное здание цеха, находившегося на высоте 6 м от поверхности моря и имевшего высоту 7 м. <...> Потом мы пошли к его дому, стоящему у основания Дунькиного пупа. По поведению директора и его спутников было видно, что все они порядочно пьяные. В доме мы застали пирующую компанию. Это были в основном военные, которые приехали сюда, чтоб принять оставшееся от комбината имущество, и второй день беспрерывно пьянствовали. Заставили и нас сесть за стол, выпить водки и есть жареную свинину, сыр, капусту и другие даровые продукты, доставшиеся живым людям за счет большой катастрофы и гибели многих других. <...>

Здесь на Океанской было тысяча с небольшим человек народу, погибло около 500 человек. На соседней к югу (в 18 км) китобойной базе разрушения и урон в людях были еще больше. Из 300 человек там спаслись только 92 человека. Вся эта китобойная база была целиком уничтожена. <...>

24 ноября. Понедельник.

В 7 ч 30 мин выехали на катере снова в Океанскую. <...> Опять нас угощали водкой и завтраком. <...> Здесь, оказывается, сохранилось огромное количество скота и птицы: 66 коров, много свиней, уток и кур. Так как это все только остатки, то все это бесхозное, за которое никто не отвечает и, как даровое, оно широко поедается и раздается. Много роздано на пароходы, заходившие сюда, день и ночь свинина поедается директором и гостями, кур и уток едят досыта солдаты, а валя-



Разрушенные поселки тихоокеанского побережья Курил (ноябрь 1952 г.) — Онекотан (вверху) и Океанское.



На рейде г.Северо-Курильск (25 ноября 1952 г.).

ющихся на разрушенной территории животных поедают собаки, которых здесь тоже немало. <...>

На территории комбината в беспорядке валялись цистерны, груды досок, выброшенные катера, ящики с рыбными консервами, дохлые свиньи и ящики со сливочным маслом. Многие ящики с маслом были раскрыты и содержимое объедено собаками. Часто встречаются железные бочки со спиртом, которых здесь, говорят, раскидано около 90 штук. <...> На Океанской, по вычислениям двух топографических отрядов, работавших одновременно, высота волны не превышала 7.5 м. <...>

Вторым рейсом катер шел на китобойную базу Подгорный, и Святловский поехал ее осматривать. На китобойной базе, действительно, разрушения были еще более крупными. Здесь две волны сошлись за разделяющим их мысом и, встретившись, значительно подняли свою высоту. Здесь оказались разрушенными огромные краны для приемки китов. Краны были погружены на 3/4 в землю и, тем не менее, их вывернуло и искорежило. Краны, по грубой оценке весившие 140 т, были перемещены на 40 м в сторону. Волна шла с востока-юго-востока. Судя по тому, что к радиостанции, стоящей на высоте 19.5 м, был принесен кунгас, и с самой радиостанции была снесена крыша, высота волны в этом месте была несколько больше 20 м. <...> По всей видимости, большую роль в увеличении высоты цунами, кроме глубины, играют очертания и рельеф береговой линии. <...>

25 ноября. Вторник.

На рейд Северо-Курильска пришли в час ночи. Сильно качает. Утром злющая пурга и сильное волнение в проливе. Спустить катер и высадить на берег магнитолога рискнули только в полдень.

У меня было намерение бегло осмотреть и сфотографировать остатки бывшего Северо-Ку-

рильска, но в такую погоду от этого намерения пришлось отказаться. Особой необходимости в посещении Северо-Курильска нет, так как здесь 7 и 8 ноября был Святловский, который детально все осмотрел и сфотографировал.

Из впечатления, вынесенного при беглом осмотре общего вида бывшего Северо-Курильска с мостика корабля, можно отметить следующее. Город был расположен у подножия горного склона. Слева, т.е. с востока, границей города была седловина, идущая от невысокого остроконечного холма (опять и здесь называемого «Дунькиным пупом») к высокому горному склону. Место это находится около самой узкой части 2-го Курильского пролива. На другой стороне совсем рядом располагается о.Шумшу, который представляет собой чуть приподнятый щит с не очень высокими обрывистыми берегами. На виду у Северо-Курильска находятся бухта Хатаоки с поселком и комбинатом Байково и Козыревский с комбинатом, который располагался на низменном берегу и был целиком смыт. <...>

Из бросившихся мне в глаза разрушений в Северо-Курильске запечатлелись три трубы, возвышавшиеся над обрушившейся длинной крышей. Перед ними, ближе к морю, остались стоять невредимыми два высоких водонапорных бака. Возможно, сохранению баков способствовали ажурные фермы, поддерживавшие баки.

Высота волны здесь, по измерению гидрографов, была 10 м.

26 ноября. Среда.

Утро встретило нас на рейде мыса Лопатка. <...>

После завтрака на катере поехали к мысу. Сильный накат, высадка на шлюпке. Топографы выскочили, но промокли, мы со Святловским не решились высаживаться. На катер приехали люди

с маяка просить соли и махорки. Оставив топографов на берегу, катер с прибывшими людьми ушел обратно к кораблю.

Распрашивая прибывших людей о цунами, установили, что волна здесь была порядка 10—12 м. Разрушений и гибели людям она не принесла, так как все постройки, в том числе и маяк, расположены на поверхности вала, высота которого колеблется от 40 до 60 м. На восточном берегу, к северу от построек, находился кран для приема грузов. Он находился на высоте 9 м от воды и цунами был вырван с места и свален. На западном берегу Лопатки рядом с прибойной полосой находилось два озера с пресной водой. Цунами залило эти озера, и теперь образовалось одно озеро, соединившееся с морем. У озера находились на привязи несколько ездовых собак: все они погибли.

К обеду приехали обратно на корабль топографы. Высота волны по точному измерению оказалась 14,5 м, т.е. опять весьма высокая. <...>

Жители Лопатки каждый день ощущают землетрясения, сегодня, они говорят, у них ощущалось два землетрясения. Отсюда видны северные вулканы Парамушира, Алаид и на Камчатке — Камбальная и Кошелева сопки. Дыма или извержения этих вулканов жители Лопатки не замечали.

27 ноября. Четверг.

С утра стоим на рейде между о.Уташут и бухтой Инканош.

После завтрака отправились на катере на о.Уташут. Собственно, это не один остров, а группа скалистых островков. Южный остров представляет крутосклонную куполовидную скалу, недоступную для высадки. Со стороны океана высятся утесной скалой еще один недоступный островок. Более северный островок с западной стороны представляет вогнутый травянистый склон, куда мы и высадились. На склоне были найдены выброшенные цунами бревно и полоска свежих морских водорослей. По ним топограф определил высоту цунами 9 м.

28 ноября. Пятница.

Ураганная с 9-балльным ветром погода. Временами с запада набегают снежные облака и закрывают пургой окрестности. Стоим на рейде. <...>

29 ноября. Суббота.

Около 4 ч дня остановились на рейде в бухте Асача. Быстро были спущены катер и шлюпка, и на нем, как обычно, поехали топографы, магнитолог и из нас, геологов, я.

Сыплет снежок. Море тихое и видимость очень небольшая.

Топографы разыскивали по разным следам уровень волны цунами, которая оказалась только 5 м. Я тоже осмотрел следы, которые оставил цунами. Ольховник, росший на берегу, остался таким же, как был. Кое-где поломаны сучья, но кора

и стволы остались целыми. Не видно было повреждений и на отдельных березах среди ольховника. Широкое поле шеломайника среди ольховников оказалось как бы скошенным. Торчали лишь стволы дудок шеломайника на высоте до 5 см над почвой. Кое-где на кустах ольховников торчали застрявшие пучки старой травы и морских водорослей...

Пошли дальше, к бухте Вилучинской. Сюда пришли около 12 ч ночи и стали на якорь.

30 ноября. Воскресенье.

Пасмурно, тихо, сыплет снежок. Из-за плохой видимости высадка на берег состоялась только в 9 ч утра.

На низменном мысу у северного берега бухты располагалась рыболовная база Главкамчатрыбпрома. Здесь было много строений, часто железобетонных, и деревянный пирс. Теперь все строения оказались смытыми, пирс очутился под водой и примерно половина косы исчезла. Людей теперь здесь нет (из 80 человек, говорят, погибло 40). Один из спасшихся рассказывал в Петропавловске о трещине, образовавшейся перед приходом цунами, вдоль которой половина косы стала сползать под воду, о высокой стене цунами с ярким серебристым гребнем и т.п. Спасшихся людей вывезли, теперь здесь бродят только одичавшие собаки. <...>

Высота волны, по определению топографов, была 5,5 м.

Эта бухта Вилучинская, еще до этого, в 1946 г., была ареной другого трагического события — снежной лавины, которой были уничтожены строения и люди на той же самой косе, которая теперь была смыта цунами. <...>

Прибыли в Петропавловск около 4 ч дня. <...>

1 декабря. Понедельник.

С утра также ясная, бесснежная и сравнительно теплая погода.

Алексеев (второй секретарь Камчатского обкома КПСС) рассказал на словах, что произошло во время цунами на Камчатке. Здесь погибло около 200 человек, и неизвестное число людей пропало без вести. Последнее потому, что плохо была поставлена система прописки. В бухтах севернее Петропавловска урон был следующий. В Халактырке смыло три дома, погибло несколько человек. В Налычево смыло всю деревню, но жители все спаслись, убежав на заставу. Та находилась на возвышенности. На месте деревни образовались три больших протоки Налычевой. Деревня Жупаново сохранилась, так как находилась на возвышенном месте. В бухте Ольга, в Кроноках, смыло склады нефтеразведки, и там погибло девять человек. <...>

Позже ко мне зашел познакомиться инженер геофизической группы Богачевской нефтеразведки, специалист по сейсморазведке И.Д.Верескун.

Он рассказал много интересного о проявлении цунами в бухте Ольга.

Во время цунами 5 ноября Верескун был на берегу залива в устье Ольги и сам наблюдал цунами. Толчок в 4 ч утра здесь ощущался весьма сильно. Разрушились печи, падали со стен висячие предметы и сильно раскачивались сами постройки. После толчка море, всегда шумное здесь, стало необыкновенно тихим. Сразу же после толчка вода стала медленно отступать от берегов. Отступление продолжалось довольно долго, несколько минут. Затем столь же медленно море стало наступать и медленно надвинулось на берег, поднявшись метра на полтора над нормальным уровнем. До построек и складов, находившихся на высоте около 15 м над уровнем моря, вода не дошла. Это был первый, низкий вал цунами. Затем море вновь стало медленно отступать и опять столь же медленно наступало, дав второй гребень цунами, высотой около 3 (?) м. Наконец, после третьего отступления, море вновь стало медленно наступать, но на этот раз с шумом, и вдали на море показался в виде высокого вала третий гребень цунами. Это вал был разрушительным; высота его, судя по тому, что вода достигла поверхности террасы с отметкой 15 м, была 15 м. Этим валом были снесены склады и дома Богачевской нефтеразведки, порчено все сейсмическое оборудование сейсморазведки. Один жилой дом, в котром находились муж и жена, был поднят на гребень цунами, разломан и затем половина дома, в которой находился муж, залезший на чердак, была выброшена на сушу, а вторая половина дома, где находилась жена, была унесена в море, где женщина погибла. Всего здесь погибло 11 человек. <...>

2 декабря. Вторник.

Ночью выпал первый снежок, и Петропавловск принял зимний вид. <...> С утра вместе со Святловским побывали на гидрометеостанции (ГМС). Встретили здесь и долго беседовали с начальником ГМС В.А.Новским и Е.А.Коляда.

Новский рассказал, что судно «Изумруд», шедшее в 4 ч утра 5 ноября около Шипунского мыса, испытало сильную встряску моретрясения. Это судно было первым, которое поймало SOS Северо-Курильска, переданное открытым текстом всем судам, находившимся в районе Северо-Курильска: всем судам следовать в Северо-Курильск для оказания помощи, Северо-Курильск под водой. <...>

Затем от Коляды мы получили конкретные сведения о цунами в бухтах севернее Петропавлов-

ска. Они немногочисленны. В селении Халактырка смыт один и повреждено два дома. Водой затопило, но не повредило около 13 домов (1/3 селения). Люди искали спасения на склоне. Погибло три человека.

На мысе Изменном (около Петропавловского маяка со стороны океана) по измерениям Батурина (начальника гидрографического управления) высота волны, судя по измерению обледеленной каймы, была 5 м.

На Семячике наблюдатель метеостанции после первого сотрясения отметил приход трех сейсмических морских волн. Период их около 30 мин. Высота вала 10–12 м. Смело пирс. В Петропавловск морская волна пришла через 32 мин после первого сотрясения. Периодическое колебание уровня с максимальной высотой 70 см хорошо выражено на мареографе, после максимума — спад на 10 см и т.д. Третий подъем был максимальный.

Мыс Шипунский. Вал 12 м.

Поворотный мыс — 10 м.

Мыс Пиратков (Топорков) — 10–11 м. Смыт дом метеостанции.

Бухта Жирова — 6 м. Разрушен 16-квартирный железобетонный дом и смыты все дома.

Озерная — разрушения в комбинате. Народ убежал в горы, но им ничего не угрожало. <...>

Послесловие

Многие разрушенные поселки и пограничные заставы так и не были восстановлены. Население островов сильно сократилось. Северо-Курильск отстроили заново, отодвинули его от океана, насколько позволял рельеф. В результате он оказался в еще более опасном месте — на конусе выноса грязевых потоков вулкана Эбеко, одного из самых активных на Курилах. Население города на сегодняшний день около 3 тыс. человек. Катастрофа инициировала создание в СССР службы предупреждения о цунами, которая сейчас находится в печальном состоянии из-за нищенского финансирования. На этом фоне выглядят смешными заявления российских властей, что, имея такую службу, мы застрахованы от катастрофы, подобной цунами 2004 г. в Юго-Восточной Азии. На данном этапе наша главная «страховка» — почти полное отсутствие населенных пунктов на тихоокеанском побережье страны. ■

А.Б.Белоусов

Экология

Экология ядерной энергетики

Вопреки многим опасениям, такой мощнейший, никогда ранее не отмечавшийся паводок, который случился в декабре 2003 г. на р.Рона (Франция), оставил на пахотных землях Пти-Камарга отложения с очень незначительным уровнем радиоактивности. Такого заключения Института радиационной и ядерной защиты и безопасности, полученное на основании проведенных исследований. Ф.Рено (Ph.Renaud), директор лаборатории этого института, крайне удивлен этими результатами, поскольку на Роне стоят четыре атомных электростанции и три исследовательских центра. Это обстоятельство позволяет называть Рону «самой ядерной» рекой в мире.

Пробы отложений, взятые в Арле, показали присутствие цезия и кобальта, но в очень малых концентрациях. В 1994 г. речные воды в паводок принесли отложения, загрязненные плутонием, источником которого был завод по переработке ядерного топлива в Маркуле. Очевидно, что со времени закрытия этого завода в 1997 г. Рона становится все более чистой рекой.

Sciences et Avenir. 2005. №695. P.36 (Франция).

Космические исследования

Фобос и Деймос проходят перед Солнцем

До недавних пор еще ни разу с космического аппарата не велись прямые наблюдения какого-либо естественного спутника чужой планеты во время его прохождения перед Солнцем. Это касается даже спутников Марса, изученных весьма

детально. А ведь результаты таких наблюдений могут способствовать уточнению эволюции орбит марсианских «лун».

Положение существенно выправилось благодаря операциям, проведенным американскими марсоходами «Spirit» и «Opportunity» в марте 2004 г. по команде с Земли: 4 марта Деймос вызвал микрозатмение Солнца, быстро пройдя по его диску; 7 марта за ним последовал Фобос. Приборы обоих марсоходов еще до этого были направлены в сторону Солнца. Велись беспрецедентные панорамные съемки, фиксировалась реакция марсианской разреженной атмосферы на ослабление солнечного света.

Трудность эксперимента состояла в его крайней кратковременности: Деймос проходит по диску светила всего за 50—60 секунд, а Фобос за 20—30 секунд! Хотя с Марса Солнце выглядит примерно на треть меньше, чем с Земли (сказывается удаленность Красной планеты), при наблюдении с Марса его «луны» столь невелики, что даже Фобос перекрывает всего около половины солнечного диска.

Astronomy and Geophysics. 2004. V.45. №3. P.3, 28 (Великобритания); www.marsrovers.jpl.nasa.gov/gallery/press/opportunity/20040308a.html

Астрофизика. Информатика

Вся астрофизика — в Интернете

Исполнилось 10 лет существования в Интернете астрофизической системы данных ADS (Astrophysical Data System). Эта реферативная система (ее адрес www.ads.harvard.edu) предназначена для использования во всем мире. По состоянию на июль 2004 г. она содержит более 3.7 млн библиографических ссылок. Кроме того, в нее входит около 2.6 млн страниц и 340 тыс. статей, опубликован-

ных в журналах с 1821 г. по настоящее время.

Количество постоянных (более 10 запросов в месяц) пользователей превысило 10 тыс. человек. Общая сумма запросов, поступающих в сеть каждый месяц, около 2 млн. За такой же период пользователи получают примерно 1.5 млн сканированных страниц текста, хранящегося в памяти системы.

Важным обстоятельством следует считать и то, что ADS связана с другими провайдерами астрофизической и близкой к ней информации; таких связей насчитывается 6.8 млн. С этой системой работают почти в 100 странах мира. Чтобы облегчить пользователям сотрудничество, ADS завела 11 «зеркальных» сайтов, расквартированных в Аргентине, Бразилии, Чили, Китае, Великобритании, Франции, Германии, Индии, Японии, России и Южной Корее. Расходы по содержанию системы взяло на себя НАСА США, первоначально создавшее собственную службу аннотаций, впоследствии переросшую в ADS.

Astronomy and Geophysics. 2004. V.45. №3. P.3, 7 (Великобритания).

Организация науки. Метеорология

Награда за метеорологические исследования

Японский научно-благотворительный фонд «Асахи» наградил своей премией «Голубая планета» американского специалиста по химии атмосферы Сьюзен Соломон (S.Solomon) — ведущего сотрудника Национального управления США по изучению океана и атмосферы. Начаты ею в 1980-х годах работы по исследованию роли хлорфторуглеводородов в разрушении озонового слоя Земли привели в конце концов к за-

прету производства этих веществ, до того широко применяемых в холодильной, электронной и косметической промышленности. С тех пор состояние озоносферы начало стабилизироваться. Соломон является сопредседателем Международного межправительственного комитета по изменению климата, который активно способствует мерам, предотвращающим массовое загрязнение воздушной среды.

Другим лауреатом премии «Голубая планета» за 2004 г. стала врач Гро Харлем Брундтланд (G.H.Brundtland), бывший премьер-министр Норвегии, а затем — глава Всемирной организации здравоохранения при ООН. На посту руководителя Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию она способствовала созыву в 1992 г. первого Саммита Земли, который способствовал усовершенствованию механизмов международного сотрудничества в вопросах экологии.

Лауреаты получили почетные грамоты и медали, денежная часть премии для каждой из них составила 460 тыс. долл. США.

Science. 2004. V.305. №5680. P.39 (США).

Ихтиология

Рыбка-малютка

Впервые эту крошечную рыбку поймал в 1979 г. сотрудник Австралийского музея в Сиднее Дж.Лейс (J.Leis), но одного экземпляра, да еще плохо сохранившегося, для официального признания было мало. Теперь в руках ученых есть уже несколько образцов этого существа, обитающего в коралловых лагунах у восточных берегов Австралии.

Подробное научное описание рыбки (по-латыни — *Schindleria brevipinguis*) составили американские ихтиологи У.Уот-

сон (W.Watson; Национальная служба морского рыболовства в Ла-Холье) и Х.Дж.Уокер (H.J.Walker; Скриппсовский институт океанологии в Сан-Диего). Отныне во всех справочниках шиндлерия бревипингуис будет значиться как рекордсмен по миниатюрности: тело самца в длину не превышает в среднем 7 мм. Наиболее представительная из имеющихся в коллекции, беременная самка «намного» крупнее: ее длина достигает 8.4 мм при массе всего 1 мг. Можно только удивляться, как эволюция привела к появлению таких малюток, не встречаемых более не только среди рыб, но и среди любых иных позвоночных.

Рыбка принадлежит к числу педоморфов; это означает, что взрослые особи сохраняют основные характеристики строения личинок. Срок жизни шиндлерии столь же мал, сколь и размеры: всего через пару месяцев после рождения ей уже пора покидать сей мир. Ни зубов, ни чешуи у нее нет: природа, видимо, решила, что при такой краткой жизни она сможет обходиться и без них. Про окраску что-нибудь сказать трудно — пигмент встречается только в глазах.

Science. 2004. V.305. №5683. P.472 (США).

Метеорология

Космический прогноз стихийных бедствий

Национальное управление США по изучению океана и атмосферы разработало проект NPOESS (National Polar-Orbiting Operational Environmental System — Оперативная система наблюдения за средой с помощью ИСЗ на полярной орбите). Первый из искусственных спутников этой системы, снабженный телеметрическим оборудованием, предстоит запустить в 2009 г.

Получение данных о состоянии природной среды в глобальных масштабах позволит улучшить прогноз катастрофических стихийных явлений, в том числе метеорологических и вулканических, а также послужит целям сельского хозяйства, рыболовства и судоходства.

О своем участии в этом проекте ранее уже заявили страны Европейского Союза и Японии. В июле 2004 г. к ним присоединилась Индия, которая создает одну из 15 наземных станций для приема информации от телеметрических приборов, находящихся на спутниках этой системы; возможно, в будущем Индия также поставит часть их бортового оборудования.

Осуществление этого проекта обойдется примерно в 4.5 млрд долл. США.

Science. 2004. V.305. №5680. P.27 (США).

Археология

Игры римских легионеров

Как проводили свободное от боевых действий время солдаты крепостных постов, размещавшихся по границам Римской империи? Группа американских и ирландских археологов после изучения материалов, полученных при раскопках развалин крепости Абу Ша'ар, которая была сооружена в XIV в. в пустынной части Египта, пришла к заключению, что солдаты проводили свой досуг в играх. Археологи обнаружили около 20 игровых площадок (вход на которые разрешался по специальным жетонам), а также большое помещение для развлечения. Из гипсовой глыбы солдаты вырезали столы прямоугольной формы — переносные или врытые в грунт. Игры проводились на развитие военной смекалки, ловкости, силы.

La Recherche. 2004. №381. P.18 (Франция).

Миссия «Cluster», восставшая из огня подобно Фениксу

Л.М.Зеленый, Е.Е.Григоренко

После первого неудачного запуска ракеты «Ariane-5», потерпевшей катастрофу практически на старте в июне 1996 г., четырехспутниковая система «Cluster» Европейского космического агентства была, наконец, запущена летом 2000 г. носителями «Союз—Фрегат» с космодрома Байконур. Цель миссии «Cluster» — исследовать земную магнитосферу и установить, какое влияние оказывает на нее солнечная активность. О преимуществах многоспутниковых измерений для решения проблем магнитосферной физики, о приборах, которые работают на спутниках, о том, что нового удалось узнать о магнитосфере благодаря этому проекту, и пойдет речь в наших статьях.

Немного истории

Уже с самого начала космической эры ученые сознавали, что все процессы, происходящие в ближнем космосе, связаны между собой. Так, активные процессы на Солнце могут вызывать целую цепочку явлений сначала в межпланетной среде (образование сгустков ускоренной плазмы, движущихся к Земле), а затем уже и в околоземном космическом пространстве

© Зеленый Л.М., Григоренко Е.Е.,
2005



Лев Матвеевич Зеленый, член-корреспондент РАН, лауреат премии Гумбольдта, директор Института космических исследований РАН, профессор Московского физико-технического института. Область научных интересов — теория токовых слоев и пересоединения в бесстолкновительной плазме, турбулентность и процессы переноса в космической среде. Член ряда международных научных организаций, включая Международную академию астронавтики.



Елена Евгеньевна Григоренко, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института ядерной физики им.Д.В.Скобельцына МГУ и Института космических исследований РАН. Занимается исследованием механизмов распространения солнечных космических лучей в межпланетной среде и ускорения плазмы в магнитосфере Земли. Входит в группу российских ученых, участвующих в анализе данных миссии «Cluster-2».

(сильную деформацию магнитного поля Земли, ускорение частиц, пополняющих радиационные пояса, магнитную бурю). Чтобы установить связи между различными процессами и изучить их динамику, необходимо вести синхронные измерения на нескольких спутниках, находящихся в разных точках космического пространства. Запуск многоспутниковой миссии — технически очень сложная и дорогостоящая задача. Вот почему первые подобные измерения были выполнены лишь спустя почти 20 лет после запуска первого

искусственного спутника Земли. «Первой ласточкой» в этом направлении исследований космоса был американский проект ISEE (International Sun-Earth Explorer — Международный солнечно-земной исследователь). Три его спутника были запущены 12 августа 1978 г.; два из них находились близко друг к другу (на расстоянии порядка нескольких сотен километров), а третий располагался далеко от этой пары, как правило, вне земной магнитосферы («ISEE-C», рис.1). Основной задачей этой миссии было исследование влияния Солнца на околоземное космическое пространство: изучались структура плазмы солнечного ветра вблизи Земли и ударной волны, возникающей при взаимодействии солнечного ветра с земной магнитосферой; процессы, происходящие в плазменных слоях магнитосферы; излучение, генерируемое солнечными вспышками. Измерения, выполненные спутниками «ISEE», впервые позволили разделить пространственный и временной эффекты в наблюдении физических процессов (подробнее об этом речь пойдет далее). Благодаря этому проекту были открыты такие важные явления, как движение границы плазменного слоя магнитосферы и движение внешних границ самой магнитосферы. Было обнаружено, что у плазменного слоя есть пограничная область — исключительно важный регион, через который идет перенос энергии и импульса плазмы из дальних областей магнитосферы к Земле. К сожалению, очень малые дистанции между спутниками не позволили исследовать структуру космических объектов в разных масштабах, а недостаточно высокое временное разрешение препятствовало изучению быстротекущих процессов. Тем не менее, данный проект помог значительно продвинуться в понимании физики околоземного пространства и открыл перспективы для будущих многоспутниковых исследований.

Следующей многоспутниковой миссией, также предназначенной для исследования магнитосферы и межпланетной среды вблизи Земли, стал российский проект «Интербол», в реализации которого, помимо России, участвовало еще 17 стран и космических агентств. В состав «Интербола» входили две пары спутник—субспутник (рис.2). Первая пара — спутник «Интербол-1» («Хвостовой зонд») и субспутник «Магион-4» — стартовала 2 августа 1995 г. с космодрома Плисецк. Она двигалась по вытянутой эллиптической орбите с апогеем 190 тыс. км и наклоном 62.8° [1]. Орбита пересекала экваториальную область хвоста магнитосферы на расстояниях от Земли порядка нескольких десятков земных радиусов, что позволило исследовать процесс взаимодействия плазмы солнечного ветра с внешней оболочкой магнитосферы и следить за развитием магнитных суббурь. Дистанция между спутниками пары изменялась в процессе полета от нескольких сотен до ~10 тыс. км, благодаря чему удалось изучать как

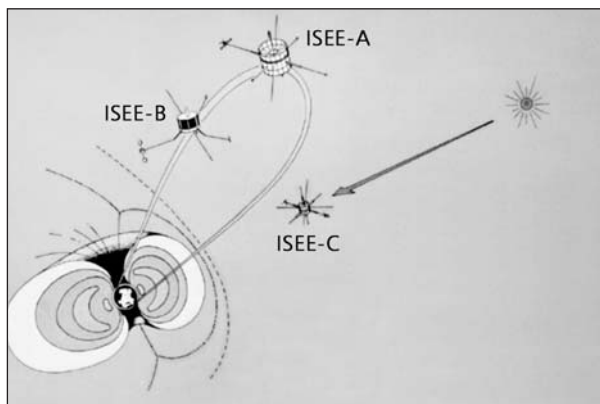


Рис.1. Расположение орбит спутников проекта ISEE.

волны и плазменные структуры небольшой протяженности, так и крупномасштабные явления. Пара «Интербол-1»—«Магион-4» выполняла систематические измерения параметров плазмы, магнитного поля и волн в магнитосфере, магнитосферном хвосте и над авроральной областью до октября 2000 г.

Вторая пара спутников проекта «Интербол», состоящая из спутника «Интербол-2» («Авроральный зонд») и субспутника «Магион-5» была запущена 29 августа 1996 г. на эллиптическую орбиту с апогеем 20 тыс. км и наклоном 62.8°. Она была предназначена для исследования авроральной области и полярных каспов, исключительно важных участков магнитосферы, через которые частицы солнечного ветра проникают внутрь магнитосферы. К сожалению, к осени 1999 г. «Интербол-2» потерял ориентацию, однако данные от этой пары поступали еще до января 2000 г. За годы своей работы «Интербол-2» дал много ценной информации по физике авроральных явлений.

Миссия «Интербол» по праву может быть названа первой реальной попыткой исследования мелкомасштабных структур в околоземном кос-

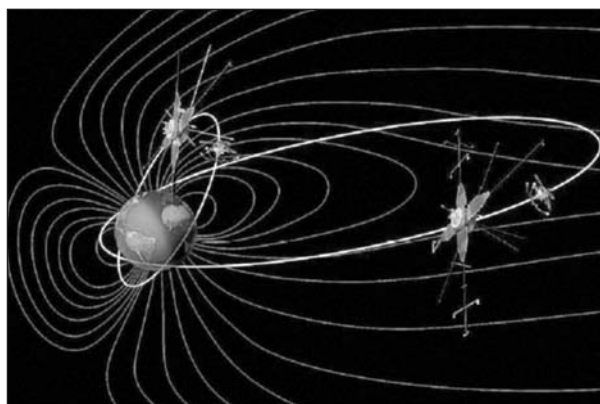


Рис.2. Спутники проекта «Интербол»: Авроральный и Хвостовой зонды.

мическом пространстве многоспутниковым методом. На основе измерений, полученных в рамках проекта, уже опубликовано более 500 научных статей и защищены десятки диссертаций, но черту подводить пока рано, так как работа с данными «Интербола» продолжается. Этот проект не только расширил наши знания о магнитосфере и об обтекающем ее солнечном ветре, но и выявил «слабые места» миссии и тем самым стимулировал дальнейшую разработку многоспутниковых методов. Так, например, с помощью «Интербола» было невозможно следить за развитием космических процессов в трехмерном пространстве. Из-за того, что измерения производились только в двух точках пространства, представление о структуре объекта и его движении можно было получить лишь для одного направления. Этот недостаток планировалось устранить в готовящейся Европейским космическим агентством (European Space Agency, ESA) миссии «Cluster», которая должна была производить измерения уже в четырех точках пространства четырьмя идентичными спутниками, образующими в пространстве правильный тетраэдр.

Перипетии запуска

Проект «Cluster» был задуман ESA как часть амбициозной Солнечно-Земной научной программы (Solar Terrestrial Science Programme, STSP), предназначенной для изучения влияния на околоземную среду активных процессов, которые происходят на Солнце. Другой частью этой программы стал проект SOHO (Solar Heliospheric Observatory — Солнечная-гелиосферная обсерватория), который успешно стартовал в 1995 г. Совместная работа спутников «Cluster» и SOHO должна была обеспечить мониторинг всей цепочки процессов, начинающейся непосредственно в солнечной атмосфере и далее, через межпланетную среду, заканчивающейся в атмосфере Земли. Четыре спутника «Cluster» должны были быть одновременно выведены на промежуточную геостационарную орбиту европейской ракетой-носителем «Ariane-5». Запуск состоялся 4 июня 1996 г. с космодрома Куру (Франция). К несчастью, ракета взорвалась через 37 с после старта, и обломки спутников упали в болота, окружающие стартовую площадку. Казалось, что это — безнадежный конец десятилетним усилиям по подготовке миссии. Однако уже в июле того же года ESA предложило воссоздать этот уникальный научный проект по крайней мере на одном спутнике. Ему дали соответствующее его судьбе название «Феникс», в честь мифической птицы, которая умирает в огне и возрождается из пепла. Проект «Феникс» включал один спутник, на котором должны были быть те же приборы, что стояли на погибших спутниках «Cluster». Так как все приборы, входя-

щие в состав первой миссии, были изготовлены в двух экземплярах, на подготовку повторного проекта потребовалось уже значительно меньше времени и денег. К середине 1997 г. все приборы прошли испытания и новый спутник «Феникс» был готов к запуску. Но в ESA признавали, что один спутник никогда не даст той научной информации, которую можно было получить с помощью четырех аппаратов, и научные задачи, которые были поставлены перед миссией «Cluster», не будут решены. Фактически проект «Феникс» позволил бы всего лишь повторить многочисленные односпутниковые измерения, которые проводились в околоземном пространстве в течение последних десятилетий. И тогда, несмотря на ограниченность бюджета, ESA приняло решение о воссоздании миссии «Cluster» в полном объеме, т.е. в составе четырех спутников. Новый проект был назван «Cluster-2»; запуск запланировали на 2000 г. — год ожидаемого пика солнечной активности. На этот раз решили не рисковать и доверили запуск и выведение спутников на орбиту российской ракете «Союз» (одной из самых надежных ракет в мире, с помощью которой на околоземную орбиту было выведено свыше 1500 пилотируемых и непилотируемых аппаратов). В качестве разгонного блока (четвертая ступень) использовался российский модуль «Фрегат». Было решено, что четыре аппарата «Cluster-2» будут запущены парами с космодрома Байконур. Первая пара спутников была благополучно выведена на орбиту 16 июля 2000 г., а 9 августа того же года так же успешно стартовала и вторая пара.

Полет комплекса «Союз—Фрегат» проходил в четыре стадии (рис.3). Вначале ракета поднималась вертикально вверх в течение 8 с (необходимое время для удаления от стартовой площадки на безопасное расстояние). Затем «Союз» отклонился к востоку и полетел над Сибирью. Все это время полет контролировался российскими станциями слежения. Спустя 1 мин 58 с после старта отделилась первая ступень (в ясный день отделение и падение ступени можно видеть со стартовой площадки Байконура); началась вторая стадия полета, которая продолжалась 1 мин 40 с и завершилась отделением второй ступени на высоте 170 км. Практически сразу после этого включились двигатели третьей ступени, которые работали в течение следующих 4 мин. К концу третьей фазы полета комплекс «Союз—Фрегат» вышел на баллистическую траекторию и достиг высоты 220 км. Через 5 с после отделения третьей ступени от носового модуля, содержащего четвертую ступень («Фрегат») и пару спутников «Cluster», были включены основные двигатели «Фрегата», и он вывел блок со спутниками на эллиптическую орбиту с апогеем 18 038 км, перигеем 251 км и наклоном 64,9°, затем «Фрегат» начал вращаться, чтобы стабилизировать спутники «Cluster-2» перед их отделением (рис.4).

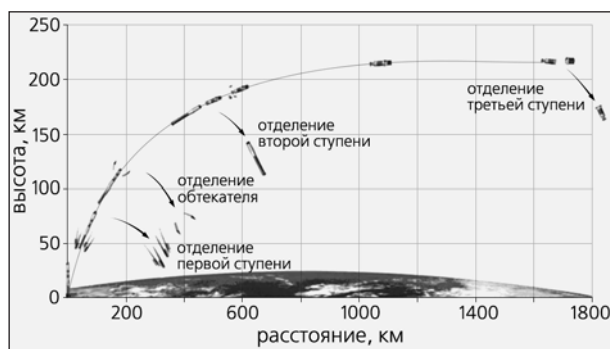


Рис.3. Стадии полета модуля «Союз—Фрегат».



Рис.4. Заключительная стадия полета модуля Фрегат: выведение очередной пары спутников «Cluster» на рассчитанную орбиту.

На этом работа «Фрегата» была завершена; спустя 90 мин после старта с Байконура спутники «Cluster-2» окончательно отделились от четвертой ступени ракеты-носителя, и вскоре их индивидуальные сигналы зарегистрировала шведская станция слежения в Кируне. Теперь спутники были готовы приступить к маневрам, благодаря которым оказались на расчетных орбитах. Честно отслуживший «Фрегат» сошел с орбиты и через 6,5 ч после старта с Байконура упал в Атлантический океан к востоку от Южной Америки.

Так же штатно прошел и второй запуск, и все спутники заняли предназначенные им места.

Зачем нужны четыре спутника?

Итак, проект «Cluster-2» состоит из четырех одинаковых спутников, образующих в пространстве правильный тетраэдр (рис.5). Расстояния между спутниками всегда одинаковы, однако могут быть изменены в пределах от нескольких со-

тен до нескольких тысяч километров — размер тетраэдра делают большим или меньшим в зависимости от конкретных научных задач. Какие новые возможности для исследования космического пространства открываются благодаря такой конфигурации?

Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к современным проблемам космической физики и, в первую очередь, к проблемам физики земной магнитосферы. Магнитосфера Земли — это гигантская магнитная полость в плазме солнечного ветра, которая образуется за счет обтекания солнечным ветром магнитного диполя Земли. С дневной стороны Земли магнитосфера поджата из-за давления набегающего потока солнечного ветра. Во время сильных солнечных вспышек, когда к Земле с большой скоростью движутся потоки частиц, граница дневной магнитосферы может приблизиться к Земле вплоть до расстояния ~35 тыс. км. С ночной стороны Земли магнитосфера сильно вытянута и простирается более чем на миллион километров, образуя так называемый геомагнитный хвост. В земной магнитосфере существуют различные плазменные режимы и протекают сложные процессы накопления и высвобождения энергии. Магнитосфера защищает нас от непосредственного воздействия потоков высокоэнергетичных заряженных частиц, но в то же время в ней могут развиваться мощные магнитные бури, влияющие на живые организмы и технику. Земную магнитосферу можно рассматривать как гигантскую плазменную лабораторию, где происходят такие процессы, которые невозможно воссоздать в земных условиях, но можно изучать в космических экспериментах. Вот почему эта сложнейшая и загадочная область, окружающая Землю, представляет огромный интерес как для прикладных, так и для фундаментальных физических исследований. За время, прошедшее

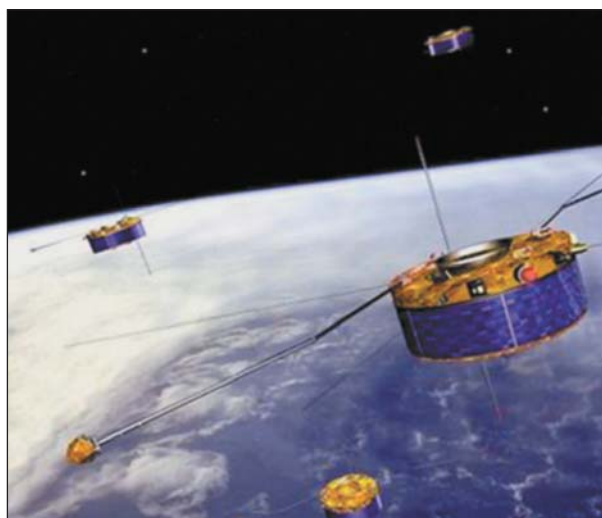


Рис.5. Квартет «Cluster-2».

с момента первых запусков в космос научно-исследовательских аппаратов, удалось понять в целом общую структуру магнитосферы, выделить области с различными характеристиками плазмы и магнитного поля, создать модели, в среднем неплохо описывающие глобальную конфигурацию полей и свойства плазмы, по крайней мере для ближней к Земле части магнитосферы. Но несмотря на богатейший экспериментальный материал, который был накоплен за эти годы, загадок в магнитосферной физике стало не меньше, а, скорее, даже больше. Новые открытия ставили перед учеными новые вопросы, требующие более «тонких», детальных исследований.

Одна из самых больших трудностей в исследовании магнитосферных процессов заключается в необходимости надежно разделять пространственные и временные эффекты при наблюдении конкретного явления. Эта проблема возникает, когда измерения производятся в одной точке пространства, т.е. одним спутником, как это чаще всего случалось до сих пор. Если параметры среды, в которой находится спутник, изменяются, то невозможно понять, за счет чего это происходит: то ли среда сместилась в пространстве, и ее место заняла уже другая плазма, с другими характеристиками (пространственный эффект), то ли среда осталась прежней, но ее характеристики действительно изменились со временем (временной эффект). У одноточечных измерений есть и другой существенный недостаток — таким способом невозможно изучать пространственную структуру магнитосферных объектов, особенно таких важных участков, как границы, разделяющие области с разными характеристиками плазмы и магнитного поля. Благодаря возможности изменять расстояния между спутниками «Cluster-2» (их сведению и разведению), ученые смогли решать две разные задачи: во-первых, изучать мелкомасштабные структуры и изменения в околоземной среде и, во-вторых, получать информацию об общей картине того или иного процесса. И, наконец, с помощью одного аппарата очень трудно измерить плотность электрических токов в плазме — исключительно важную характеристику, которая несет информацию о свойствах и динамике границ, разделяющих области с различными плазменными режимами. Одновременные измерения магнитного поля в четырех точках пространства, осуществляемые спутниками «Cluster-2», впервые позволили определять плотность электрического тока.

Как измерить электрический ток в космосе?

Как известно, электрический ток есть упорядоченное движение заряженных частиц. В проводах бытовой электросети ток переносят электроны, в электролитических батареях — ионы, а вот

в космической плазме вклад в электрический ток вносят как ионы, так и электроны. Таким образом, плотность электрического тока в космической плазме J может быть вычислена, если известны концентрация и скорость* ионов (n_i, v_i) и электронов (n_e, v_e):

$$J = e(n_i v_i - n_e v_e),$$

где e — заряд электрона.

С борта одного спутника, конечно, можно считать, сколько ионов и электронов находится в кубике пространства, т.е. найти их концентрации. Можно также определить скорость ионов. А вот измерение направленной скорости электронов оказалось технически очень сложной, часто невыполнимой задачей из-за высокой тепловой скорости этих частиц, на фоне которой очень трудно выделить небольшую среднюю скорость их упорядоченного движения. Поэтому вычислить плотность тока в космической плазме через концентрации и скорости переносящих его заряженных частиц удается достаточно редко. Единственный метод, который здесь можно использовать — найти плотность тока J из закона Ампера, т.е. с помощью связи между силой тока и величиной изменения магнитного поля, которое производит протекающий в нем ток. Но чтобы измерить изменение магнитного поля и определить J , даже в самом простом «одномерном» случае необходимы два спутника «1» и «2»; J тогда вычисляется по формуле

$$\mu_0 J = \frac{B_1 - B_2}{r_1 - r_2},$$

где $r_1 - r_2$ — расстояние между спутниками «1» и «2»; B_1 и B_2 — индукции магнитного поля, измеренные этими спутниками; μ_0 — магнитная проницаемость вакуума.

Однако все природные объекты трехмерны, и в реальном случае, чтобы найти плотность тока, необходимо знать, как изменяется магнитное поле в пространстве. Для таких измерений нужны уже четыре спутника: один спутник выбирается «центральным», и изменения магнитного поля измеряются между ним и каждым из трех соседних спутников, т.е. по трем направлениям в пространстве. Однако такой метод (он называется курлометром [2]) можно использовать лишь в том случае, если все четыре спутника находятся внутри токовой структуры и если плотность тока не меняется в пределах объема, заключенного внутри тетраэдра из них. Маленькие расстояния между спутниками «Cluster-2» (порядка нескольких сотен километров) позволяют определить плотность тока в большинстве магнитосферных объектов. В трехмерном случае выражение для ком-

* Имеется в виду средняя скорость упорядоченного движения частиц.

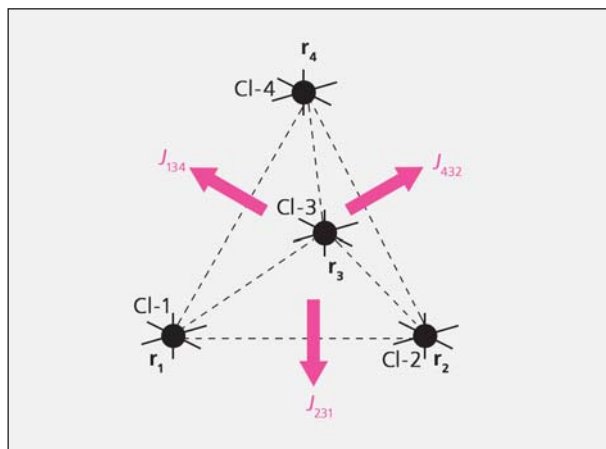


Рис.6. Схематическая иллюстрация измерения плотности электрического тока методом «курлометра».

понент средней плотности тока J_{ij} , протекающего через пространство, которое заключено внутри тетраэдра из спутников (рис.6), будет иметь вид

$$\mu_0 J_{ij}(r_3, r_{3j}) = \Delta B_{3i} r_{3j} - \Delta B_{3j} r_{3i},$$

где r_{3i} и ΔB_{3i} — соответственно расстояния и разность индукций магнитного поля между «центральной спутником» (в данном случае это спутник №3) и остальными тремя спутниками (индексы i, j соответствуют номерам этих спутников: №№1, 2, 4).

Итак, проект «Cluster-2» впервые позволил достаточно надежно измерить плотность тока в магнитосферных объектах (правда, при каждом таком вычислении в расчет должна быть заложена хотя бы грубая модель предполагаемого явления). Но этим параметром далеко не исчерпывается список характеристик космической плазмы, которые удалось установить благодаря ему.

Парад приборов

Что же за научная аппаратура установлена на спутниках «Cluster-2»? Каждый спутник имеет форму цилиндра с диаметром 2.9 м и высотой 1.3 м; вес его 1200 кг. Причем научная «начинка» весит всего лишь 71 кг, остальная часть общей массы приходится на двигатели и топливо, которые необходимы для корректировки орбиты в процессе полета, а также для изменения расстояний между спутниками. На всех спутниках установлен одинаковый комплект аппаратуры, состоящий из 11 научных приборов, которые производят измерения напряженности электрического и магнитного полей, потоков ионов и электронов, а также ионного состава окружающей плазмы. Рассмотрим вкратце, как работают некоторые из этих приборов.

Пространственно-временной анализатор флуктуаций поля (Spatio-Temporal Analysis of Field Fluctuations, STAFF) является одним из пяти приборов, предназначенных для измерения волн в плазме. Главная задача прибора STAFF — измерение спектральных характеристик волн и магнитной компоненты электромагнитных флуктуаций с частотой в диапазоне 40—4000 Гц внутри ударной волны [3]. Измерение магнитной компоненты электромагнитных волн осуществляется тремя ортогональными детекторами (рис.7), которые укреплены на жесткой стреле, вынесенной за борт. Детекторы (индукционные магнетометры), измеряющие B_y - и B_z -компоненты напряженности магнитного поля, ориентированы в плоскости вращения спутника, третий детектор (измеряющий B_x -компоненту) параллелен оси вращения. Каждый детектор содержит два соленоида. Принцип работы магнетометра прост: переменное магнитное поле, существующее в окружающем космическом пространстве, создает электрический ток в соленоиде, величина этого тока измеряется, и по ней на основе закона Био—Савара определяется магнитное поле. Главные технические трудности — это калибровка измерений на четырех спутниках и синхронизация их во времени. Тем не менее, разработчики прибора добились большой точности: ошибка определения магнитной индукции не превышает 0.1 нТ.

Феррозондовый магнетометр (FluxGate Magnetometer, FGM) измеряет квазипостоянную составляющую магнитного поля. Принцип измерения состоит в следующем: по одному из соленоидов течет переменный ток, магнитное поле которого вызывает перемагничивание сердечника по симметричному циклу и появление гармонического сигнала во втором, измерительном соленоиде. Но если на сердечник действует еще и внешнее магнитное поле, симметрия цикла нарушается и сигнал в измерительной цепи изменяется (появляются высшие гармоники). Такие магнетометры



Рис.7. Пространственно-временной анализатор флуктуаций поля.

обладают очень хорошей чувствительностью. Прибор установлен на пятиметровой штанге [4]. Он производит измерения магнитного поля с высокой частотой: до 67 измерений в секунду.

Анализатор высокочастотных и звуковых волн (Waves of High frequency and Sounder for Probing of Electron density by Relaxation, WHISPER) имеет основной целью измерение плотности заряженных частиц (в частности электронов) в диапазоне 0.2—80 частиц/см³ [5]. Второстепенная задача прибора — измерение электрической компоненты плазменных волн в частотном диапазоне 4—80 кГц с разрешением в 300 Гц. Данные о плотности плазмы, полученные с четырех аппаратов, позволяют выделять различные плазменные области в магнитосфере, изучать их форму и устанавливать характер движения их границ. Для измерения плотности плазмы в приборе WHISPER реализован радарный метод: 50-метровыми проволочными антеннами испускаются короткие радиопульсы с разными частотами, последовательно принимающими все значения из частотного диапазона прибора. Если частота излучаемой волны совпадает с плазменной частотой колебаний заряженных частиц в окружающем пространстве, возникает резонанс, и амплитуда колебаний частиц плазмы резко возрастает по сравнению с естественным фоном, который имел место до испускания волны прибором. Такой сигнал детектируется приемной антенной, фиксируется частота излучения, на которой наступил резонанс, и по формуле, связывающей концентрацию с плазменной частотой колебаний ω_p , определяется концентрация электронов n_e : $n_e = \omega_p^2 m_e / 4\pi e^2$, где e — заряд электрона, m_e — масса электрона.

Измеритель потока электронов и электрического тока (Plasma Electron And Current Experiment, PEACE) регистрирует электроны в широком диапазоне энергий: от 0.7 до 30 000 эВ с высоким временным разрешением: весь энергетический диапазон для всевозможных направлений прихода частиц (в поле зрения 4π) сканируется за 2 с, что соответствует половине периода вращения спутника вокруг своей оси [6]. Эти измерения производятся двумя детекторами, установленными на противоположных сторонах каждого спутника. Один детектор, названный Анализатором низкоэнергичных электронов (Low-Energy Electron Analyser, LEEA), измеряет поток электронов в диапазоне энергий от 0.7 до 10 эВ. Второй детектор — Анализатор высокоэнергичных электронов (High-Energy Electron Analyser, HEEA) — поток электронов с энергиями до 30 тыс. эВ. В обоих детекторах используется одна и та же стандартная методика на базе полусферического электростатического анализатора. Такой анализатор представляет собой конденсатор, пластины которого имеют форму концентрических полусфер. К ним подается напряжение от блока питания (он имеется на каждом спутнике), и возника-

ющее электрическое поле изменяет траекторию влетающих в анализатор заряженных частиц, заворачивая их, причем отрицательно заряженные частицы (электроны) и положительно заряженные частицы (ионы) поворачивают в разные стороны. Так как анализатор имеет полусферическую форму, только частицы одного знака (в зависимости от знака напряжения) получают шанс пройти через анализатор. Кроме того, для заданной величины напряжения, подаваемого на полусферы, только частицы определенной энергии (точнее, в общем случае многозарядных частиц, с определенным отношением энергии E к заряду частицы Q) смогут пролететь через анализатор, не притянувшись к полусферам. Они попадут на микроканальную пластину — электронное устройство, способное регистрировать сигнал от каждой частицы, подсчитывать число частиц, попавших на единицу площади пластины в единицу времени, и определять, таким образом, поток частиц данной энергии. Кроме того, современные микроканальные пластины позволяют фиксировать направление прилета частицы, которое рассчитывается по координатам частицы, упавшей на пластину. Изменяя с некоторым шагом величину подаваемого напряжения, можно просканировать весь желаемый энергетический диапазон и найти величину потока частиц для всех выбранных энергий. Поле зрения каждого из детекторов, согласно их геометрии, составляет 180°, но благодаря вращению спутника вокруг своей оси удастся покрыть весь диапазон углов (за время, равное половине периода вращения — 2 с).

Ионный спектрометр для «Cluster» (Cluster Ion Spectrometry, CIS) (рис.8) регистрирует трехмерное распределение ионов по скоростям (концентрацию ионов, движущихся с данной скоростью в данном направлении) с высоким временным разрешением (за 4 с) и массовый состав ионной компоненты окружающей плазмы [7]. Эти задачи невозможно решить с помощью одного детектора, поэтому прибор CIS состоит из двух различных детекторов: Анализатора горячих ионов (Hot Ion Analyser, HIA) и Времяпролетного анализатора состава и функции распределения ионов (time-of-flight ion Composition and Distribution Function analyser, CODIF). В состав обоих детекторов входят полусферические электростатические анализаторы, предназначенные для измерения потоков ионов в энергетическом диапазоне от 5 до 32 000 эВ. Для определения массового состава прибор CODIF выполняет времяпролетный анализ ионов, прошедших через электростатический анализатор. Ионы с заданным отношением энергии к заряду, E/Q ускоряются дополнительной разностью потенциалов $U = -25$ кВ и попадают на углеродную фольгу, расположенную на входе во времяпролетную секцию прибора. Проходя через фольгу, ускоренные ионы взаимодействуют с атомами фольги и вызывают испускание электронов, кото-

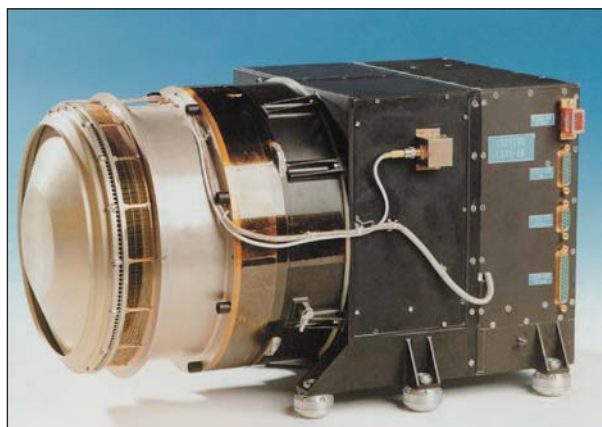
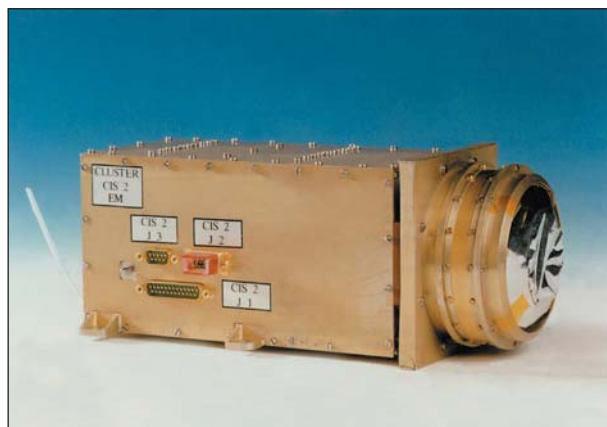


Рис. 8. Детекторы НИА (слева) и CODIF.

рые благодаря малой массе движутся намного быстрее ионов. Пролетев времяпролетную секцию (длина которой составляет всего 3 см), электроны попадают на микроканальную пластину, которая фиксирует момент их прихода как «СТАРТ». Чуть позже сюда же приходят прошедшие через фольгу ионы, их приход служит сигналом «СТОП». Таким образом, зная длину времяпролетной секции (d), энергию ионов, которая была определена электростатическим анализом (E/Q) и величину интервала времени (t), прошедшего между сигналами «СТАРТ» и «СТОП», можно найти отношение массы ионов к их заряду, M/Q : $M/Q = 2(E/Q + eU)/(d/t)^2$. Детектор CODIF позволяет распознавать в набегающем потоке ионов основные составляющие околоземной космической плазмы: ионы H^+ , He^{++} , He^+ и O^+ . Оба прибора, НИА и CODIF, имеют поле зрения 4π и осуществляют измерения ионных функций распределения с высоким угловым разреше-

нием ($5.6^\circ \times 5.6^\circ$). В состав установки также входит сложная система обработки данных и контроля сбоя.

* * *

Первая научная информация начала поступать со спутников «Cluster-2» с февраля 2001 г. Что же нового удалось обнаружить спутникам в околоземном космическом пространстве? Об этом — в нашей следующей статье. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 04-02-1737); Министерства образования и науки РФ (проект НШ-17 39.2003.2); Фонда INTAS (гранты YS Fellowship № 03-55-1880; № 00-04-65; № 03-51-3738) и Фонда содействия отечественной науке (программа «Кандидаты наук РАН»).

Литература

1. Zelenyi L., Sauvaud J.-A. // *Annales Geophysicae*. 2002. V.20. P.289—291.
2. Dunlop M.W., Balogh A., Glassmeier K.-H., Robert P. // *Journal of Geophysical Research*. 2002. V.107. №A11. P.1384—1397.
3. Rezeau L., Sabraoui F., D'Hurnieres E. et al. // *Annales Geophysicae*. 2001. V.19. P.1463—1470.
4. Balogh A., Carr C.M., Acufia M.H. et al. // *Annales Geophysicae*. 2001. V.19. P.1207—1217.
5. Decreau P., Ferreau P., Krasnoselskikh V. et al. // *Annales Geophysicae*. 2001. V.19. P.1241—1258.
6. Owen C.J., Fazakerley A.N., Carter P.J. et al. // *Annales Geophysicae*. 2001. V.19. P.1509—1522.
7. Reme H., Aoustin C., Bosqued J.M. et al. // *Annales Geophysicae*. 2001. V.19. P.1303—1354.

Западная Сибирь — великая позднеледниковая пустыня

А.А.Величко, С.Н.Тимирёва

Самые крупные в мире озерно-болотные системы — Амазония и Западная Сибирь — в последние десятилетия пользуются особым вниманием специалистов как основные поглотители на суше главных парниковых газов — углекислого и метана. От реакции болот на потепление во многом будет зависеть температурный режим атмосферы планеты и глобальный цикл углерода.

Именно этой проблеме был посвящен совместный проект Института географии РАН и Калифорнийского университета (Лос-Анджелес), в рамках которого в 1999—2001 гг. проводилось несколько экспедиций в Западную Сибирь*. Пересекая эту великую равнину на самолете с юга на север, не устаешь удивляться обилию, разнообразию форм, размеров и цвета озер и болот, образующих неповторимую ландшафтную ткань более чем тысячекилометрового лесного таежного пояса. Но в наземных маршрутах, особенно во внутренней части, поражает другой феномен — обилие



Андрей Алексеевич Величко, доктор географических наук, профессор, заведующий лабораторией эволюционной географии Института географии РАН. Специалист в области палеогеографии и палеоклиматологии. Член редколлегии журнала «Природа».



Светлана Никитична Тимирёва, кандидат географических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Специалист в области изучения субэрозивных процессов в плейстоцене на основе анализа морфоскопии песчаных кварцевых зерен.

песчаных отложений, которыми сложены не только террасы рек, но и более высокие уровни, включая даже водоразделы, такие как Сибирские Увалы. В этом участники российско-американской экспедиции убедились при бурении болотно-торфяных залежей. Однако еще большее удивление вызвал даже предварительный просмотр под биноклем кварцевых зерен песка из отложений,

подстилающих торф. Похоже, здесь совсем недавно по геологическим масштабам была настоящая пустыня.

Особенности рельефа Западной Сибири

Исследованные нами озерно-болотные системы располагаются преимущественно к северу от 60°с.ш. Основную часть этой тер-

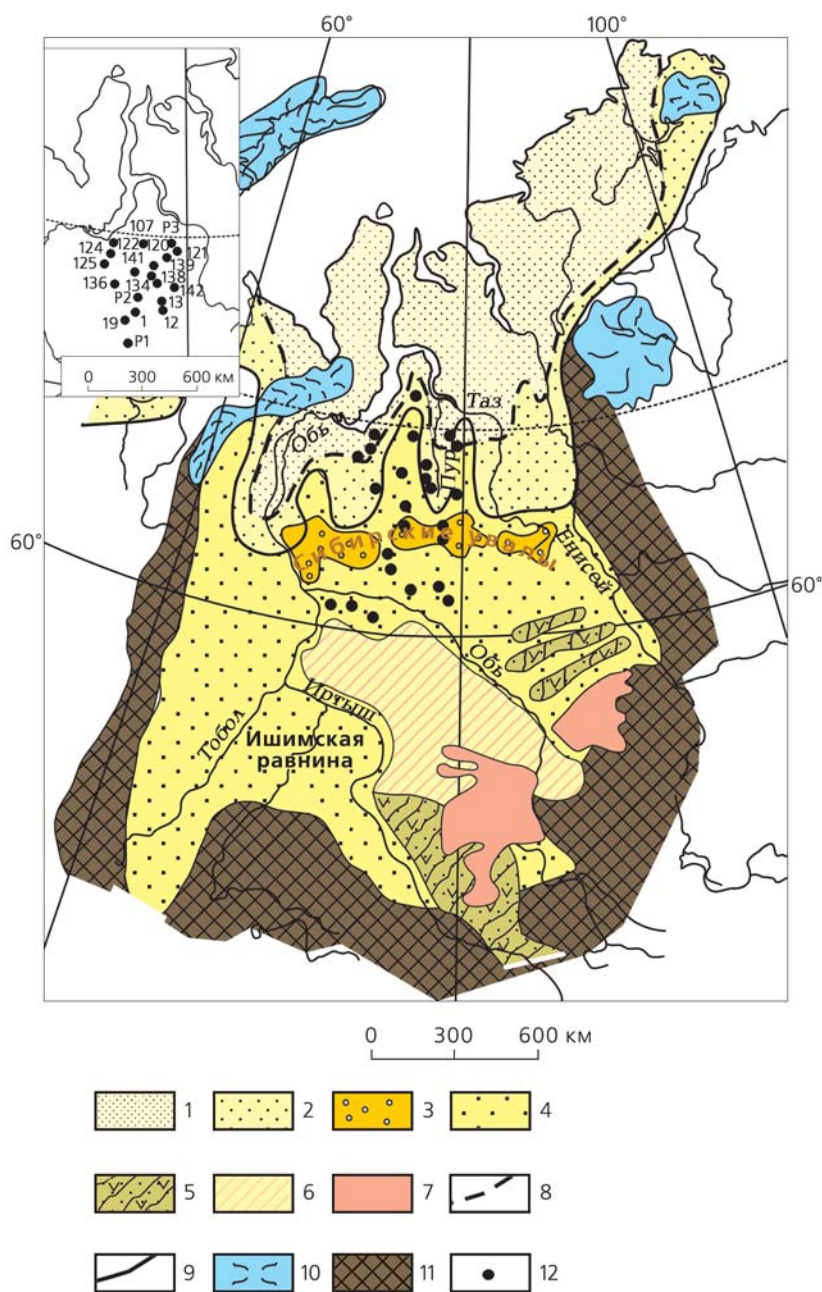
* В исследованиях помимо авторов принимали участие: с российской стороны — К.В.Кременецкий, О.К.Борисова, Ю.М.Кононов, Т.В.Самборский, П.А.Дубинин, а с американской — Г.МакДональд, Л.Смит, К.Фрей.

ритории занимает зона тайги, которая на широте Полярного круга переходит в лесотундру и затем в тундру. Температуры января колеблются от -21°C на юге рассматриваемой территории до -28°C на севере, а июля — от $+18^{\circ}\text{C}$ до $+4^{\circ}\text{C}$, годовое количество осадков от 600 до 400 мм [1].

Несмотря на то, что Западная Сибирь объединяется одним географическим понятием — «равнина», в строении ее поверхности, при общем наклоне в сторону Северного Ледовитого океана, проявляется существенная дифференциация. Периферические участки равнины с востока, запада и юга приподняты по сравнению с ее внутренней частью. На западной окраине — это вытянутая вдоль Уральских гор Северососьвенская возвышенность с высотами до 300 м над ур.м. Параллельно ей вдоль правобережья Оби протягивается возвышенность — Белогорский материк с высотами до 150 м над ур.м. На восточной окраине, близ Среднесибирского плоскогорья, располагается меридиональная полоса Нижнесибирской возвышенности с высотами до 200 м над ур.м. На юге равнину ограничивают предгорья Саяно-Алтайской горной системы.

Внутренняя область равнины также неоднородна. Она разделена на северную и южную части холмистой грядой Сибирских Увалов, пролегающих вдоль широтной полосы около 62°с.ш. Гряда служит главным водоразделом для многих рек внутренней области равнины. Здесь берут начало такие реки, как Надым, Пур, Таз. Их бассейны занимают полого-наклонную равнину, обращенную к Северному Ледовитому океану.

К югу от Сибирских Увалов расположена наиболее пониженная часть Западно-Сибирской равнины. Здесь образуется замкнутая, сильно заболоченная депрессия — Ханты-Мансийская низменность, ядро которой составляет Сургутская низина, вытянутая в широтном направлении. Ее ширина с севера на юг



Проявление эоловых процессов на территории Западной Сибири в позднем плейстоцене. 1 — области распространения переветренных песков казанцевской трансгрессии; 2 — области распространения песков тобольской трансгрессии; 3 — эоловые песчаные и песчано-глинистые отложения в зоне Сибирских Увалов; 4 — песчаные и песчано-глинистые отложения озерно-аллювиальных равнин и депрессий, в верхней части переработанные эоловыми процессами; 5 — плоские и волнистые равнины с гривновым рельефом, переработанные эоловыми процессами; 6 — прерывистое и островное распространение лессов; 7 — лессы; 8 — граница распространения казанцевской трансгрессии; 9 — граница распространения тобольской трансгрессии; 10 — область распространения сартанского оледенения; 11 — горные сооружения и плоскогорья; 12 — места отбора образцов.



Песчаные отложения в Сибирских Увалах.

Фото О.К.Борисовой

составляет около 60—90 км. Абсолютные высоты в центральной части не превышают 50—60 м над ур.м. С этой низменностью соседствует другая — Кандинская. Эта система образует общую субширотную пониженную область в тылу Сибирских Увалов — главную геоморфологическую депрессию Западно-Сибирской равнины. Южнее начинается подъем поверхности до 100—150 м над ур.м. в сторону возвышенности Тобольский материк и Васюганской равнины.

Черты рельефа и литологические свойства отложений равнины, в том числе слагающих торфяники, предопределены геологической историей региона в мезокайнозое. Поскольку рамки журнальной статьи не позволяют остановиться на них подробно, отметим лишь, что массив торфяно-болотных образований, исследовавшихся в рамках проекта, относится к трем различным в геолого-геоморфологическом отношении районам.

Северная группа торфяников и болот распространена преимущественно в области слабо наклонной в сторону океана низменности, где распространялись морские трансгрессии среднего и позднего плейстоцена и определенную роль играли оледенения, надвигавшиеся на низменность с востока и запада [1, 2].

Средняя часть массива исследованных торфяников находится в пределах Сибирских Увалов, формирование которых восходит к палеогену. Это наиболее выраженная цепь всхолмлений широтной полосы, пролегающей через всю равнину в ее средней части.

Южная группа сосредоточена в системе главной Ханты-Мансийской депрессии, также пролегающей широтной полосой в тылу Сибирских Увалов, и она тоже связана с тектоническими процессами в домезозойском фундаменте равнины. С конца палеогена — начала второй половины олигоцена де-

прессия становится областью накопления озерно-аллювиальных отложений.

Характерно, что во всех трех различных по происхождению областях состав отложений сходен.

Образцы из буровых

Буровые скважины, заложенные в пределах болотно-торфяных систем и проходившие полностью торфяную залежь, как правило, вскрывали ниже пески или сильно опесчаненные отложения. При этом между торфом и подстилавшими их песками или супесями не отмечалось каких-либо признаков перерыва или несогласия. В кернах торфа внизу постепенно сменялся слоем, состоящим из тонкодисперсных органических и минеральных частиц с обилием растительных остатков и постепенным сокращением их объема книзу, где начинала возрастать

роль песчаной фракции. Далее прослеживался постепенный переход к слою, представленному в основном песчаными фракциями.

Такая последовательность свидетельствует о том, что после небольшого интервала начальной водной фазы торфообразованием оказались охвачены обширные пространства, сложенные на поверхности преимущественно опесчаненным материалом. С помощью данных радиоуглеродного анализа установлено, что начало торфообразования восходит к интервалу 10–11 тыс. лет некалиброванной радиоуглеродной шкалы.

Из подстилавших торф песчаных отложений отбирались образцы для проведения морфоскопического анализа [3]. В камеральных условиях отобранный материал отмывался на почвенных ситах и делился на две фракции: 1.0–2.0 мм и 0.5–1.0 мм, из которых произвольно отбирались 50 песчаных кварцевых зерен, и затем каждое зерно изучалось под биноклярным микроскопом при увеличении в 16–50 раз. Далее проводилась оценка их окатанности и текстуры поверхности зерен.

В районе северных морских равнин исследовались болотно-торфяные системы, расположенные на междуречьях бассейнов рек Пура и Надыма. Судя по гипсометрическому положению, они приурочены как к областям распространения позднеплейстоценовой казанцевской, так и среднеплейстоценовых трансгрессий. Для анализа морфоскопии были отобраны образцы из двенадцати буровых скважин из отложений, подстилающих торфяно-болотную толщу.

В первую, основную по численности группу входят образцы из торфяно-болотных систем р.Пур, расположенных на междуречьях, имеющих абсолютную высоту ниже 80 м над ур.м. (скважины 107, 120, 121, 136, 138, 139, 141, 142).

Для этой группы характерна достаточно хорошая окатан-



Бурение скважины вблизи г.Когалым.

Фото А.А.Величко

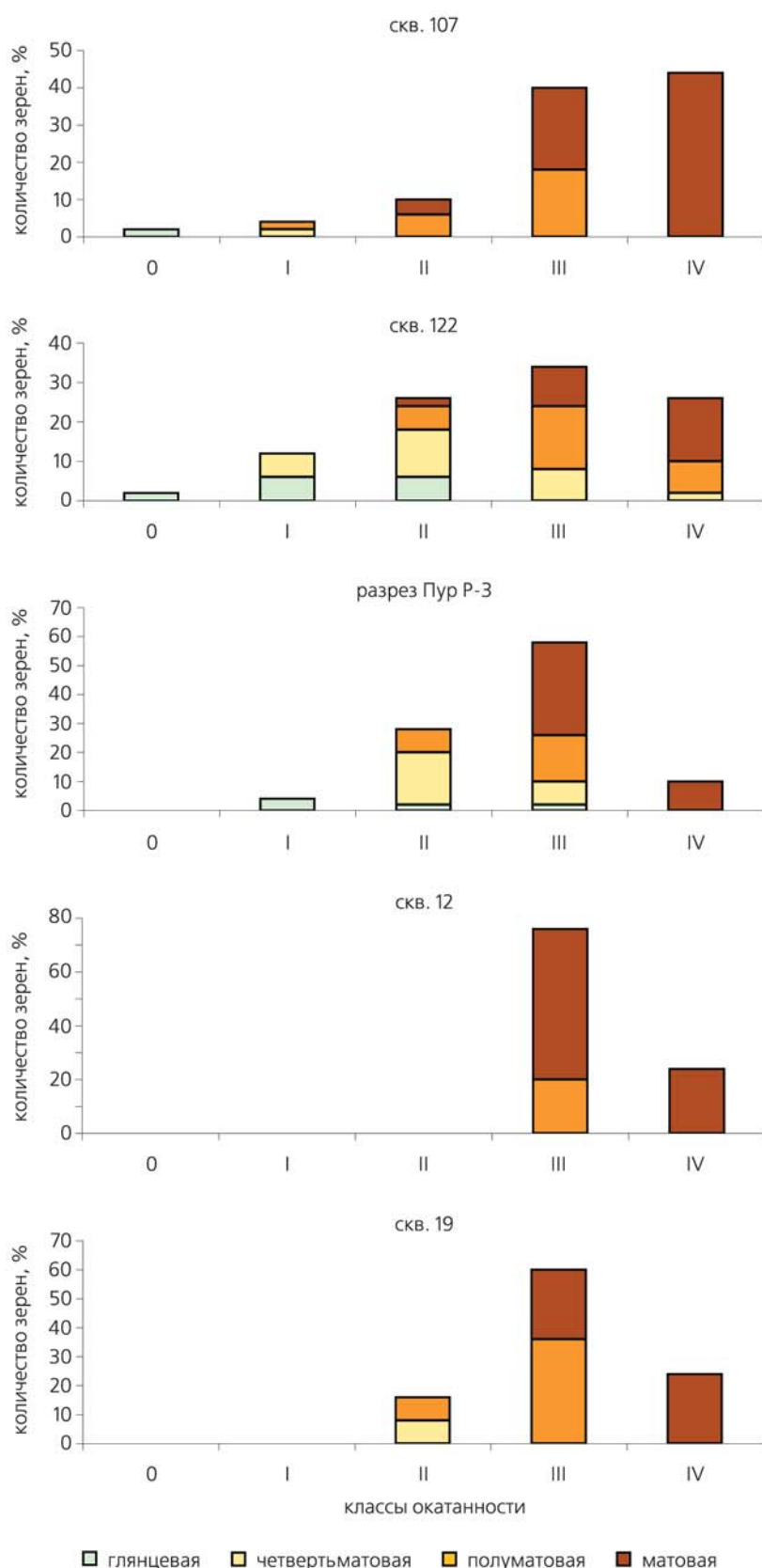


Озеро, переходящее в болото. Правобережье р.Пур.



Болотный пейзаж близ Надыма.

Фото П.А.Дубинина



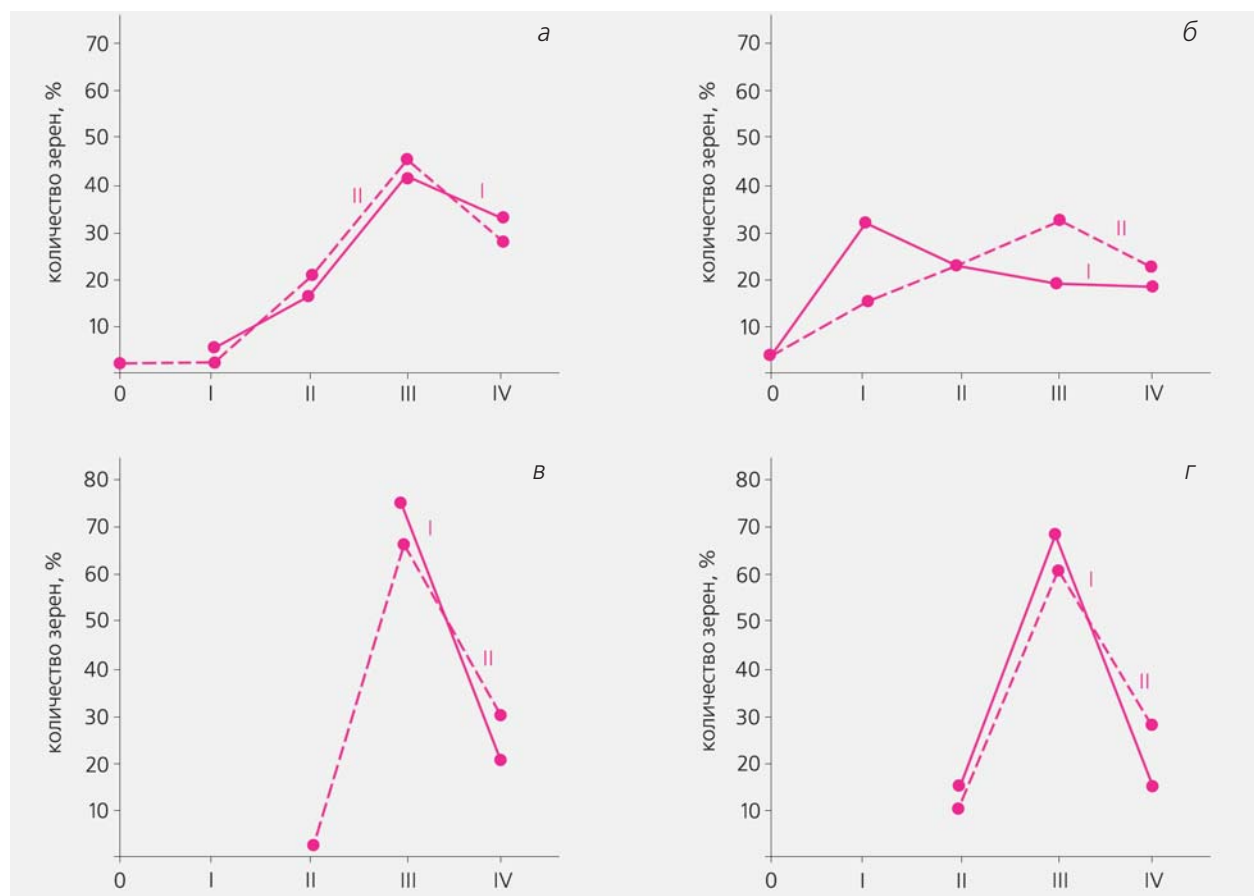
Распределение песчаных кварцевых зерен (фракция 1.0–2.0 мм) по классам окатанности (I–IV) в скважинах.

ность песчаных зерен. Преобладают зерна округлой или округло-эллипсоидальной формы. Высока и степень матовости зерен — они в основном матовые и полуматовые, глянцевых крайне мало, не более 10%. Поверхность большинства зерен несет следы достаточно активной эоловой деятельности. В результате точечных соударений в воздушной среде на них возникает микроямчатость, характерная не только для выпуклых участков зерен, но и впадин (ямок), оставшихся от прошлых эпох осадконакопления. Кроме того, на поверхности зерен отмечаются следы волочения (бороздки линейной формы) или морской абразии (серповидные бороздки).

На поверхности ряда зерен отмечаются свежие текстуры, такие как раковистые сколы или выбоины различной формы, образовавшиеся, по всей вероятности, в результате десквамации, которая произошла после основной фазы эоловой обработки.

В целом зерна этой группы следует отнести к субаэральным, прошедшим достаточно активную эоловую обработку. В образцах не отмечены зерна ледникового или водно-ледникового комплексов.

Вторую группу составляют образцы из торфяно-болотных систем, расположенных на междуречьях в юго-западной части бассейна р.Надым, где абсолютные высоты достигают 90–100 м и более, что соответствует среднеплейстоценовым трансгрессиям (скважины 122, 124, 125). Зерна этой группы достаточно равномерно распределяются между всеми классами окатанности. Плохо окатанных зерен здесь до 20%, а во фракции 1.0–2.0 мм в скважине 125 еще больше — до 50%. Они в основном округлой или овальной формы. Часто на их поверхности отмечаются крупные депрессии различной формы, раковистые изломы, грубые сколы. Коэффициент окатанности зерен несколько ниже, чем в первой



Усредненное процентное распределение зерен (I — фракция 1.0–2.0, II — фракция 0.5–1.0) по классам окатанности (I–IV): а — бассейн Пура и Надыма (абс. высоты ниже 80 м над ур.м. — скважины 107, 120, 121, 136, 138, 139, 141, 142); б — бассейн Надыма (абс. высоты 90–100 м над ур.м. и более — скважины 122, 124, 125); в — район Сибирских Увалов (скважины 1, 12, 13, 15); г — район главной геоморфологической депрессии (скважина 1, Р-1).

группе, и не превышает 67%. Достаточно резко снижается и матовость зерен, значения которой колеблются от 35.5% до 49.5%. В целом зерна более «грубые», чем из первой группы. Много глянцевых и имеющих слабую эоловую обработку по граням.

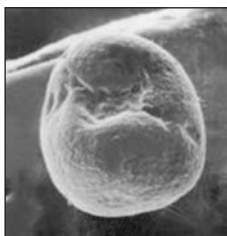
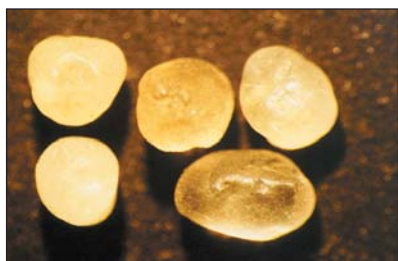
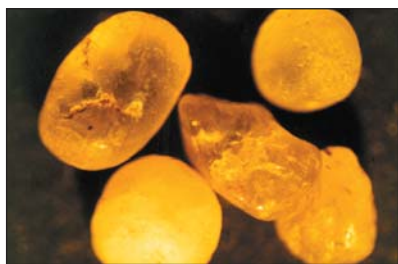
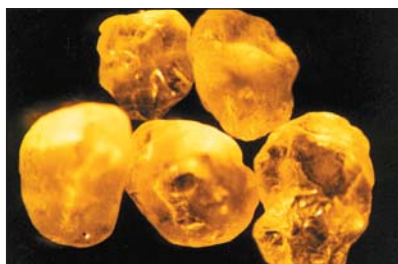
Так же, как и в предыдущей группе, отмечаются зерна с мелкой серповидной бороздчатостью и с признаками внешней и внутренней раздробленности. Зерна в основном обработаны в воздушной среде, слабо или средне, т.е. их характер свидетельствует об субэолевых процессах, но эоловый фактор имел умеренное значение и первичный материал перера-

ботан в меньшей степени, чем в первой группе зерен.

Во время полевых маршрутов в рассматриваемом районе помимо образцов из скважин торфяно-болотных систем были встречены разрезы, вскрывающие толщу борта долин и дюнных массивов.

В правом борту долины р.Большая Хадырьяха был описан разрез Р-3 (в 15 км к востоку от долины Пура у Старого Уренгоя). Здесь анализировались образцы с глубин 1.9 м; 3.9 м; 5.6 м и 5.9 м. Зерна очень разнообразны по облику и характеру поверхности. В образцах присутствуют зерна со всеми типами поверхности — от глянцевой до матовой, но зерен с глянцевой

поверхностью немного. На многих зернах видны серповидные бороздки — следы обработки в водной среде — и микроямки, возникшие в результате переноса в воздушной среде. По всей вероятности, эти отложения имеют водное происхождение (возможно, пляжные пески), впоследствии слегка переработанные эоловыми процессами. На уровне 5.9 м из разреза отобран образец из гравийного горизонта (толщина горизонта около 20 см). Хотя в образце и отмечены зерна различного облика, но все же преобладающими являются зерна со следами эоловой обработки. По всей вероятности, во время формирования этого прослоя эоловые



процессы были достаточно активными, и более мелкий материал выдувался за пределы территории, остался только крупный — много зерен размером более 2.0 мм.

На Сибирских Увалах были изучены образцы песков, залегающих в основании скважин 1, 12, 13, 15. Подавляющее большинство зерен из всех исследованных образцов отличаются очень хорошей окатанностью и высокой степенью матовости. В целом преобладают зерна, в которых сочетается округлая форма и хорошо выраженная золотая обработка поверхности — микроямки. Судя по форме зерен и характеру их поверхности, они неоднократно подвергались обработке в процессе активного перемещения в воздушной среде, и не только в период их окончательного осадконакопления, но и в предыдущие этапы. Скорость ветра, при которой песчаный материал такой размерности отрывается от поверхности и вовлекается в воздушный поток, должна составлять более 10 м/с.

Кроме крупных ямок, видимо, унаследованных от предшествующих эпох, на поверхности зерен видны бороздки серповидной формы, по всей вероятности, оставшиеся от морского этапа формирования территории. Иногда встречаются зерна и со свежими текстурами на поверхности — небольшие ямки, раковистые сколы, внутренние трещины, связанные, по-видимому, с проявлением морозного выветривания.

Однако облик песчаных зерен из образцов, взятых в карьере на окраине г.Ноябрьск, который по своему широтному положению также относится к полосе увалов, резко контрастирует с перечисленными выше свойствами. Здесь основная часть зерен характеризуется средней и низкой степенью окатанности. Преобладают зерна

с глянцевой или слегка заматованной поверхностью. Сходная характеристика получена для песков с поверхности, отобранных к северу от Ноябрьска, в месте сбора галечника.

По своей морфологии зерна из данного песчаного карьера имеют наибольшее сходство с морфологическими характеристиками зерен из разрезов бассейнов рек среднего Пура (Р-3) и Надыма (похожи и их геоморфологические позиции).

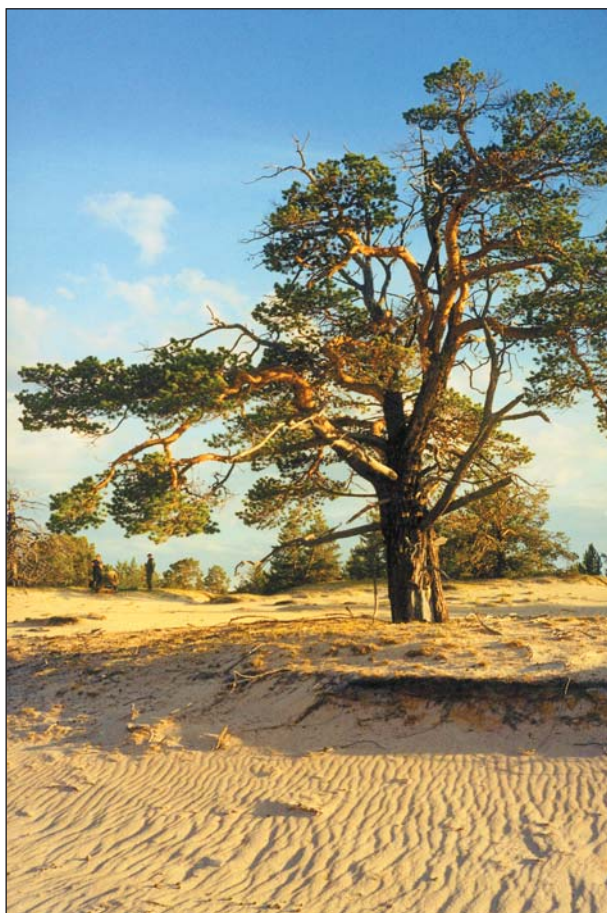
Полученные морфологические характеристики, таким образом, свидетельствуют в пользу генетической общности данного участка с поверхностями, расположенными к северу от Сибирских Увалов, и подтверждают представления о том, что среднеплейстоценовая морская трансгрессия в виде заливов могла ингрессировать по пониженным участкам среди холмистых гряд Сибирских Увалов.

В главной геоморфологической депрессии с помощью скважины 19 исследованы пески, подстилающие торфяно-болотные отложения. Они отличаются очень хорошей окатанностью и высокой степенью матовости. Значения коэффициента окатанности — от 77% до 82%, и на их поверхности отчетливо видны следы активной золотой обработки — микроямки, которыми покрыта почти вся поверхность зерен.

О чем рассказали песчаные зерна

Морфоскопический анализ кварцевых зерен песка из слоев, непосредственно подстилающих торфяно-болотные отложения, во всех трех районах выявил стабильное содержание в них зерен, имеющих матовую поверхность, и среди них высокий процент зерен полностью матовых. При этом отмечается

Кварцевые зерна фракции 1.0—2.0 мм (сверху вниз): из скважин 107 и 122, из разреза Р-3, из скважин 12 и 19, а также современное кварцевое зерно из Ливийской пустыни.



Экспедиция 2001 г. обследует болота
на правом берегу р.Пур.

Фото А.А.Величко

Сосна на дюне. Сибирские Увалы.

Фото О.К.Борисовой

преобладание полностью матовой поверхности у зерен, приближающихся по своей форме к сферической. Такое сочетание свидетельствует о том, что на последнем этапе своей обработки зерна находились в субаэральных условиях, а ведущим фактором их формирования в то время был ветровой перенос. Об этом говорят мелкие точки на поверхности (микроямчатость), образующиеся, возможно, при их соударении, а также матовая поверхность.

Вместе с тем, в морфологии зерен трех районов намечается определенная дифференциация. Так, в северном районе наряду с зернами эолового типа имеется определенный процент зерен низких классов окатанности, слабо заматованных, а также глянцевых. Видимо, формирование песчаных толщ здесь происходило в условиях морских трансгрессий, когда боль-

шую роль играл привнос отложений, поступавших от ледников и айсбергов, выдвигавшихся с запада и востока. Об их характере свидетельствуют данные, полученные у г.Старый Уренгой в бассейне р.Пур и у г.Надым в бассейне р.Надым. В последнем разрезе заметно возрастает доля слабо обработанных зерен, что можно объяснить влиянием большего по размерам среднеплейстоценового ледникового покрова, выдвигавшегося далее в глубь территории с запада.

Существенно отлична от северного района морфология кварцевых песчаных зерен из скважин, заложенных в среднем районе на Сибирских Увалах. Здесь преобладают зерна высших классов окатанности с матовой поверхностью. В их микрорельефе присутствуют детали, возникающие под воздействием ветров скоростью больше 10 м/с. Высокая степень окатанности

почти сферических зерен объясняется тем, что эоловой обработке подвергались песчаные толщи, формировавшиеся в течение всего мезозоя и до середины палеогена в значительной степени в морских условиях. В кайнозой же гряды средней части Сибирских Увалов находились в субаэральном, преимущественно денудационном режиме, в котором немалую роль играло и активное перевесивание. Вероятно, и в плейстоцене эти процессы преобладали над ледниковыми, которые, правда, проявлялись в понижениях между грядами. По ним с севера проникали морские трансгрессии, а вместе с ними ледниковый гравийно-галечниковый материал.

К сожалению, представление о морфоскопии песка из южного района основано на ограниченном фактическом материале. Он показывает, что здесь на фоне преобладания матовых, хорошо

окатанных зерен песка присутствуют зерна средней окатанности, незначительной матовости или глянцевые. По-видимому, здесь начиная с середины палеогена наиболее характерными были озерно-аллювиальные процессы, чередовавшиеся с фазами существенной аридизации.

Таким образом, в морфологии кварцевых зерен нашли отражение различия в геологической истории отдельных районов. Однако это лишь фон, на котором отчетливо проявились главные общие черты формы и поверхности зерен, свидетельствующие о фазе активных эоловых процессов на заключительном этапе своего формирования. Другими словами, изученные зерна сопоставимы с теми, которые формировались в пустынях.

Наши результаты дают основание полагать, что эоловые процессы были характерны и для северных районов Западной Сибири. Можно предполагать их активизацию не только в позднеледниковье, а начиная с 18–20 тыс. лет назад (максимума сартанского похолодания). Сейчас уже очевидно отсутствие в это время подпорного озерного бассейна и сплошного ледникового покрова на севере равнины. Ее открытые пространства простирались на 300–400 км далее в высокие широты за счет регрессии океана.

Высокой степени аридизации и росту эоловых процессов способствовало также распространение в течение большей части года морских льдов не только в Северном Ледовитом океане, но и в Северной Атлантике, что

приводило к существенному сокращению осадков, особенно в восточной (сибирской) части Евразии. С этим же явлением связано и усиление роли Восточно-Сибирского антициклона, который расширился в эпоху резкого позднеледникового глобального похолодания и максимального распространения области многолетней мерзлоты.

В создавшихся климатических условиях территория Западной Сибири оказывалась в зоне экстремальной аридизации, входившей в область многолетней мерзлоты. Пространства центра и севера Западной Сибири, с преимущественно песчаными отложениями, находились в обстановке, благоприятствовавшей развитию активных эоловых процессов, о чем свидетельствуют результаты морфоскопических исследований, приведенные в данной работе. Таким образом, в Западной Сибири в позднеледниковье существовала холодная пустыня. Об этом свидетельствует, в частности, сходство облика изученных зерен с кварцевыми зернами из современных пустынь [4]. Судя по палеоботаническим данным, часть ландшафтов, возможно, носила полупустынный облик, а в долинах крупных рек могли сохраняться остатки древесной растительности. Поэтому под термином «холодная пустыня» следует понимать весьма сложное сочетание ландшафтных обстановок.

Радиоуглеродные определения, полученные в районах исследований, свидетельствуют о том, что рассматриваемая фаза эолового процесса заканчивает-

ся 11–10 тыс. лет назад (в некалиброванной хронологической шкале), т.е. отвечает холодному интервалу Дриас-3, непосредственно предшествующему голоцену, когда начался процесс болотообразования (по некоторым данным, 10,5–8 тыс. лет назад).

Иными словами, происходило как бы чрезвычайно быстрое «переключение» в ландшафтной системе из одного экстремального состояния (криоаридное опустынивание) в другое, противоположное первому (активное заболачивание). Причину такой резкой смены, по нашему мнению, следует искать в деградации морских льдов Северной Атлантики и западной части морей Полярного бассейна. В условиях начавшегося потепления морские льды, обладающие минимальной инерционностью в колебаниях сезонных границ, отступили к северу, и тем самым создались благоприятные условия для поступления атмосферных осадков во внутренние районы умеренно-арктического пояса континента Евразии. Наличие глубоких депрессий в центре Западной Сибири, слабые уклоны рельефа, плоские пространства, препятствовавшие дренажу на севере Сибири, способствовали процессам заболачивания. В результате на месте криоаридных пустынь и полупустынь возникли самые обширные в мире заболоченные системы. ■

Работа выполнена при поддержке НШ-1851.2003.5 и Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 04-05-64599.

Литература

1. Волкова В.С., Кулькова И.А. Палеоген и неоген. Гл.4. Западная Сибирь // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена) / Отв. ред. А.А.Величко. М., 1999. С.85–94.
2. Архипов С.А., Зольников И.Д., Зыкина В.С., Круковер А.А. Эоплейстоцен и плейстоцен. Гл.4: Западная Сибирь // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена) / Отв. ред. А.А.Величко. М., 1999. С.94–105.
3. Величко А.А., Тимирева С.Н. Морфоскопия и морфометрия песчаных кварцевых зерен из лессов и погребенных почв // Пути эволюционной географии (итоги и перспективы) / Отв. ред. И.И.Спаская. М., 2002. С.170–185.
4. Krinsley D.H., Doornkamp J.C. Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge, 1973.

Могила изгоя в урочище Улуг-Чолтух

Ю.С.Худяков,
доктор исторических наук
Институт археологии и этнографии СО РАН
Новосибирск

Алтай, этот благодатный горный край с обильными чистыми водами, богатым растительным и животным миром, привлекал к себе людей с глубокой древности. В течение последних трех десятилетий археологи изучали в здешних горных долинах многочисленные памятники культуры каменного

[1], бронзового и железного веков. В начале 1-го тысячелетия до н.э. в Горном Алтае сложилась одна из самых ярких, самобытных культур скифского мира, названная пазырыкской. В замерзших и заполненных льдом могилах в урочище Пазырык и на плато Укок были найдены мумифицированные тела и прекрасно сохранившаяся одежда, оружие, украшения, конская

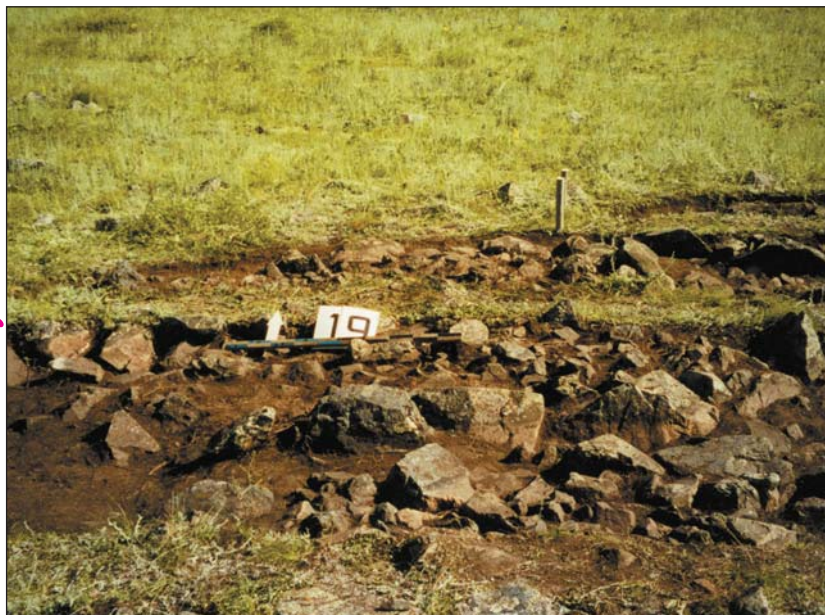
сбруя, бытовая утварь с изображениями реальных и фантастических зверей [2, 3].

Однако облик культуры алтайских скифов значительно изменился, когда в конце 1-го тысячелетия до н.э. горно-алтайские номады были покорены хуннами. Затем под давлением центральноазиатских племен, создавших мощные кочевые державы хуннов, сянбийцев,

© Худяков Ю.С., 2005



Вид на долину р.Эдиган и могильник Улуг-Чолтух.



Курган №19 на могильнике Улуг-Чолтух.



Погребение в кургане №19 и его план (справа).

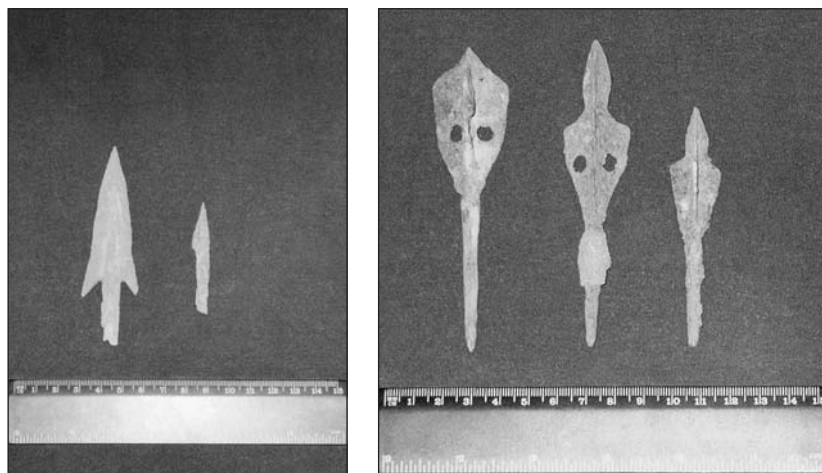
жужаней, в горы и долины Алтая переселились кочевые племена из соседних районов Тувы и Северной Монголии, а в середине 1-го тысячелетия н.э. жужаньские каганы переселили на южные отроги Алтайских гор из Гаочана воинственное племя тюрков, которое очень скоро объединило все местные кочевые племена. Заключив дипломатический и военный союз с Северной китайской империей, во главе которой была сяньбийская династия Вэй, древние тюрки разгромили и уничтожили своих бывших хозяев — жужаней — и создали свое собственное обширное государство. Первый Тюркский каганат подчинил всех кочевников в пределах степного пояса Евразии от Черного моря на западе до Желтого моря на востоке.

Памятники «алтайских скифов» и древних тюрков изучены в горах Алтая достаточно хорошо. Раскопаны многочисленные курганы и поминальники, изучены наскальные рисунки, каменные изваяния и рунические надписи. Значительно меньше исследовано так называемое хунно-сарматское время — II—V вв. Археологические памятники этого периода попали в поле зрения археологов еще в XIX в., целенаправленно их стали изучать только в последние два десятилетия. Специалисты из Кемеровского и Горно-Алтайского университетов произвели раскопки таких памятников в урочище Кок-Паш на востоке Алтая, в окрестностях Телецкого озера, и выделили здесь кок-пашскую культуру. В центральной части Алтая археологи Алтайского университета (Барнаул) исследовали памятники Белый Бом и Булан-Кобы (булан-кобинская культура). В среднем течении р.Катунь археологи из Горно-Алтайска и Новосибирска исследовали могильники Айрыдаш, Усть-Эдиган, Бике, Дялян, изучение которых позволило наглядно представить все многообразие культур кочевых племен Горного Ал-

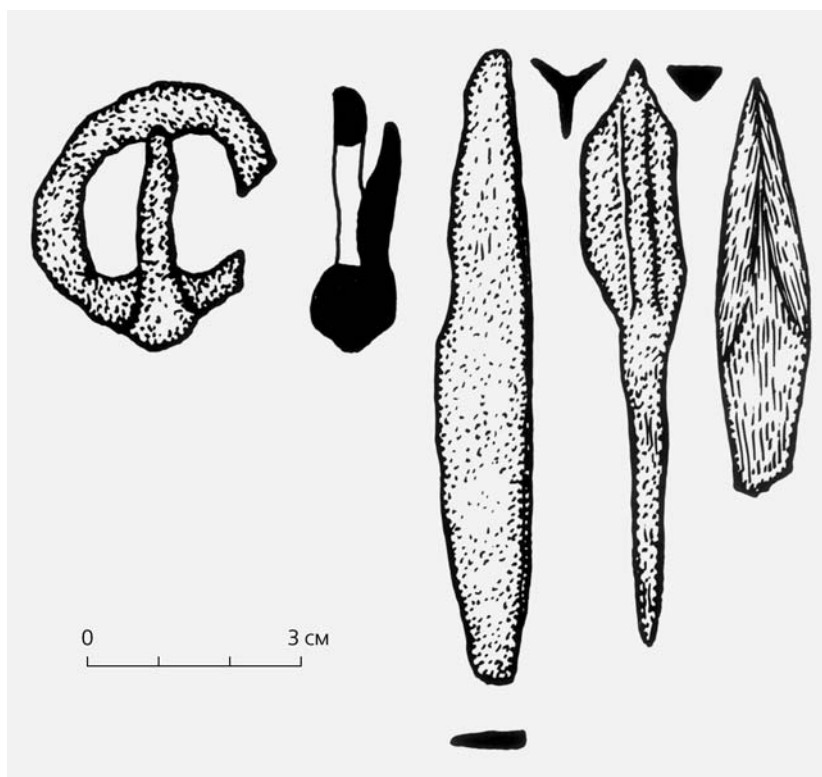
тая, предшествующее их объединению в Первый тюркский каганат.

Один из памятников, относящийся к III—V вв., когда в степях Центральной Азии господствовали воинственные кочевники сяньби и жужани, был обнаружен автором настоящей статьи в 1998 г. в долине р.Эдиган, правого притока Катунь. Крупный могильник, состоящий из нескольких десятков курганов, расположился на высоком правобережном горном увале над долиной Эдигана, ниже по течению от устья ручья Каинзара и урочища Чолтух. По названию местности памятник получил название Улуг-Чолтух.

В течение трех полевых сезонов 2001—2003 гг. на могильнике было раскопано в общей сложности 27 курганов [4]. Они представляли собой сравнительно небольшие, пологие каменные насыпи, сложенные в два-три слоя из скальных обломков и заросшие травой и караганой. Выкладки были расположены почти вплотную друг к другу и занимали всю южную оконечность горного увала. Под каменными насыпями находились неглубокие могильные ямы, стенки которых были укреплены вертикально установленными камнями. В могилах лежали скелеты погребенных взрослых мужчин, женщин, подростков и детей. Для кочевников, живших в долине р.Эдиган в течение III—V вв., был характерен сложившийся, устойчивый обряд захоронения умерших сородичей. Тела клали в могилы на спину, в вытянутом положении, ориентировали головой на восток. В могилы мужчин — воинов, пастухов и охотников — помещали оружие: луки с костяными накладками, стрелы с железными и костяными наконечниками и костяными шариками-свистунками, железные обоюдоострые и однолезвийные кинжалы. На поясе у воинов были ремни с железными пряжками и накладками. Женщин и девочек хоронили с укра-



Железные и костяные наконечники стрел из могильника Улуг-Чолтух.



Находки из могилы в кургане №19 на могильнике Улуг-Чолтух: железная пряжка, железный нож, железный наконечник стрелы, костяной наконечник стрелы.

шениями: бронзовыми браслетами, бусами, бляшками. В насыпях курганов были найдены железные ножи, кости домашних животных, фрагменты лепных керамических сосудов. Большая часть погребенных захоронена

одиночно, лишь в одной могиле погребение мужчины и женщины было парным, а в другой женщина похоронена вместе с двумя детьми. В трех могильных ямах вообще никого не оказалось. Вероятно, тела погиб-

Найти все

ших не смогли найти и предать земле.

Погребальный обряд в традиционных обществах весьма консервативен. Совершаемые во время похорон ритуалы были призваны обеспечить достойный переход из повседневной жизни в иную, потустороннюю, призрачную реальность. Любое невыполнение требований похоронных ритуалов, отклонение от сложившихся канонов заупокойного обряда грозило непоправимыми бедами не только самому умершему, но и его родственникам. Для того, чтобы отступить от привычного канона и нарушить его предписания, видимо, нужны были веские причины.

Необычное погребение было обнаружено на могильнике Улуг-Чолтух при раскопках кургана №19. Его насыпь находилась в одном ряду с другими курганами и внешне ничем не выделялась. Сложенная из крупных и мелких скальных обломков, она имела овальную, вытянутую форму и по периметру была окаймлена крупными камнями. Под насыпью этого кургана находилась узкая неглубокая прямоугольная могильная яма, вырытая в песчаном и щебнистом грунте. Вдоль восточной стенки могильной ямы, как и во многих других, установлены вертикально два камня. В могильной яме погребен взрослый человек, судя по найденным вместе с ним предметам воору-

жения, мужчина. Однако его положили в могилу в необычной позе — на животе, лицом вниз. Левая рука погребенного была согнута в локтевом суставе и положена под туловище, кистью к плечу, другая рука также согнута в локте и отведена за спину. Ноги человека сложены одна на другую. У левого бедра было найдено два наконечника стрел, железный трехлопастной и костяной трехгранный, а также железный нож и обломок трубчатой кости животного. У коленного сустава этой ноги, с противоположной стороны от скелета, была обнаружена железная пряжка.

В подавляющем большинстве древних и средневековых захоронений самых разных культур Евразии погребенных помещали в могилы лицом вверх, поскольку, по представлениям многих народов, после смерти и погребения душа умершего должна покинуть его тело и отправиться в загробный мир, выйдя наружу с последним вздохом. Если же человека положили лицом вниз, значит, соплеменники решили этому воспрепятствовать.

В то же время человек, погребенный в кургане №19, был не просто брошен в яму и зарыт, как чужак, враг или преступник. При захоронении были соблюдены многие требования похоронного обряда, вместе с ним поместили даже оружие. Скорее всего, этого чело-

века опасались не только при жизни, но и после смерти. Видимо, поэтому его не только положили лицом вниз, но и предварительно связали. В пользу такого предположения свидетельствует необычное расположение костей верхних и нижних конечностей и железная пряжка от ремня у левого колена. (Пряжка была необходимой деталью поясного ремня, с помощью которого затягивались полы верхней одежды.)

В могиле вместе с умершим были вполне обычные вещи, типичные для мужского предметного комплекса памятника Улуг-Чолтух. Железная пряжка имеет округлую рамку и подвижный язычок, у железного ножа однолезвийный клинок и уплощенный черешок, железный трехлопастной наконечник стрелы с остроугольным острием, узкими лопастями и пологими плечиками, у костяного трехгранного наконечника стрелы остроугольное острие и удлиненное треугольное перо.

Можно представить, что человек, нашедший свое последнее пристанище в кургане №19, отличался нестандартным поведением, был изгоем в своей кочевой общине, его опасались и наказали посмертно, захоронив таким необычным способом. В чем причина подобного отношения к нему со стороны сородичей, можно только догадываться. Эту тайну он унес с собой в могилу. ■

Литература

1. История Республики Алтай. Древность и средневековье. Горно-Алтайск, 2002. Т.1. С.79—81.
2. Руденко С.И. Культура населения Центрального Алтая в скифское время. М.; Л., 1960. С.245.
3. Полосьмак Н.В. Всадники Укока. Новосибирск, 2001. С.108—201.
4. Худяков Ю.С. Раскопки могильника Улуг-Чолтух в 2003 г. // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Материалы годовой сессии Института археологии и этнографии СО РАН. Новосибирск, 2003. Т.IX. Ч.1. С.504—505.

Удивительные свойства упаковочной пленки

А.Л.Волынский

Иногда случается так, что хорошо известные и изученные предметы и явления вдруг открываются новыми и необычными сторонами. Именно это произошло при исследовании упаковочной полимерной пленки на нашей кафедре. Казалось бы, что в ней особенного? Это просто упаковочный материал, без которого быт современного человека совершенно немислим: металлизированные полимерные пленки (как правило, с тонким алюминиевым слоем) используют, например, для упаковки цветов, продуктов, промышленных товаров, применяют в полиграфии и во многих других областях. Неудивительно, что такие полимерные материалы выпускаются сегодня сотнями тысяч тонн.

Вполне естествен и интерес самых разных специалистов к столь распространенным в быту и промышленности объектам. Уже многие годы издается журнал «Thin Solid Films» («Тонкие твердые пленки»), где освещаются научные и прикладные аспекты проблем, связанных с изучением и использованием систем, которые можно обозначить как «твердое покрытие на податливом основании».

Удивительно, что при всем том научном интересе, который



Александр Львович Волынский, член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — структура и механика полимеров.

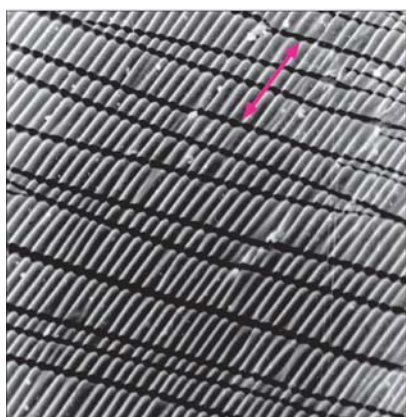
проявляют исследователи к подобным системам, до недавнего времени никому не пришло в голову просто растянуть упаковочную армированную пленку (она как раз и представляет собой типичную систему «твердое покрытие на податливом основании») и посмотреть, что из этого получится. А посмотреть, как оказалось, есть на что: в микроскоп (сканирующий электронный) видны ряды светлых полос с регулярным волнистым рельефом, разделенных темными полосами.

Что это за ряды и каким образом они появляются?

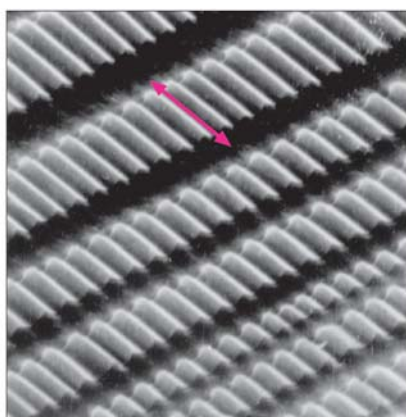
Растягивая полимерную пленку, на которую твердое покрытие нанесено тонким слоем, мы растягиваем одновременно

и этот слой. В результате покрытие распадается на множество «островов»-фрагментов. Они-то и «выстраиваются» рядами, образуя своеобразный рельеф. Поражает регулярность самопроизвольно возникающего рельефа и его строгая ориентация относительно оси растяжения: его углубления и вершины всегда ориентированы строго параллельно оси. Высока и степень порядка, достигаемая при фрагментации покрытия: образующиеся острова однородны по размерам и располагаются на поверхности податливой подложки весьма регулярным образом. Другими словами, на растянутой полимерной пленке возникают высокоорганизованные периодические структуры.

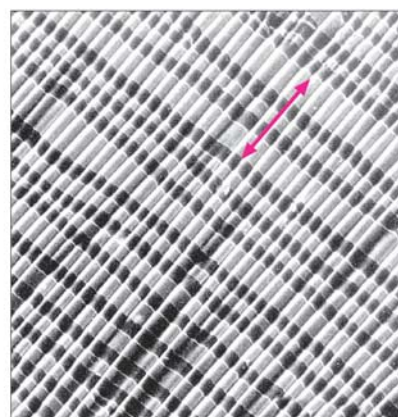
© Волынский А.Л., 2005



натуральный каучук, золотое покрытие (толщина 10 нм), растяжение 50%



поливинилхлорид, платиновое покрытие (10 нм), растяжение 100%



полиэтилентерефталат, платиновое покрытие (15 нм), растяжение 100%

Микрофотографии трех видов растянутых пленок, армированных разными металлами. Ось растяжения показана стрелкой. Увел. (слева направо): в 350 раз, 1100 и 1750.

Именно поэтому деформированная упаковочная пленка рассеивает свет, как настоящая дифракционная решетка.

А всегда ли проявляются подобные результаты растяжения? Может быть, они зависят от природы подложки (полимера) и покрытия? Мы это выяснили, взяв для экспериментов один и тот же полимер, но с разным покрытием, и наоборот — одно покрытие на разных полимерах.

Никакой зависимости мы не обнаружили, всякий раз возникали уже знакомые нам структуры. Правда, необходимо было соблюдать два условия:

- толщина покрытия должна быть пренебрежимо малой по сравнению с толщиной подложки;

- модуль упругости покрытия должен на несколько порядков превышать этот показатель для материала подложки. Именно таким требованиям соответствует упаковочная пленка [1, 2].

Теперь вполне правомочен вопрос: каким образом при простом растяжении возникает столь регулярная структура? Попробуем разобраться в механизме наблюдаемого явления. Примем во внимание, что полимерная пленка, подвергаемая одноосному растяжению, испытывает одновременно два вида деформации — удлинение и сжа-

тие в перпендикулярных друг другу направлениях. (В этом легко может убедиться каждый, растягивая кусок резиновой ленты.) Следовательно, твердое покрытие на поверхности пленки тоже растягивается и сжимается одновременно. Именно сжатием покрытия, как выясняется, обусловлено возникновение регулярного микрорельефа. Какова же физическая суть этого процесса?

Покрытие, представляющее собой анизодиаметричное твердое тело (т.е. с очень разными размерами в перпендикулярных направлениях), испытывает деформацию одноосного сжатия на поверхности растягиваемой

полимерной пленки. Надо сказать, что впервые явления, сопровождающие одноосное сжатие анизодиаметричных твердых тел, были рассмотрены Л.Эйлером более 200 лет назад. Он показал, что тело при достижении критической нагрузки теряет устойчивость и приобретает форму поперечной волны (так называемая эйлеровская классическая потеря устойчивости). Подобное легко наблюдать, сжимая, например, тонкую металлическую линейку или лист бумаги. Если же анизодиаметричное твердое тело (в нашем случае это тонкое жесткое покрытие) прочно связано с податливой подложкой (основанием), то

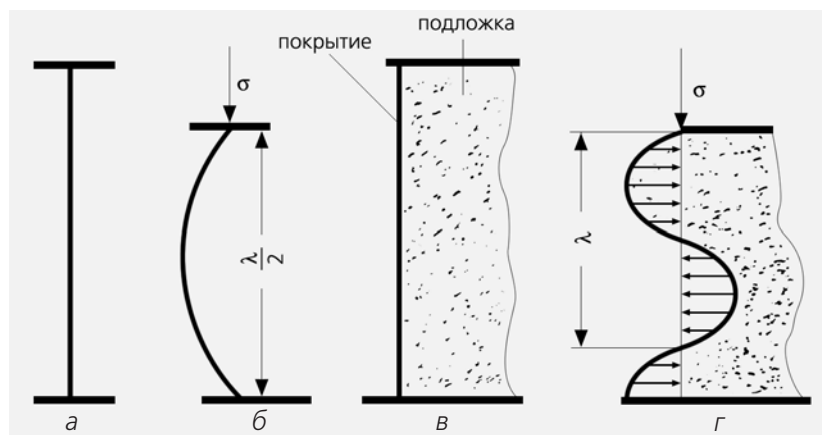


Схема потери устойчивости анизодиаметричного тела в свободном состоянии (а, б) и на податливом основании (в, г).

картина потери им устойчивости решающим образом изменяется. При достижении критической сжимающей нагрузки тело не сможет принять форму полуволны, так как при отклонении от прямолинейной формы на него будет действовать со стороны подложки возвращающая сила, пропорциональная величине отклонения. В результате такого взаимодействия противоборствующих сил покрытие неизбежно сложится, подобно складному метру, и примет синусоидальную форму с периодом волны, равным λ .

Величина периода волны (рельефа) определяется следующим. Работа деформации при сжатии анизодиаметричного твердого тела — покрытия — растет с увеличением числа совершенных изгибов (с уменьшением периода рельефа). Не случайно, что без подложки такое тело принимает форму полуволны, т.е. период рельефа максимален. Однако податливая, но весьма протяженная подложка вносит поправки в этот процесс. Очевидно, что чем больше период рельефа, тем, при прочих равных условиях, больше его амплитуда. Полимерная подложка не остается безучастной к ее увеличению — она «течет», деформируется. Энергетические затраты всей системы при этом стремятся к минимизации. Период рельефа можно найти из условия минимума общего баланса напряжений в покрытии и подложке.

Такого рода минимизация энергии системы в случае упругой каучуковой подложки дает величину периода рельефа

$$\lambda = 4.15b \cdot (E_1/E)^{1/3}, \quad (1)$$

где b — толщина покрытия, E_1 и E — модули упругости покрытия и подложки соответственно.

Если же подложка пластична, период рельефа равен

$$\lambda = 2b\sigma_y/\sigma, \quad (2)$$

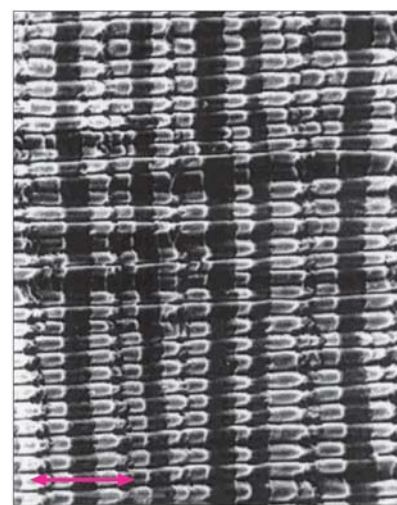
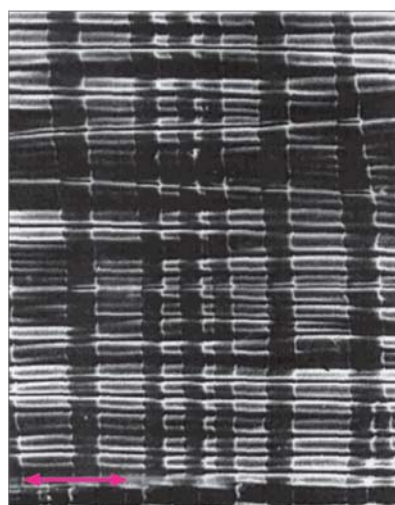
где σ_y — предел текучести покрытия, σ — предел текучести подложки при растяжении. Рас-

четы для того и другого случая экспериментально подтверждены. Хорошее соответствие теории и эксперимента свидетельствует о разумности предположений, сделанных относительно механизма возникновения регулярного рельефа на поверхности упаковочной пленки.

Регулярность фрагментации жесткой оболочки связана, кроме того, с особенностями передачи механического напряжения от податливого основания твердому покрытию через границу раздела. Здесь необходимо отметить, что характер самой фрагментации зависит, в частности, от того, однородно или неоднородно деформируется подложка. Полимерные пленки могут деформироваться обоими путями. Хотя деформация подложки достигается разными способами, регулярность фрагментации твердого покрытия оказывается неизбежной.

В случае однородной деформации полимера-подложки вначале, при малых ее удлинениях, решающий вклад в разрушение покрытия вносят поверхностные микродефекты (характерные для любого твердого тела), которые и инициа-

руют процесс в местах своей локализации. Такого рода дефекты располагаются в покрытии хаотически, что и вызывает нерегулярность его разрушения: образуются фрагменты разных размеров. При дальнейшем растяжении подложки фрагменты остаются под нагрузкой, но напряжение в разных частях каждого из них распределяется крайне неравномерно: от близкого к нулевому на концах фрагмента до максимального точно в его центре. Именно здесь в первую очередь напряжение достигает предела прочности, и фрагмент делится на две равные части. Этот процесс можно наблюдать в сканирующем электронном микроскопе. Такое деление продолжается до тех пор, пока слабая податливая подложка способна передавать фрагментам напряжение, превышающее прочность покрытия. Когда их размеры становятся слишком малы для передачи подложкой разрушающего напряжения, деление заканчивается. На поверхности полимерной пленки возникает система из весьма выровненных по размерам фрагментов покрытия.



Микрофотографии образцов пленки полиэтилентерефталата с платиновым покрытием (4 нм). Слева — образец, растянутый на 100% при 100°C (скорость 0.1 мм/мин); справа — тот же образец после дополнительного растяжения при более высоком напряжении. Увел. в 2500 раз.

При неоднородной деформации полимерной пленки непрерывно сосуществуют ее исходный участок и деформированный фрагмент, уже перешедший в ориентированное состояние (так называемая шейка).

Это означает, что одновременно существуют также и две части покрытия: распавшаяся на фрагменты на шейке полимера и целая, не разрушенная часть, покрывающая его исходный участок. События, связанные с фрагментацией покрытия, разыгрываются в узкой перемещающейся зоне, расположенной между ориентированной и неориентированной частями растягиваемого полимера. В этой зоне всегда присутствует край разрушенного покрытия, напряжение в котором, очевидно, близко нулю. По мере удаления от края напряжение растет и быстро достигает предела прочности покрытия. Тогда-то и отрывается его очередная полоса, причем ширина всех полосчатых фрагментов оказывается почти одинаковой.

При таком виде деформации подложки из покрытия фактически образуется система почти не отличимых по размерам тончайших параллельных лент, ко-

торые тянутся от одного края растягиваемого образца до другого. Возникновение столь уникальной структуры, как видим, обусловлено особенностью неоднородной деформации полимерной пленки в системе «твердое покрытие на податливом основании».

Важно отметить, что при неоднородной деформации подложки наличие микродефектов на поверхности покрытия фактически не влияет на процесс его фрагментации. Это обусловлено тем, что поверхность полимера, не перешедшего в ориентированное состояние, практически не деформирована — величина упругой деформации не превышает нескольких процентов.

Независимо от того, упруго или не упруго деформируется податливая подложка и (или) жесткое покрытие, средний размер (L) фрагмента разрушения в направлении оси растяжения равен

$$L = 2b\sigma^*/\sigma_0, \quad (3)$$

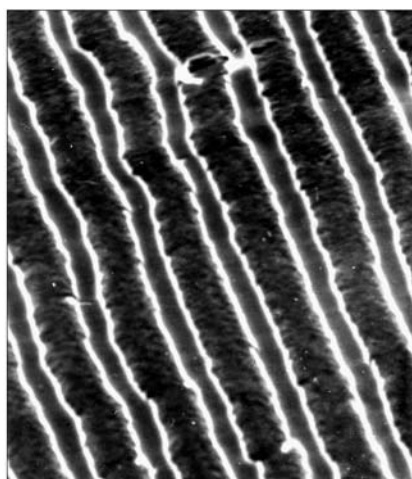
где b — толщина покрытия, σ^* — предел его прочности и σ_0 — напряжение в подложке.

Вот такие интересные последствия простого растяжения

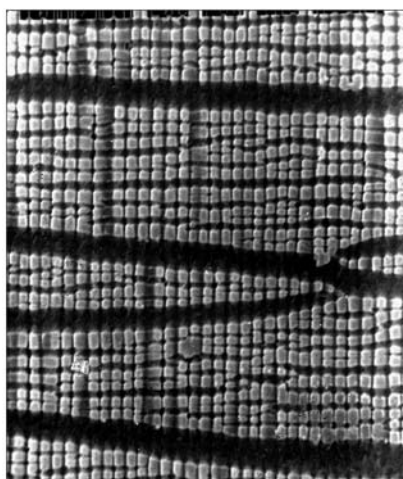
армированной упаковочной пленки проявились при изучении. Но неужели только в ней могут происходить описанные здесь явления? Трудно представить, что это так. Думаю, найдется немало физических объектов, построенных по принципу «твердое покрытие на податливом основании». Не исключено, что деформация (сжатие и растяжение) упаковочной пленки моделирует многие процессы в окружающем нас мире.

В природе очень часто возникают ситуации, когда подобные системы подвергаются разного рода деформациям. Как следствие, возникают многочисленные регулярные структуры. Потеря устойчивости в условиях плоскостного сжатия приводит к появлению удивительно красивых рельефов, таких, например, которые образуются при высыхании капли краски.

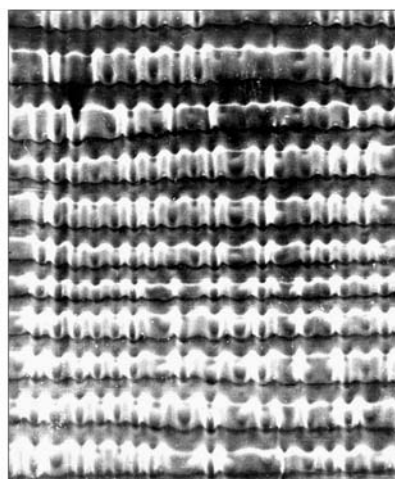
Системы «твердое покрытие на податливом основании» подвергаются и деформации плоскостного растяжения. Его результаты видел каждый, кто замечал на почве сухие, в трещинах, корки. Когда высыхает влажная земля, образовавшаяся на ее поверхности твердая корка стремится сжаться, но этому



полиэтилентерефталат, платиновое покрытие (неоднородная деформация подложки)



поливинилхлорид, платиновое покрытие (неоднородная деформация)



полиэтилентерефталат, кварцевое покрытие (однородная деформация)

Микрофотографии образцов пленки разного состава, но с одним и тем же покрытием, и одного состава, но с разным покрытием после неоднородной и однородной деформации полимера-подложки. Увел. (слева направо): в 2000 раз, 800 и 1200.

препятствует лежащее под ней мягкое, почти несжимаемое основание — слой грязи. В результате корка оказывается в условиях плоскостного растяжения. За счет испарения жидкости из почвы растягивающие напряжения усиливаются, и появляется сетка трещин на жесткой поверхности. Образуются они и распространяются по строгим законам, присущим все тем же системам «твердое покрытие на податливом основании».

Аналогичные картины возникают и при остывании магматических расплавов, так называемых вулканических бомб. При медленном остывании расплава граница между жестким слоем и еще не остывшей жидкой сердцевиной движется вглубь. Твердая фаза, непрерывно сосуществующая с жидкой, постоянно подвергается деформации плоскостного растяжения. Когда этот процесс замедлен, фрагментация происходит настолько регулярно, что кажется делом человеческих рук. Полагают, что именно этот механизм лежит в основе возникновения удивительного природного объекта — базальтовых пальцев. Одно из таких образований находится в Северной Ирландии и известно как Мостовая гигантов.

А разве не похожа сама Земля на типичную систему «твердое покрытие на податливом основании»? По современным представлениям, относительно тонкая (5—50 км) твердая наружная оболочка нашей планеты (литосфера) покоится на относительно податливой и толстой (2900 км) оболочке — верхней мантии (полная аналогия с упаковочными пленками). Ее вязкое, текучее вещество находится в состоянии неустойчивости из-за вертикального теплового градиента [3]. Полагают, что именно поэтому в мантии генерируются гигантские конвекционные потоки (ячейки). За счет конвекции возникает механическое напряжение в земной коре, которое ответственно за такие геодина-

мические процессы, как дрейф континентов, формирование рельефа, открытие и закрытие океанов, извержения вулканов, землетрясения и т.д.

Как видим, строение верхних оболочек нашей Земли полностью соответствует структуре систем «твердое покрытие на податливом основании». Неудивительно поэтому, что рельеф примерно трети океанического дна (т.е. колоссального по размерам участка) поразительно похож на рельеф, образующийся при растяжении армированных полимерных пленок.

Если рассматривать земную кору как единое твердое тело (несмотря на его гигантские размеры, сферическую форму, непостоянный химический состав, градиент температуры, дефектность и множество других осложняющих факторов), способное воспринимать и передавать механическое напряжение на огромные расстояния, то, применив формулы 1—3, можно получить важную количественную информацию. Эти формулы позволяют связать прямо измеряемые на картах параметры рельефа с внутренними свойствами системы, такими как прочность, предел текучести или модуль упругости. Определить такие параметры для столь грандиозной системы, как земная кора, ни одним другим способом в принципе невозможно*. Ясно, что прочность или модуль куска базальта, которые можно легко измерить в лаборатории, совершенно не равны соответствующим характеристикам такого уникального тела, как земная кора в целом.

Многим, по-видимому, покажется фантастической идея родственности процессов, вызывающих регулярность разрушения твердого покрытия на податливой полимерной подложке, и событий, происходящих в земной коре. Но такая

* К настоящему времени автором использованы уравнения (1—3) для расчетов напряжения прочности океанической коры. — *Примеч. ред.*



Сетки трещин на разных физических объектах. Сверху вниз: полимерная пленка с тонким металлическим покрытием, подвергнутая плоскостному растяжению; трещины на высыхающей влажной почве и на остывающей вулканической бомбе.



Столбчатые структуры Мостовой гигантов в Северной Ирландии.



Два весьма схожих рельефа: океанического дна в районе Восточно-Тихоокеанского поднятия и образующегося на растянутой пленке каучука с золотым покрытием.

аналогия, уверен, все же вполне правомерна. Мало того, рассмотренный подход можно использовать в планетологии для грубой оценки структуры космических объектов. Так, по анализу особенностей рельефа поверхности Венеры [4], полученному

с помощью радарной съемки с ее искусственного спутника, с использованием такого подхода уже сделаны некоторые заключения относительно прошлого этой планеты.

Нет ничего удивительного в том, что зачастую одни и те же

физические законы действуют в самых разнообразных системах. В нашем случае диапазон родственных явлений простирается от микроскопического уровня (толщины покрытий на упаковочных полимерных материалах составляют от единицы до десятков нанометров) до макроскопического и даже планетарного. Благодаря общности законов можно получать информацию о явлениях и процессах (например, образовании рельефа на поверхности планет), происходящих в окружающем мире, обратившись к лабораторным моделям и взяв за аналог простой и хорошо изученный физический объект. Скажем, кусок упаковочной пленки, если интересующая нас система аналогична той, что названа «твердым покрытием на податливом основании».

Работа выполняется при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 05-03-32538.

Литература

1. *Волынский АЛ., Баженов СЛ, Бакеев Н.Ф.* // Рос. хим. журн. (ЖВХО им.Д.И.Менделеева). 1998. Т.42. №3. С.57—68.
2. *Волынский АЛ.* // Наука в России. 2002. №3. С.4—12.
3. *Короновский Н.В.* Общая геология. М., 2002.
4. *Короновский Н.Н.* Структура тессер Венеры и ее тектонофизическое моделирование: Дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2003.

Коротко

В начале 2004 г. в Апеннинских горах итальянские биологи нашли раненого волка, вылечили его, а затем, оснастив зверя радиопередатчиком Глобальной спутниковой системы позиционирования (GPS), в марте отпустили на волю в окрестностях г.Парма (Италия). В ноябре 2004 г. волк уже оказался во Франции, в парке Меркантур. Общая протяженность его пробега определена в 500 км, при этом ему потребовалось пе-

ресечь пять оживленных автомагистралей. Собранная информация лишней раз подтверждает давно сложившийся взгляд на волка как на закоренелого скитальца, поэтому нет никакой необходимости заниматься его реинтродукцией во Францию, чтобы он вновь расселился по массивам Альпийских гор.

Sciences et Avenir. 2005. №695. P.38 (Франция).

Олаф Хейердал — внук знаменитого норвежского исследователя Тура Хейердала — планирует проследовать на плоту «Кон-Тики-II» тем же маршрутом, каким пересек океан его дед в 1947 г. Выход в плавание длиной в 8500 км от берегов Перу до встречи с самыми восточными островами Тихого океана намечен на апрель текущего года.

Sciences et Avenir. 2005. №695. P.33 (Франция).



Синхротронное излучение: из рук физиков — в руки врачей

В.Г.Недорезов

Название «синхротронное излучение» (СИ) связано с его источником — кольцевым ускорителем электронов (синхротроном), в котором электроны движутся по окружности в магнитном поле. Круговое движение приводит к тому, что электрон испытывает центростремительное ускорение, за счет чего и возникает СИ, которое можно получать в инфракрасном и видимом диапазонах, а можно в рентгеновском. Это зависит от энергии электронов и величины магнитного поля.

О пользе синхротронного излучения

Первый в Европе синхротрон был создан в Физическом институте АН СССР под руководством академика В.И.Векслера в 1946 г. Следующий важный шаг был сделан в 1960-х годах (и тоже в России) академиком Г.И.Будкером с сотрудниками, создавшими электронный накопитель, способный работать без инжекции пучка в течение длительного времени. Сначала синхротронное излучение рассматривалось как вредный эффект, мешающий ускорению частиц высоких энергий (потери на



Владимир Георгиевич Недорезов, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией фотоядерных реакций Института ядерных исследований РАН. Научные интересы связаны с исследованием взаимодействия фотонов и электронов с веществом в широком диапазоне энергий, включая применение синхротронного излучения в медицине.

синхротронное излучение — порядка одного процента от полной мощности пучка электронов в накопителе). Однако в скором времени (примерно в 70-х годах) на базе электронных накопителей высоких энергий появились специализированные источники СИ, и, как это часто бывало, фундаментальные разработки дали мощный импульс различным прикладным применениям, в частности в медицине. Электронные накопители привлекательны также своей относительной экологической безопасностью. Здесь дело в том, что основную опасность в плане радиации несут частицы высокой энергии (электроны), которые излучают СИ. А в накопителе электроны остаются внутри замкнутого вакуумного объема и не выходят наружу, поэто-

му их радиационная опасность минимальна. Само по себе СИ в рентгеновском, а тем более в видимом диапазонах опасно не более, чем излучение от рентгеновской трубки, с которой врачи уже давно научились работать.

Несмотря на повсеместное развитие рентгеновских методов диагностики, следует признать, что они не лишены недостатков. Во-первых, качество рентгеновских снимков (их контраст) не всегда удовлетворяет врача. Контраст определяется различием плотности и атомного веса исследуемых объектов, которое для биологических тканей сравнительно невелико. Поэтому, например, распознать опухоль в организме человека на ранней стадии ее образования совсем непросто.

© Недорезов В.Г., 2005

Во-вторых, доза облучения при тщательном обследовании может оказаться довольно значительной. Это связано с тем, что обычное рентгеновское излучение имеет непрерывный спектр, а для просвечивания желательны монохроматические фотоны с определенной энергией, соответствующей толщине и плотности объекта. В итоге большая часть фотонов не приносит пользы, а только увеличивает дозу облучения. Попытки монохроматизировать спектр с помощью фильтров или монохроматоров приводят к уменьшению интенсивности пучка фотонов и, соответственно, к увеличению времени экспозиции. При этом рентгеновские трубки становятся очень громоздкими и трудными в эксплуатации. Большинство перечисленных проблем можно решить, если воспользоваться источниками СИ в рентгеновском диапазоне.

Достоинство СИ заключается не только в высокой интенсивности, но и в том, что оно имеет малую угловую расходимость. Поэтому, кроме обычного метода поглощения, для получения изображений можно использовать рефракцию (преломление) или рассеяние фотонов на границах раздела сред. При этом оказывается, что рефракция более чувствительна к изменению плотности среды, чем поглощение. Благодаря этим уникальным параметрам использование СИ весьма эффективно в различных диагностических процедурах, например в ангиографии, маммографии, денситометрии, — то есть там, где требуется высокое качество снимков. В результате становится возможной диагностика онкологических заболеваний на ранней стадии их развития.

Помимо диагностики, в медицине важное значение имеют терапевтические методы использования излучений, особенно при лечении онкологических заболеваний. Но не секрет, что обычные электронные или рентгеновские пушки поражают

не только больные, но и здоровые ткани. Использование СИ, как будет показано ниже, может существенно помочь решению этой проблемы.

В 2001 г. введен в строй первый в России специализированный источник СИ. Он находится в Российском научном центре «Курчатовский институт» (РНЦ КИ) и предназначен для исследований в области рентгеновского излучения с энергией до 30–40 кэВ. На его базе в 2004 г. под руководством члена-корреспондента РАН М.В.Ковальчука создан центр коллективного пользования — Курчатовский центр синхротронного излучения и нанотехнологий, в задачу которого входит проведение исследований на СИ по многим направлениям науки и технологии, в том числе и развитие медицинских приложений.

Для того, чтобы получить синхротронное излучение в рентгеновском диапазоне, энергия электронов должна быть достаточно велика (несколько миллиардов электронвольт). Диаметр кольца в таком случае составляет сто и более метров. Например, на Курчатовском источнике СИ, который относится к источникам 2-го поколения, энергия электронов равна 2.5 ТэВ. В мире уже построены источники третьего поколения (European Synchrotron Radiation Facility, ESRF, во Франции, Spring-8 в Японии), которые в несколько раз превосходят его по времени жизни пучка, по энергии и интенсивности, а также угловой расходимости. Деление на поколения достаточно условное, но по основным параметрам источники разных поколений различаются примерно на порядок. Например, у первых источников время жизни электронов в кольце составляло около часа, у второго поколения — 10 ч, у третьего приближается к 100 ч.

Тематика работ по медицине с использованием СИ значительно шире, чем будет рассмотрено здесь. Сюда можно отнес-

ти разнообразные биологические исследования, расшифровку структуры белка, создание новых лекарственных препаратов и многое другое. Однако мы опускаем эти вопросы, сделав упор на применении СИ в практической медицине. Более того, сконцентрируемся на тех задачах, решению которых лучше всего соответствуют возможности первого в России специализированного синхротронного источника в РНЦ КИ.

Лучи диагностируют...

Сразу после открытия К.Рентгеном X-лучей (1895) началось их практическое использование в медицине, главным образом для получения изображений внутренних органов. Впоследствии очень важную роль сыграло появление компьютеров, способных обрабатывать большой объем информации, которая заключена в рентгеновских снимках, а также детекторов для регистрации рентгеновских квантов. В результате были созданы рентгеновские компьютерные томографы, позволившие получать трехмерные изображения с высоким пространственным разрешением.

Клинические применения рентгеновского излучения разнообразны [1]. К ним относятся коронарная ангиография и микроангиография, лимфография, томография мозга и сосудов, денситометрия костей, микроэлементный анализ и многое другое. Эти же направления, но на более высоком по отношению к современной практике уровне, развиваются на источниках синхротронного излучения в Брукхэвене (США), КЕК в Цукубе (Япония) и других центрах [1]. Более высокий уровень обеспечивается главным образом тем, что кроме обычного метода поглощения применяются другие физические принципы получения изображений, такие как рефракция или малоугловое рассеяние, о чем будет сказано ниже.

Методически представленные на рис.1 направления можно разделить на три основных типа. Во-первых, получение изображений внутренних органов и оценка на этой основе различных патологий. Во-вторых, микроэлементный анализ биожидкостей, биоптатов и др. В-третьих — микроручевая терапия.

...Мягкие ткани

Цель маммографического обследования — обнаружение и наблюдение за локальными изменениями плотности в мягкой ткани молочных желез. При этом желательно обнаруживать опухоли с малым изменением плотности (порядка нескольких процентов) и малым размером (менее 0.1 мм), что необходимо для ранней диагностики и лечения заболевания. Для существующих методов, включая обычную рентгеноскопию, это оказывается практически невыполнимой задачей.

Представим теперь, что вместо обычного метода поглощения будет использован метод рефракции излучения на границах объектов с разной плотностью. Таким образом, мы будем измерять изменение (градиент) плотности на границе раздела сред путем регистрации преломленной волны. Новые методы получения изображений, получившие название фазового контраста, если используется изменение фазы, или рефракционной интроскопии, если измеряется преломление, уже широко используются на различных источниках СИ в мире. У нас в России основополагающими по рефракционной интроскопии стали опыты В.А.Соменкова, С.А.Шильштейна с сотрудниками [2]. Первые работы по биологии с использованием СИ по этой тематике выполнялись в Новосибирском институте ядерной физики совместно с Вазиной А.А. и другими биофизиками из Пузино [3].

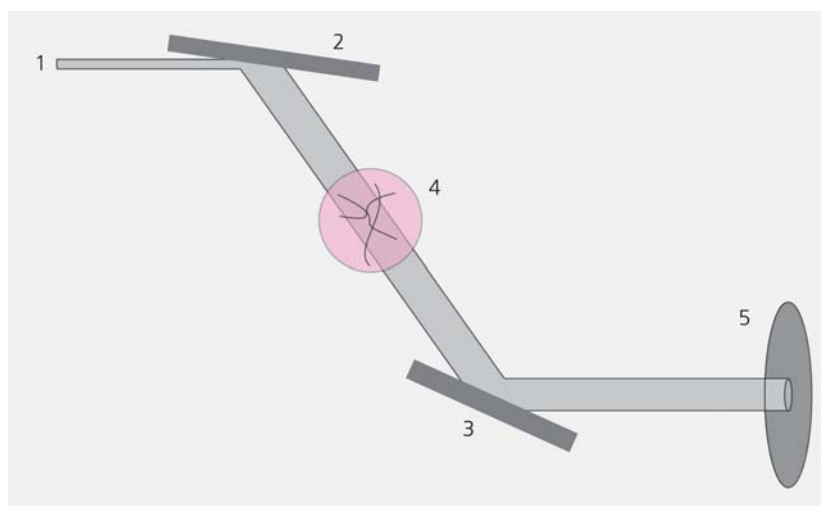


Рис.1. Схема установки на Курчатовском источнике СИ, иллюстрирующая метод рефракционного контраста. 1 — падающий пучок СИ, 2 — кристалл-монокроматор, настроенный на отражение (511), 3 — кристалл-анализатор, регистрирующий отражение (333), 4 — исследуемый объект, 5 — регистрирующее устройство (детектор на основе ПЗС-матрицы).

Для получения изображений по методу рефракционной интроскопии объект помещается внутрь специального прибора, состоящего из двух совершенных кремниевых кристаллов (рис.1). Первый кристалл служит монокроматором излучения, второй — анализатором.

Угловое отклонение пучка на границе воздух—объект в приближении геометрической оптики равно

$$\delta\alpha = (1 - n) \cdot \text{ctg}\alpha. \quad (1)$$

Изменение коэффициента преломления на границе органической ткани с воздухом задается формулой

$$(1 - n) = 1.5 \cdot 10^{-6} \lambda^2, \quad (2)$$

где α — угол между пучком и преломляющей поверхностью, n — показатель преломления, λ — длина волны, выраженная в ангстремах. Величина рефракционного контраста определяется относительным локальным изменением интенсивности пучка, испытавшего отклонение на угол α . Для цилиндрического объекта наибольший контраст возникает на его кра-

ях, поэтому изображения кажутся объемными (см., например, рис.2). Подробный расчет контраста и дозы облучения для рефракционной интроскопии можно найти в [4].

Для количественных оценок параметров маммографических диагностических аппаратов используются специально разработанные фантомы, которые представляют собой восковую пластину с различными включениями, имитирующими опухоли. На Курчатовском источнике

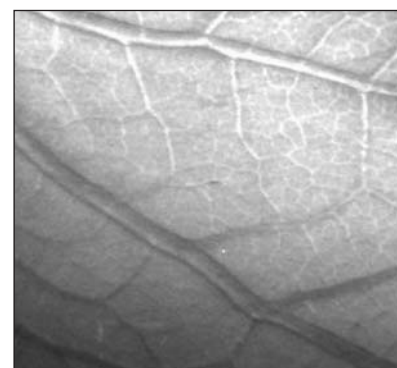


Рис.2. Изображение древесного листа, полученное методом рефракционной интроскопии.

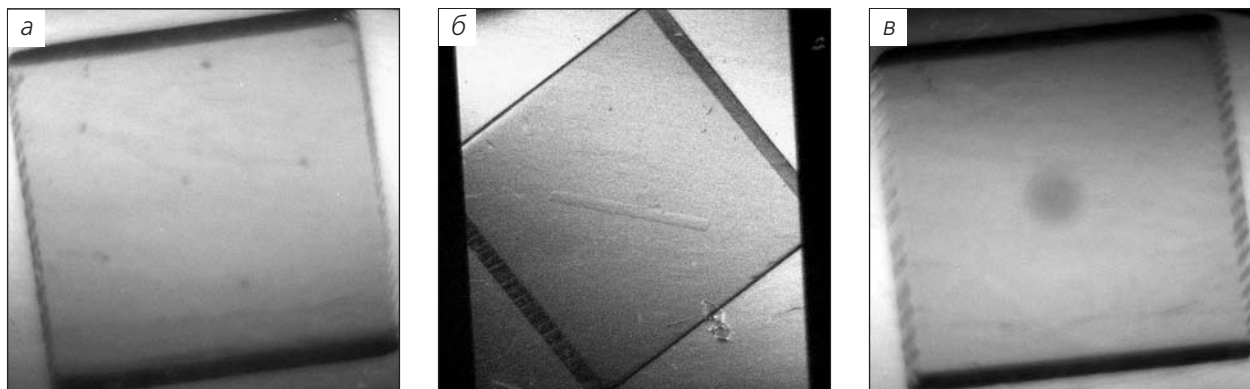


Рис.3. Изображения фрагментов фантома, моделирующих микрокальцинаты (а), кальцинированный сосуд (б) и опухоль (в).

СИ К.М.Подурец с сотрудниками выполнил эксперимент [5], используя сертифицированный фантом RM156, и показал, что использование рефракционного метода значительно повышает чувствительность метода и позволяет обнаруживать такие объекты, как микрокальцинаты, кальцинированные сосуды и опухоли в несколько раз меньшего размера, чем при стандартной, абсорбционной съемке (см. рис.3). Новый тип контраста в сочетании с высоким качеством пучка синхротронного излучения дает возможность не только повысить информативность изображений, но и значительно снизить дозовую нагрузку на пациента. Было также установлено, что если слегка пожертвовать информативностью изображений за счет уменьшения времени экспозиции, удастся при стандартном уровне обнаружения признаков заболевания дополнительно снизить дозу облучения при обследовании.

Важная часть этой работы — разработка и создание детекторов нового типа для получения изображений, потому что обычная рентгеновская пленка неадекватна новым диагностическим методам. И дело здесь не только в том, что рентгеновская пленка создает некоторые неудобства в работе, связанные с проявкой и др. Для получения более качественных изображе-

ний, особенно трехмерных, необходимы более совершенные устройства, позволяющие сразу вводить информацию в компьютер и выполнять обработку данных. Поэтому специально для таких задач Н.К.Кононовым и др. в РНЦ КИ совместно с Институтом ядерных исследований (ИЯИ) РАН были разработаны детектирующие системы на основе ПЗС-матриц [6].

Маммографические исследования с использованием синхротронного излучения ведутся на различных источниках СИ в разных странах, например в Триесте (Италия) [7], в Брукхэвене (США) [8] и др., причем с помощью разных модификаций метода рефракционной интроскопии. Например, вместо двухкристалльной схемы применяют однокристалльную (без кристалла-анализатора). В этом случае изображение по методу поглощения получается при минимальном расстоянии между объектом и детектором, а рефракционное — при значительном удалении детектора от образца.

В настоящее время нельзя сказать, что диагностические методики в маммографии с использованием фазового контраста или рефракционной интроскопии полностью отработаны. Существуют нерешенные проблемы, связанные как с формированием пучков, так и с анализом и интерпретацией получае-

мых изображений. Однако с точки зрения возможностей источника СИ в РНЦ «Курчатовский институт» данное направление представляется одним из наиболее перспективных.

...Костные структуры

В последние годы костные заболевания, связанные с потерей массы костной ткани или уменьшением ее плотности, вышли на четвертое место в мире по распространенности. Особенно это касается пожилых людей, у которых вероятность переломов кости весьма велика. Неудивительно, что проблеме остеопороза в развитых странах сейчас уделяется большое внимание.

Остеопороз в буквальном переводе с древнегреческого языка означает отверстие, или дырка («пороз») в кости («остео»). Поэтому до сих пор диагностика остеопороза проводится в основном посредством измерения массы костной ткани (денситометрии) с помощью рентгеновских аппаратов. Использование синхротронного излучения позволяет не только качественно улучшить метод денситометрии (что в основном связано с уменьшением дозы на каждую экспозицию), но и разработать другие, более надежные методики для ранней диагностики заболеваний костей.

Переход от простых (с точки зрения структуры) маммографических объектов к более сложным, например костям человека, сопровождается как совершенствованием рентгено-оптических методов, так и разработкой алгоритмов для обработки и анализа получаемых изображений. В работе М.Андо с сотрудниками [9] предложен новый метод получения изображений («трехцветная оптика»), позволяющий одновременно изучать объект в трех видах: в обычном поглощении, в фазово-интерференционном контрасте и по методу рефракции. Идею эксперимента можно понять с помощью рис.4. Первый кристалл — монохроматор —

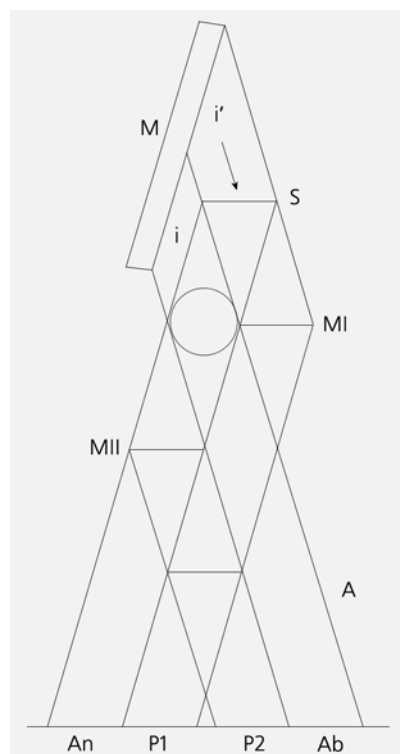


Рис.4. Схема «трехцветной» оптики, обеспечивающей одновременное получение изображения по методу фазового контраста (область P1,P2), рефракции (An) и поглощения (Ab). М — монохроматор, S — сплиттер, MI, MII — кристаллы, изменяющие направление лучей, А — анализатор.

используется для того, чтобы из падающего узкого пучка СИ создать пучок определенной энергии с максимально возможной светосилой. Половина этого пучка (i) направляется непосредственно на объект, а вторая половина (i') расщепляется на кристалле S («сплиттер») еще на два луча. Первый луч (i), испытывает поглощение, но не изменив направления, создает абсорбционное изображение в области Ab. Преломленные на границе объекта лучи от сплиттера попадают в область An, где формируется рефракционное изображение. Чтобы обеспечить их попадание в эту область, необходим еще один кристалл MII, который отклоняет их нужным образом. Третье изображение получается с помощью двух лучей от сплиттера: один из них изменяет фазу при взаимодействии с объектом, а другой луч, который через объект не про-

ходит (его направление изменяется кристаллом MI), — нет. Изображение в области P1 и P2 получается в результате интерференции этих двух пучков после прохождения анализатора А. Такой способ получения изображения называется методом фазового контраста. Как показано в работе [9], комбинация разных методов повышает надежность диагностики и существенно уменьшает ошибки измерений.

На Курчатовском источнике СИ были проведены исследования биоптатов костной ткани человека, предоставленные Центральным институтом травматологии и ортопедии им.Н.Н.Приорова (ЦИТО). Биоптаты представляют собой небольшие фрагменты, объемом менее одного кубического сантиметра, извлеченные посредством операции из кости и помещенные в формалин. На рис.5 показаны

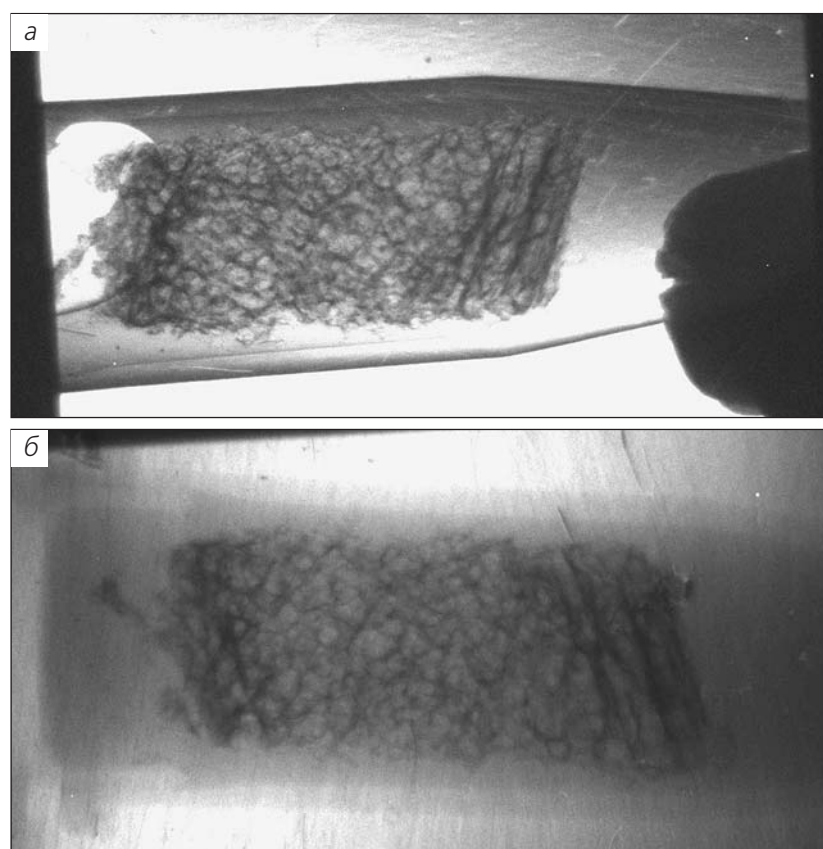


Рис.5. Изображение биоптата кости человека, полученное методом рефракции (а) и поглощения (б) на Курчатовском источнике СИ.

снимки, сделанные методом рефракции (а) и поглощения (б). Видно, что структура кости на рис.5,а проявляется значительно лучше, чем на рисунке 5,б. На верхнем рисунке хорошо виден внешний (кортикальный слой) кости, а также внутренний, который состоит из продольных слоев (трабекул) размером до нескольких сотен микрон. Здесь использование синхротронного излучения приобретает особое значение, потому что другие методы для оценки прочности кости оказываются малоприменимыми. Хотя с помощью электронного микроскопа, дающего очень высокое пространственное разрешение, можно увидеть в кости кристаллы кальцита размером около 1 мкм, но в практической медицине это пока не нашло широкого применения. На синхротронных пучках размеры и ориентацию таких кристаллов удастся определять с помощью электронной спектроскопии.

Таким образом, использование СИ позволяет сделать качественно новый шаг в экспериментальных и клинических исследованиях физиологических и патологических процессов, происходящих в костной ткани. В частности, это касается изучения механизмов формирования переломов кортикальной и губчатой костной ткани вследствие травматического воздействия на фоне заболеваний опорно-двигательного аппарата, опухолей и опухолеподобных заболеваний. Представляют интерес изучение механизмов формирования зон перестройки в костной ткани при различных нарушениях ее метаболизма, мониторинг процессов сращения переломов в физиологических условиях на фоне нарушенного ремоделирования (обновления), анализ поведения имплантатов и трансплантатов в костной ткани при различных патологических и физиологических состояниях. Использование СИ позволит в клинических условиях выявлять микропереломы и

изучать структуру костей, не определяемую другими методами, а значит, повысить качество обследования и лечения пациентов. При этом возможен переход от исследования биоптатов к живым костям, поскольку дозы облучения сравнительно малы и диагностику можно будет проводить на живых объектах.

Следует отметить, что синхротронные методы исследования структуры костей не исключают, а дополняют обычные рентгеновские методы. Возможности цифровой рентгеновской диагностики для лечения костных заболеваний изучались в последние годы в ЦИТО с помощью денситометра, разработанного в Институте ядерных исследований РАН [10]. В приборе использована полихромная рентгеновская трубка и фильтры, обрезающие низкоэнергетическую часть спектра рентгеновского излучения. Он позволяет определять плотность кости, точнее говоря, массу кост-

ной ткани, в шейке бедра человека, которому сделана операция эндопротезирования. Прибор может использоваться и для поликлинической диагностики остеопороза.

С помощью прибора было проведено около 1000 обследований более 100 пациентов в течение полутора лет. На рис.6 приведены результаты сравнения изменения минеральной плотности костной ткани в различных зонах вокруг эндопротеза у мужчин и женщин в зависимости от времени, прошедшего после операции. Видно, что потеря костной массы в первые месяцы после операции у женщин происходит интенсивнее, чем у мужчин. По мере накопления статистической информации будут получены новые данные о зависимости массы костной ткани от разных факторов, что позволит более эффективно использовать лекарственные препараты.

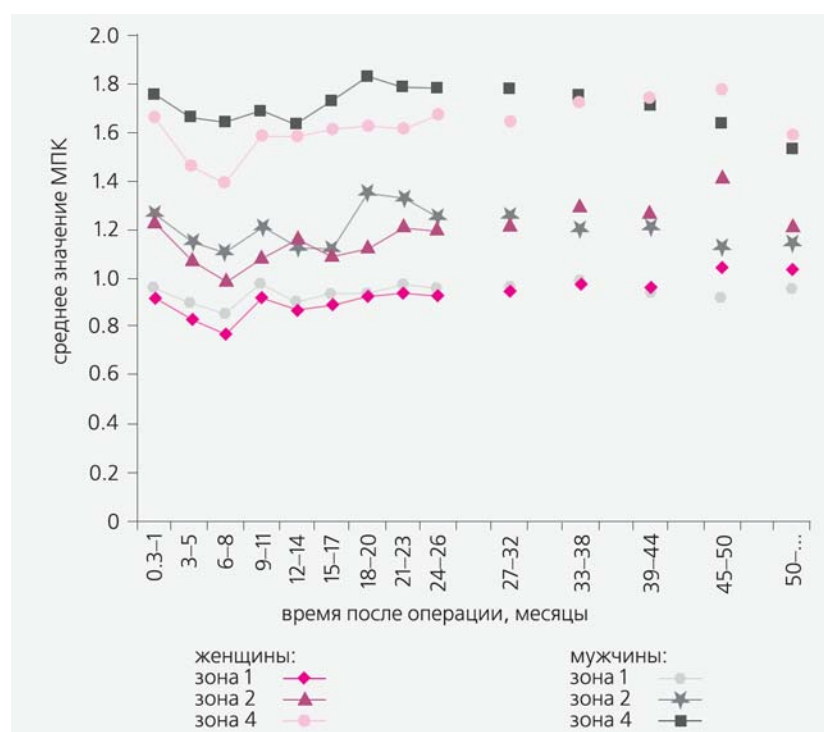


Рис.6. Сравнение минеральной плотности костной ткани (МПК) в различных зонах шейки бедра вокруг эндопротеза у мужчин и женщин в зависимости от времени, прошедшего после операции.

На смену биохимической лаборатории

С течением времени кость человека, так же как и внутренние органы, постоянно обновляется, и зачастую болезнь связана с тем, что нарушен баланс между процессами старения и новообразования. Например, при остеопорозе не только уменьшается масса костной ткани, но также изменяется структура и элементный состав кости [11].

По химическому составу кости состоят из органических (коллагены и белки) и минеральных (кристаллический гидроксипатит) компонентов. Отношение между этими компонентами очень важно для remodelирования кости. Молодая кость имеет недостаток минерального вещества, и размер кристаллов в ней мал. С ростом кристаллов гидроксипатита возможно замещение ионов кальция на ионы натрия, калия, магния, стронция и даже свинца; возможно также и замещение анионов. В значительной степени это может быть связано с экологическими условиями жизни человека, различными профессиональными факторами вредности и др. Результатом становится изменение физических свойств кости, таких как прочность, гибкость, упругость. Поэтому измерение элементного состава кости или обнаружение редких элементов в ней может быть полезным в ранней диагностике остеопороза.

Обычно неинвазивный (не разрушающий) элементный анализ проводится по флуоресцентной методике (когда под воздействием внешнего излучения возбуждаются и флуоресцируют атомы вещества). Возбужденные атомы или ядра излучают характеристические рентгеновские или гамма-лучи, по которым можно определить состав образца. До настоящего времени такие методики исследования элементного состава для анализа костей применя-

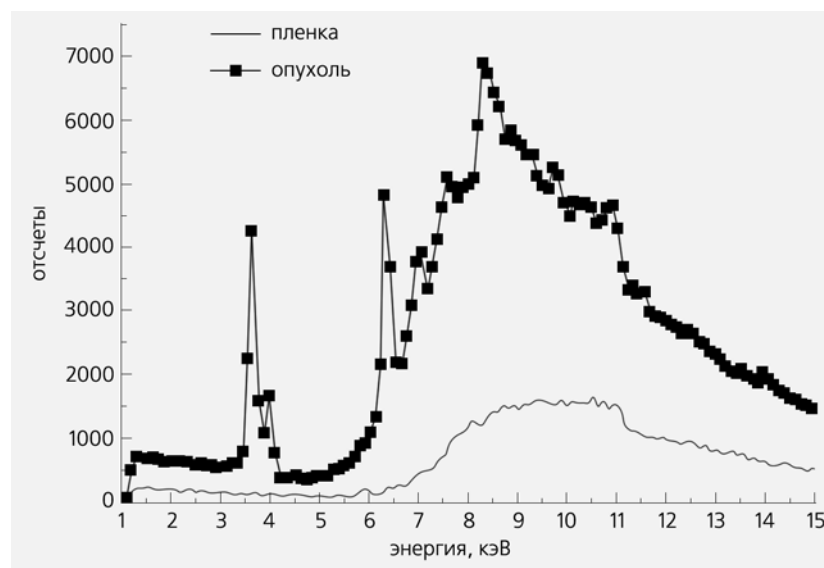


Рис.7. Спектр, полученный на пучке СИ по методу рентгеновского флуоресцентного анализа для биожидкости, взятой у больного (опухоль) в сравнении с фоном (пленка).

лись мало, потому что требования к ним очень высоки. Во-первых, такие исследования желательно делать на живом организме, и, следовательно, дозы облучения должны быть очень низкими. Во-вторых, точность измерений должна быть высока, потому что процент содержащихся вредных примесей, как правило, очень мал. Этим требованиям можно удовлетворить за счет использования СИ.

Известно огромное влияние макроэлементов (кальций, натрий, магний и др.) и микроэлементов (цинк, медь, кобальт и др.) на функционирование организма и на состояние здоровья. Как теперь выяснено, при возникновении многих патологий, в том числе и опухолевых, возникает дисбаланс в распределении этих физиологически значимых элементов. С другой стороны, в настоящее время достоверно установлено, что загрязнение окружающей среды различными токсикантами, среди которых особое место занимают тяжелые металлы, приводит к существенному увеличению вероятности возникновения определенных заболеваний.

При попадании в организм человека тяжелых металлов, особенно через органы пищеварения и дыхания, происходит бессимптомное накопление этих элементов в определенных органах, в том числе и в биожидкостях. Связь процесса накопления тяжелых металлов с хроническим стрессом и трансформацией в разнообразные нозологические патологии особенно очевидна при наблюдении за развитием онкологических заболеваний. Клинически идентифицировать воздействие окружающей среды в конкретный момент и на конкретного человека весьма сложно и не всегда представляется возможным. В связи с этим особое значение приобретает разработка методов ранней диагностики накопления и распределения некоторых химических элементов в организме человека.

Было показано [12], что микроскопический элементный анализ дегидратированных биожидкостей (кровь, моча, плазма) может решить проблему экологического мониторинга профессиональных заболеваний. Избыток тех или иных микроэлементов,

в основном тяжелых металлов, служит меткой различных, особенно профессиональных заболеваний, связанных с работой во вредных условиях. На рис.7. показан спектр флюоресцентного излучения, полученный с помощью Ge-детектора на пучке СИ. В качестве образца использовалась проба биожидкости, взятая у онкологического больного. Здесь видна широкая подложка, связанная с рассеянным излучением, на которой выделяются пики (характеристические линии), соответствующие определенным элементам. Благодаря использованию СИ удастся измерять примеси микроэлементов до одной миллионной доли (1 ppm) в биоптатах и биожидкостях.

Эти первые результаты были получены сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (г.Саров) совместно с ИЯИ РАН и РНЦ КИ на пучке синхротронного излучения РНЦ КИ по методу рентгеновского флюоресцентного анализа для различных медико-биологических проб. Они показали перспективность предложенного метода.

В глубь сосудов

Работы по получению изображений коронарных сосудов и сердца заняли одно из ведущих мест на многих источниках синхротронного излучения (КЕК в Японии, ESRF во Франции, ВЭПП-4 в Новосибирске и др.), потому что потребность в них исключительно велика. Так, на источнике ESRF в Гренобле уже несколько лет ведутся регулярные обследования пациентов [13].

Основной недостаток обычной рентгеновской диагностики сердца связан с необходимостью введения контрастного вещества в вену для получения контрастного изображения. Введение контрастного вещества в кровеносные сосуды осуще-

ствляется с помощью катетера, что является довольно рискованной операцией и требует дополнительного облучения пациента для ее контроля (операция проводится под рентгеном). Принцип использования контрастного вещества основан на том, что в спектре поглощения рентгеновских квантов есть верхняя граница по энергии (*K*-край, соответствующий возбуждению *K*-оболочки), выше которой вероятность поглощения резко падает. Это объясняется структурой электронной оболочки данного элемента (*K*-оболочка — самая нижняя оболочка, для возбуждения ее нужна максимальная энергия). Делая два снимка при двух энергиях пучка (чуть выше и чуть ниже *K*-края) и вычитая затем один из другого, мы получили изображения с высоким контрастом. Обычно в ангиографии в качестве контрастного вещества используется йод, у которого *K*-край рентгеновского излучения равен 33.17 кэВ. В последние годы разработан метод просвечивания с использованием гадолиния, у которого *K*-край соответствует более высокой энергии (50.24 МэВ), что повышает точность измерений.

Использование СИ позволило упростить процедуру введения контрастного вещества и снизить количество этого препарата. В результате при введении контрастных веществ в очень небольших количествах с помощью обычного шприца получают качественное изображение артериальных сосудов. Напомним еще один важный момент: благодаря монохроматичности излучения СИ дозы облучения оказываются минимальными.

На помощь терапевту

Современные методы лучевой терапии для лечения онкологических заболеваний разнообразны, но все они имеют большой недостаток: под дей-

ствием излучения оказываются не только раковые клетки, но и здоровые, из-за чего возникают негативные побочные явления. С этим недостатком борются разными способами, например, используя пучки ионизирующих частиц, которые производят ионизацию главным образом в конце трека (протоны). Но протонная терапия очень дорога, потому что требует создания протонных ускорителей достаточно высокой энергии.

Принципиально новый терапевтический подход (микроручевая терапия) с использованием СИ был предложен в Брукхэвене около 10 лет тому назад и получил развитие на ESRF [14]. Идея нового метода основана на использовании пучка специальной формы (в виде множества планарных, узких пучков — типа расчески). Экспериментально показано, что благодаря такой структуре пучка после облучения возможна регенерация здоровой ткани. Иначе говоря, микропоражения здоровой ткани исчезают благодаря быстрому воздействию крови, которая сама по себе менее чувствительна к дозе облучения. Пораженные раком клетки при этом разрушаются и не восстанавливаются. Если к тому же свести пучки локально в место расположения опухоли, то терапевтический эффект еще более возрастет. В результате с помощью таких пучков можно эффективно повышать дозу облучения (в сотни и тысячи раз), не разрушая здоровые ткани. При этом лечению поддаются опухоли самых различных органов, включая головной мозг, который сейчас облучают в основном на кобальтовых пушках, вызывающих в отличие от микроручевой терапии более значительные негативные побочные явления.

Синхротронное излучение оптимально подходит для использования в микроручевой терапии, потому что оно обладает высокой интенсивностью, до-

статочной высокой проникающей способностью и легко формируется с помощью коллиматоров. Модельные расчеты и экспериментальные исследования показали [12], что оптимальной структурой обладает пучок шириной в несколько сантиметров в виде расчески с «зубьями» шириной до 40 мкм при расстоянии между ними около 75 мкм.

Перспективы

Использование синхротронного излучения в медицине имеет хорошие перспективы не только в области рентгеновской диагностики и терапии, но и в более широком плане, который поначалу может показаться фантастическим. Например, с помощью СИ можно создать микроустройства (капсулы с дистанционно управляемыми микродвигателями), которые, двигаясь по сосудам, будут доставлять лекарственные препараты в нужное место и в нужных количествах. Метод создания подобных микроустройств уже до-

статочно хорошо разработан (глубокая рентгеновская литография); он позволяет изготавливать микродвигатели, химические микрореакторы и другую микротехнику. Выгоды от применения такой техники достаточно очевидны. В медицине это может привести к принципиально новым методам лечения. И дело не только в том, что лекарства будут использоваться более эффективно и их потребуется намного меньше, чем при пероральном введении или инъекциях. Одно из возможных применений может быть связано с генной инженерией.

Исследования в области генотерапии болезней человека показывают перспективность введения ДНК-конструкций в стволовые костно-мозговые клетки [15]. Проведение подобных исследований наталкивается на значительные трудности, поскольку используемые в настоящее время хирургические методы проникновения в полость берцовой кости травматичны, вызывают большое количество осложнений и требуют длительного пребывания боль-

ных в клинике. Точность введения генетических конструкций при этом сильно снижена. Поэтому использование достижений микромеханики для создания устройств, способных обеспечить микроинвазивную доставку лекарств по кровеносным сосудам, становится актуальными.

В последние годы генетика все чаще вторгается в область практической медицины, что дает весьма впечатляющие результаты. Работы в этом направлении, естественно, находят своих последователей и среди специалистов синхротронных центров. Пока использование пучков СИ в генетических исследованиях можно рассматривать только как предложение, потому что оно еще находится в самой начальной стадии. Тем не менее развитие данного подхода не только возможно, но и вполне реально в ближайшем времени.■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 04-02-16996.

Литература

1. Medical Applications of Synchrotron Radiation / Eds M.Ando, C.Uyama. Tokyo, 1998.
2. Шильштейн С.Ш., Подурец К.М., Соменков В.А., Манушкин А.А. // Поверхность: рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 1996. №3—4. С.231—241.
3. Gerasimov V.S., Korneev V.N., Kulipanov G.N. et al. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1998. V.A405. P.525—531.
4. Артемьев А.Н., Манушкин А.А., Недорезов В.Г. и др. // Препринт ИАЭ. 1998. Т.6065/15. С.1—20.
5. Podurets K.M., Pogorelyi D.K., Manusbkin A.A. et al. // Crystallography Reports. 2004. V.49. Suppl.1. P.50—54.
6. Кононов Н.К., Беляев А.Д., Игнатов С.М. и др. // Приборы и техника эксперимента. 2004. №5. С.123—125.
7. Arfelli F., Barbiellini G., Bernstoff S. et al. // Reviews of Scientific Instruments. 1995. V. 66. P.1325—1328.
8. Johnston R.E., Washburb D., Pisano E. et al. // Proceedings of International Society for Optical Engine. 1995. V.2432. P.434—441.
9. Ando M., Sugiyama H., Maksimenko A. et al. // Jap. J. Appl. Phys. 2001. V.40. PL298—L301.
10. Кононов Н.К., Беляев А.Д., Гришкин Ю.Л. и др. // Тезисы доклада на конференции «Медицинская физика-2005» (2-й Евразийский конгресс), М., 21—24 июня 2005 г.
11. World Health Organization. Assessment of Fracture Risk and its Application to Screening for Postmenopausal Osteoporosis. Geneva, 1994.
12. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. // Бюллетень РАМН. 2000. №3. P.45—49.
13. Elleaume H., Charvet A.M., Berkvens P. et al. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1999. V.A428. P.513—527.
14. Charvet A.M. et al. // Proc. of Int. Sch. of Physics «Enrico Fermi», CXVIII. 1996.
15. Сергиенко В.И. и др. // Патент РФ 99122938.

Новости науки

Астрофизика

У колыбели солнечных систем

На вопрос, что представляла собой та область Вселенной, где впоследствии появились наше Солнце и планеты, специалисты обычно отвечают: это было некое подобие наблюдаемого ныне и неплохо изученного района молекулярного облака, лежащего в направлении созвездий Возничего и Тельца: там, в относительной изоляции, сегодня рождаются звезды с небольшой массой, подобные Солнцу. Но в последнее время раздаются голоса против этой гипотезы. В частности, американский астрофизик Дж.Хестер (J.Hester; Университет штата Аризона в Темпе), работающий совместно с Л.А.Лешин (L.A.Leshin; Центр по изучению метеоритов, там же), указывает, что в начальной стадии существования Солнечной системы в области ее формирования присутствовал, как выяснилось недавно, изотоп ^{60}Fe . Однако ни по одному из известных механизмов не может появиться внутри еще молодой звезды этот короткоживущий элемент, период полураспада которого 1.5 млн лет. А вот во время взрыва сверхновых попутно с ^{26}Al , ^{41}Ca и другими радиоизотопами образуется и ^{60}Fe .

Отсюда, по мнению авторов, следует, что наше Солнце никак не могло образоваться в условиях, характерных для молекулярного облака в районе созвездий Возничего и Тельца. Скорее это произошло там, где рождались и «тяжелые» звезды, где одна или несколько звезд превращались в сверхновые.

Интенсивное ультрафиолетовое излучение массивных звезд образует среди плотных молеку-

лярных облаков значительные ионизованные области, в которых и возникают звезды. Пример таких областей — туманности Ориона и Орла. В подобной среде образование звезд малой массы происходит под воздействием ударной волны от сверхновой, обрушивающейся на плотную окружающую среду. Звезды небольшой массы, формирующиеся вокруг области ионизованного газа, должны проходить следующие этапы. Сперва ударная волна, предшествующая ионизационному фронту, сжимает молекулярный газ по периферии всей области, образуя плотное ядро и приводя к неустойчивости в отношении гравитационного коллапса. Затем, спустя примерно 10^5 лет, через это ядро проходит набегающий фронт ионизации. По мере того как ядро попадает внутрь облака ионизованного газа, наступает кратковременная (10^4 лет) фаза, в ходе которой плотное ядро подвергается фотоиспарению. Именно такое явление обнаружил космический телескоп «Хаббл» при наблюдении туманности Орла. Следом за этим наружная часть газовой сферы, готовая породить звезду, испаряется, а окружающий звезду диск подвергается облучению ультрафиолетовой радиацией, идущей от массивной звезды. Подобный процесс перехода к испаряющемуся диску хорошо заметен на изображениях туманности Ориона, полученных телескопом «Хаббл».

Но этап испарения диска также краток. Всего через несколько десятков тысяч лет фотоиспарение «разбедает» газовый диск, так что от него остается лишь внутренняя часть в несколько десятков астрономических единиц от центральной нарождающейся звезды. После этого молодое «солнце»

и «изъеденный» диск оказываются во внутренней области скопления ионизованного газа, где и пребывают все оставшееся время жизни этого района Вселенной, измеряемое несколькими миллионами лет. Именно это, полагают Хестер с коллегами, и есть та среда, в которой рождаются системы, подобные Солнечной.

Когда же массивные звезды, возбуждающие процессы в данном районе, теряют значительную часть своей массы и превращаются в сверхновые, протопланетные диски, окружающие ближайшие «легкие» молодые звезды, буквально осыпаются потоками выброшенного вещества. Такие события объясняют появление короткоживущих радионуклидов, которые обнаруживаются в метеоритах, пребывающих в Солнечной системе.

Таким образом, считают авторы, большинство звезд с малой массой и планетарными системами, включая и нашу собственную, сложились именно в среде, связанной с областями ионизованного газа. Наша Солнечная система должна была возникнуть из подвергнувшегося усечению диска, «купающегося» в ультрафиолетовом излучении массивных звезд, и подпасть под влияние близких сверхновых.

Ранние дни существования Солнечной системы содержат ответы на многие вопросы, стоящие перед астрофизикой, метеоритикой, астробиологией и планетологией. Их решение облегчается, если процесс рождения звездных систем относится не к темным внутренним областям изолированного молекулярного облака, а связать его с бурной средой на периферии области ионизованных газов.

Science. 2004. V.304. №5674. P.1116 (США).

Астрономия

Границу Солнечной системы перенесли

В ночь на 14 ноября 2003 г. астрономы Паломарской обсерватории (США, штат Калифорния), ведя наблюдения с помощью 1.2-метрового телескопа, обнаружили небесное тело 2003 VB 12, получившее затем название Седна — в честь иннуитской (эскимосской) богини моря.

Само по себе это не столь уж редкое событие: мелкие планетоиды открывают по несколько раз в год. Однако Седна оказалась рекордсменом: ее орбита проходит более чем в 13 млрд км от Солнца. А поскольку она обращается вокруг общего для нас с ней светила, ее следует признать равноправным (хотя и малым) членом Солнечной системы. И, главное, границу Солнечной системы теперь следует проводить вдвое дальше от Солнца по сравнению с той, что обозначалась орбитой Плутона. Да и сами характеристики Седны оказались незаурядными. Температура на ее поверхности, видимо, никогда не превышает -240°C ; на самом же деле там еще «прохладнее» — к Солнцу она приближается раз в 10 тыс. 500 лет, да и то ненадолго. Даже в этой точке (перигелии) Седна все еще находится примерно в 80 а.е. от Солнца.

Если не считать Марса, Седна — самая красноокрашенная планета во всей системе. Ее диаметр менее 1700 км, т.е. среднее место между поперечниками Плутона и Кавара — еще одного планетоида, открытого в 2002 г. той же группой астрономов. Таких крупных тел в Солнечной системе не обнаруживали с 1930 г., когда стало известно о существовании Плутона.

Свечение Седны отличается строго периодическими колебаниями, судя по которым, полный оборот вокруг собственной оси она делает за 20—50 земных суток. Только Меркурий и Венера оборачиваются медленнее — эти планеты замедляются в своем вращении приливными силами близкого к ним Солнца. Седна же от него

весьма далека, и приходится предполагать, что у нее имеется собственный, еще не открытый спутник, который и замедляет ее вращение.

Астрономы надеялись прояснить этот вопрос с помощью «Хаббла», но этот космический телескоп никакого спутника у Седны не обнаружил, так что пока загадка не решена. Впрочем, не исключено, что все дело в ошибочности определения скорости вращения Седны.

В предстоящие 72 года Седна будет приближаться к Солнцу и, соответственно, светиться все ярче. А затем станет удаляться на край Солнечной системы по своей эллиптической орбите, которая отличается столь большой вытянутостью, что остается осторожно предположить: наконец, открыто одно из тел, населяющих облако Оорта. Это крайне удаленное от нас скопление небольших ледяных тел, находящихся, вероятно, где-то на полпути между Солнечной системой и системой ближайшей к нам звезды. Полагают, что оно служит источником долгопериодических комет, которые иногда вторгаются во внутреннюю область нашей системы.

Все же Седна находится вдесятеро ближе к нам, чем показывают вычисления для самого облака Оорта. Не исключено, что у него имеется внутренняя область и Седна происходит именно оттуда. Такая область, в принципе, могла бы возникнуть, когда некая звезда миллиарды лет назад пролетала в наших «окрестностях» и своим тяготением нарушила стройное кольцо облака Оорта.

Так или иначе, пределом Солнечной системы теперь следует считать орбиту Седны.

Astronomy and Geophysics. 2004. V.45. №3. P.3, 27 (Великобритания); www.gps.caltech.edu/mbrown/sedna

Планетология

Марсианское море «заговорило»

В марте 2004 г. марсоход «Opportunity» приступил к обследованию экваториальной области плато Меридиана, считающейся

крайне информативной для изучения истории развития и эволюции Красной планеты. Первые фотоснимки свидетельствуют, что данный район некогда был дном неглубокого (не выше лодыжки чудом оказавшегося бы там человека) водного бассейна, характеризующегося повышенной кислотностью и напоминающего воды заброшенных шахт на Земле.

Аналитические данные, полученные марсоходом, говорят, что некоторые участки поверхности планеты насыщены сульфатными солями с переменной концентрацией брома, а этот элемент весьма характерен для донных отложений неглубокого и быстро испаряющегося водного бассейна.

Особый интерес вызывают микрофотоснимки обнажений пород на участках, названных Last Chance и Dell: здесь тонкая структура отложений не представляет собой параллельные друг другу слои пылевых частиц или песчинок, как это бывает, когда они осаждаются за счет действия ветров, а образует сильно изогнутые пересекающиеся микропласты. Специалисты из Массачусетского технологического института в Кембридже во главе с геологом Дж.Гротцингером (J.Grotzinger) полагают, что это — характерные следы зыби, бежавшей по поверхности неглубоких вод.

Открытый марсоходом новый бассейн достигал значительных размеров. Судя по снимкам, сделанным с марсианской орбиты, светлоокрашенные породы, сходные с изучавшимися марсоходом на месте, свидетельствуют, что море простиралось не менее чем на 180 тыс. км², т.е. было всего лишь в 2.5 раза меньше, чем, например, Черное море, хотя и довольно мелководным.

После того как марсоход «Opportunity» завершил продолжавшееся несколько недель обследование обнажений в месте своей посадки в кратере Eagle (диаметр около 20 м), был детально изучен отдельный выступ высотой примерно в 20 см. Отчетливая слоистость и состав слоев говорят о том, что на ранней стадии раз-

вития планеты здесь существовало мелководное море. Однако этот единственный показатель нельзя признать достаточно убедительным. Неясно, и как долго вода заполняла это углубление. Для получения ответа на перечисленные вопросы руководители эксперимента «перегнули» марсоход на кромку другого кратера — Endurance. Этот кратер поперечником 130 м имеет импактное (ударное) происхождение, а его возраст намного больше, чем у кратера Eagle. Здесь также имеются хорошо читаемые обнажения; космогеолог Дж.Райс (J. Rice; Университет штата Аризона в Темпе) насчитал в Endurance не менее пяти слоев, расположенных ниже тех светлоокрашенных пластов, что наблюдались в Eagle.

Дистанционный анализ древних слоев не показал наличия там солей, которые были обнаружены в кратере Eagle, а лишь базальты, типичные для многих районов Красной планеты. Чередование слоев говорит о том, что некоторые из более древних пластов, возможно, представляют собой образованные ветрами песчаные дюны, характерные для побережий (чего в кратере Eagle не наблюдается).

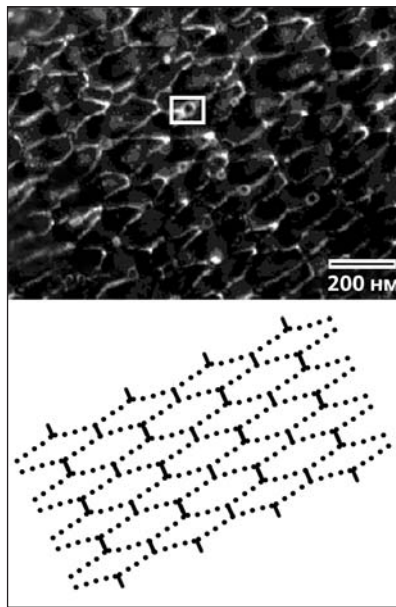
Следующим «шагом» марсохода стало его продвижение по кромке кратера Endurance. Если найдется подходящее место, аппарат спустится на дно кратера, но эта операция, по мнению научного руководителя эксперимента С.Скуайрса (S. Squires; Корнелльский университет в Итаке), весьма рискованна, так как склоны кратера отличаются большой крутизной.

Science. 2004. V.303. №5666. P.1957; V.304. №5673. P.940 (США).

Электроника

Дислокации формируют наноструктуру

Уметь управлять параметрами самособирающихся массивов квантовых точек важно как для усовершенствования уже существующих оптоэлектронных приборов (скажем, полупроводниковых



Изображение «композитной подложки» с регулярной дислокационной сеткой, полученное методом просвечивающей электронной микроскопии (вверху). Прямоугольником выделена поверхностная полость, образовавшаяся в результате несовершенства поверхностей.

Схематическое изображение той же «композитной подложки» (внизу). Пунктирными линиями показаны смешанные дислокации, сплошными — винтовые.

лазеров), так и для создания новых (например, однофотонных источников для квантовой информатики). Исследователи во главе с Ж.Гуэлью попытались создать массив квантовых точек на основе арсенида галлия, используя периодические поля упругих напряжений регулярной сетки дислокаций, расположенной неглубоко под поверхностью полупроводника¹.

Остроумный метод создания таких регулярных дислокационных структур был предложен еще несколько лет назад: нужно сращивать две монокристаллические пластины одного и того же материала с небольшой кристаллографической «разориентировкой», тогда на их границе формируется регулярная система дис-

¹ Goelbo J. et al. // J. Phys.: Condens. Matter. 2004. V.16. P.7941—7946.

локаций, компенсирующих это несоответствие. Таким способом ранее уже удалось получить регулярные сетки дислокаций в металлах и кремнии.

Гуэлью и его коллеги взяли две пластины GaAs, разориентированные между собой в двух направлениях: был внесен некоторый поворот вокруг оси, перпендикулярной поверхности. Пластины сжимали и отжигали под нагрузкой при 600°C в течение часа. В результате между ними образовались ковалентные связи, сформировалась квадратная двумерная сетка винтовых дислокаций и возникла разориентировка вокруг оси, лежащей на исходной поверхности образца (001). Это привело к формированию одномерной сетки смешанных дислокаций. Чтобы она оказалась неглубоко под поверхностью (в данном случае 20 нм), лишний материал удалили, а на поверхность эпитаксиально нарастили гетероструктуру GaAs/InAs/In_{0.15}Ga_{0.85}As/GaAs. Атомная силовая микроскопия показала, что упругие напряжения, создаваемые дислокационной сеткой, привели к неоднородному осаждению материала (период получившейся поверхностной наноструктуры задан периодом дислокационной сетки).

Массив квантовых точек на этом материале получить пока не удалось, но это вопрос подбора параметров формируемой дислокационной сетки и условий осаждения.

http://perst.isssp.kiae.ru/inform/perst/4_23/index.htm

Зоология

Экзотические гады Флориды

Темпы инвентаризации фауны нашей планеты постоянно нарастают. Выходит в свет множество монографий, посвященных распространению, состоянию и биологии животных тех или иных таксономических групп в отдельных странах или географических регионах. Земноводные и пресмыкающиеся, конечно, не исключе-

ние: число ежегодных герпетофаунистических сводок измеряется уже десятками. Хотя недавно вышедшая в США монография¹ формально — такая же фаунистическая сводка, тем не менее она принципиально отлична от всех остальных, потому что посвящена не естественной, аборигенной части фауны, а экзотической, привнесенной человеком.

Чрезвычайно благоприятные природные условия Флориды и интенсивная деятельность здесь человека привели к уникальной ситуации: сюда попадали — чаще всего случайным образом — самые разнообразные земноводные и пресмыкающиеся из разных частей света, и многие из них успешно приживались в этом райском уголке. В результате там сложилась фауна экзотических амфибий и рептилий, подобной которой нет нигде в мире. Ее изучением и детальной научной характеристикой и занимались авторы книги.

Колонизация Флориды «иностранцами» гадами началась еще в конце XVIII в. Первым колонистом, судя по сохранившимся свидетельствам, стала оранжевая листовая лягушка *Eleutherodactylus planirostris*, завезенная сюда из Южной Америки более 125 лет назад. К настоящему времени число успешно прижившихся инородцев достигает 40 видов! Большинство из них — 32 вида — ящерицы, главным образом древесные: гекконы и аналисты. По видовому разнообразию интродуцированные ящерицы уже превосходят аборигенных. А еще во Флориде встречаются ранее не обитавшие здесь лягушки, жабы, змеи, черепахи и один вид крокодилов.

Экологическое значение экзотических видов герпетофауны далеко не ограничивается повышением местного биоразнообразия. К сожалению, в значительной степени их внедрение приводит к негативным последствиям. Многие из интродуцированных видов становятся опасными хищниками или

конкурентами для представителей исконной фауны. Их успешное включение в естественные экосистемы вызывает разнообразные и зачастую непредсказуемые изменения природных биоценозов.

Исследователи впервые обобщили имеющиеся сведения о распространении, численности, особенностях биологии и экологической роли экзотических видов герпетофауны Флориды. Как показал анализ, в наибольшей степени колонизации подверглась южная, наиболее урбанизированная часть штата. Герпетологи установили, что скорость ассимиляции животных-вселенцев заметно возросла в последние 30–40 лет, и таким образом процесс завоевания Флориды экзотическими земноводными и пресмыкающимися приобретает все более угрожающие масштабы.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Медицина

Стволовые клетки человека в мозге крыс

Тяжелейшие патологии центральной нервной системы, в том числе энцефалопатия у детей и инсульты у взрослых людей, обусловлены кислородным голоданием головного мозга, его гипоксией. При этом происходит дегенерация и дисфункция нейронов. В поиске подходов к лечению таких патологий большие надежды возлагаются на трансплантацию стволовых клеток (т.е. клеток, способных давать разные клеточные типы) от донора в поврежденный мозг.

В совместном исследовании московских ученых² из трех различных учреждений (Института биологии развития им.Н.К.Кольцова, Института биологии гена и Центра акушерства, гинекологии и перинатологии) было изучено, как протекает развитие нейральных стволовых клеток чело-

века в мозге крыс, перенесших острую трехминутную гипоксию.

В качестве трансплантата использовали стволовые клетки из головного мозга 9,5-недельного плода человека, которые до пересадки длительно культивировали в среде со специальным набором факторов роста. Изучали мозг крыс-реципиентов через 27 сут после трансплантации.

В этих исследованиях впервые удалось показать успешное приживание культивированных нейральных стволовых клеток мозга человека в мозге крыс. Пересаженные клетки не вызвали иммунного ответа в течение 27 дней, сохраняли многофункциональность — в трансплантатах были выявлены и стволовые клетки, и астроцитарные, и нейробласты. Клетки трансплантата проявили способность к миграции в области дегенерации нейронов мозга крыс-реципиентов.

Результаты этой работы свидетельствуют о возможности использования трансплантации стволовых клеток при заболеваниях мозга человека, вызванных гипоксией-ишемией.

© Липина Т.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Геохимия

Что рассказывают алмазы

Известно, что встречаемые в алмазах примеси могут нести важную информацию о происхождении и составе пород, в которых они сформировались. Группа ученых во главе с П.Картиньи (P.Cartigny; Лаборатория геохимии стабильных изотопов при Институте физики Земли, Париж, Франция) совместно со специалистами из Геофизического центра горнодобывающей компании «De Beers» (Иоганнесбург, ЮАР) всесторонне исследовала микроалмазы, добываемые из даек (пластинообразных геологических тел, ограниченных параллельными стенками) в шахтах провинции Нунавут на севере Канады.

¹ Mesbaka W.E., Butterfield B.P., Hauge J.B. The Exotic Amphibians and Reptiles of Florida. Malabar, 2004.

² Александрова М.А., Ревущин А.В., Подгорный О.В. и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2004. Т.137. №3. С.296–300.

Как оказалось, эти алмазы весьма сходны с теми, что образовались в результате субдукции (погружения в недра нашей планеты отдельных блоков земной коры). Данные проведенного анализа (концентрация азота и его изотопный состав) указывают на формирование изучавшихся алмазов в горных породах при высоких температурах и давлениях. Впоследствии эти метаморфические породы с включениями микроалмазов, будучи захвачены различного типа щелочными магмами, были вновь вынесены в приповерхностные зоны Земли. Произошло это около 1.8 млрд лет назад.

В Северной Америке образование подобных пород относится к транс-гудзоновскому орогенезу, т.е. к процессу, происходившему около 2 млрд лет назад.

Таким образом, существование активной зоны субдукции можно «отодвинуть» во времени по меньшей мере на 1.2 млрд лет.

Science. 2004. V.304. №5672. P.791, 853 (США).

Геотектоника

Куда делись горные вершины?

Недавние геофизические исследования показали, что во многих районах Запада США и Канады длительное время идет активный процесс растяжения земной коры, направленный приблизительно с востока на запад. За последние 50 млн лет кора в этом регионе непрерывно растягивалась вдоль пока еще не обнаруженного разлома. Есть основания полагать, что в связи с растяжением коры ее прежняя мощность уменьшилась на некоторых участках на 50%. Тем не менее там до сих пор существуют значительные возвышенности и даже горы.

По одной из гипотез, эти области ранее представляли собой еще более высокогорные плато и вершины, которые затем опустились. Группа геофизиков во главе с Малчем (Mulch) исследовала изотопный состав водорода в слюде, ко-

торая, по геохимическим данным, сформировалась в процессе растяжения на территории геологического комплекса Шусуоп, около одноименного озера в юго-западной части Канады.

Известно, что содержание изотопов водорода в слюде отражает уровень атмосферных осадков во время ее формирования. Таким образом, образование слюд может напрямую датировать время растяжения земной коры. Установленные геофизиками даты говорят, что геологический комплекс Шусуоп некогда возвышался в среднем более чем на 4000 м над ур.м. Затем, 50—45 млн лет назад, последовал период его опускания. С тех пор эти горные вершины понизились более чем на 1000 м.

Авторы работы полагают, что их выводы могут быть распространены и на многие другие районы Западных Кордильер.

Geology. 2004. V.32. P.525; Science. 2004. V.305. №5680. P.19 (США).

Океанология

Тень цунами бежит впереди

Цунами (в переводе с японского — большая вода в гавани) — это длиннопериодная волна, которая чаще всего возбуждается землетрясением или значительным оползнем на морском дне, либо извержением подводного вулкана. Возникшее в связи с этими событиями поднятие морской поверхности способно преодолевать огромные расстояния (например, от Японии до Чили или от Гавайских о-вов до Аляски), причем сохраняется значительная часть исходной энергии. Однако, несмотря на колоссальную энергию, в открытом море цунами остается практически неразличимым из-за относительно небольшой скорости и, в особенности, пренебрежимо малой амплитуды колебаний.

Когда такая волна набежит на береговое мелководье, она замедляется, но, «опираясь на дно», встает в гигантский рост, обычно

в 2—3 м, а иногда достигает 30-метровой высоты. Вот почему одно из мощных цунами XVII в. осталось незамеченным для японских рыбаков в Тихом океане, но стало катастрофой для прибрежных деревень и поселков.

Недавно замечено, что в отдельных случаях перед головным фронтом цунами бежит некая тень — полоса воды более темной окраски. Это явление рассмотрел геофизик Годин (Godin). Он установил, что гигантская волна при движении вызывает специфический ветер, который захватывает лишь тонкий слой приподнятой атмосферы, лежащей непосредственно над цунами. Эта струя воздуха усиливает морское волнение, разрушает гладкость зеркала вод и образует темную полосу, параллельную волновому фронту, проходящему между гребнями волн.

Благодаря подобному признаку цунами, предваряемое своей «тенью», может быть обнаружено в открытом океане, пока оно еще не нанесло смертельного удара по суше. Фиксировать такую «тень» могли бы радиолокаторы и радиометры, устанавливаемые на борту самолета или искусственного спутника Земли. Предупреждение о грозящей опасности, переданное по радио, позволило бы спасти жизни многих людей, обитающих в прибрежных районах.

Journal of Geophysical Research. 2004. V.109. COS 002 (США); Science. 2004. V.304. №5677. P.1569 (США).

Палеоклиматология

Пещеры говорят о климате далекого прошлого

Информацию о климатических условиях отдаленного прошлого обычно получают, изучая состав колонок льда. Однако этот метод можно использовать лишь в районах оледенения. В средних и низких географических широтах, на небольшой высоте над уровнем моря, помогает анализ отложений кальцитов в пещерах.

Китайско-американская группа специалистов во главе с Даосянь Янем (Daoxiang Yan; Лаборатория по изучению карста в Гуйлине, КНР) и Л.Эдвардсом (L. Edwards; Университет штата Миннесота в Туин-Сити, США) исследовала сталагмиты в пещере Донгэ (25°с.ш., 108°в.д.), расположенной на высоте 680 м над ур.м. Средняя годовая температура в ней 15.6°C. Ранее те же специалисты провели аналогичные работы в пещере Хулу, находящейся в 1200 км от Донгэ. Образцы породы, слагающей сталагмиты, отбирали в 300—500 м от входа в пещеры, длина колонок составляла от 210 до 304 см, а диаметры — от 12 до 20 см. Вариации содержания изотопа ¹⁸O в образцах из обеих пещер совпали, сезонные перепады количества осадков оказались одинаковыми. В пещере Донгэ получена информация, относящаяся к отрезку времени, вдвое большему, чем в пещере Хулу. Особый интерес представляют сведения об атмосферных осадках и влажности воздуха в период, следующий за предпоследним оледенением, т.е. начиная со времени, отстоящего от нас на 160 тыс. лет.

Science. 2004. V.304. №5670. P.575 (США).

Метеорология

Теплеет, но как быстро?

Большинство метеорологов сходятся во мнении, что в последнее время климат Земли теплеет примерно на 0.17°C за десятилетие. Эта величина практически совпадает с прогнозами, учитывающими рост парникового эффекта. Однако озадачивает тот факт, что метеодатчики на искусственных спутниках Земли в ряде случаев регистрируют заметно более медленное повышение температур, что некоторые специалисты используют в качестве контраргумента в дискуссии о будущем глобального климата.

Решая проблему такого несоответствия, группа специалистов во главе с американским метеорологом Цянь Фу (Qiang Fu; Университет штата Вашингтон в Сиэтле)

предлагает новую методику коррекции спутниковых измерений, на которые влияет похолодание, идущее в стратосфере.

Более десятилетия ведется спор о том, как анализировать спутниковую метеоинформацию, описывающую микроволновое излучение. Дело в том, что интенсивность этого излучения зависит от температуры того слоя атмосферы, который ответствен за данную эмиссию. Микроволновое излучение идет от нижней атмосферы (тропосферы) — слоя, лежащего всего в нескольких километрах от земной поверхности, а сама информация собирается приборами микроволнового зондирования со спутников, находящихся в 850 км над поверхностью Земли. Вероятно, именно поэтому у трех групп исследователей разброс результатов, полученных ими при анализе хода потепления, очень велик: 0.02°C, около 0.1°C и 0.24°C в десятилетие. Правда, во всех трех случаях не принималось во внимание, что излучающий микроволны слой простирается в нижнюю стратосферу, где вследствие значительной потери озона происходит сильное похолодание.

Метеорологи из Университета штата Вашингтон и предлагают внести поправку, учитывающую влияние стратосферы на вычисленную температуру тропосферы, используя для этого данные как спутниковых микроволновых датчиков в стратосфере, так и температурных измерений с помощью метеозондов. Выведенная ими поправка повышает рост потепления от 0.1°C до 0.18°C за десятилетие. Таким образом, даже самая нижняя величина этой тенденции поднимается до 0.1°C за 10 лет.

Science. 2004. V.304. №5672. P.809 (США).

Статистика. Социология

Математическая статистика или пари?

С конца XIX в. в США каждые четыре года, во время очередных президентских выборов, вспыхи-

вала «эпидемия» азартных игр. Множество людей делали ставки: кто победит и с каким счетом. Недавно специалисты по математической статистике П.Роуд и К.Страмппф (P.Rhode, K.Strumpf; Университет штата Северная Каролина в Чапел-Хилле) на основе анализа архивных данных установили интересный факт: в период между 1884 и 1940 гг. большинство участников пари весьма точно угадывали результаты выборов. Исключением стал лишь 1916 г., когда В.Вильсон опередил, хоть и ненамного, Ч.Хьюза.

После 1940 г. страсть к заключению подобных пари у американцев существенно снизилась: возобладали интерес к научно обоснованным опросам общественного мнения с последующей математической обработкой данных. До последнего времени именно этот метод и царил в политологии и экономическом прогнозировании.

Однако с наступлением эры Интернета положение вновь изменилось. В Сети появились специальные сайты (например, www.intrade.com и www.tradesports.com), которые, наряду с биржевыми и спортивными, принимают электоральные ставки. Анализ показал, что в ходе четырех последних президентских кампаний социологи из «The Gallup Organization», проводившие опросы за неделю до выборов, уступали по точности участникам пари. Причину этого специалисты видят в том, что опросы представляют собой всего лишь «моментальную фотографию» общественного настроения и не в состоянии учесть его динамику. Например, сразу после проведения съезда той или иной партии по выдвижению кандидата в президенты популярность его резко возрастает, что и отражается на результатах опроса. А умудренные опытом участники пари, понимая, что фактор этот временный, и заботясь о своем кошельке, делают более дальновидный и разумный прогноз.

Science. 2004. V.305. №5684. P.603; Economic Perspectives. July. 2004 (США).

Документальный памятник эпохи

В.М.Максименко,

кандидат физико-математических наук
Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН
Москва

Драматическая судьба выдающихся русских ученых братьев Вавиловых — Николая Ивановича и Сергея Ивановича — широко известна. Написаны десятки книг и статей*, сняты документальные и художественные фильмы. Уникальность рецензируемой книги в том, что автор и составитель — Юрий Николаевич Вавилов (сын Николая Ивановича Вавилова), доктор физико-математических наук, вся научная жизнь которого связана с Физическим институтом им.П.Н.Лебедева, созданным его дядей С.И.Вавиловым. За все время нашего знакомства (а это уже более 50 лет) Юрий Николаевич, помимо своей профессиональной работы по физике космических лучей, много сил уделял тому, чтобы восстановить доброе имя и увековечить память своего отца. Деятельность эта была очень многогранна: издание трудов отца, его обширной переписки (только что завершено 6-томное издание международной переписки) и воспоминаний о нем, создание Комиссии РАН по научному наследию, подготовка различных юбилейных мероприятий, тес-

ные контакты с биографами Вавилова, авторами фильмов о нем, художниками, вообще с десятками и сотнями людей, так или иначе связанных с Николаем Ивановичем. В книге, к сожалению, об этом рассказано очень скудно, что отчасти компенсируется статьей «Комиссия Российской Академии наук по научному наследию Н.И.Вавилова» (с.222), подготовленной совместно с М.Е.Раменской. Основное по значению место в книге занимает публикация документов, найденных Ю.Н.Вавиловым в архивах ФСБ, Главной военной прокуратуры РФ, Президента РФ (фонд Сталина), Национальном архиве США, Архиве РФ, Архиве Лондонского Королевского Общества, Архиве Управления внутренних дел по Саратовской области и других. Эти документы были опубликованы с комментариями (часто в соавторстве с Я.Г.Рокитянским) в различных журналах, в том числе в «Природе» [1]. Теперь эти публикации собраны под одной обложкой, что само по себе очень ценно, добавлены и новые документы, не публиковавшиеся ранее. Но это привело к неизбежным повторам, разному стилю изложения материала — все это следовало бы оговорить в предисловии.

Свою книгу Юрий Николаевич посвятил «светлой памяти



Ю.Н.Вавилов. В ДОЛГОМ ПОИСКЕ. КНИГА О БРАТЬЯХ НИКОЛАЕ И СЕРГЕЕ ВАВИЛОВЫХ.

М.: ФИАН, 2004. 330 с.

* В «Природе» неоднократно публиковались статьи о Вавиловых. К 100-летию Николая Ивановича весь №11 за 1987 г. был посвящен ему.

моей многострадальной матери Елены Ивановны Барулиной-Вавиловой». После ареста Николая Ивановича она предпринимала отчаянные усилия, чтобы спасти мужа. В октябре 1940 г. поехала в Москву и с большим трудом попала на прием к прокурору СССР Бочкову — текст ее заявления впервые публикуется в рецензируемой книге (с.105). Тогда же она обращается с письмом к секретарю и члену Политбюро ЦК ВКП(б) А.А.Андрееву, который в то время курировал сельское хозяйство. В обоих случаях содействие оказал известный архитектор, депутат Верховного Совета СССР, академик В.А.Веснин, к которому Елена Ивановна обратилась по совету его родственника и друга С.И.Вавилова (их жены были родные сестры). В сопроводительном письме Веснин писал: «Я близко знаю Н.И.Вавилова более 20 лет. На моих глазах он вырос в крупнейшего советского ученого с мировым именем. Знаю его как честнейшего советского гражданина с громадным энтузиазмом и полной преданностью отдававшего свои силы на служение советской науке и Родине.

Поэтому поддерживаю просьбу жены Н.И.Вавилова о Вашем содействии в скорейшем выяснении дела Н.И.Вавилова» (с.314).

Вероятно, современный читатель не увидит ничего особенного в действиях Веснина, но во время «Большого террора», в обстановке всеобщего страха это был акт большого гражданского мужества. Аналогичные письма писал и Н.И.Вавилов. Он приложил немало усилий, чтобы добиться освобождения 44 ученых-агров, арестованных по сфабрикованному ОГПУ делу так называемой «Трудовой крестьянской партии» (1930—1931). Это обстоятельство после ареста Николая Ивановича послужило основанием для обвинения в том, что он был вдохновителем и организатором этой мифической партии. В книге при-

водится и письмо Вавилова в защиту арестованного директора Северо-Кавказского отделения ВИРа С.Л.Соболева, которое привело к успеху: профессор Соболев был освобожден (с.150). Но такие удачи бывали крайне редко, обычно вспоминают лишь хлопоты П.Л.Капицы об освобождении будущего академика Л.Д.Ландау. В обстановке всеобщего страха обычной была другая реакция — большинство сотрудников ВИРа очень быстро прекратило контакты с Еленой Ивановной, но, к счастью, не все. Галина Сергеевна Карпеченко, жена генетика Г.Д.Карпеченко, осужденного и расстрелянного в 1941-м, пригласила Елену Ивановну с сыном провести лето на даче ее родителей в Подмосковье, где их и застала война. По мнению Юрия Николаевича, это приглашение спасло им жизнь, так как из Подмосковья они уехали не в осажденный Ленинград, а к родственникам в Саратов. Здесь судьбе угодно было создать полную драматизма ситуацию: когда Елена Ивановна и Юрий Николаевич жили в Саратове, в камере смертников Саратовской тюрьмы 26 января 1943 г. умер от дистрофии Н.И.Вавилов. Об этом они узнали, когда летом 43-го в Саратов приехал старший сын Николая Ивановича Олег, который каким-то образом узнал о месте заключения отца. Олег погиб при невыясненных обстоятельствах на Кавказе в 1946 г. [2]. О саратовском периоде их жизни Юрий Николаевич вспоминает (очерк «Разные судьбы братьев Вавиловых»): «Спас нас Сергей Иванович. Мама написала ему несколько писем, где общалась о нашем бедственном положении. Сергей Иванович немедленно откликнулся. Он стал посылать маме денежные переводы и даже каким-то образом передал обувь для меня». Он же помог Елене Ивановне после окончания войны вернуться в Ленинград, устроиться с квартирой, а Юрию Николаевичу по-

лучить «допуск» (который сыну «врага народа» вряд ли бы дали) и попасть в руководимый им ФИАН, в лабораторию космических лучей, где раньше работал погибший Олег Вавилов. А Елена Ивановна писала о своей цели скорее вернуться в Ленинград: «Пока еще не поздно, спасти ценнейшую библиотеку Николая Ивановича. Мой долг — спасти его рукописи, работы, пока они не погибли» (с.316). Этот долг Елена Ивановна выполнила полностью.

Говоря о Н.И.Вавиллове, нельзя обойтись без упоминания мрачной фигуры Т.Д.Лысенко. Опубликованные в книге документы относятся к периоду непосредственно перед арестом и гибелью Николая Ивановича, когда противостояние Вавилов—Лысенко достигло апогея.

В 1940 г. Вавилов пишет секретарю ЦК ВКП(б) А.А.Андрееву и наркому земледелия И.А.Бенедиктову: «Во время моего отъезда на Кавказ в научную командировку распоряжением президента Сельскохозяйственной академии Т.Д.Лысенко <...> постановлено утвердить ученый совет Всесоюзного института растениеводства в новом составе. Совет утвержден помимо представления директора, без всякого согласования с ним, в его отсутствие, что считаю действием совершенно противоречащим конституции наших научных учреждений. Более того, из состава совета Института <...> распоряжением президента изъяты наиболее крупные научные работники, профессора, доктора, заведующие крупными лабораториями и разделами <...> по принципу изъятия главным образом лиц, придерживающихся научных воззрений иных, чем Т.Д.Лысенко» (с.46).

В найденной Юрием Николаевичем в архиве докладной записке И.И.Презента в июне 1939 г. (с припиской: «С докладной запиской И.Презента согласен. Академик Лысенко») на имя Председателя СНК СССР В.М.Молотова содержится фактически

политический донос на Н.И.Вавилова и его соратников с обвинением во враждебных антисоветских действиях, что в обстановке того времени давало достаточный повод для ареста (с.97). Этот документ чрезвычайно важен, так как опровергает многочисленные заявления Лысенко о его непричастности к аресту Н.И.Вавилова. В справке НКГБ о научной и общественной деятельности некоторых академиков, представленной И.В.Сталину (с грифом: «Сов. Секретно. Особая папка») перед выборами Президента АН СССР летом 1945 г. о Лысенко сказано: «Среди биологов Академии наук СССР Лысенко авторитетом не пользуется, в том числе у академиков Комарова В.Л. и Орбели Л.А., причем последние приписывают ему арест Вавилова Н.И.» (с.312). Кстати, как свидетельствуют приведенные в книге документы, экспертная комиссия по судебному делу Вавилова была подобрана Лысенко.

Сила Лысенко была в поддержке Сталина, который крайне неприязненно относился к Вавилову. Среди других доносов на Н.И.Вавилова, привлечших внимание вождя, было письмо вице-президента ВАСХНИЛ А.Бондаренко и парторга С.Климова (с.157), которое по поручению Сталина было разослано верхушке ВКП(б).

Неутомимые поиски Юрия Николаевича документов, относящихся к последнему, трагическому, периоду жизни его отца, увенчались успехом. Ему удалось получить из архива КГБ копии писем Николая Ивановича из Бутырской тюрьмы в Москве и из Саратовской тюрьмы к Л.П.Берия, а затем и доступ к следственному делу (за исключением трех томов с так называемыми оперативными материалами). Совместно с консультантом Архива ФСБ полковником В.А.Гончаровым и Я.Г.Рокитянским, написавшим большой биографический очерк, он опубликовал следственное дело Н.И.Вавилова [3]. В рецензируемой

книге есть автографы Николая Ивановича («Анкета арестованного», «Пребывание Н.И.Вавилова за границей», обращение в Президиум Верховного Совета СССР с просьбой о помиловании, заявление на имя Л.П.Берия), а также ксерокопии важных документов: Постановления Президиума Верховного Совета СССР (в заседании принимал участие И.В.Сталин) с отклонением ходатайства о помиловании, извещение Главной Военной прокуратуры о реабилитации Вавилова 20 августа 1955 г. и другие.

В очерке «Фильмы о Н.И.Вавилов» сохранился полный текст выступления известного генетика В.П.Эфроимсона при обсуждении фильма «Звезда Вавилова»: «В фильме не сказано самого главного. Не сказано, что Вавилов не трагический случай в нашей истории. Вавилов — это одна из многих десятков миллионов жертв самой подлой, самой бессовестной, самой жестокой системы. И система эта — сталинизм».

Во время зарубежных поездок Ю.Н.Вавилов встречался с известными людьми: С.Н.Перином, который так же, как и его отец Н.К.Перин, был знаком и переписывался с Н.И.Вавиловым, с сенатором Альбертом Гором, который в своей книге об экологии приводит карту центров происхождения культурных растений Н.И.Вавилова, и другими.

Третья часть книги озаглавлена: «Сергей Иванович Вавилов — ученый, организатор науки, человек». В ней объединены несколько статей, написанных в соавторстве с Б.М.Болотовским, а также А.Н.Киркиным. В наиболее полной и фундаментальной статье трех авторов «Сергей Иванович Вавилов — ученый и человек: взгляд с порога XXI века» сформулированы основные причины, вызвавшие эти выступления. Во-первых, малая известность среди нынешних поколений физиков и в нашей стране, и особенно на

Западе о вкладе С.И.Вавилова в науку и, в частности, в открытие «эффекта Вавилова—Черенкова», который широко известен как Черенковский эффект, Черенковское излучение. Во-вторых, раздающиеся в духе времени упреки Вавилову в конформизме. Юрий Николаевич напоминает фразу А.И.Солженицына из «Архипелага ГУЛАГ»: «Академик Сергей Вавилов после расправы над своим великим братом пошел в лакейские президенты Академии наук» (с.260). Солженицыну написал письмо лауреат Нобелевской премии В.Л.Гинзбург, в котором сообщил о его ошибочной оценке С.И.Вавилова. В ответ Солженицын позвонил Гинзбургу и выразил свою радость в связи с выяснением истины [4].

Авторы убедительно показали, насколько обоснован термин «эффект Вавилова—Черенкова», что несколько не умаляет заслуг лауреата Нобелевской премии академика П.А.Черенкова.

Вопрос о том, почему С.И.Вавилов согласился стать Президентом АН СССР, обсуждался очень многими. Ясно, что «выборы» Общим собранием АН СССР 17 июля 1945 г. были номинальным актом, подлинный выбор в то время принадлежал только Сталину. Отказ Сергея Ивановича был бы чреват тяжелыми последствиями не только для него самого, но и для судьбы всей науки в СССР (ведь в списке кандидатов на пост президента был и Лысенко). И С.И.Вавилов взвалил на себя эту непомерную ношу. Ему приходилось и лавировать, и подписывать ужасные распоряжения, и идти на чудовищные компромиссы, и произносить ритуальные слова о вожде. Но Сергей Иванович делал максимум усилий для сохранения науки и культуры, для защиты ученых в каких-то возможных пределах от репрессий. Лауреат Нобелевской премии академик И.М.Франк в своей статье, помещенной в книгу, вспоминает: «После его смерти я встречал людей, которые гово-

рили: «Знаете, а меня спас Сергей Иванович»».

Сергей Иванович тяжело переживал арест и гибель брата, об этом есть много свидетельств и в воспоминаниях близких ему людей, и в недавно опубликованных дневниках [5]. Полковник ФСБ в отставке В.Ф.Сенников, который в 1955 г. занимался в Министерстве Государственной безопасности изучением архивных материалов, вспоминает, что ему особенно запомнилось письмо С.И.Вавилова, адресованное в 1949 г. Сталину с просьбой реабилитировать его брата. В конце письма Сергей Иванович написал: «Если мой брат Н.И.Вавилов не будет реабилитирован, я не могу быть президентом АН СССР».

Есть один маленький штрих, характеризующий психологическое состояние людей в то время. Из воспоминаний доктора биологических наук М.Г.Зайцевой: «Николай Иванович с несвойственной ему грустью ска-

зал, что, садясь в поезд, он никогда не бывает уверен, что доедет до Москвы <...>. Нам он советовал быть осторожными» (с.218). Франк вспоминает о С.И.Вавилове: «Уже будучи Президентом АН СССР, он говорил: “Каждый раз, когда вызываю в Кремль, не знаю, вернусь ли я оттуда домой или отвезут на Лубянку”» (с.270).

В заключение необходимо сделать несколько замечаний.

В редакторской подготовке книги чувствуется некоторая торопливость и небрежность, встречаются ошибки и опечатки, разный стиль подачи материала. В содержании почему-то опущены имена авторов, что затрудняет чтение, а иногда вызывает и недоумение. Ряд статей, публиковавшихся ранее, даны и на русском языке и тут же на английском. Вероятно, правильнее было бы английский текст вынести в приложения. Это сделало бы книгу более удобочитаемой.

В конце книги приведена литература о жизни и деятельности Н.И. и С.И.Вавиловых, но автор-составитель включил в списки только книги, целиком посвященные одному или другому ученому. При таком искусственном обрезании в литературу о Н.И.Вавилове не попал фундаментальный труд В.Сойфера [6] (при всей спорности некоторых его утверждений), книги Жореса Медведева [7] и Е.С.Левиной [8], а в литературу о С.И.Вавилове воспоминания старейших сотрудников ФИАНа академика Е.Л.Фейнберга [9] и академика В.Л. Гинзбурга. Это тем более удивительно, что в отдельных статьях, входящих в сборник, эти книги цитируются. По-видимому, следовало бы дать и список основных работ обоих ученых.

В целом история братьев Вавиловых, отраженная в рецензируемой книге, — еще один документальный памятник эпохи сталинизма. ■

Литература

1. От Вавилова до наших дней // Природа. 1995. №12. С.59—68.
2. Рокитянский Я.Г. // Человек. 2003. №6; 2004. №1.
3. Левина Е.С. Памяти погибших ученых // Природа. 2001. №1. С.85—87.
4. Гинзбург В.Л. О физике и астрофизике. М., 1995.
5. Вавилов С.И. // Вопросы истории естествознания и техники. 2004. №2.
6. Сойфер В. Власть и наука (разгром коммунистами генетики в СССР). М., 2002.
7. Медведев Ж. Взлет и падение Лысенко. М., 1993.
8. Левина Е.С. Вавилов, Лысенко, Тимофеев-Ресовский. М., 1995.
9. Горелик Г.Е. Эпоха глазами личности // Природа. 2005. №2. С.89—92.

Биология

К.Н.Несис. ГОЛОВОНОГИЕ: УМНЫЕ И СТРЕМИТЕЛЬНЫЕ. (Истории из частной и семейной жизни кальмаров, каракатиц, осьминогов, а также наутилуса помпилиуса). М.: Октопус, 2005. 208 с.

Герои этой книги — головоногие моллюски (*Cephalopoda*), сейчас их немногим более 700 видов, а в древности насчитывались десятки тысяч. Это каль-

мары, каракатицы и осьминоги. Еще наутилусы — два рода и пять видов довольно крупных животных с красивой перламутровой раковиной — остатки большой группы головоногих, когда-то процветавших в древних морях, а сейчас обитающих только в тропиках восточной части Индийского и западной части Тихого океана. И еще один современный вид — загадочный бархатно-черный «адский вампир» (*Vampyroteuthis*

infernalis), не осьминог и не кальмар, а сам по себе, отдельный род *Vampyromorpha*, который живет в тропиках и субтропиках по всему океану, в толще воды на очень большой глубине. У головоногих самый сложный мозг, превосходная память и великолепная обучаемость, фантастически быстрое пищеварение и такая скорость роста, что никакой рыбе не сравниться! Плюс способность мгновенно менять цвет

и структуру поверхности тела, принимать причудливые образы, камуфлироваться на свету под любой фон.

Как они размножаются? Каков их образ жизни? Кого они едят, и кто ест их? Обо всем этом рассказано в книге, а начинать и бросать чтение можно с любой страницы.

Автор книги, Кир Назимович Несис (1934—2003), работал в Институте океанологии им.П.П.Ширшова РАН и был одним из ведущих специалистов в мире по океанической ихтиофауне. Более 40 лет он занимался научно-популяризаторской деятельностью: первая статья в «Природе» вышла в 1957 г. Его публикации всегда отличались загадкой и интригой, которые присутствовали уже в названии и до конца держали читателя в напряжении.

География

И.А.Михайлов. АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН — ПЕРЕКРЕСТОК СОБЫТИЙ И СУДЕБ. М.: Научный мир, 2004. 222 с.

Арктический архипелаг Шпицберген был известен мореплавателям с древних времен. Норвежские ученые, ссылаясь на исландские саги, считают, что первооткрывателями островов были викинги. Российские специалисты, исходя из данных многолетних археологических раскопок, доказывают, что впервые высадились на этих островах жители российского севера — поморы. Они называли архипелаг Грумантом и ходили туда по морю, порой вели круглогодичный промысел на моржей. История архипелага тесно переплелась с историческими событиями и судьбами мореплавателей и ученых: В.Баренца, Г.Гудзона, М.В.Ломоносова, Н.Норденшельда, Ф.Нансена, Р.Амундсена, В.А.Русанова, У.Нобиле и многих других.

Эта книга об истории открытия и освоении удивительного северного архипелага, где сегодня вблизи полюса живут люди, о непростой судьбе островов, многие годы считавшихся ничейной землей.

В книге использованы фотографии, сделанные М.Шимохы (Польша), а также фотоматериалы и карты из Музея Арктики и Антарктики и личного архива автора.

Геохимия

И.А.Немировская. УГЛЕВОДОРОДЫ В ОКЕАНЕ (снег—лед—вода—взвесь—донные осадки). М.: Научный мир, 2004. 328 с.

Эта работа начиналась в связи с загрязнением морей и океанов нефтью. Аварийные нефтяные разливы оказались подлинным бедствием для живой природы и ресурсов моря. Покрытые нефтью пляжи, погибающие птицы и животные после каждой катастрофы танкеров или на буровых платформах вызывают серьезную озабоченность общественности. Освоение нефтяных и газовых месторождений на шельфе, транспортировка нефти и нефтепродуктов морским путем, разливы на водосборах приводят к повышению уровня углеводородов в морской среде. В результате накопления наиболее токсичных углеводородов происходит постоянное загрязнение экосистем.

В книге впервые на основании системного биогеохимического подхода описаны закономерности количественного и качественного распределения природных (с учетом эндогенных) и антропогенных углеводородов: алифатических (в том числе алкановых) и полициклических ароматических во всех внешних сферах (атмо-, крио- био-, гидро- и литосфере). Их изучение проводилось с охватом всех

климатических зон — от Арктики до Антарктики. Предложенная система критериев генетической интерпретации состава позволила установить степень накопления как природных, так и антропогенных углеводородов в морских объектах; их распределение и трансформацию в основных геохимических барьерных зонах; провести районирование донных осадков отдельных морских акваторий по степени их загрязненности; рассчитать абсолютные массы углеводородов разного генезиса в Мировом океане.

Биогеохимия

В.Н.Башкин. БИОГЕОХИМИЯ. М.: Научный мир, 2004. 584 с.

Хотя термин биогеохимия был впервые использован В.И.Вернадским около 80 лет назад, гносеологические корни этой дисциплины можно проследить в естественных науках еще до их подразделений на биологию, химию и геологию. Сегодня мы наблюдаем противоположный процесс — биогеохимия выступает в качестве силы, вновь объединяющей многие направления этих дисциплин.

Это учебное пособие представляет собой обобщение как последних научных результатов различных исследователей, так и лекций по биогеохимии, читаемых автором в течение последних 5—10 лет в различных университетах мира — Москвы, Корнеля, Сеула и Бангкока. Значительные дополнения внесены профессором Н.С.Касимовым.

Автор ставил своей целью обобщить основные достижения современной биогеохимии. В учебнике изложены различные проблемы, начиная от эволюционной биогеохимии и до практического приложения научных идей.

«Голубая лента Атлантики»

В.П.Борисов,
доктор технических наук
А.В.Волков

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

В 1935 г. французский пассажирский лайнер «Нормандия» проделал путь из Гавра до Нью-Йорка за четверо суток со средней скоростью 29 узлов в час, установив, таким образом, мировой рекорд наименьшей продолжительности перехода через Атлантику и наивысшей средней скорости, что было отмечено специальным призом «Голубая лента Атлантики». Журналисты писали о том, что корабль «Нормандия», «если его поставить на корму, будет выше Эйфелевой башни» [1]. При этом, как утверждалось, «Нормандия» «сочетала в себе грациозность яхты с богатством Версальского дворца» [2]. Очень много внимания было уделено профилю корпуса корабля, выполненного по расчетам «русского гения» в области кораблестроения Владимира Ивановича Юркевича, эмигрировавшего из Советской России в 1920 г. Сообщения о новом лайнере появились и в советской прессе, однако сведения о «белоэмигранте» не приводились. Неудивительно, что имени Юркевича не оказалось и в книге И.Ильфа и Е.Петрова «Одноэтажная Америка», где новый корабль был назван «шедевром французской техники и искусства» [3].

В начале 1990-х годов вдова В.И.Юркевича Ольга Всеволодовна — дочь писателя В.В.Крестовского, автора романа «Петербургские трущобы», — передала в архив документы из личного фонда. Тогда же первые публикации о русском кораблестроителе-эмигранте стали появляться в отечественной печати [4, 5].

Владимир Иванович Юркевич родился 5 июня 1885 г. в Москве в семье потомственного дворянина, действительного статского советника, преподававшего историю и географию в женской гимназии. В 1903 г., окончив с золотой медалью гимназию, Владимир поступил в Петербургский политехнический институт, готовивший морских инженеров-кораблестроителей.

«Наш декан Константин Петрович Боклевский прививал нам и своим примером, и лекциями особую любовь к кораблям, к их линиям, к их скорости, к элегантности внутренних помещений, и мы в течение обязательных летних плаваний еще больше проникались любовью к морю и кораблям. Константин Петрович относился к своим студентам поистине как к родным, много интересуясь жизнью каждого из нас, следя за успехами, устраивал на дальние плавания или на летние заработки и, глав-



В.И.Юркевич (1885—1964).

ное, по окончании института, на службу на разные заводы или в Адмиралтейство», — писал Юркевич [6].

После окончания института в 1909 г. молодой специалист поступил на Балтийский судостроительный и механический завод, где сначала работал помощником строителя линейного корабля «Севастополь», а с октября 1911 г. конструктором технического корабельного бюро. Под руководством Боклевского Юркевич начал разрабатывать свою концепцию проектирования корпуса судна.



С моделью «Нормандии».

Возможность проверить новаторские идеи Юркевича на практике представилась, когда Главное управление кораблестроения Морского генерального штаба устроило конкурс между Балтийским и Адмиралтейским судостроительными заводами на лучший проект военных линейных кораблей. Проект Юркевича, выполненный на Балтийском заводе, предлагал необычные обводы корпусов кораблей. Испытания в опытном бассейне Петербурга показали преимущества новаторского подхода, и он был принят к реализации.

В ноябре 1915 г. приказом начальника Балтийского завода Юркевич был назначен строителем подводных лодок «Форель» и «Ерш». Тогда же он стал одним из учредителей Союза морских инженеров, задачей которого являлось «содействовать развитию морского и речного инженерного дела в России». В 1916 г. Юркевич разработал проект подводного минного заградителя, а в марте 1918 г. был переведен в г. Николаев на должность помощника заведующего Николаевским отделением Балтийского завода [7]. Прекрасная теоретическая подготовка и богатый опыт про-

ектирования надводных и подводных судов открывали перед Юркевичем блестящие профессиональные перспективы, но на родине этому не суждено было осуществиться.

В 1920 г. Юркевич покинул Россию. Совершив обычное для белых офицеров плавание через Черное море, с группой таких же эмигрантов он организовал в Константинополе кооперативную мастерскую по ремонту старых автомобилей. Спустя два года перебрался в Париж, где работал токарем на заводе фирмы «Рено». Со временем устроился чертежником на судостроительный завод в г. Аржантей, а с 1929 г. занялся проектированием судов для французской фирмы «Пени». Юркевич позднее вспоминал:

«Когда после десятилетнего перерыва я вновь принялся за свои прежние исследования и за изучение того, что за эти годы было сделано нового, я думал, что все ушло так далеко вперед, что мои расчеты, конечно, окажутся уже устаревшими и ненужными; к своему большому удивлению, при проверке данных лучших кораблей <...> я заметил, что ни на одном из них не было достигнуто тех резуль-

татов, которые они должны были бы дать, если бы были спроектированы по моему методу. Потребовалось два года непрерывных усилий, чтобы доказать пригодность моего метода для такого гиганта, как «Нормандия», как с точки зрения экономии в мощности, так и со стороны остойчивости, мореходных качеств, внутреннего размещения и т.п.» [8].

По протекции бывшего русского адмирала, ставшего к тому времени адмиралом французского Морского генерального штаба, С.С. Погуляева Юркевич представил свой проект на рассмотрение французской трансатлантической компании. В 1928 г. было принято решение использовать его разработки при строительстве нового трансатлантического лайнера «Нормандия».

Одной из серьезных трудностей при создании корабля такой мощности, как «Нормандия», являлось изготовление гребных винтов. Настоящим бедствием для кораблестроителей при переходе к высокооборотным винтам стало явление кавитации, приводившее к преждевременному выходу из строя винтов. По рекомендации Юркевича к решению этой проблемы был привлечен еще один представитель российской научной школы прикладной механики — А.Н.Харкевич, имевший большой опыт создания гребных винтов [9]. На «Нормандии» были установлены двигатели системы В.П.Аршаулова, салоны были мастерски расписаны русским художником Александром Яковлевым. В октябре 1932 г. судно спустили на воду.

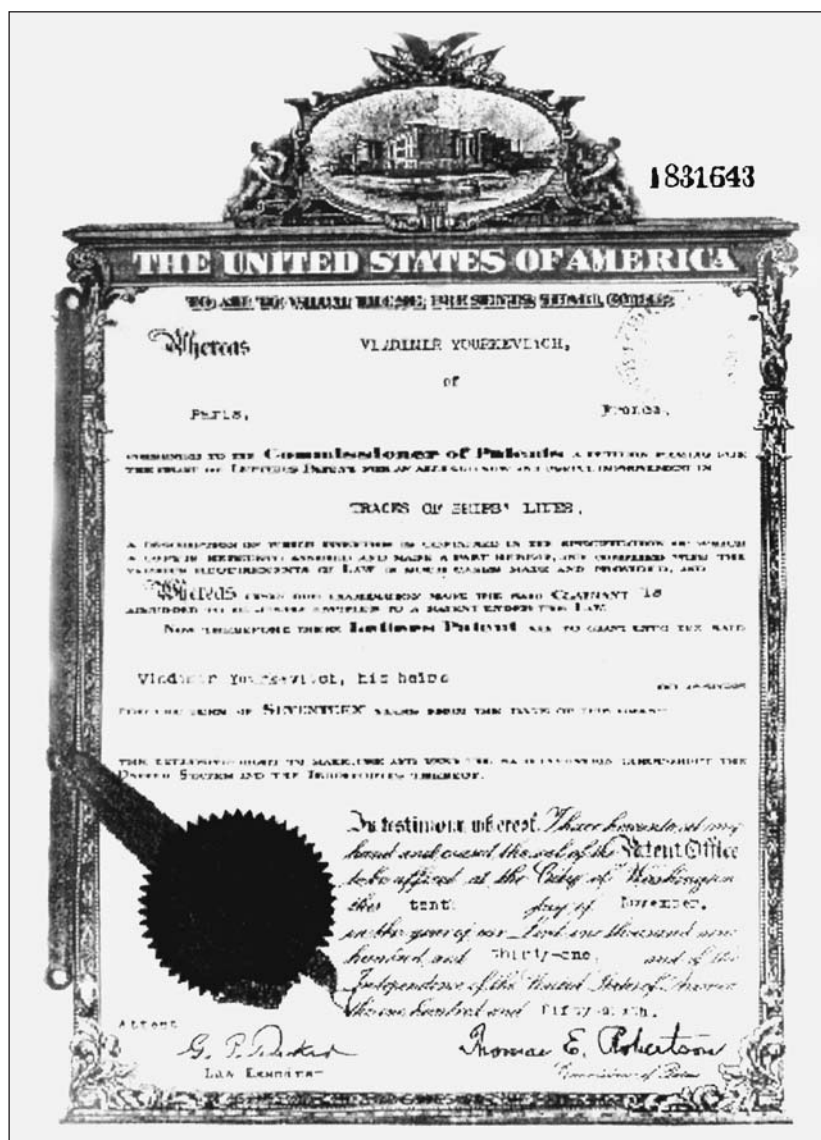
После первого трансатлантического перехода «Нормандия» Юркевич открыл в Париже собственное Бюро проектирования морских судов. Он очень надеялся, что наилучшей рекламой послужат патенты на обводы кораблей, полученные им во Франции, Германии, Великобритании, США, Италии, Испании, Бельгии и Японии. В дальней-

шем были разработаны чертежи для корпусов французских пассажирских судов «Пастер», «Бремен», «Мальгаш», «Ардеш» и ряда морских грузовых судов для разных стран. Кроме того, Юркевич занимался улучшением конструкций морских мин.

В 1937 г. он перебрался в США, принял гражданство и открыл свою фирму, где занимался проектированием железобетонных танкеров.

В годы второй мировой войны Юркевич вел работу по сбору денежных средств для оказания помощи армии и населению СССР, пострадавшему в результате вторжения фашистских войск. После войны Владимир Дмитриевич продолжал выполнять небольшие заказы на проектирование обводов судовых корпусов. Проектирование осуществлялось по заказу американского миллиардера Х.В.Кантора, а эксплуатация намечалась на линии Нью-Йорк—Зебрюгге—Куксгафен. Однако в связи с финансовыми трудностями заказчика работа по строительству была прекращена.

Неутомимый Юркевич вскоре разработал новый проект лайнера на 5 тыс. пассажиров. Адресат, к которому обратился ученый с предложением построить его, оказался необычным. Из газетных сообщений Юркевич узнал, что в 1960—1961 гг. в СССР разрабатывался проект быстроходного пассажирского судна на 1100 пассажиров. Взвесив все доводы за и против, изобретатель связался с советским представительством «Амторг» и предложил реализовать свой проект на Балтийском заводе. Заместитель министра внешней торговли СССР Н.Н.Смеляков, посетивший США в 1959 г., так описывал свою встречу с Юркевичем: «Среди американских строителей и проектантов крупных кораблей есть русский инженер, которого также использует деловая Америка, и имя которого не забыто его коллегами по профессии в Советском Союзе, когда-то сидевшими вместе



чусетского технологического института.

Юркевич сумел точно определить перспективы судостроения. В 1944 г. он писал:

«Надо ожидать, что главную проблему в морском сообщении будет представлять скорость, в частности из-за конкуренции

воздушного транспорта. В связи с этим придется строить более крупные пароходы, так как сопротивление при плавании уменьшается пропорционально длине корпуса корабля. Практически представляется также вполне возможным делать их огнеупорными и нетонущими» [11].

Юркевич скончался 14 декабря 1964 г. в своем доме в Йонкерсе под Нью-Йорком.

В некрологе, помещенном в парижской газете «Русская мысль», отмечалось, что имя Юркевича «будет несомненно вписано в «Золотую книгу» русской эмиграции».■

Литература

1. Ирин П. // Иллюстрированная Россия. Париж, 1935. №22 (524).
2. Белкин С.И. Голубая лента Атлантики. Л., 1996.
3. Ильф И., Петров Е. Одноэтажная Америка. М., 1927.
4. Фрид В.Г. Владимир Иванович Юркевич // Развитие отечественного флота. Вып.491. Л., 1990. С.13—19.
5. Борисов В.П. Юркевич Владимир Иванович // Русское зарубежье. Золотая книга эмиграции. М., 1997. С.735—736.
6. Юркевич В.И. Кораблестроительное отделение С.П. Политехнического института // С. Петербургский политехнический институт. Вып.2. Париж; Нью-Йорк, 1958.
7. Российский государственный архив экономики (РГАЭ). Ф.341. Оп.1. Д.1.
8. Юркевич В.И. // Морской журнал. Прага, 1935. №96(12).
9. Харкевич А.Н. Гребной винт в теории и действительности. Опыт сравнительного анализа динамики гребного винта. Николаев, 1911.
10. Смеляков И.Н. Деловая Америка (Записки инженера). М., 1967.
11. Юркевич В. // Новоселье. Нью-Йорк, 1944. №16.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Маролевский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 12.04.2005
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 237
Набрано и сверстано в редакции

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