

# **ПРИРОДА**

**10 08**



**В НОМЕРЕ:****3 Сент-Клер Дж., Голубовский М.Д.****По следам викингов:  
поиски гена близнецовости**

Проблема «отцы и близнецы» — одна из старых и до сих пор нерешенных загадок в генетике. Передачу склонности к рождению близнецов по мужской линии удалось проследить в родословных двух древних шотландских родов. Поиски отца-основателя гена близнецовости привел в эпоху викингов.

**16 Атовмян Е.Г., Бадамшина Э.Р.,  
Эстрин Я.И.****Зачем полимерам фуллерен?**

Фуллерены привлекают внимание исследователей буквально со времени открытия. Сейчас уже становится ясно, что эти соединения, включенные в состав композиционных полимерных материалов, не только сохраняют свои уникальные свойства, но и улучшают качества исходных полимеров.

**23 Берман Д.И.****Жизнь на вечной мерзлоте**

В континентальных районах северо-востока Азии мерзлота практически повсеместна. Однако среди однообразного ландшафта тривиальных для здешних мест лиственничных редколесий и зарослей кедрового стланика встречаются и экзотические сообщества, в том числе теплолюбивые степные реликты позднелайстоценового, как минимум, возраста. Как же они выживают на мерзлоте?

**36 Платэ А.Н., Веселовский А.В.,  
Лексин А.Б.****Геоинформационная  
система «Вулканоопасность»**

Для удобства работы этой системы данные о вулканах мира представляются в виде «паспорта» из четырех блоков. В первом — общие сведения, во втором — исторические данные, в третьем — современное состояние вулкана и, наконец, четвертый блок — это данные мониторинга признаков, предваряющих извержение.

**Красная книга****46 Бондаренко Д.А.****Круглоголовка Штрауха****49 Боруцкий Б.Е.****Камень плодородия**

К 125-летию со дня рождения Александра Евгеньевича Ферсмана

**Биография современника****67 СЕВЕРНЫЕ МАРШРУТЫ  
АННЫ СУШКИНОЙ****Виталь А.Д.****Неисправимый романтик (67)****Сушкина А.П.****Моя первая ледовая эпопея (78)****83****Новости науки**

Золотая медаль имени В.И.Вернадского — Г.Г.Поликарпову. **Алексахин Р.М. (83)**. Наблюдения начала вспышки сверхновой. **Вибе Д.З. (83)**. Самый холодный коричневый карлик. **Ашимбаева Н.Т. (84)**. Квантовый компьютер на ионах в ловушках **(85)**. Нанопровода InGaN: перекрыт весь диапазон составов **(85)**. Бумагоподобные листы из окисленных графенов **(86)**. Проблемы безопасности наноматериалов **(86)**. Изменения среды влияют на долгоживущих черепах по-разному. **Семенов Д.В. (87)**. Обнаружены шесть видов животных **(87)**. Режим Онежского озера и колебания климата **(88)**. Динамика климата в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне **(88)**. Скорлупа яиц ископаемых страусов в Туве **(89)**.

**Рецензии****90 Сенатор С.А., Розенберг Г.С.****Деревья всех стран, объединяйтесь!..**

(на кн.: Путенихин В.П. Цивилизация деревьев: Научно-популярные очерки о природе)

**92****Новые книги****В конце номера****93 Успенская Н.В.****Ферсман и «Природа»**

**CONTENTS:**

- 3 StClair J., Golubovsky M.D.**  
**Following in the Tracks of Vikings**  
*The problem «fathers and twins» is an old and still unresolved riddles in human genetics. The tendency to produce twins was tracked in male ancestry line of the two ancient Scottish clans. Search of the founding father «twin gene» led to viking era.*

- 16 Atovmyan E.G., Badamshina E.R., Estrin Ya.I.**  
**What for Polymeres Need Fullerenes?**  
*Fullerenes attract researchers since their discovery. Now it became clear that these compounds embedded into polymer composites not only retain their unique properties, but improve quality of original polymers.*

- 23 Berman D.I.**  
**Life on Permafrost**  
*In continental regions of the Northern-East Asia permafrost is practically ubiquitous. But amongst monotonous landscape of usual for these areas sparse growth of larch and elfin cedar wood, some exotic floral associations are also occur, including heat-loving steppe relicts of late Pleistocene, and, at last, age. How they manage to survive on permafrost?*

- 36 Plate A.N., Veselovsky A.V., Leksin A.B.**  
**Geoinformational System «Volcanic Hazard»**  
*For convenience of the system using, the data about volcanoes are represented as a certificate consisting of four units. The first contains general information, the second – historical records, the third – current condition of the volcano, and, at last, fourth unit comprise data of monitoring precursors of eruption.*

**Red Book**

- 46 Bondarenko D.A.**  
**Shtrauch's Roundhead Lizard**

- 49 Borutsky B.E.**  
**A Stone of Fertility**  
 To 125<sup>th</sup> Anniversary of A.E.Fersman

- 67 Biography of Our Contemporary**  
**NORTHERN ROUTES OF ANNA SUSHKINA**

- Vital A.D.**  
**An Incorrigible Romantic (67)**

- Sushkina A.P.**  
**My First Ice Epopoe (78)**

- 83 Science News**

V.I.Vernadsky Gold Medal to G.G.Polikarpov. **Aleksakhin R.M. (83)**. Observations of Early Stages of Supernova Flare. **Wiebe D.Z. (83)**. The Coldest Brown Dwarf. **Ashimbaeva N.T. (84)**. Quantum Computer on Ions in Traps **(85)**. Nanowires from InGaN: The Whole Range of Compositions Is Spanned **(85)**. Paper-like Sheets from Oxidized Graphens **(86)**. Nanomaterials Safety Problems. **(86)**. Environment Changes Afflict Long Living Turtles Differently. **Semenov D.V. (87)**. Six Animal Species Discovered **(87)**. Onega Lake Regimes and Climate Oscillations **(88)**. Climate Dynamics of Northern Atlantics and North Europe Basin **(88)**. Fossil Ostrich Egg Shells in Tuva **(89)**.

**Book Reviews**

- 90 Senator S.A., Rozenberg G.C.**  
**Trees of All Countries, Unite!**  
 (on a book: Putenikhin V.P. Civilization of Trees: Popular Science Sketches on Nature)

- 92 New Books**

**End of Issue**

- 93 Uspenskaya N.V.**  
**Fersman and «Priroda»**



# По следам викингов: поиски гена близнецовости

Дж.Сент-Клер, М.Д.Голубовский

**В** мире насчитываются миллионы близнецов, и интерес к ним всегда велик. До последнего времени считалось, что есть два типа близнецов — монозиготные и дизиготные. Первые возникают в начале развития путем случайного деления клеточных производных одной оплодотворенной яйцеклетки (зиготы). Они несут идентичные наборы генов и представляют собой пример естественного генетического клонирования. Вторые происходят из двух разных зигот и различны между собой как братья и сестры. Сравнение монозиготных и дизиготных близнецов более 100 лет служит важным методом для оценки роли генотипа и среды в норме и патологии.

Совсем недавно международная группа исследователей (куда входили врачи-педиатры, специалисты по близнецам и молекулярные генетики) обнаружила третий тип близнецов [1]. Близнецы-химеры (к моменту описания им было три года) несли в своих клетках один материнский набор генов, смесь двух отцовских наборов в разном соотношении и отличались по полу — один имел нормальный мужской фенотип, а другой оказался гермафродитом.

Интересно, что предсказание о реальности третьего типа близнецов, в том числе и химерных, впервые появилось более 20 лет назад. В статье «Отцы и близнецы» [2] приводились



***Джон Сент-Клер**, член Генеалогического общества Шотландии (Эдинбург). Автор книг по социальному праву и законодательству Шотландии и статей по генетике близнецовости. Основной научный интерес связан с изучением передаваемой по мужской линии склонности к рождению близнецов.*

***Михаил Давидович Голубовский**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН. Занимается проблемами общей генетики и генетики человека, теорией эволюции и историей науки. Автор монографии: «Век генетики: Эволюция идей и понятий» (СПб., 2000). Постоянный автор «Природы».*

© Сент-Клер Дж., Голубовский М.Д., 2008

доводы, что в родословных с наследованием зависимой от отца близнецовости возможно появление третьего типа близнецов и особой-химер. В 2002—2003 гг. эти положения разработали более детально, на основе новых открытий и данных репродуктивной генетики. Спектр ожидаемых необычных аномальных сценариев оплодотворения и раннего эмбрионального развития значительно расширился [3].

Удивительно, что первым подтвердился самый парадоксальный из предсказанных сценариев — химерные близнецы с одним материнским и смесью отцовских геномов, различающиеся по полу. Доказательства реальности нового типа близнецов, полученные в 2007 г., стали возможными лишь после разработки методов молекулярного маркирования и слежения за судьбой каждой из 23 хромосом генома при передаче их от родителей к детям. Когда Вивьен Сутер (первый автор коллективной статьи о необычных близнецах) готовила работу к печати, она натолкнулась на наше предсказание и написала в электронном письме, что была поражена, «лишилась дара речи». Такое эмоциональное признание в современной науке довольно редко и вдвойне ценно для исследователя.

Ну а причем же здесь викинги? Дело в том, что любая концепция не рождается в готовом виде, как Афродита из пены морской. Она имеет свою долгую предысторию и неожиданные боковые ответвления. Именно об этом и пойдет наш рассказ.

Возможность прямого отцовского влияния на близнецовость, высказанную более 20 лет назад, многие авторы напрочь отрицали. Однако цитогенетически это возможно, о чем далее расскажем подробнее. Удалось обнаружить и детально описать наследование зависимой от отца близнецовости на протяжении более 200 лет в родослов-

ной древнего шотландского рода Сент-Клер. Насколько уникальна такая особенность? Патронимический (т.е. по линии отцов) поиск близнецовости расширили, и он увенчался успехом: в Шотландии имеются исключительно сохранные многопоколенные генеалогические сведения. Признак «отцы и близнецы» обнаружили еще в одном старинном клане — Брюс. Не имеют ли эти кланы общего предка? Поиски возможного прародителя привели к периоду викингов, к потомству двух известных в истории вождей — первого герцога Нормандии Роллона (860—932) и первого короля Норвегии Харальда Прекрасноволосого (850—933). В исландских сагах мы нашли указания, что оба вождя, привнесшие свои гены в популяцию Шотландии, были братьями и имели в роду близнецов.

### Старая загадка и ее цитогенетическое истолкование

Проблема «отцы и близнецы» — одна из старых и до сих пор нерешенных в генетике загадок. Прежде всего уточним, о чем идет речь. Есть так называемые зависимые от пола признаки, не проявляющиеся у одного из полов, но передающиеся потомству, например облысение у мужчин. Проявление признака определяется мужскими половыми гормонами, и потому женщины (а также евнухи) обычно не лысеют. Или еще жирномолочность и удои у коров. Селекция по этим признакам идет по мужской линии: отбираются быки-производители, которые передают своим дочерям гены, влияющие на удои и качество молока. Однако в ситуациях «отцы и близнецы» наблюдается прямое отцовское влияние, когда в браках с определенными мужчинами женщины с повышенной вероятностью рожают близнецов. Как это возможно?

За последние 20 лет в репродуктивной генетике накопилось множество данных о роли отцовских факторов в оплодотворении [2—6]. Оказалось, через спермии передается не только половинный набор хромосом отца, но и особая клеточная структура — центросома, которая оркеструет первые деления зиготы. Центросома яйцеклетки при этом молчит. Сам процесс оплодотворения основан на тонком молекулярном диалоге между мужским и женским пронуклеусами (двумя гаплоидными ядрами) до момента объединения их хромосом. Здесь важны и строго определенной структура молекулярных сигналов, и доза генов, и время их действия, и зависимость от пола регуляция их активности (импринтинг).

При образовании гамет число хромосом уменьшается вдвое за счет мейоза, при котором на один акт репликации хромосом приходится два последовательных деления клетки. В итоге образуются гаметы с одиночным, или гаплоидным, набором хромосом, 1n. Таковы спермии — мужские половые клетки. Однако у овулирующей яйцеклетки мейоз растянут как минимум на 15 лет: одна оплодотворенная яйцеклетка связывает по существу три поколения не только генетически, но и физически. Женские первичные зародышевые клетки образуются и вступают в мейоз уже на ранней стадии беременности в матке у бабушки, затем их деление блокируется, потенциальные яйцеклетки созревают в теле будущих матерей 14 и более лет до момента овуляции, когда снимается первый блок мейоза. Женский мейоз заканчивается лишь с началом оплодотворения. Именно эта особенность (о которой нередко забывают даже биологи) позволяет понять, как возникают и наследуются многие аномалии оплодотворения и развития.

Роль отцовского фактора велика в появлении триплоидии

(тройной набор хромосом —  $3n$ ), одной из самых частых репродуктивных аномалий. Эмбрионы  $3n$  имеют сильные отклонения в развитии и, как правило, abortируются — с ними связано около 15% спонтанных abortов. Откуда же лишний набор — от мамы или папы? К 2000 г. с помощью молекулярных методов установили, что в 75% случаев лишний набор хромосом — от отца [4, 5]. Это значит, что в яйцеклетку проникают не один, как в норме, а два спермия. Более того, лишний мужской геном вызывает в яйцеклетке общую дестабилизацию функции, начинаются разные сбои в поведении хромосом и клеточных делениях [6].

При диспермии помимо образования зигот  $3n$  возможны еще два аномальных исхода (рис.1). Во-первых, это слияние двух мужских пронуклеусов и утрата женского ядра (причины этого совершенно неизвестны), приводящие к неприятной аномалии беременности — «пузырному заносу»\*. Во-вторых, — двойное оплодотворение (т.е. участие каждого из спермиев в оплодотворении дочерних гаплоидных клеток яйцеклетки), при котором ожидаются либо химеры, либо близнецы третьего типа, сходные с дизиготными (рис.2).

Помимо диспермии возможны мутации, вызывающие преждевременное деление мужского гаплоидного пронуклеуса. Такие

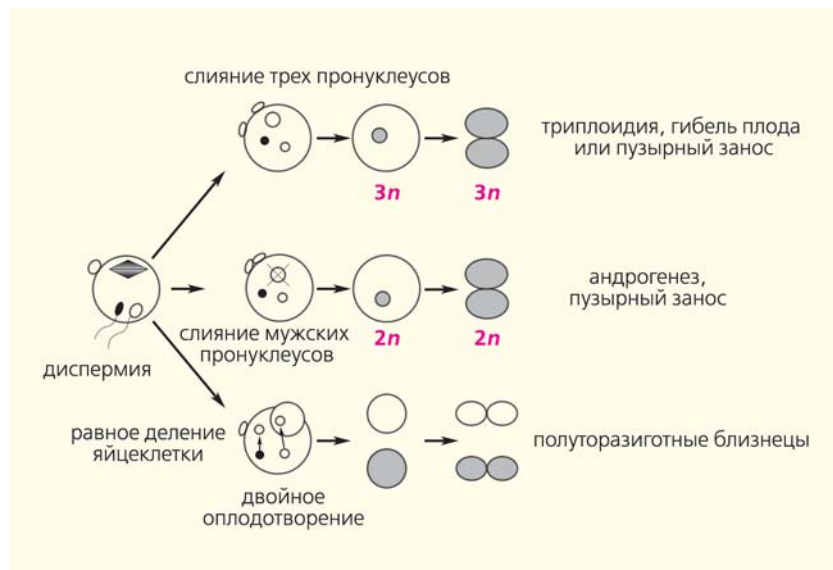


Рис.1. Три сценария диспермного оплодотворения: сверху — слияние трех пронуклеусов, в середине — слияние мужских пронуклеусов, внизу — двойное оплодотворение.

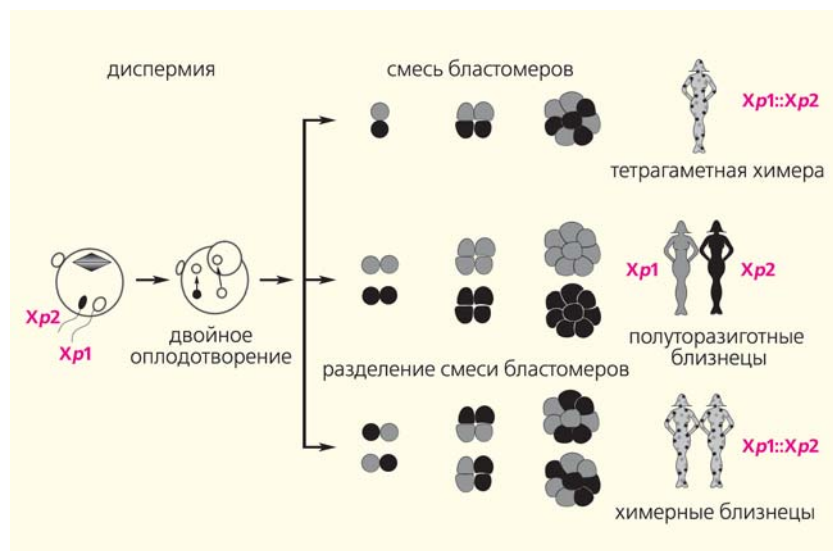


Рис.2. Близнецы и химеры при диспермии. Возможны варианты двойного оплодотворения, когда в яйцеклетку проникают два спермия и оплодотворяют две ее дочерние клетки. Спермии, несущие X-хромосому и разные наборы отцовских генов, обозначены как  $Xp1$  и  $Xp2$ . Вверху — тетрагаметная химера со смесью клеток, имеющих отцовские наборы  $p1$  или  $p2$ . Материнские наборы отличаются в меньшей степени, в основном по тем участкам хромосом и локусам, которые претерпели перекрест в первом делении мейоза яйцеклетки еще в трубе у бабушки. В середине — полуторазиготные или полуидентичные близнецы. Имеют разные отцовские наборы и частично отличные материнские; могут быть одно- или разнополюе и неотличимые от дизиготных. Внизу — химерные близнецы. Если один спермий несет X-, а другой — Y-хромосому, то химерные близнецы будут нести смесь клеток  $XX::XY$ , и пол каждого из них будет зависеть от доли клеток с Y-хромосомой; в этом случае возможны сбои половой дифференцировки, гермафродитизм и стерильность; такие близнецы были найдены в 2007 г.

\* При пузырном заносе (в англоязычной литературе употребляется термин «моль» — hydatidiform mole) образуется нечто похожее на виноградную кисть, эмбриона нет вовсе или он abortивен. Различают частичные моли (триплоидные, два мужских и один женский геном) и диплоидные андрогенные (только два разных отцовских набора либо один удвоенный набор, гомозиготы  $2n$ ). Моли возникают примерно в 0,5—1% беременностей (частота их с возрастом матери растёт) и обычно abortируются в первый месяц беременности, но вначале плохо распознаваемы. Отдельные разрастания из ворсинок хориона, оболочки эмбриона, могут занестись по кровотоку в разные органы беременной женщины и угрожать ее здоровью.



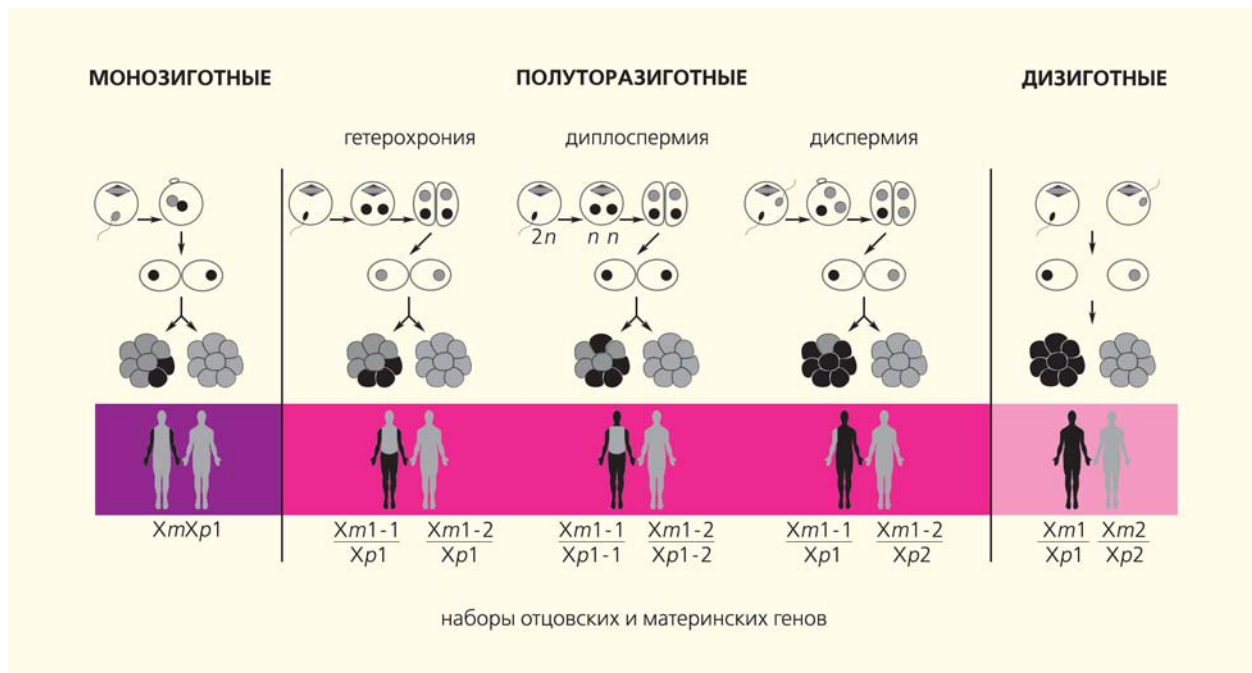


Рис.3. Три типа близнецов. Показаны разные варианты близнецов третьего типа, которые могут возникать при зависимых от отца нарушениях в поведении гамет и при двойном оплодотворении. Указаны генетический статус близнецов и условная степень фенотипического различия между ними. Материнские наборы отличаются лишь частично и обозначены соответственно  $m1-1$  и  $m1-2$ . При гетерохронии отцовские наборы идентичны, при диспермии различны, при диплоспермии — промежуточные.

отклонения, хорошо известные в теории развития, называют *гетерохронией*. При слиянии двух идентичных мужских ядер формируются  $2n$ -клетки с двумя мужскими геномами, дающие мозаичного моля. Другая ошибка — участие в оплодотворении диплоидных  $2n$ -спермиев. Они могут возникать при отклонениях и мутациях мужского мейоза, задерживающих второе деление (такая задержка в норме происходит у женщин). Все три зависимые от отца репродуктивные сбои способны привести также к образованию близнецов, промежуточных между монозиготными и дизиготными (рис.3).

На практике без специального цитогенетического анализа трудно установить разницу между обычными биовулярными дизиготными близнецами и появившимися от оплодотворения одной яйцеклетки двумя спермиями. С другой стороны, обычные монозиготные близнецы очень похожи на возникаю-

щих при участии в оплодотворении двух идентичных мужских пронуклеусов.

Таким образом, прямое влияние генотипа отца на близнецовость может иметь разную цитогенетическую основу. При этом рождение близнецов — лишь один из удачных исходов ошибок оплодотворения. Внешне это может проявляться таким образом. Будучи в браке, женщина ряд лет страдает от бесплодия (или спонтанных аборт), и вдруг рождаются близнецы. Нечто похожее описано в первой главе Библии, когда у Исаака и Рахили после 20 лет бесплодного брака родились дизиготные близнецы Исав и Иаков.

### Родословные из Шотландии с зависимой от отца близнецовостью

Первый шаг в анализе проблемы «отцы и близнецы» состоит в том, чтобы найти семьи

с отцовской передачей склонности к рождению близнецов и проследить, как она наследуется. В Шотландии нам удалось обнаружить родословные, где этот признак передавался в ряду поколений. Оказалось, что в родословной рода Сент-Клер, которая охватывает около 50 тыс. потомков, зависимость от отца близнецовость наследовалась с 1800 г. Использовали патронимический принцип поиска — изучение потомства мужских носителей данной фамилии. В двух патронимических ветвях генеалогического древа Сент-Клер на протяжении девяти поколений родилось 11 пар близнецов.

Отметим два побудительных мотива для изучения рода Сент-Клер. Во-первых, здесь в ряду поколений близнецовость явно наследовалась по мужской линии. Джон Сент-Клер (первый автор статьи) имеет брата-близнеца и двух сыновей-близнецов (рис.4). Во-вторых, неполная

фенотипическая идентичность Джона и его брата-близнеца Дэвида привела к их начальной ошибочной идентификации как дизиготных близнецов, что имело весьма драматические последствия\*.

Зависимая от отца близнецовость проявлялась еще в трех родословных с патронимией Сент-Клер. Связаны ли они общностью происхождения? Ведь в истории обычны случаи, когда одни и те же или сходные фамилии присваивались вне зависимости от родства, по чисто социальным причинам. К примеру, фамилия поэта Брюсова происходит от крепостных шотландца графа Якова Брюса, знаменитого сподвижника Петра I. В Институте Пастера (Париж) провели выборочный тест по маркерам Y-хромосомы, который показал, что члены трех ветвей Сент-Клер имеют сходные молекулярные варианты (гаплотипы). Однако это само по себе не служит убедительным доводом родства, ибо Y-хромосомы с аналогичными гаплотипами довольно распространены в Северной Европе.

Следующий шаг состоял в исследовании близнецовости в разных патронимиях. В архивах генеалогического общества Эдинбурга изучили по нисходя-

\* В 16 лет Джон отравился грибами и для спасения жизни нуждался в трансплантации почки. Донором послужил его брат Дэвид. После этой операции требуется постоянный прием иммунодепрессантов, чтобы предотвратить отторжение донорской ткани. Лишь у монозиготных близнецов пересадки тканей неопасны. А поскольку врачи определили братьев как дизиготных близнецов, Джон 15 лет принимал дорогие лекарства. Этот случай попал в поле зрения специалиста по генетике близнецов Дж.Мачина, который специально изучал причины фенотипического несходства монозиготных близнецов. Выборочное сопоставление фрагментов ДНК двух братьев показало их идентичность. На этом основании заключили, что близнецы Сент-Клер монозиготны, а прием дорогостоящих иммунодепрессантов признали неоправданным и отменили. Ошибка в диагнозе стоила более 20 тыс. долл.

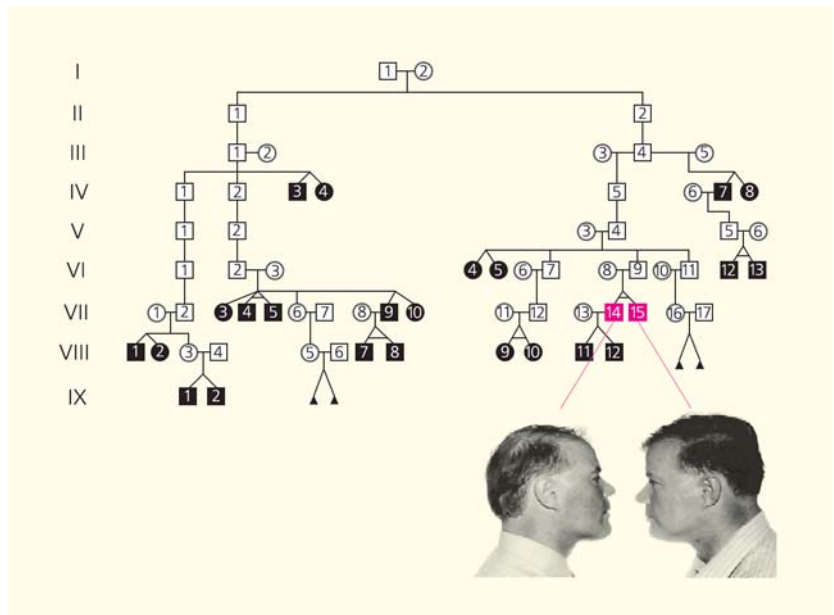


Рис.4. Отцовское наследование близнецовости в роде Сент-Клер. Внизу два брата-близнеца Джон и Дэвид Сент-Клер. Мужчины обозначены квадратами, женщины — кружками, треугольниками — абортировавшие или мертворожденные, когда пол неизвестен. Линии брака горизонтальны, вертикальные линии указывают потомство. Близнецы зачернены, при этом монозиготные указаны дополнительной линией посередине. Номера обозначают каждого члена родословной в определенном поколении.

щей и восходящей линиях шесть других генеалогических древ. Ни в одном из этих родов не нашлось более четырех случаев рождения близнецов, что при средней численности изученных потомков (около 10 тыс.) соответствует обычно уровню близнецовости.

Однако новый тур поисков оказался более интересным. Решили изучить все демографические данные, собранные в «Книге пэров» («Peerage»), выпущенной в 1826 г. В этой книге, посвященной истории и демографии старинных аристократических родов Шотландии и Англии, собраны данные о сотнях родов, причем в ряде случаев сведения уходят в Средние века. Мы обратили внимание на генеалогический род Брюс, где также отмечалась повышенная частота рождения близнецов с явным отцовским наследованием.

По данным церковных приходов и гражданских брачных актов детально описали родо-

словное древо клана Брюс за 200 лет, с 1800 по 2004 г. Для анализа выбрали приходы графства Абердин (северо-восточное побережье Шотландии), где сосредоточены разные ветви потомков клана. Найденное превзошло все ожидания. В поселениях и рыбацких поселках, разбросанных по побережью, частота близнецов оказалась наивысшей, причем все линии родословного древа восходят к одному прародителю! Так, в приходе Лонмэй в одной семье на протяжении семи поколений зарегистрировано 13 близнецовых рождений.

В патронимиях Сент-Клер и Брюс наблюдается не только увеличение частоты рождения близнецов, но и превышение доли монозиготных над обычным уровнем (в среднем он составляет три-четыре на 1000 родов). Однако общая частота рождения близнецов в разных этносах и популяциях может существенно меняться, в основ-



Таблица

**Частота и зиготность близнецов на 1000 родов (выборка данных середины XX в.)**

	Монозиготные	Дизиготные	Всего
Норвегия	3.8	8.3	12.1
Италия	3.7	8.6	12.3
Дания	3.8	10.2	14.0
Австралия	3.8	7.7	11.5
США (белые)	3.8	6.1	9.9
США (негры)	3.8	10.1	14.0
Япония	3.8	2.7	6.5
Ибадан (Нигерия)	5.0	39.9	44.9

(В кн.: Levitan M., Montagu A.// Textbook of human genetics. Ofrord, 1971. Гл.14)

ном за счет вариации доли дизиготных (табл.). Очевидны относительное постоянство частоты появления монозиготных близнецов и сильно варьирующая частота рождения дизиготных (Япония и Нигерия). Отклонение от видового уровня в частоте рождения монозиготных близнецов указывает на действие определенных генов.

В 1902 г. генетик-математик В.Вайнберг резонно предположил, что если в среднем вероятность возникновения и дородовая смертность разнополых и однополых дизиготных близнецов равны, тогда их общее число в популяции будет равно удвоенной доле разнополых. И, соответственно, число монозиготных равно общему числу близнецов в популяции минус удвоенное число разнополых. В европейских популяциях среди всех близнецов доля монозиготных в среднем составляет около 30%.

В Шотландии с 1856 по 1961 г. частота многоплодных родов составила 1:81.6, или 12.2 на 1000 родов (общее число родов 12 млн), а частота рождения монозиготных, рассчитанная по правилу Вайнберга, — 1:337. В то же время в патронимиях Сент-Клер и Брюс эти величины были соответственно 1:68 (28.210 на 1000 родов) и 1:73.7 (21.370 на 1000 родов), и на свет появилось на 64 пары монозиготных близнецов больше, чем ожидалось. В приходе Лонмэй

из 13 пар близнецов 12 однополые, в приходах Кримонд и Кричен по пять из шести пар близнецов однополые, и в приходе Бэнхольм все пять пар однополые. Если сюда добавить данные прихода Оутлоу, то в поселениях вокруг Абердина на 40 близнецовых пар родилось только шесть разнополых. Соответственно, ожидаемое число пар монозиготных будет 28 (40—12), что более чем в два раза выше, чем для всей Шотландии.

Таким образом, в патронимиях Сент-Клер и Брюс рождаются и дизиготные, и монозиготные близнецы, однако доля последних в два раза выше ожидаемой. Исходя из этих популяционно-генеалогических данных, можно заключить о действии фактора предрасположенности к близнецовости. Его ожидаемый эффект на аномальную работу мужских гамет должен быть двойной: с одной стороны, увеличение частоты диспермии или частоты проникновения в яйцеклетку двух спермиев, с другой — повышенная частота преждевременного деления отдельных мужских пронуклеусов. Иными словами, гипотетический отцовский ген действует на свои спермии так, что в яйцеклетку они чаще проникают по двое. Если же проник один спермий, то ему невтерпех делиться, и возникают два совершенно сходных пронуклеуса, способных вовлечься в двойное оп-

лодотворение и обеспечивающих появление третьего типа близнецов. Первый сценарий приводит к близнецам, близким по генотипу к дизиготным (однополым или разнополым); второй — к повышению частоты лишь однополых полуидентичных близнецов, трудно отличимых на практике от монозиготных.

Обсуждаются и другие факторы, которые, передаваясь с мужским геномом и действуя уже после оплодотворения, способны повышать возникновение монозиготных близнецов за счет «расщепления зиготы» на ранних этапах эмбрионального развития (пониженный уровень кальция, задержка отпадения прозрачной оболочки яйцеклетки, мутации в белках, контролирующих клеточные контакты или оси симметрии).

Далее прояснить ситуацию должна молекулярная цитогенетика. Сначала необходимо сопоставить молекулярный профиль пар однополых сходных по фенотипу и предположительно монозиготных близнецов, а также профиль молекулярных маркеров их родителей. Затем следует изучать профиль братьев и сестер этих близнецов в поисках ожидаемого химеризма. Причем исследовать надо разные ткани, ибо анализ генома клеток крови оказался здесь наименее надежен. В общем, необходимо всестороннее молекулярно-генетическое исследование, такое же, как в случае обнаруженных в 2007 г. полуидентичных химерных близнецов. Работа достаточно кропотливая, и пока, к сожалению, никто из молекулярных генетиков вплотную ею не занялся, хотя материал уже давно «лежит на блюдечке». Тогда мы решили совершить путешествие в прошлое и выяснить, а нет ли у двух древних родов Сент-Клер и Брюс общего предка, наделившего их редким геном близнецовости. Поиск «отца-основателя» привел нас в эпоху викингов.

## Экспансия викингов в Средние века

Для авторов «Англо-Саксонской хроники»\* неожиданное появление в 793 г. викингов на Святом острове в королевстве Нортумбрия на северо-востоке Англии было подобно Апокалипсису: «*В этом году в земле Нортумбрии случились ужасные предзнаменования, посеявшие страх среди жителей: в воздухе сверкали огромные молнии, а по небесам в вихрях огня проносились огнедышащие драконы. Вслед за этими ужасными знаками страну постиг большой голод. А затем, на шестой день после январских ид, произошло кровавое нашествие язычников, опустошивших церковь Бога на Святом острове и учинивших грабежи и резню.*

С описания этого события историки обычно начинают анализ эпохи викингов [7–9]. Монахи бенедиктинского монастыря Линдисфарн более 150 лет до появления викингов жили мирно и уединенно. Поэтому при виде приближающихся необычных кораблей с красными полосатыми четырехугольными парусами они не испытали волнения. Но вот на берег сошли воины в кольчугах и в шлемах, с боевыми топорами в руках (рис.5). Просьбы о пощаде и мольбы не возымели действия: монастырь разграбили, разрушили и сожгли, многих монахов убили, других захватили в плен и увезли. Линдисфарн, бывший в течение 150 лет важным очагом духовной жизни на северо-востоке Англии, перестал существовать (рис.6).

Нашествие 793 г. — условная дата 250-летнего периода экспансии викингов, изменившее

\* Англо-Саксонскую хронику (Anglo-Saxon Chronicle) составили по приказу короля Альфреда Великолепного в 890 г. Затем она дополнялась неизвестными летописцами вплоть до XII в. Язык оригинала — англо-саксонский (староанглийский). В 1823 г. хронику перевели на английский. Записи ведутся последовательно по годам (сайт Online Medieval and Classical Library <http://omacl.org>).

политическую карту Европы. В IX—XI в. викинги не знали равных в мореходстве. На своих кораблях они первые стали совершать регулярные рейды вокруг Европы и первыми посетили четыре части света. К XI в. викинги (норманы, как называли их французы, или варяги на Руси) стали герцогами Нормандии, королями Англии, князьями в Новгороде и Киеве, вождями императорских стражников в Византии (рис.7). По определению известного историка А.Я.Гуревича, викинг — это «*пират и воин, искатель добычи и славы, которую могли доставить ему военные подвиги, но это и колонист, переходивший в благоприятных условиях к мирному труду, и мореплаватель, занятый торговлей и поисками неведомых островов*» [7].

Расселяясь на захваченных землях, воины брали в жены местных женщин и вносили свои скандинавские гены в генофонд аборигенных англо-саксонских (кельтских) популяций. И даже теперь, спустя более 1000 лет, несмотря на неизбежные миграции и отбор, следы викингов достаточно четко прослеживаются по маркерам ДНК в Y-хромосоме, которая переходит неизменной от отца к сыну. Недавнее комплексное историко-генетическое исследование показало, что в генофонде населения Шет-

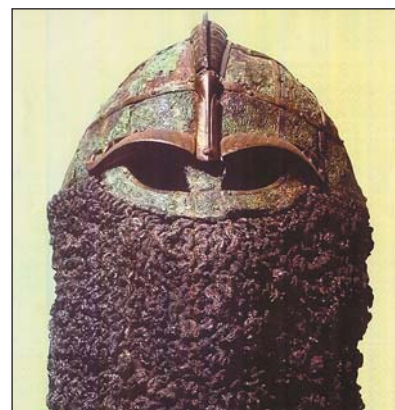


Рис.5. Шлем викинга.

ландских о-вов скандинавских генов около 44%, Оркнейских — более 30%, среди населения северо-западного побережья Шотландии — около 15% [10].

Роль викингов в миграции генов хорошо показана на примере геногеографии обнаруженной в 1975 г. точечной мутации Cys282Tyr (замена в белке аминокислоты цистеина на тирозин) в гене *HFE* (хромосома бр), приводящей к гемохроматозу. У гомозиготных (и в меньшей степени гетерозиготных) носителей этой мутации высокий уровень железа в крови связан с повышенной пищевой абсорбцией в клетках кишечника. Такое отклонение метаболизма может быть адаптивно в случае нехватки ионов железа в пище

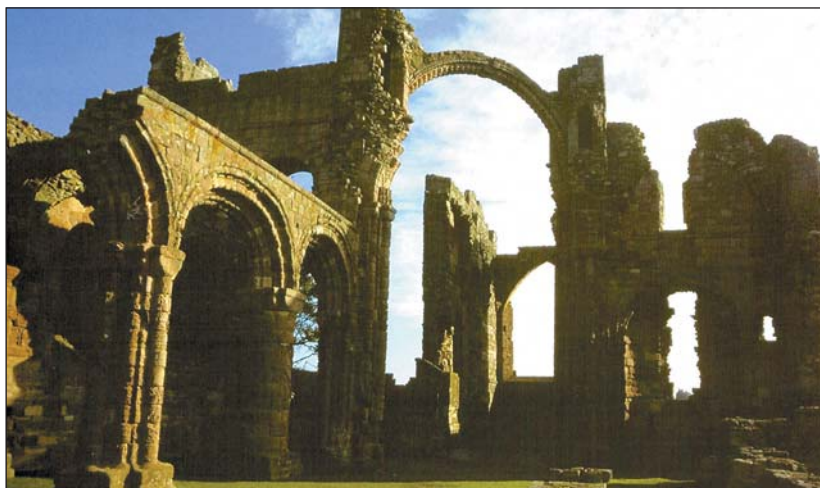


Рис.6. Развалины монастыря Линдисфарн, разрушенного викингами в 793 г.





Рис.7. Маршруты походов викингов, начавшихся с разорения монастыря Линдисфарн. Показаны Оркнейские и Шетландские о-ва на севере Шотландии.

или при беременности у женщин, у мужчин при ранениях и кровопотерях, а также при инсулин-зависимом диабете. Мутация распространена в основном в Северной Европе и, видимо, возникла единожды около 4 тыс. лет назад [11]. Сначала она распространилась кельтами, а затем викингами в Северной Европе. В Шотландии, Англии и Ирландии частота гомозигот составляет 7–9%. Значит, согласно формуле Харди–Вайнберга, каждый третий житель этих стран несет мутацию гетерохроматоza в гетерозиготном состоянии.

Исландия, известная римлянам как «Ultima Tule» (античное название мифического острова,

северной оконечности Земли), находясь на расстоянии шести дней плавания от севера Шотландии, стала первой большой колонией викингов. Ее основал Ингольфур Арнарссон, в 824 г. приплывший туда со своей семьей и поселенцами. «Книга поселений» XII в. дает детальное описание первых поселенцев Исландии. На западе появились и другие колонии викингов — на Оркнейских и Шетландских о-вах, в Шотландии, Ирландии и Нормандии. Изучение Y-хромосомы у современной популяции Исландии и других островов Северной Атлантики подтверждает сведения саг о скандинавском происхождении поселенцев и вместе с тем обнару-

живает значительную долю аборигенов Ирландии. Подобный же характер поселений выявлен в Нормандии, особенно в районах п-ова Шербург, где концентрация норвежских имен наибольшая.

Изучение потомков ранних поселенцев Исландии вызывает особый интерес. Их популяция относительно мала (сегодня около 275 тыс., но еще недавно — менее 50 тыс. человек). Существует весьма подробная семейная хронология: сведения о более 80% исландцев, когда-либо заселявших остров, занесены в компьютерную базу данных. Она служит уникальным ресурсом для изучения генетики заболеваний. Но что, возможно,



выпало из поля зрения исследователей — это исключительная ценность исландских саг как источника сходного изучения диаспоры викингов за пределами Исландии.

Скандинавы, жившие племенными союзами, «очень заботились о своих родословных, передавали из поколения в поколения родовые предания, охотно слушали рассказы о прошлом» [7]. Устной передаче знаний и родовых традиций способствовала особая поэтическая форма — песни скальдов, искусных сказителей. Сложился культ поэзии, причем любили ее все, многие проявляли склонность к стихосложению, «поэзия была одним из нормальных, общепринятых способов выражения чувств и передачи сведений» [7]. Даже дипломатические отчеты, соображения об экономике и политике облекались в поэтическую форму. Викинг Эгиль, бывший в X в. при норвежском короле Магнусе Добром, попал в плен своему противнику, Эйрику Кровавой Секире, сумел спасти жизнь лишь при помощи хвалебной песни в честь своего врага.

### Генеалогические корни родов Сент-Клер и Брюс

Свидетельства родства патронимий Сент-Клер и Брюс основаны на достаточно точных королевских хрониках и сагах. Мы пользуемся здесь одним из значений термина «патронимия» как группы семей, которая ведет свое генеалогическое происхождение от общего мужского предка. Патронимии Сент-Клер и Брюс — одни из самых древних в Европе. Их генеалогические линии, не прерываясь, восходят к историческим фигурам эпохи викингов, чьи деяния описаны в исландских сагах. В эпоху викингов генеалогии очень ценились, и сведения о них передавались изустно от поколения в поколение сотни лет, пока не были за-

писаны в XII в. В этом огромная заслуга исландского историка, поэта и политического деятеля Снорри Стурлсона (1179—1241), автора записей многих саг и эпоса «Старшая Эдда» (см. тексты саг на сайте [www.norse.ulver.com](http://www.norse.ulver.com)).

Несмотря на поэтическую форму и мифологический флер, в которые облекались описания скандинавских саг, в своей основе они содержат реальные события: обычаи, деяния конунгов (вождей викингов) и ярлов (правителей областей). Для историко-генетических изысканий саги интересны детальными генеалогическими данными. Для нас ценным источником служит Оркнейская сага, записанная в Исландии предположительно в XII в. и охватывающая более ранний период. Она основана на устных и письменных традициях, в ней рассказана история местных конунгов и ярлов.

Грядущим Оркнейских о-вов, расположенную на самом севере Шотландии, викинги заселили одной из первых. Она служила им отправной базой регулярных нашествий в Европу. Пиратские рейды совершались и на земли родной Норвегии. Этой неконтролируемой «запорожской сечи» викингов на Оркнеях положил конец первый король Норвегии Харальд Прекрасноволосый, подчинив Оркнейские о-ва и расположенные к северу от них Шетландские. Король отдал Оркнеи во владение ярлу области Мор Рогнвальду, а тот передал управление ими своему брату Сигурду. Под началом ярла Рогнвальда и его потомков вскоре оказался весь север и северо-запад Шотландии. Затем Оркнейские о-ва более 600 лет относились к Норвегии.

Согласно генеалогическим данным, шотландский род Сент-Клер ведет начало от Роллона, первого герцога Нормандии и прадеда Вильгельма Завоевателя [12]. Роллон, или Гонгу (в Норвегии он известен как

Рольф), был сыном Рогнвальда, ярла области Мор в Норвегии:

*«Ярл Рогнвальд женился на Ринхильде, дочери Рольфа Носа, и их сын Рольф завоевал Нормандию. Этот Рольф был так громаден, что никакая лошадь не могла выдержать его, поэтому ему и дали имя Гонгу Рольф (Рольф Пешеход). Ярлы Руана и короли Англии — его потомки»\**.

Сага о Харальде Харфагере, записанная Стурлсуном, также упоминает об этом событии и рассказывает о родословной Роллона (860—932) в погребальной песне скальдов, которую поет его мать, когда он был изгнан за грабежи первым королем Норвегии Харальдом Прекрасноволосым (850—933). У короля было несколько жен, много наложниц и многочисленное потомство, из которых известны 21 сын и три дочери. Многоженство викингов способствовало распространению их генов.

После нескольких лет пиратства Роллон в 886 г. высадился на северо-западе Франции, в Нормандии, где вскоре насовсем обосновался. В 889 г. он поселился в области нижнего течения Сены, совершая опустошительные набеги на прилегающие области вплоть до Парижа. Король Франции Карл Простоватый пошел на компромисс и в 912 г. подписал с Роллоном договор в городке Сент-Клер-на-Эпте (недалеко от Руана). Он отдал ему в жены свою дочь Жизель, уступил провинции Руан, Кан, Эр на условиях принятия Роллоном христианства и присяги вассальской верности королю. При крещении Роллон получил титул «герцог Нормандии Роберт I» с главным городом Нор-

\* Здесь просто невозможно не вспомнить поразительное совпадение этого портрета с описанием Чарльзом Дарвином своего отца Роберта Дарвина: «Его рост был 6 футов и 2 дюйма (около 187 см), он был широкоплеч и очень плотный — самый большой человек, которого я когда-либо видел. При последнем взвешивании его вес был равен 152 кг, и с тех пор он сильно прибавил в весе».



Рис.8. Статуя Роллона в Руанском соборе (Франция).

мандии Руаном. В Руанском соборе до сих пор стоит памятник Роллону (рис.8).

К удивлению, бывший пират и разбойник оказался разумным правителем, приучая норманнов к оседлой жизни и правосудию. В конце концов он сам и его потомки стали говорить по-французски и вскоре достаточно офранцузились, беря в жены местных невест. Роллон — прямой прауродитель нормандского покорителя Англии Вильгельма Завоевателя (1027—1087), от которого идет и современная династия Великобритании. В 1053 г. Вильгельм женился на Матильде Фландрской. От этого брака родилось четверо сыновей и шесть дочерей. Однако нормандская династия Вильгельма Завоевателя по мужской линии кончилась на его сыне, герцоге Нормандии и короле Англии Генрихе I (1068—1135). Генрих был отцом dizиготных близнецов, принца Вильяма и Матильды. Но Вильям Ателинг утонул вместе с нормандской знатью во время кораблекрушения, и королевская линия продолжилась через Генриха II, сына Матильды, основателя династии Плантагенетов (1154—1399).

Прауродители клана Брюс прибыли в Англию с Вильгель-

мом Завоевателем. В XII в. шотландский король Давид I гарантировал Роберту Брюсу земли в Аннандейле (Шотландия) в обмен на посылку ему 10 рыцарей на службу (эта хартия дарования еще существует). Роберт Брюс (1274—1329), король скоттов, был седьмым лордом Аннандейла и правил Шотландией с 1306 по 1329 г. В битве при Бэннокберне в 1314 г. войска под его началом разгромили английскую армию короля Эдуарда II, обеспечив независимость Шотландии\*. Подобно кратковременной династии прямых потомков Вильгельма Завоевателя, династия Роберта Брюса также кончилась рождением близнецов! Первый из близнецов Джон умер при рождении, а второй близнец, будущий король Давид II, был бесплодным. На этом династия Брюсов закончилась [13].

Нет сомнений, что имя Брюс норвежского происхождения. Оно пишется по разному древними авторами — *Broiss, Bross, Brus, Bruys, Bruiss, Broys, Bruss, Bruce*. Род Брюс ведет свою генеалогию из Нормандии, от двух сыновей ярла Рогнвальда Бруссасона (умер в 1046 г.), правителя Оркнейских о-вов, который состоял в свите короля Норвегии Магнуса и несколько лет был на службе короля Ярослава в Новгороде. Отец Рогнвальда Бруссасона был ярлом Оркнейских о-вов и, согласно Оркнейской саге, потомком по мужской линии от Рогнвальда (ярла области Мор в Норвегии) через линию Турф-Эйнара, четвертого ярла Оркнейских островов, который вместе со своим полубратом имел общего отца Роллона, прауродителя патринии Сент-Клер [14].

Нет сомнения, что Брюсы появляются на нормандской сцене после убийства Рогнвальда Бруссасона, совершенного

\* Это победа лежит в основе шотландской национальной поэмы «Брюс», написанной в XIV в. современником этих событий Дж.Барбуром из Абердина. Брюс основал кратковременную норвежскую династию.

двумя сыновьями Харальда Прекрасноволосого. После этого события клан Брюс занимает влиятельную позицию при нормандском дворе. Их базой становится п-ов Шербург к северо-западу от Нормандии. В будущем предстоит сравнить профили гаплотипов Y-хромосомы близнецовых семей в родах Сент-Клер и Брюс и проверить нашу гипотезу, что две генеалогические линии с признаком зависимости от отца близнецовости в ряду поколений имели общего предка, а именно Рогнвальда, ярла провинции Мор в Норвегии.

### Близнецы в норвежских королевских семьях в IX веке

Устные традиции скальдов и ранние письменные источники едины в том, что в IX в. в племенных союзах Норвегии многоженство и близкородственные браки довольно распространены. «Король Харальд Прекрасноволосый выдал своих дочерей замуж внутри страны за ярлов, от которых многие великие семьи произошли» (Сага об Инглингах. Гл.45). Мы находим сведения о близнецах в королевских семьях Норвегии, включая семью короля Харальда Прекрасноволосого — брата Рогнвальда или его тесного родича. «От королевсы Асы Харальд Прекрасноволосый имел четырех сыновей. Старший был Гузорм. Хальфдан Черный и Хальфдан Белый были близнецы. Зигфрод был четвертым. Все они в почете родились в Трондхейме» (Сага о Харальде Харфрагере).

Хальфдан Черный и Хальфдан Белый — несомненно dizиготные близнецы, но что указывают их клички. Но наиболее известные близнецы — Геримундр и Хамундр, упомянутые в Саге Стурлунга, по всей вероятности, были монозиготными. У этих безобразных и необычайно крупных мальчиков кожа была темной, какую доселе сре-





Рис.9. Деталь знаменитого гобелена Байо, иллюстрирующая поход Вильгельма Завоевателя в Англию (1066).

ди викингов не видели, поэтому их прозвали «хельдjarскин»\*.

Упомянем и другое свидетельство о близнецах эпохи викингов. Среди потомков брака русского князя Ярослава Мудрого с княгиней Ингигерд (дочь шведского конунга Олафа Эйрикссона) была дочь Елизавета. В исландских сагах она носит имя Эллисив или Элисабет. Саги подробно описывают романтическую историю ее брака с Харальдом Жестоким, норвежским королем в 1046—1066 гг. Норвежский конунг Харальд Сигурдарсон (1015—1066), получивший прозвище Хардрата (или Харальд Жестокий), был сводным братом норвежского короля Олафа Харальдссона, захватившего власть в Норвегии в 1016 г. (затем он принял крещение при Нормандском дворе

\* Согласно историку ГДжонсу, викинги вовсе не были чистой нордической расой, среди них выделялись два основных антропологических типа: первый — люди высокого роста, светловолосые, голубоглазые с удлиненными чертами лица и черепа; второй — люди плотной комплекции, более низкого роста, темноволосые, коричневоглазые, с округлыми чертами лица и черепа. В браках, судя по описаниям саг, происходило менделевское расщепление на эти два основных типа, и, видимо, наблюдались и промежуточные варианты.

и приобрел титул Олаф Святой). В 1028 г., потерпев поражение в борьбе с норвежскими наместниками датского короля Кнуда, Олаф бежал на Русь к боковой династии викингов — великому князю Ярославу Мудрому. Вместе с ним в Киеве оказался и Харальд, влюбившийся в дочь Ярослава Елизавету. Дальнейшие события красочно описаны в балладах А.К.Толстого «Песнь о Гаральде и Ярославне» и «Три побоища». Влюбившись в дочь Ярослава Елизавету, Харальд сложил о ее красоте серию песен и возжелал взять в жены. Но будучи беженцем и получив отказ, гордый Харальд, «любви не стяжав, уехал безвестный и бедный». Он отправляется в поход через Днепр в Средиземноморье, туда, «где арабы с норманнами бой ведут на земле и на море» и возвращается с богатой добычей:

*Я город Мессину в разор разорил,  
Разграбил поморье Царьграда,  
Ладьи жемчугом по края нагрузил,  
А тканей и мерить не надо!*

Харальд был около 10 лет на службе у византийского императора. Вернувшись с богатством и славою в Киев, он сразу получил согласие Ярослава Мудрого на брак с Елизаветой и увез

ее в Норвегию. Там у королевы родились, согласно недавнему заключению историков, дочери-близнецы Мария и Ингигерд. Харальд Жестокий правил Норвегией с 1047 г. до своего неудачного похода в Англию, где он погиб в сентябре 1066 г. Интересно, что через три дня после гибели Харальда вблизи Йорка, на юге Англии 28 сентября 1066 г. высадилось войско Вильгельма Завоевателя, одержавшего победу над англосаксами (рис.9).

### Близнецы в поселениях вокруг фьорда Трондхейм

Следы зависимой от отца склонности к рождению близнецов в генеалогии Сент-Клер и Брюс усматриваются у королевских основателей этих патронимий уже в IX в. В сагах можно отыскать и более локальные следы близнецовости. Область владений Харальда Прекрасноволосого простиралась не далее фьорда Трондхейм, ибо к востоку и северу от него территория контролировалась властными ярлами области Ладе (рис.10). Однако в саге о Харальде Харфрагере (Гл.5: *King Harald Harfrager Saga*) можно прочесть,





Рис.10. Деревянная церковь в Норвегии, построенная в XI в. севернее Бергена. Христианство в Норвегии стало распространяться во время правления правнука Харальда Прекрасноволосого Олафа Тригвассона (966—1000), основавшего в 997 г. г.Трондхейм.

что он и брат его матери Гутром распространили свое влияние к северу и востоку в область долины реки Оркла\* после битвы при Оркладал. Одержав победу в этой битве, Харальд Харфрагер разделил завоеванные земли к северу от Трондхейма между сыновьями-близнецами Хальфданом Черным, Хальфданом Белым и сыном Сигурдом («Сага об Инглингах»).

Оркнейская сага сообщает, что земли Гудбрэнсдел и Орк-

\* Оркла — река в Норвегии. Длина 170 км, площадь бассейна свыше 3 тыс. км<sup>2</sup>. Берет начало в массиве Доврефельль, течет преимущественно в узком ущелье, образуя многочисленные пороги и водопады, впадает в фьорд Трондхейм в 3 км от г.Трондхейм.

ла — это родина их предка Рогнвальда, ибо их дед Иварр был ярлом Упланда (Гудбрэнсдейл). Кроме того Нор, легендарный мифологический предок Рогнвальда и эпоним страны Норвегия, «когда земля покрылась снегом, пошел на юг, в область, называемую теперь Трондхейм-фьорд. Некоторых же из его людей он послал на юг вдоль побережья в область, называемую Мор (More). И он назвал себя обладателем всех земель, куда приходил».

Эти ассоциации Рогнвальда, Хальфдана и Харальда из долины реки Оркла и Гудбрэнсдейла важны, ибо, как нам кажется, знаменуют собой финал извилистых поисков источника факто-

ра близнецовости, наследуемого от отца. Дело в том, что именно в близлежащих вокруг фьорда Трондхейма приходах Мелдал, Реннебу и Оркдел в долине р.Оркла найдена самая высокая в Европе частота близнецовости.

Еще в начале 20-х годов замечательный норвежский биолог и генетик Кристина Бонневи\*\* (рис.11) провела самое обширное на тот период популяционно-генетическое исследование близнецовости в полуизолированных поселениях вокруг фьорда Трондхейм [15]. Проанализировав по церковным записям сведения о рождении близнецов с 1750 по 1900 г., она оценила частоту близнецовых родов в среднем в Норвегии как 1.45%; в приходах Мелдал и Реннебу — 1.24%, но в ряде больших семей в приходах Мелдал, Реннебу и Рингебу она составила 2.8—3.9%. При этом выделялись некоторые генеалогические линии, где частота близнецовых родов повышалась до 8.2%.

Семейный характер близнецовости был неоспорим. Например, в одной семье в поселении Дрангедал среди 310 исследованных браков не отмечено ни одного с близнецами в потомстве, а в генетически связанных семьях популяции Рингебу из 380 браков в 71 рождались близнецы, двойни или тройни — 19.5%! В целом в семьях, где появлялись близнецы, на 10 154 рождений в 434 зарегистрированы двойни или тройни. Бонневи проследила, насколько возможно, генеа-

\*\* Кристина Бонневи (1872—1948) родилась в г.Трондхейме. Окончила университет в Осло и стала профессором зоологии. С 1916 г. Бонневи — директор генетического института в Осло, где проводила исследования по генетике человека (генетика папиллярных узоров, близнецовости) и модельные опыты по эмбриогенетике на мышах; открыла мутацию по половой хромосоме, вызывающую синдром Бонневи—Ульрих (или синдром Тернера). В 1916—1918 гг. заместитель парламента Норвегии. Во время оккупации Норвегии нацистами участвовала в сопротивлении. Оказала большое влияние на Тура Хейердала, который студентом изучал под ее руководством зоологию.



Рис.12. Портрет Кристины Бонневи. 1940 г.

логию семей и установила, что в долине р.Оркла вся популяция возникла из потомства нескольких иммигрантов-основателей.

Обсуждая возможные причины наследственной предрасположенности к близнецовости, Бонневи пришла к выводу о генетической склонности к рождению дизиготных близнецов. Она также заметила, что если в родословной у обоих родителей встречаются случаи близнецовости, это сильно повышает шансы рождения близнецов: *«В нашем семейном материале мы нашли целую серию случаев,*

*когда не только мать, но и отец близнецов принадлежат к близнецовым семьям».* Отсюда следует, что до начала прошлого века в полуизолятах вокруг фьорда Трондхейм, спустя 1000 лет со времен начала эры викингов сохранились гены близнецовости, зависимой не только от матери, но и от отца.

\* \* \*

Подведем итоги. Мы исследовали проявление фактора «отцы и близнецы», обнаруженного в двух патронимиях Шотландии, Сент-Клер и Брюс, и нашли историко-генетические свидетельства, что этот признак достался двум древним родам от одного прародителя. Следы действия «принципа основателя» прослеживаются вплоть до эпохи викингов. Генетическую склонность к рождению близнецов ранее Бонневи обнаружила в полуизолятах вокруг фьорда Трондхейм — одного из мест, откуда началось нашествие викингов и связанное с этим распространение во времени и пространстве свойственных им генов. В семьях с зависимой от отца близнецовостью заметно преобладают монозиготные. Цитогенетическое истолкование данного феномена возможно на основе предложенной нами гипотезы об ошибках репродукции, вызван-

ных действием отцовских генов на уровне гамет и приводящих в ряде вариантов к двойному оплодотворению и, в конечном счете, к рождению близнецов третьего типа. На практике их трудно отличить от обычных дизиготных и монозиготных.

Преимущественная передача по отцовской линии наводит на мысль, что главный фактор аномалии «отцы и близнецы» может быть локализован или взаимодействовать с определенным геном Y-хромосомы, которая передается исключительно по мужской линии. Кроме того, в Y-хромосоме имеется основной ген-переключатель определения пола и сосредоточены блоки генов, регулирующих мужской мейоз и сперматогенез. Если гипотеза в целом верна, то семьи с прямым отцовским влиянием на близнецовость могут оказаться и естественной селективной системой для оценки частоты химеризма у человека — химерами могут некоторые братья и сестры близнецов.

Феномен «отцы и близнецы» долгие годы либо отвергался, либо представлялся редким и периферийным. Однако история науки слишком часто подтверждает правоту известной библейской максимы, что камень, который отвергали строители, может оказаться во главе угла. ■

**Исследования проводились при поддержке гранта Wellcome Trust (Англия).**

## Литература

1. Souter V., Parisi A.M., Nybolt D.R. et al. // Human Genet. 2007. V.121. P.179—185.
2. Голубовский М.Д. Отцы и близнецы // Природа. 1986. №3. С.23—34.
3. Golubovsky M.D. // Human Reprod. 2003. V.18. P.236—242.
4. St.Clair J., Golubovsky M.D. // Twin Research. 2002. №5. P.294—307.
5. Zaragoza M.V., Surti U., Redline R.W et al. // Amer. J. Human Genet. 2000. V.66. P.1907—1920.
6. Баранов В.С., Кузнецова Т.В. // Цитогенетика эмбрионального развития человека. Научно-практические аспекты. Спб., 2007.
7. Гуревич А.А. // Походы викингов. М., 1966.
8. Gwin J. // A history of Vikings. Oxford, 1984.
9. Стриннгольм А. // Походы викингов. М., 2002.
10. Goodacre S., Helgason A., Nicholson J. et al. // Heredity. 2005. V.195. P.129—135.
11. Milman N., Pedersen P. // Clinical Genetics. 2003. V.64. P.36—47.
12. Morrison L.F. // The History of the Sinclair family in Europe and America. Boston, 1896.
13. Bingham C. // Robert the Bruce. Constable; L., 1998.
14. Collins Encyclopedia of Scotland // Ed. J.Keay. 2000. Harper Collins.
15. Bonnevie K., Sverdrup // J. of Genetics. 1926. V.XVI. P.125—180.



# Зачем полимерам фуллерен?

Е.Г.Атовмян, Э.Р.Бадамшина, Я.И.Эстрин

**Ф**уллерены — слово модное. Правда, в последние годы по популярности оно явно уступает слову «нанотехнологии».

Фуллеренами назвали новую аллотропную форму углерода молекулярного строения (в отличие от алмаза и графита). К нанотехнологии они имеют самое прямое отношение, так как представляют собой соединения атомов углерода определенной формы, размер которых составляет несколько нанометров. Отсюда и названия: наночастицы, нанотехнологии.

Первым, в 1985 г., из семейства фуллеренов был открыт  $C_{60}$ , за что Р.Керл, Р.Смолли и Г.Крото в 1996 г. удостоились Нобелевской премии по химии.  $C_{60}$  — полая сфероидальная молекула, построенная из 12 плоских пятичленных углеродных циклов и 20 шестичленных, окружающих пятиугольники (рис.1). Это чудо природы похоже на футбольный мяч... диаметром всего лишь 0.7 нм. После открытия  $C_{60}$  его так и называли — футболен. Позднее были обнаружены молекулы с большим числом атомов углерода, и название «фуллерены» стало общим для всех. В статье речь пойдет только о  $C_{60}$ .



**Елена Георгиевна Атовмян**, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем химической физики РАН (Черноголовка). Область научных интересов — межмолекулярные взаимодействия, структура жидкостей и кристаллов, химия и физическая химия фуллеренов и их производных.



**Эльмира Рашатовна Бадамшина**, кандидат химических наук, заведует лабораторией полимерных связующих того же института. Научные интересы связаны с исследованиями кинетики и механизма реакций изоцианатов, реакций образования сверхразветвленных полимеров, а также с модификацией фуллеренов, нанотрубок и созданием наноконпозиционных полимеров.



**Яков Иосифович Эстрин**, доктор химических наук, главный научный сотрудник того же института. Специалист в области синтеза полимеров с использованием литийорганических инициаторов, в настоящее время научные интересы связаны с синтезом сверхразветвленных полимеров, модификацией фуллеренов, нанотрубок и их применением в наноконпозиционных полимерных материалах.

## Убить двух зайцев

Молекулу  $C_{60}$  можно представить в виде многогранника, в котором имеется 30 ребер, образованных прилегающими друг к другу шестиугольниками, и 60

ребер — по границам между пяти- и шестичленными циклами. Первые называют (6–6)-связями, по длине (0.138 нм) они близки к обычным двойным связям  $C=C$ . Вторые, названные (6–5)-связями, по длине (0.145 нм) соответствуют одинарным связям [1]. Таким образом, судя по структурным данным, в молекуле  $C_{60}$ , в отличие от сопряженных циклических углеводородов, таких как бензол, нафталин, антрацен и т.п.,  $\pi$ -электроны не полностью делокализованы, и по реакционной способности  $C_{60}$  (и другие фуллерены) подобен

© Атовмян Е.Г., Бадамшина Э.Р., Эстрин Я.И., 2008



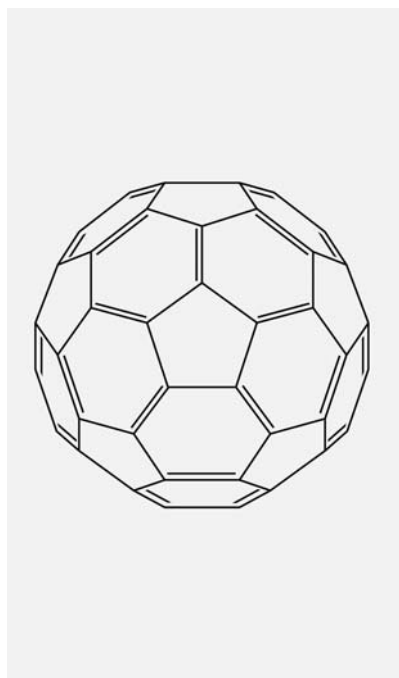


Рис.1. Молекула  $C_{60}$ , как принято ее изображать для наглядности.

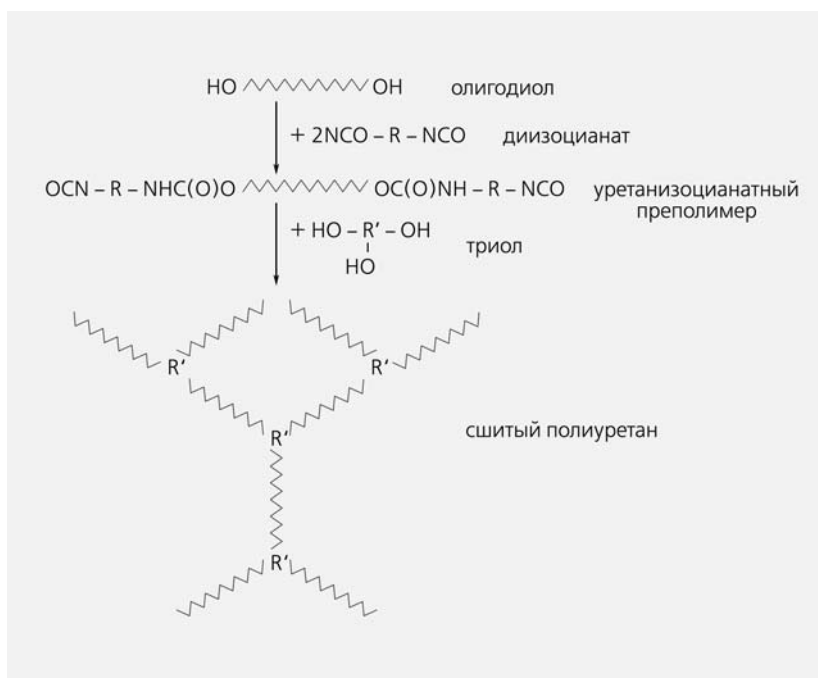


Рис.2. Схема пространственной сетки с трехлучевыми узлами разветвления.

полиолефину. Действительно, большинство из известных производных  $C_{60}$  получены в результате присоединения по двойным связям.

Материалы, содержащие фуллерен, обладают уникальными свойствами и могут быть использованы в разных областях промышленности и техники: электронике, оптике, биологии и медицине, как адсорбенты, сверхпроводники, органические ферромагнетики, катализаторы и многое другое.

Интерес исследователей к созданию полимеров, содержащих фуллерен, объясняется надеждами на проявление в них его уникальных свойств при сохранении и даже улучшении качеств самих полимеров. Эти ожидания вполне оправданы, потому что фуллерен как наночастица, связанная с полимерной матрицей либо ковалентно, либо за счет межмолекулярных взаимодействий, должен влиять на формирование структуры полимера и тем самым на свойства таких композиционных материалов. Примечательно, что для существенного изменения свойств композитов (в лучшую сторону) достаточно очень малых добавок (доли процента) наномодификаторов.

Мы решили проверить это на примере какого-либо хорошо известного полимера. В мировой практике вообще и в нашем институте в частности накоплен большой опыт по синтезу полиуретановых эластомеров. В основе их получения лежит реакция полиприсоединения олигомеров с двумя концевыми гидроксильными (ОН) группами к диизоцианатам  $O=C=N-R-N=C=O$ . Для получения сетчатых (сшитых) полиуретанов в реакцию

смесь добавляют сшивающие агенты, обычно трифункциональные спирты — триолы. В результате образуется трехмерная эластичная сетка (рис.2).

Однако еще в 80-х годах прошлого века крупнейший специалист в области химии высокомолекулярных соединений академик Б.А.Долгопоск предположил, что эластомер будет более прочным при использовании не три-, а полифункционального сшивающего агента. Действительно, при отрыве одной или даже нескольких ветвей многолучевого узла разветвления его сшивающая функция сохраняется. Но идея Долгопоска была значительно глубже, фундаментальнее. Он полагал, что полимерный материал будет прочнее, если при деформации в нем возникают упорядоченные участки, такие, например, как локальные кристаллиты в сшитом натуральном каучуке, высокие физико-механические характеристики которого хорошо известны. Эти кристаллиты образуют гетерогенные узлы с отходящими от них пучками полимерных молекул, которые при деформации растяжения ориентируются параллельно друг другу. Благодаря этому энергия межмолекулярного взаимодействия многократно возрастает, что в результате и обуславливает хорошие эксплуатационные свойства материала. Если использовать полифункциональные сшивающие агенты, они будут играть роль «гетерогенного узла», так необходимого для параллельной ориентации полимерных цепей [2, 3].

Применив в качестве сшивающего агента полигидроксилированный фуллерен, можно сразу

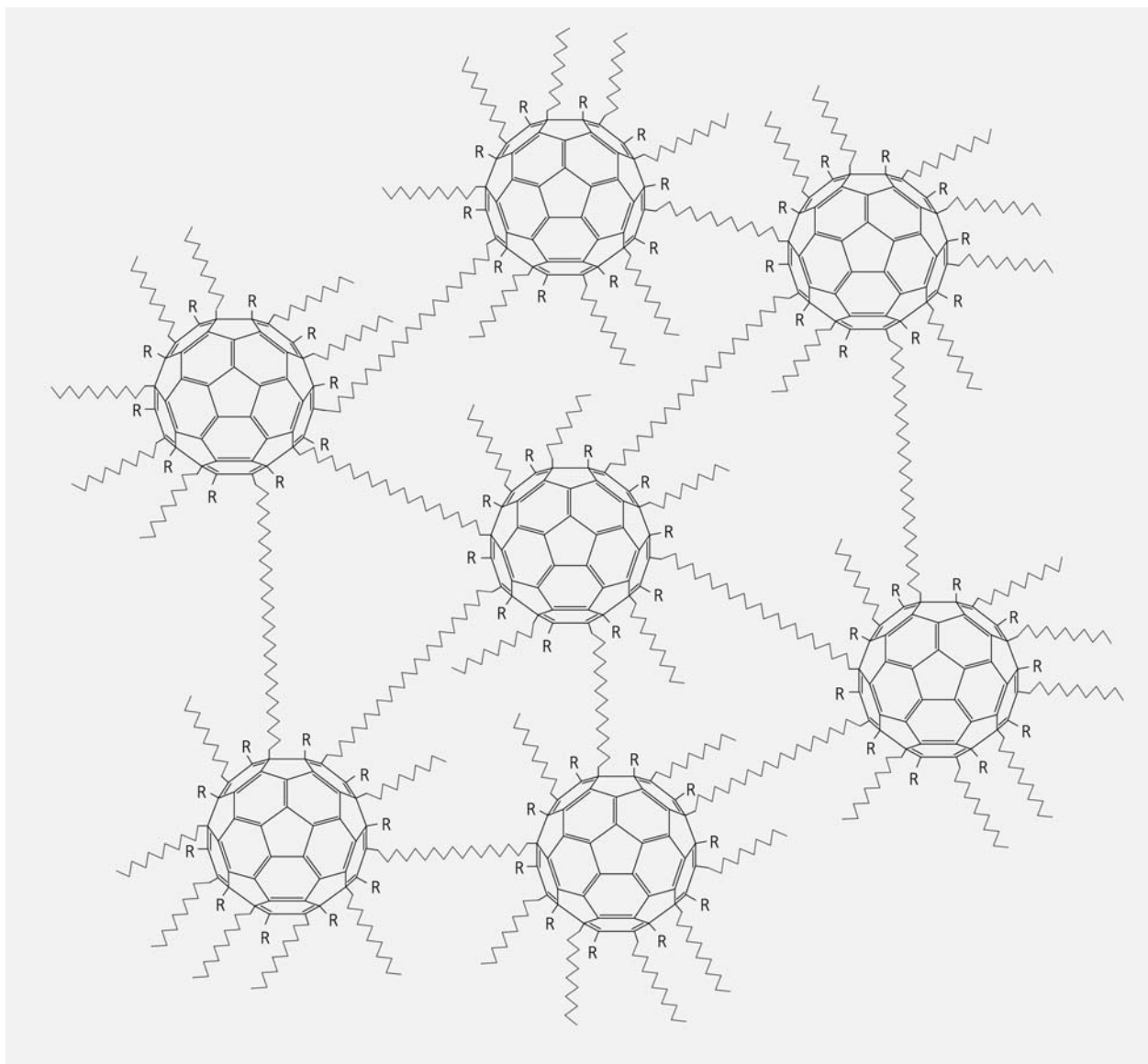


Рис.3. Схема пространственной сетки с фуллереновыми «гетерогенными» узлами разветвления.

«убить двух зайцев». Во-первых, его полифункциональные молекулы выполняют функцию «гетерогенных узлов» (рис.3). Во-вторых, такой агент будет служить углеродным наполнителем молекулярной степени дисперсности, который ковалентно связан с полимерной матрицей. И тут он должен проявить свои «наночастичные» свойства и каким-то образом повлиять на структуру полимера. Полученные таким способом полиуретаны можно рассматривать как наноконпозиционные материалы.

К началу нашей работы над созданием подобных наноконпозитов были известны несколько способов синтеза гидроксированного  $C_{60}$  и линейных полиэфируретанов с фуллереном, включенным в полимерную цепь. Мы же задались це-

лью синтезировать новые эластомерные наноконпозиционные полиуретаны с фуллереновыми узлами шивки. Мы предполагали, что синтез производных  $C_{60}$ , содержащих группы OH, можно будет проводить по уже известным методикам. Казалось бы, «цели ясны, задачи определены — за работу, товарищи». Увы, все вышло не так просто.

Перво-наперво мы разделили все известные гидроксилсодержащие производные  $C_{60}$  на два типа. Первый — это так называемые фуллеренолы, в которых гидроксильные группы связаны непосредственно с атомами углерода фуллерена. Вторым типом можно назвать гидроксилалкил(или арил)фуллеренами. В них группа OH входит в состав углеводородных фрагментов, присоединенных к каркасу фуллерена.

Из второго типа производных  $C_{60}$  были известны только моноалкил- и дигидроксиарилфуллерены, которые не могли служить сшивающими агентами: для этого необходимо, как уже сказано, наличие как минимум трех функциональных групп. Описанные же способы синтеза фуллеренов дают неразделимую смесь продуктов неконтролируемого состава: на одну молекулу  $C_{60}$  приходится от одной до 16 и более гидроксильных групп. Дело даже не в этом. Синтез сетчатых полиуретанов (и не только их) сопровождается серьезной проблемой, связанной с совместимостью (взаимной растворимостью) компонентов реакционной смеси, в частности сшивающих агентов и олигомеров. Для получения однородной (регулярной) сетки, которая, собственно, и может обеспечить хорошие физико-механические свойства материала, сшивающий агент еще до начала реакции полиприсоединения должен быть равномерно распределен в олигомерной среде. Фактически нужно иметь близкий к идеальному раствор сшивающего агента в олигомере. А последний в силу цепочечного строения и относительно высокой молекулярной массы (2000—5000 Да) не склонен пускаться в свою среду пришельцев, сильно отличающихся по составу и строению от него самого. Так, например, низкомолекулярные триолы, используемые в качестве сшивающих агентов при получении полиуретанов, в олигомерах растворяются недостаточно хорошо. Это понятно. Еще со времен алхимии известно, что «подобное растворяется в подобном». Вот и триолы скорее будут объединяться друг с другом, образуя самоассоциаты, чем равномерно распределяться в олигомерной среде, кроме тех случаев, когда в самом олигомере есть подходящие для ассоциации с триолом группы.

В свое время мы выяснили, что если в триолах содержатся крупные углеводородные (алифатические) фрагменты, то склонность к самоассоциации снижается и растворимость в олигомерах заметно увеличивается [4].

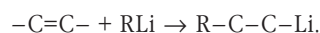
Отсюда следовал вывод, что для достижения нашей основной цели необходимы производные фуллерена, которые содержали бы относительно большое контролируемое число гидроксильных групп и дополнительные углеводородные фрагменты. К сожалению, сведения о таких соединениях в литературе отсутствовали, и у нас появилась дополнительная задача — разработать способ синтеза производных  $C_{60}$ , удовлетворяющих указанным требованиям.

## Дело мастера боится

Идея синтеза полигидроксиалкилфуллерена (ПГАФ) основана на известных, в общем-то, реакциях. У нас был богатый опыт по синтезу гидроксилсодержащих олигобутадиенов с использова-

нием алкиллитиевых инициаторов [5]. Начальная стадия синтеза — присоединение алкиллития к двойной связи бутадиена. Рост полимерной цепи идет путем последовательного присоединения молекул бутадиена так, что атом лития оказывается на конце цепи. Обработка такого полимера сначала окисью этилена, а затем метиловым спиртом приводит к получению полибутадиена с гидроксильными концевыми группами  $-CH_2CH_2OH$ .

Поскольку фуллерен  $C_{60}$  имеет реакционноспособные двойные связи, появилась новая идея: почему бы не попробовать синтезировать полигидроксифуллерен с помощью алкиллития RLi. В этом случае к фуллерену, кроме атома лития, должен присоединиться и желаемый углеводородный фрагмент:



К счастью, работу не пришлось начинать с нуля. В 1992 г. П.Фаган и А.Хирш независимо друг от друга обнаружили, что фуллерен  $C_{60}$  легко присоединяет по двойным связям литийорганические и магнийорганические соединения с образованием как моно-, так и полиалкилированных производных [6, 7]. Хирш также установил, что молекула фуллерена содержит не менее (а судя по дальнейшим исследованиям, и не более) шести активных двойных связей, способных реагировать с этими элементоорганическими соединениями [8].

Исследователи, впервые осуществившие эту реакцию и изучавшие ее, ограничились синтезом алкилированных производных фуллерена, замещающая атом лития атомом водорода. Получение гидроксилсодержащих фуллеренов их не интересовало. Не интересовало это и наших санкт-петербургских коллег, которые доказали, что молекула  $C_{60}$  действительно присоединяет до шести молекул полистириллития, причем все шесть атомов лития активны [9]. Это значит, что аддукт способен связать эквивалентное количество молекул окиси этилена.

Воспользовавшись некоторыми методическими приемами по алкилированию  $C_{60}$ , мы синтезировали ПГАФ трехстадийным способом (рис.4).

На первой стадии к раствору фуллерена в толуоле добавляли бутиллитий при его мольном избытке от восьми- до 16-кратного, чтобы увеличить выход ПГАФ и добиться полного расходования  $C_{60}$ . Но 16-кратный избыток — это было уже слишком. Все равно больше шести молекул бутиллития к  $C_{60}$  не присоединяется. Реакция протекает очень быстро. При комнатной температуре «на глазах изумленной публики» красивый прозрачный фиолетовый раствор  $C_{60}$  в толуоле становится мутным — бутиллитиевое производное фуллерена в толуоле не растворяется. Когда черный осадок садится на дно реактора, толуол над осадком остается бесцветным и прозрачным, даже следов  $C_{60}$  в растворе не остается.

На второй стадии в реакционную смесь из газовой фазы вводится окись этилена. Встретившись



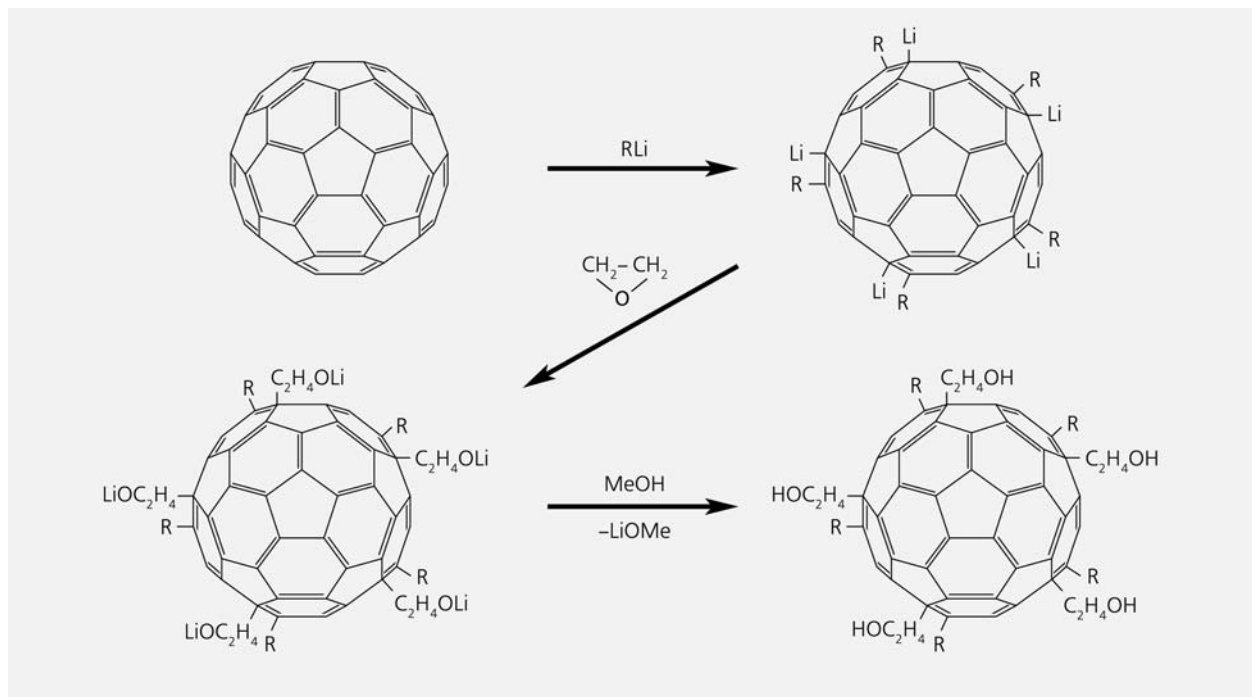


Рис.4. Реакции получения поли(бутил)-поли(гидроксиэтил)-фуллерена.

с литием, сидящем на фуллереновом каркасе, атом кислорода заключает его «в свои объятия». Они так крепки, что литий покидает фуллерен, связь С–О в окиси этилена разрывается, а «осиротевшим» атомам углерода окиси этилена и  $C_{60}$  ничего другого не остается, как «вступить» в ковалентную связь:  $-C-Li + CH_2CH_2O \rightarrow -C-CH_2CH_2OLi$ .

Третья стадия особых усилий и навыков не требует: в реактор добавляется спирт, который группу  $-OLi$  превращает в  $-OH$ .

Образовавшийся продукт в толуоле растворяется, окрашивая его в темно-вишневый цвет. ПГАФ представляет собой порошок темно-коричневого цвета. В отличие от исходного  $C_{60}$  он растворяется в обычных органических растворителях и жидких олигомерах. Правда, для более равномерного распределения ПГАФ в вязкой олигомерной среде его лучше сначала растворить в летучем растворителе, подходящем и для ПГАФ, и для олигомера, смесь тщательно перемешать, а растворитель затем удалить. Все! Раствор сшивающего агента в олигомере готов для реакции полиприсоединения. Вводим диизоцианат, разливаем смесь в формы желаемого размера и конфигурации, нагреваем и через некоторое время получаем готовое изделие.

Разумеется, до проведения синтеза сетчатых полиуретанов мы убедились, что гидроксильные группы в ПГАФ количественно реагируют с изоцианатами с образованием уретана, подобрали температуру и время, необходимое для полного завершения реакции.

Одной из характеристик качества сшивающего агента служит величина концентрации химических узлов разветвлений в объеме полимера. Вернее, не сама величина, а совпадение (или несовпадение) теоретически рассчитанных и экспериментально найденных концентраций. Экспериментально количество узлов определяют по степени набухания шитого образца в растворителе, а теоретически рассчитывают по удельному объему содержанию агента в реакционной смеси и количеству функциональных групп, приходящихся на одну его молекулу. Совпадение экспериментальных и теоретических величин означает, что все гидроксильные группы приняли участие в образовании узлов разветвления. Стало быть, сшивающий агент идеален. Если же эксперимент дает концентрацию, гораздо меньшую теоретической, то... ищите другой агент.

Упомянутые ранее сшивающие агенты — триолы, например триметилпропан — ТМП,  $C_3H_8C(CH_2OH)_3$ , никогда не дают теоретически рассчитанную величину. Возможно, это связано с их плохой растворимостью. Иногда объясняют «неэффективной макроциклизацией», когда оба конца олигомерной цепи присоединяются к одной и той же молекуле сшивающего агента, и получается не узел разветвления, а подвеска с олигомерным колечком. Можно найти и другие объяснения, но факт недостаточной эффективности триолов как сшивающих агентов остается фактом.

В случае ПГАФ, содержащего до шести гидроксильных групп, при определенной его концент-

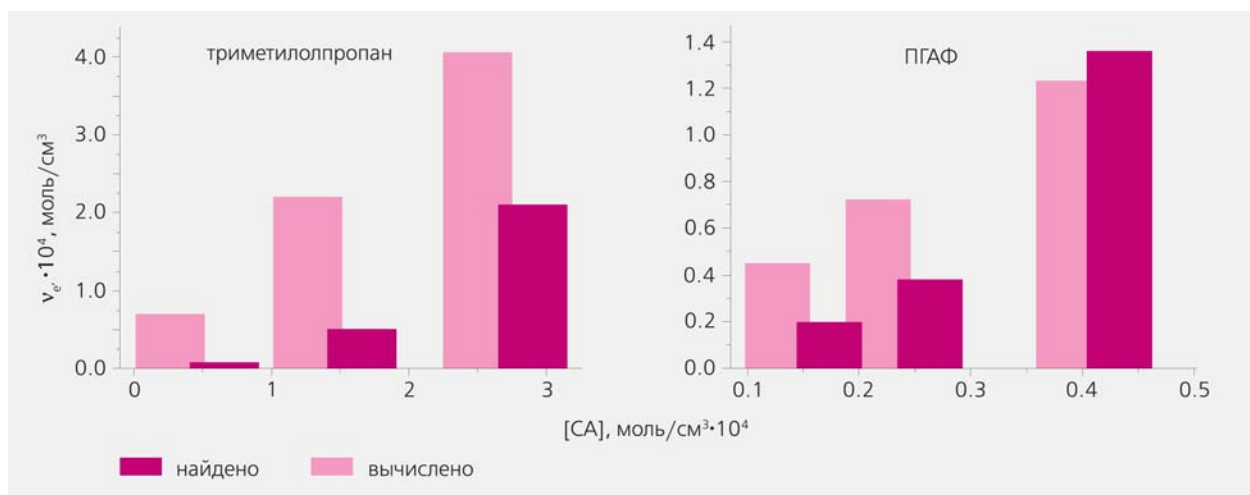


Рис.5. Эффективность сшивающих агентов: триметилпропана и ПГАФ.

рации рассчитанные и экспериментальные величины в пределах точности измерения совпадают. Явное преимущество ПГАФ перед триметилпропаном становится очевидным, когда сопоставляются теоретические и экспериментальные концентрации узлов химической сшивки в полученных полиуретанах (рис.5). Так, если использовать ПГАФ в концентрации  $0.4 \cdot 10^{-4}$  моль/см<sup>3</sup>, образуется полиуретан, в котором реализована теоретическая возможная сетка, тогда как с той же концентрацией ТМП сетка весьма далека от расчетной. Сетчатый полиуретан можно получить с использованием таких низких концентраций ПГАФ, при которых ТМП как сшивающий агент совсем «не работает» — образцы полиуретанов не набухают, а полностью растворяются.

Физико-механические испытания образцов с ПГАФ показали, что получился эластичный (резиноподобный) материал: его удлинение при разрыве составляло 300—900 % (в зависимости от густоты сетки), а прочность от 8 до 18 кг/см<sup>2</sup>. При растяжении образцов после достижения определенной величины удлинения начинается ускоренный рост напряжения, т.е. возникает «эффект самоупрочнения» в полном соответствии

с гипотезой Долгопоска. В то же время в полиуретанах с ТМП в качестве сшивающего агента аналогичное «самоупрочнение» не наблюдается.

### «Побочные продукты» исследования

Как часто бывает в научных изысканиях, вдруг обнаруживаются незапланированные эффекты, мимо которых пройти невозможно. Оказалось, что добавка  $10^{-7}$  моль нативного  $C_{60}$  на 1 см<sup>3</sup> реакционной смеси (0.02 мас.%) при получении стандартного эластомера на основе полиоксипропиленгликоля, диизоцианата и сшивающего агента — диамин, дает поразительный эффект (табл.): в три раза возрастает общая густота сетки\*. И это при том, что концентрация  $C_{60}$

\* В эластомерах различают «химическую» сетку, образованную ковалентными связями, которые удерживают полимер от растворения и определяют степень его набухания в растворителях, и «физическую» сетку, формирующуюся за счет межмолекулярных взаимодействий в отсутствие растворителя. Общая густота сетки в эластомере, определяющая его прочностные характеристики, есть сумма концентраций узлов обоих видов сеток.

Таблица

#### Характеристики полиуретанмочевинных композиций

[C <sub>60</sub> ]·10 <sup>7</sup> , моль/см <sup>3</sup>	v <sub>e</sub> *, моль/см <sup>3</sup>	Прочность на разрыв σ, МПа	Модуль Юнга E, МПа	Относительное удлинение при разрыве ε, %
0.0	6.71	26.6	32.8	482
1.18	12.1	32.4	46.5	580
1.95	13.5	35.1	57.2	590
2.98	17.2	32.9	55.5	340
4.81	20.1	30.1	43.4	323

\* Примечание. Здесь v<sub>e</sub> — суммарная концентрация химических и физических узлов сетки.

на три порядка меньше концентрации узлов разветвлений!

Так как увеличения концентрации химических узлов разветвлений мы не обнаружили, следовательно, добавка  $C_{60}$  в «гомеопатических дозах» приводит к росту содержания физических узлов сшивки за счет взаимодействия между фуллереном и полимерными цепями. Влияние его чрезвычайно мало по количеству, видимо, можно объяснить эффектом дальнего действия молекул фуллера на структуру полимерной матрицы.

Не могли мы пройти и мимо того факта, что литиевое производное фуллера — очень реакционноспособное вещество. Первооткрыватели реакции присоединения литийорганических соединений к фуллерену замещали атом лития на атом водорода с помощью раствора хлористого водорода в метаноле. Синтезируя ПГАФ, мы обрабатывали бутиллитийфуллерен окисью этилена. В принципе, добавляя к литийсодержащему фуллерену реагенты, способные внедряться между атомом лития и атомом углерода фуллеренового каркаса, можно получать фуллерены с разнообразными функциональными группами.

Так, добавка в реакционную среду эпихлоргидрина ( $OSCH_2CHCH_2Cl$ ) приводит к образованию производного  $C_{60}$  с хлоргидринными группами  $-CH_2CH(OH)CH_2Cl$ . А их вообще-то можно превратить в эпоксидные или в гликолевые ( $-CH_2CH(OH)CH_2OH$ ) и использовать продукты, соответственно, либо для модификации эпоксидных смол, либо как сшивающий агент для синтеза полиуретанов. Однако и сами хлоргидринные производные  $C_{60}$  оказывают на эти смолы упрочняющее действие.

## Литература

1. Allen F.H., Kennard O., Watson D.G. // J. Chem. Soc. Perkin Trans. II. 1987. №12. P.S1—S19.
2. Долгоплоск Б.А. // ДАН СССР. 1982. Т.263. №5. С.1142—1143.
3. Долгоплоск Б.А. // Высокомолек. соед. Сер. А. 1983. Т.25. №6. С.1123—1139.
4. Батулин С.М., Брикенштейн Х.-М.А., Атовмян Е.Г., Ольхов Ю.А., Радугина А.А., Герасимова Т.А. Авт. свид. СССР. № 937474. БИ №23 от 23.06.82.
5. Эстрин Я.И. // Высокомолек. соед. Сер. Б. 1997. Т.39. №2. С.351—370.
6. Fagan P.J., Krusic P.J., Evans D.H. et al. // J. Am. Chem. Soc. 1992. V.114. №24. P.9697—9699.
7. Hirsch A., Soi A., Karfunkel H. // *Angev. Chem. Int. Ed. Engl.* 1992. V.25. P.766—768.
8. Hirsch A. *Topics Current Chemistry. Fullerenes and Related Structures. Principles of Fullerene Reactivity.* Berlin, 1999. V.199. P.1—65.
9. Виноградова Л.В., Амшаров К.Ю., Кевер Е.Е., Згонник В.Н. // Высокомолек. соед. Сер. А. 2003. Т.45. №8. С.1282—1289.

Если к литийсодержащему  $C_{60}$  добавить диметилдихлорсилан  $Si(CH_3)_2Cl_2$ , затем этанол и триэтиламин, необходимый для связывания выделяющегося хлористого водорода, то получится фуллерен, содержащий этоксидиметилсилильные группы  $-Si(CH_3)_2OC_2H_5$ . В этом соединении атомы кремния и углерода  $C_{60}$  связаны непосредственно. Соединение со связью  $C_{60}-Si$  упоминалось в литературе лишь однажды, да и получено оно было совсем другим способом. Такой продукт вполне пригоден для модификации силиконовых каучуков.

Далее можно «следовать со всеми остановками» и получать фуллерены с желаемыми функциональными группами. Главное — число таких групп ограничено шестью и поддается контролю. Можно присоединить и меньше шести функциональных групп, снижая мольное соотношение между литийорганическим соединением и фуллереном. Правда, в этом случае образуется набор молекул  $C_{60}$  с разным количеством присоединенных групп. Разделить смесь на индивидуальные вещества довольно сложно, но вполне реально — с помощью препаративной хроматографии. Но, на наш взгляд, в этом нет необходимости, если в качестве модификаторов полимеров использовать полифункциональные фуллерены.

Результаты наших исследований наглядно показывают перспективность использования  $C_{60}$  и его производных для создания композиционных полимерных материалов, превосходящих по свойствам известные полимеры. Разработанный способ модификации самого фуллера открывает широкие возможности для получения производных  $C_{60}$  с самыми разнообразными функциональными группами. ■



# Жизнь на вечной мерзлоте

Д.И.Берман

**В**ечная мерзлота подстилает почти 60% территории России. Неслучайно изучению биологии и экологии организмов, населяющих это громадное пространство, посвящены тысячи публикаций. Однако во многих из них авторы даже не употребляют слово «мерзлота», как бы умаляя ее значимость, в других же работах непросто найти ответ на естественный, казалось бы, вопрос: есть ли специфика экосистем и сообществ, их пространственного распределения на вечной мерзлоте?

Проявления мерзлоты, как и ее роль в ландшафтных процессах, региональны, они связаны с особенностями климата, горных пород, рельефа, палеогеографии и т.д. Настоящая статья — попытка синтеза и краткого изложения наших представлений, сложившихся в результате многолетних и разносторонних исследований в континентальных горных северо-таежных районах Магаданской обл., а именно в верховьях Колымы, где расположен стационар Института биологических проблем Севера ДВО РАН — «Абориген». Работа велась сотрудниками нашей лаборатории — климатологом А.В.Алфимовым, экофизиологом А.Н.Лейрих, микробиологом И.Б.Гришкан, энтомологами З.А.Жигульской и Ю.М.Марусиком. Помогали нам начальник стационара В.А.Бельгер, его жена и наша сестра-хозяйка А.П.Бельгер, инженер А.А.Поплоухин, механик-водитель А.А.Лейман и др.

© Берман Д.И., 2008



*Даниил Иосифович Берман, доктор биологических наук, заведующий лабораторией биоценологии Института биологических проблем Севера ДВО РАН. Область научных интересов — адаптивная стратегия северных животных, принципы организации сообществ наземных организмов, биогеография Берингии.*

## Маскировка мерзлоты

Верховья р.Колымы, которая дала название, ставшее злоеющим, всему региону, находятся менее чем на градус севернее Петербурга и Хельсинки, однако каштаны и даже сосны тут не растут. Бытующее представление о суровости «Колымы» имеет все основания — верховья Индигирки с полюсом холода дадут лишь небольшую фору Колыме. В нашем регионе среднемесячные температуры января близки к  $-40^{\circ}\text{C}$ , морозов не случается разве что два месяца в году, амплитуда экстремальных температур воздуха около  $90^{\circ}\text{C}$  (летом может быть за  $30^{\circ}\text{C}$ , зимой до  $-56^{\circ}\text{C}$ ), при этом годовая сумма осадков всего-то 360 мм, из них 50—70% выпадает летом (казалось бы, полупустыня и только, но большая часть территории переувлажнена!).

Поскольку средние годовые температуры воздуха здесь

$-9...-11^{\circ}\text{C}$  (для сравнения — в Москве  $+5^{\circ}\text{C}$ ), постольку мерзлота повсеместна, кроме долин крупных и некоторых небольших рек. Повсеместна — еще не означает, что всюду видна. Проработавшие с нами на Колыме полевой сезон финские зоологи, превосходные натуралисты, объехавшие полмира, в конце пребывания, смущаясь, попросили показать... мерзлоту.

В ландшафтах среднегорья мерзлота замаскирована в основном редколесьями и лишь местами — лесами из преобладающей здесь лиственницы Каяндера (*Larix kajanerii*). Ее сменяют, начиная с верхнего предела распространения (800—1000 м над ур.м.) и выше (1100—1300 м над ур.м.), сообщества кедрового стланика (*Pinus pumila*) (рис.1). Обе породы имеют огромные ареалы, ибо неразборчивы (выражаясь научным языком, обладают широчайшей экологической валентностью)

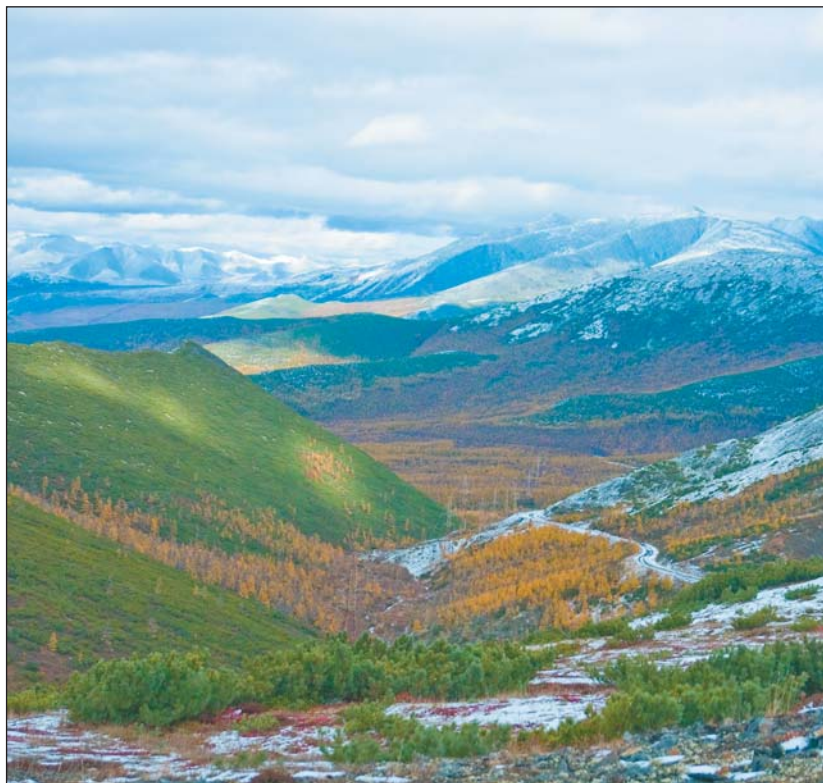


Рис.1. Горно-таежный Северо-Восток — господство лиственницы и кедрового стланика.

Здесь и далее фото автора

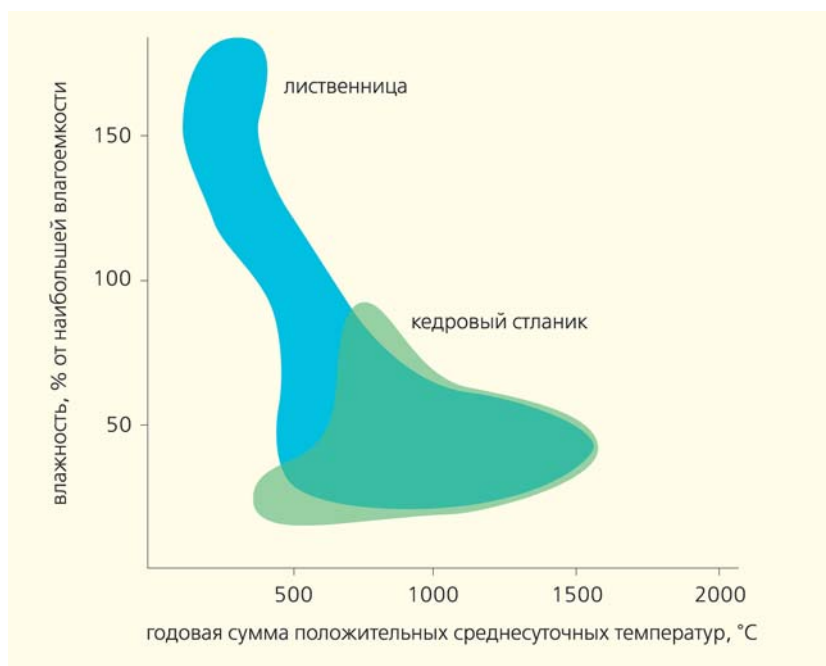


Рис.2. Примерные границы гидротермических условий в слое почвы 0—20 см в бассейне Верхней Колымы, пригодных для обитания лиственницы и кедрового стланика. Видно, что кедровый стланик в отличие от лиственницы не переносит застойного увлажнения, именно поэтому его гидротермическое «пространство» меньше.

в отношении гидротермических и почвенных условий (рис.2). Однако на подавляющей части территории, особенно на северных склонах, шлейфах и террасах, лиственница тонка, крива и дышит на ладан.

Нет, нет, так мрачно все выглядит лишь для профессионала. Банальный ландшафт верховьев Колымы порой радует даже пресыщенный глаз. Например, ранней осенью, когда средний и задний планы обозримого с вершин гор пространства залиты лишь двумя красками — желтой от прихваченной морозом хвои лиственницы и зеленой от вечно зеленого стланика, а передний план оживлен гаммой красных и синих тонов отмирающих листьев кустарниковых берез и голубики. День ото дня оттенки лиственницы меняются с нежного желтовато-зеленого через ослепительно золотой к унылому коричнево-бурому...

По сравнению с лиственничниками и кедровниками, другие сообщества занимают ничтожную долю территории. Зато какие! Чего стоят крошечные островки реликтовых (плейстоценовых) степей, сохранивших не только степные растения [1]. Не менее замечательны ленточные тополево-чозениевые уремы с неморальными\* реликтами. Любопытны небольшие рощицы низкорослых осин (*Populus tremula*), раньше других напоминающих о бренности колымского лета и скором приходе осени яркими желто-красными пятнами среди зелени лиственниц и кедровников. Узкими мазками ольховников (*Alnaster fruticosa*) выделяются тальвеги, прорезанные ручьями на любых склонах, даже северных.

Как же сосуществуют на одной территории столь различные сообщества? Чтобы разобраться, надо в буквальном смысле копнуть вглубь.

\* Виды, по происхождению связанные с широколиственными лесами (от лат. nemoralis — лесной). — Примеч. ред.





Рис.3. На северном склоне зеркало мерзлоты почти всегда мокрое (вверху); на пологом шлейфе оно может быть почти без воды. 20.07.2008.

### На «висячем» болоте в «пьяном» лесу

К концу теплого сезона в большинстве мест до мерзлоты обычно не больше метра. На северных склонах, подгорных шлейфах, заболоченных террасах не больно-то и копнешь даже осенью. Зеркало мерзлоты под сфагновыми мхами может быть уже в 30—40 см от поверхности (рис.3). Мерзлота здесь сильно насыщена льдом — эдакий армированный рыхлым тор-

фом ледобетон, по которому, как по абсолютному водоупору, всегда сочится (часто и струится) вода. В нижней трети северных склонов плоскостной сток (т.е. не сведенный в русла внутрипочвенных ручейков) по зеркалу мерзлоты в десятки, а на некоторых участках в сотни раз превышает (в пересчете на единицу поверхности) объем выпадающих осадков — тает-то весь склон. Вода, в буквальном смысле ледяная, все лето охлаждает оттаявший слой торфа.

Одним словом, до мерзлоты полтора штыка лопаты, хлюпает под ногами вода, вместо минеральной почвы рыхлый мокрый торф. В покрове — устойчивые к холоду мхи, поверх которых устраиваются лишайники, по западинам — осоки и пушицы. Сюда же карабкается нигде более, кроме болот, не растущая клюква, мелкие и редкие ягоды которой не всегда и разглядишь. И все это при крутизне в 10—25°. «Висячее» болото — диковина для европейца (рис.4)!



Рис.4. Создающая белый фон на обоих склонах пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*) растет всегда только в переувлажненных местах. Благодаря ей «висячие» болота видны издалека.





Рис.5. Оползание грунтовых блоков по зеркалу мерзлоты на северном склоне.



Рис.6. «Пьяный» лес на северном склоне.

По мокрому скользкому зеркалу близко расположенной мерзлоты хаотически и недалеко оползают крупные блоки оттаявшего грунта, формируя солифлюкционный (от *solum* — почва, грунт и *fluxus* — течь) рельеф (рис.5) с криво стоящими и стареющимися распрямиться, а потому искривленными деревьями — «пьяный» лес (рис.6)! Правда, и на шлейфах (всегда мерзлотных) даже с незаметными уклонами лиственницы тоже «пьяны», но в этом повинна не солифлюкция, а вспучивание грунта при замерзании.

### «Кислая» жизнь

На северных склонах и в подобных биотопах с водоупорной мерзлотой не только холодно и мокро. К тому же еще и кисло. Опад лиственницы и кедрового стланика, вересковых кустарничков и осок, «очесы» мхов и лишайников крайне медленно разлагаются. Изначально — из-за большой доли лигнинов, смол, фенолов и т.д. Растительные остатки накапливаются в мало измененном виде. Незначительное содержание карбонатов в горных породах и промываемых их водах не может сказаться на кислотности почв. Поэтому водный рН лишь 3.5. Не

столовый уксус, но вполне достаточная среда для значительного ослабления деятельности большинства бактерий. Специфических, переносящих такую кислотность форм здесь мало.

Сам по себе феномен угнетения бактерий в кислой среде известен любой домохозяйке, задумывавшейся о принципе маринада. Но масштаб явления! Бактерии вездесущи и обеспечивают одну из своих важнейших функций — деструкцию органики. Везде, но не в нашем регионе. На громадной территории (как минимум в бассейнах верховой Колымы, Индигирки, Яны и, вероятно, много шире) в подобных кислых почвах бактерии, конечно, присутствуют, но «еле дышат». Отмершую органику разлагают, главным образом, микроскопические грибы, но и для них некомфортно — слишком холодно [2]. Лишайниково-моховые покровы «консервируют» низкие температуры, но в сочетании с формирующимися торфянистыми горизонтами почв и разного рода торфами этот процесс усиливается, и сезонно-талый слой здесь мал. В итоге создается петля обратной связи, поддерживающая эдакий холодовой термостат, способствующий накоплению торфовой массы.

Не мудрено, что «кислая жизнь» при низких температурах не способствует пышности напочвенного покрова. Поэтому он обеднен и однообразен на обширных пространствах и представлен разного рода гипоарктическими олиготрофными мхами, лишайниками, неприхотливыми вересковыми кустарничками, осоками, пушицами, злаками (например, вейником Лансдорфа) и т.д.

Что уж говорить о почвенных беспозвоночных из числа мезофауны. Раз мало разнотравья, будет мало и олигофагов. Однако население, хоть и не богатое и своеобразно организованное, тут есть. Здесь живут вездесущие муравьи-гипоаркты: крошечный *Leptothorax acervorum* устраивает свои гнезда на южной стороне кочек или комлей лиственниц (и нет для него северного склона!), а муравей-древоточец *Campotonus herculeanus* выгрызает гнезда-лабиринты в сухих лиственницах и спускается в почву всей семьей лишь на зиму. Жмутся также к поверхности всего-то по три-четыре жучка на 1 м<sup>2</sup>, в основном жужелицы и щелкуны; два вида последних (*Sericus brunneus* и *Denticolis varians*) выходят даже в южные тундры, так что на северных склонах под 62° с.ш. им не так и плохо. В рыхлом, несслежавшемся торфе оби-

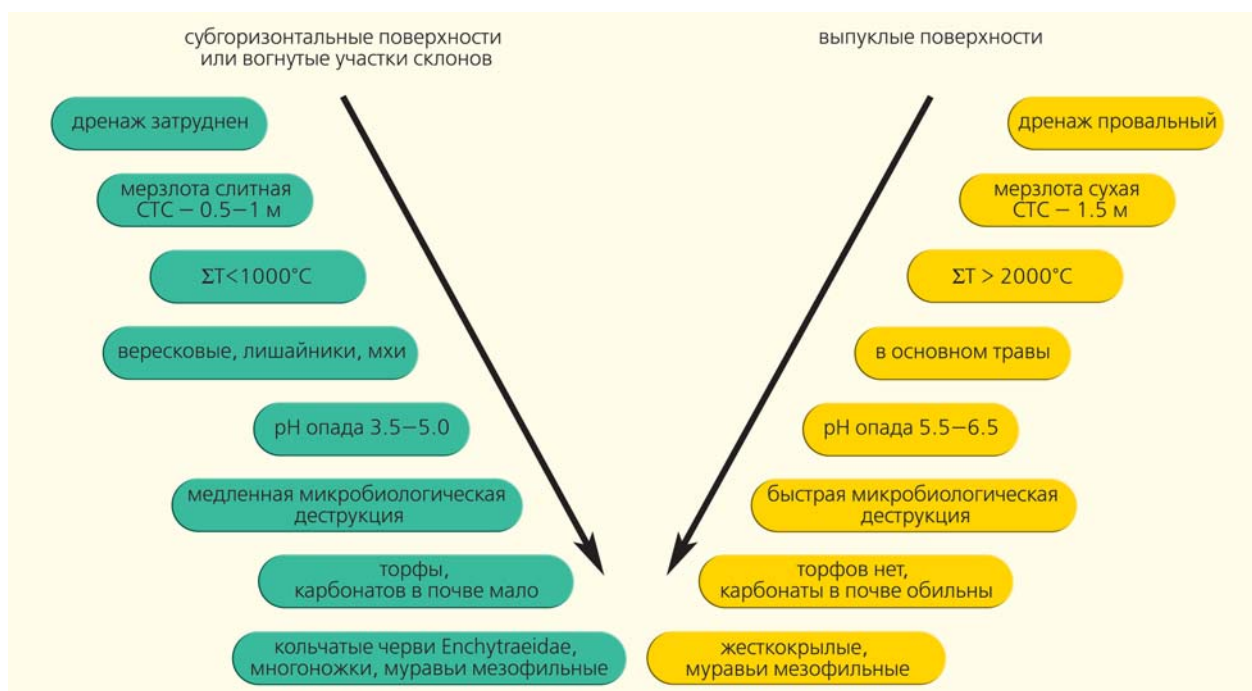


Рис.7. Зависимость состава населения беспозвоночных животных от геоморфологических условий. Все биологические процессы на наиболее контрастных по характеру дренажа и теплообеспеченности участках (северных вогнутых склонах и южных выпуклых) идут по-разному, что в конце концов приводит к формированию в одном ландшафте столь же предельно контрастных степных и лесотундровых сообществ.  $\Sigma T$  — сумма среднесуточных температур больше  $10^{\circ}\text{C}$  за год, СТС — сезонно-талый слой почвы.

тает масса хищных многоножек (*Geophilidae* и *Litobiidae*). Уникально много для района червей-энхитреид — до тысячи на  $1\text{ м}^2$  на всегда сырой и холодной границе раздела торфов и мине-

рального горизонта [3]. Не так уж и бедно...

Полагаю, что приведенное описание условий существования на северном склоне соответствует интуитивным ожида-

ниям читающего статью о скверной жизни на вечной мерзлоте. Однако бывает и иная жизнь на вечной же, но принципиально иной — не водоупорной — мерзлоте (рис.7).



## Благодать на мерзлоте

Представьте себе долину реки, один «борт» которой обращен на юг, другой на север. На северном — нам уже известная мрачная картина, на южном — благодать, иначе не скажешь! Это участок настоящей, к тому же реликтовой степи — сухой, жаркий (босиком не походишь!), со степными и нагорно-ксерофитными растениями, многочисленными степными жуками (в степях на Индигирке больше 40 особей на 1 м<sup>2</sup>) и клопами, всюду прыгающими кобылками (по паре штук на 1 м<sup>2</sup>, что немалое для зональной степи). Растительный покров обычно не сомкнут, никаких торфов нет и в помине; как и полагается в степи, в основании куртин немного травяной ветоши, но степного «войлока» нет; рН криоаридной почвы (тип, описанный для сухих и холодных степей Тянь-Шаня, Алтая, Якутии, верховьев Колымы) нейтральный, местами на щебне могут быть карбонатные натски, а мелкозем почвы «кипит» от соляной кислоты... Все как в добропорядочной, пускай и горной степи, например на Алтае или в Туве. Если позволяет влажность, растительность своей пышностью напоминает луго-

вые степи (рис.8). При чем тут мерзлота? Но по порядку.

В настоящее время эти степные пятачки хорошо изучены [1, 4]. Главный вывод в том, что степные участки по почвенным микроводорослям и микромицетам, по флоре высших растений, по мезофауне (ногохвостки и клещи) представляют собой реликты, в широком смысле — южно-сибирских степей. Особенно впечатлят фауна насекомых. Тут сохранились истинно степные, термофильные виды, основной ареал которых лежит в Центральной Азии, на юге Сибири и в Казахстане. Более того, здесь в массе обнаружены некоторые степные по происхождению виды, отсутствующие на юге Сибири и ранее известные только из плейстоценовых отложений. Это обстоятельство позволяет рассматривать термофитные степи как реликты не только степей Сибири и Монголии, но и канувших в лету плейстоценовых тундростепных ландшафтов.

### Степной микроклимат?

Означает ли, что степные виды в реликтовых степях Северо-Востока, будучи в чуждой географической обстановке, живут

в степной же микроклиматической среде или же это — микротермные организмы, т.е. довольствующиеся минимумом тепла? Ответ на этот вопрос однозначен и категоричен: да, реликтовые сообщества существуют в степном микроклимате. Как и чем он формируется? Исходных обстоятельств несколько. Степные группировки приурочены к крутым южным склонам в основном по долинам крупных рек. Здесь наибольшая открытость горизонта обеспечивает максимальное поступление прямой солнечной радиации. На степных участках никогда нет водоупорной мерзлоты. Высокие температуры почвы, малая влажность воздуха и нередкий ветер определяют испаряемость, аналогичную таковой в Нижнем Поволжье! Иными словами, все, что выпало на поверхность, либо скатывается по склону, либо быстро испаряется с нагретой поверхности. Таким образом, все тепло идет на нагревание почвы, которое, как и повсюду в степях, весьма велико — на поверхности порой свыше 60°C, а суммы температур за теплый сезон на глубине 10 см достигают значений, характерных для горных степей юга Сибири. Высокая температура и без того сухой почвы понижает ее влажность до ничтожных, едва улавливаемых значений: 4–6% на глубине 10 см в июле. В глубь почвы почти ничего не поступает, разве что во время редких дождей слегка увлажняются верхние 5–10 см. На глубине 2–2.5 м температуры весь год отрицательны, но из-за ничтожной влажности можно найти лишь одиночные кристаллики льда. Это и есть «сухая» мерзлота, абсолютно неводоупорная, никак не скалывающаяся в обитаемом слое почвы (10–15 см).

Не кажется странным, что в таких условиях способны жить только истинные степные формы. Замечательно, что большая их часть не встречается за пределами степных участков. И на-

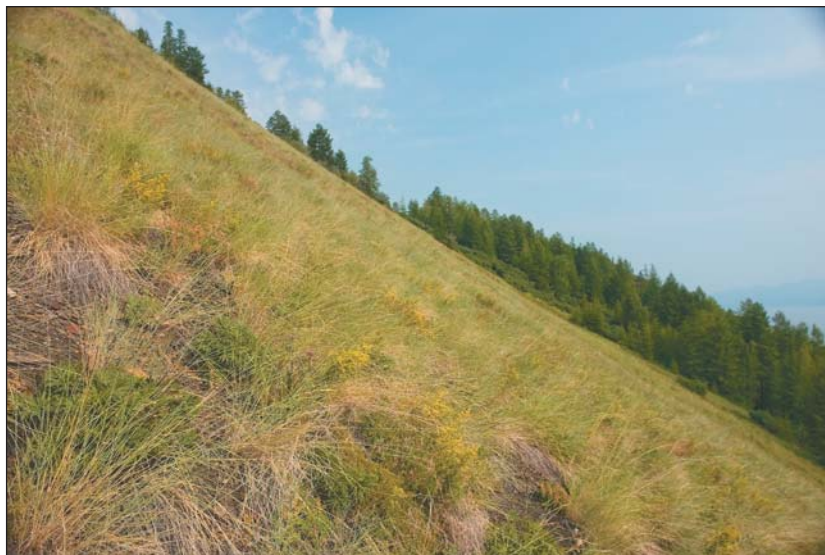


Рис.8. Степной склон с доминированием якутского пырея (*Elytrigia jacutorum*).



оборот: складывающийся микроклиматический градиент между степями и лесным окружением служит мощнейшим универсальным изолирующим барьером по отношению ко всем организмам. Он препятствует продвижению мезофильных растений, проникающих на опушках не далее солнечной тени деревьев. По мере разрастания древостоя процесс все-таки идет, и останавливают его пожары, рубки или стравливание подроста домашним скотом. Еще должно сказываться и отмирание старых деревьев на опушках, но пожары справляются раньше. Освободившаяся от леса территория вновь колонизируется степью... Таким путем в течение большого времени (вероятно, весь голоцен) функционирует самоподдерживающаяся система. Словом, термические длительно изолированные острова среди холодных лиственничных редколесий. Быть может, необычайно высокая численность степных видов насекомых — следствие островного положения этих экосистем, их, так сказать, островной экологии.

Но бывало, что степь поглощалась лесом полностью и безвозвратно. О ее существовании в прошлом свидетельствуют сохраняющиеся под пологом лиственничников криоаридные почвы. После пожаров гари на южных склонах могут и не остепняться — они постепенно затягиваются лиственницей или на неопределенный срок зарастают термо-ксерофильными травами (например, вейником *Calamagrostis purpurascens* или осокой *Carex pediformis*). В таком случае здесь будет и сухо, и жарко, и не кисло, но степи не будет, поскольку неоткуда взяться степнякам.

Механизм противостояния степи и леса всегда был камнем преткновения для географов и ботаников, тем более он не до конца ясен применительно к островам степи, находящимся среди северотаежных редколесий на Северо-Востоке.

## Дренаж и рельеф

Очевидно, что в регионе с почти повсеместной вечной мерзлотой решающее значение для биоты имеет теплообеспеченность почв (разумеется, при требуемой влажности). На нее влияют различные факторы: в том числе, конечно, мерзлота, а также высота над уровнем моря, экспозиция, альbedo, форма склона, растительность и др. (рис.9). В свою очередь, мерзлота (вернее — ее сезонно-талый слой) определяет... Нет, так мы далеко зайдем в изложении основ мерзловедения, что не входит ни в нашу задачу, ни в нашу компетенцию. Ограничимся кратким резюме: приходная часть баланса энергии зависит, главным образом, от перечисленных строкой выше факторов и некоторых других; расходная — в наибольшей мере от дренажа, точнее от сте-

пени насыщенности водой оттаивающих грунтов. Чем хуже дренаж, тем больше воды в грунтах осенью, тем больше их теплоемкость и ниже температуры, тем резче занижается достаточно большой летний климатический потенциал региона. Напротив, чем лучше дренаж, тем суше оттаявший за лето слой почв, тем меньше в нем будет льда, когда он замерзнет осенью, и тем меньше энергии уйдет на его оттаивание и испарение воды следующим летом, тем меньше охладятся грунты и почвы, тем в лучших условиях будет существовать биота.

А потенциал действительно не мал, ибо там, где он реализуется полностью, напомним, благоденствуют с плейстоцена степные сообщества.

Важнейший фактор, ответственный за дренаж, — местоположение на рельефе, вернее, элемент рельефа, который занимает

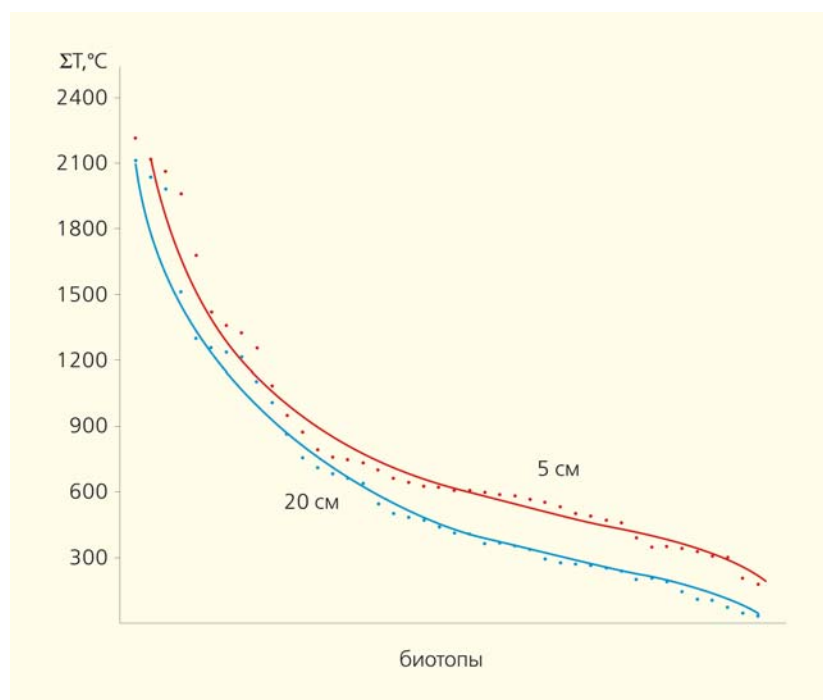


Рис.9. Теплообеспеченность (суммы среднесуточных положительных температур за год,  $\Sigma T$ ) почвы на глубине 5 и 20 см 43 обследованных биотопов (показано точками) выстраивается в плавный континуум, без каких-либо ступенек, которые отражали бы характер мерзлоты — льдистость, мощность сезонно талого слоя и т.д. Континуум свидетельствует также о том, что за теплообеспеченность ответственны помимо мерзлоты многие факторы — высота над уровнем моря, экспозиция, характер растительного покрова и др.



Рис.10. Заросли кедрового стланика лучше обойти.

данный биотоп: склон (выгнутый, вогнутый и т.д.), шлейф, седловина и т.д. Рельеф предопределяет не только судьбу оказавшейся на нем воды (все равно — из осадков или тающей мерзлоты), но в значительной мере и механический состав формирующихся здесь отложений, через которые дренируется вода, т.е. в конце концов — условия дренажа. На пологих шлейфах склонов по сравнению с самими склонами скорости стекающей воды падают, и она «отдает» несомый со склона материал взвесей: чем круче склон, тем сильнее он промывает от мелких частиц, тем лучше дренаж; чем положе — тем больше тонкого материала в грунтах, тем хуже дренаж.

Эффект влияния дренажа на теплообеспеченность можно сформулировать таким образом: сообщество, расположенное пусть и на северном, но выпуклом склоне\*, находится в лучших условиях теплообес-

\* Из-за недостатка места в статье не рассматриваются деформации грунта под действием мороза (криотурбации), формирующие мезо- и микрорельеф, элементы которого создают широкий выбор условий инсоляции и увлажнения для растений и беспозвоночных животных.

печенности, чем сообщество на южном, но вогнутом склоне — все дело в ледяной воде тающей мерзлоты.

В нашем регионе глубина сезонно-талого слоя и дренаж (при прочих равных условиях), кроме того, еще и функция материнских пород. Большая часть территории сложена глинистыми сланцами, выветривание которых возвращает их к исходному состоянию — к мелкодисперсным глинистым частицам. Частицы эти забивают поры в снесенном со склонов мелкоземле, затрудняют дренаж, грунты насыщаются водой, что в итоге и создает льдистую, водоупорную мерзлоту. На гранитах, формирующих верхний пояс гор, ситуация иная — продукты их разрушения крупнозернисты, обеспечивают практически всегда провальную дренаж. Поэтому, несмотря на более позднее начало весны в горных тундрах, уже к июню мощность талых грунтов достигает 40—70 см, тогда как протаивание в редколесьях, начинающееся на две-три недели раньше, составляет всего 15—20 см.

В приходной части баланса нужно подчеркнуть роль зате-

нения, создаваемого любым растительным ярусом. На «Колыме» климат экстроконтинентальный, что подразумевает значительный вклад прямой солнечной радиации, а следовательно, и большую долю суммарной радиации, перехватываемой кронами кустов. Затенение резко сокращает теплообеспеченность, а вслед за ней и разнообразие состава сообществ.

В редколесьях лиственница из-за неполного развития крон — слабый эдификатор, ее тень мало сказывается и на наземном растительном покрове, и на населении почв. Кедровый стланик, напротив, создает плотную тень, резко уменьшающую и без того скудную теплообеспеченность. Поэтому под стлаником и между его кустами ощутимо различие в составе сообществ (рис.10).

## От геологии к биологии

Контраст между северными и южными склонами приобретает в наших условиях чуть ли не предельный размах. Разница по суммам положительных температур между выпуклым крутым южным склоном (т.е. самым теплым из возможных) и северным вогнутым с закрытым горизонтом (самым холодным) достигает 3.6 крат на глубине 5 см и 400 — на глубине 20 см (рис.11). В среднем термика северных склонов соответствует таковой в тундрах в окрестностях г.Певека на Чукотке, а степных склонов — горным степям на юго-востоке Алтая.

Устройство и состав сообществ на предельно контрастных по теплообеспеченности склонах мы уже описали. Что же внутри диапазона? Население беспозвоночных животных на выпуклых, а потому не сырых (мезофитных) склонах обычно представлено, как и на степных участках, различными соотношениями доминирующих здесь жуков (главным образом жукелиц, мягкотелок, стафилин, дол-

гоносыков, усачей) и муравьев\*. Суммарная площадь мезофитных биотопов по сравнению с сырыми невелика, но их население многократно разнообразнее в основном за счет жесткокрылых.

Наибольшие площади, напомним, занимают варианты мохово-лишайниково-кустарничковых листовенничных редколесий и кедровников на северных и нейтральных по экспозиции склонах, шлейфах, террасах разного происхождения. Практически все они «подстелены» водупорной мерзлотой, над которой непременно формируются органические горизонты. Мощность торфяных и торфянистых горизонтов от места к месту различна, но характер населения беспозвоночных «мезофауны», варьируя количественно, по составу массовых групп близок к описанному выше на северных склонах. Если биотоп не затененный, в группу доминантов непременно входят муравьи, способные существовать на влажных субстратах (*L.acervorum*, *C.berculeanus*, *Formica gagatooides*, *Myrmica kamtschatica*); если затененный — муравьев нет [5].

Таким образом, в большинстве случаев существует высокая степень предсказуемости теплообеспеченности местообитания, а соответственно и состава сообщества (с его растительностью и населением беспозвоночных) по цепочке «горные породы — положение на рельефе — затененность — биота».

В эту схему не вписываются экзотичные для региона уже упоминавшиеся сообщества, занимающие в ландшафте ничтожную площадь и резко выделяющиеся доминированием одной-двух групп:

— рощицы осины и послепожарные сухие луга с изобилием дождевых червей (до 120 особей на 1 м<sup>2</sup>);

— заросли кустарникового ольховника на северных скло-

\* Подробнее см.: Берман Д.И. Как зимуют муравьи на Колыме? // Природа. 2006. №3. С.34—45.

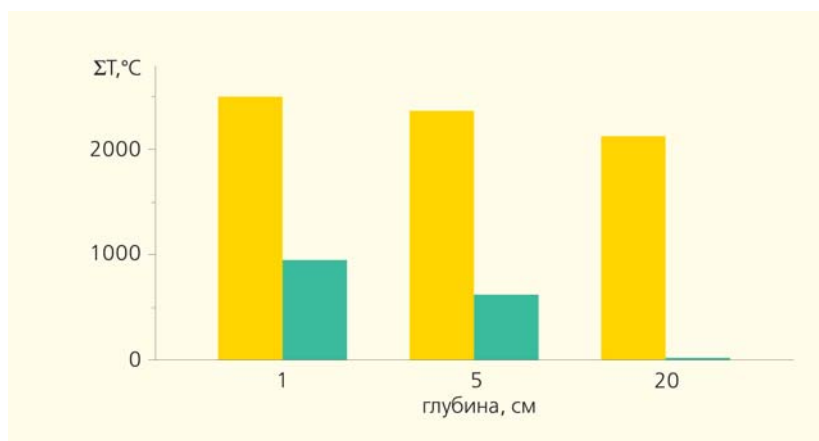


Рис.11. Максимальный контраст теплообеспеченности (ΣТ) в пределах одной высоты между почвой степного участка на южном склоне (желтые столбики) и горной лесотундрой на северном (зеленые столбики) достигает на глубине 20 см 400 крат. Отсюда и поразительный контраст экосистем.

нах с массой личинок комаров-типулид, а также личинок мелких мух;

— кустарничково-вейниковые березняки, где до 70% населения членистоногих составляют червецы, главным образом *Arctorthezia cataphracta*, встречающиеся также во многих сообществах верхней Колымы;

— вытянутые по так называемым таликовым зонам в поймах рек тополево-чозениевые рощи с превалированием в населении личинок мелких двукрылых, и некоторые другие.

### Перевернутая трофическая пирамида

Вернемся к населению беспозвоночных в холодных и сырых, а потому, казалось бы, скучных вариантах лишайниково-мохово-кустарничковых группировок, доминирующих по площади в регионе. Здесь пока не найдено ярких реликтов или других примечательных форм, но структура населения стоит того, чтобы ее рассмотреть детально.

Этот тип населения наиболее выражен в рыхлом, так называемом сухом торфе, формирующемся под сплошными зарослями кедрового стланика, особен-

но на выпуклых склонах восточной и западной экспозиций. Он представляет собой слегка влажную (не сырую) плохо разложившуюся и не слежавшуюся массу из остатков мхов, лишайников, хвои и другого растительного мусора, густо пронизанную живыми корнями деревьев и вересковых кустарничков (рис.12).



Рис.12. «Сухой торф» — господство микроартропод (ногехвосток, почвенных клещиков и др.) и многоножек (*Geophilidae*, *Litobiidae*).



**Таблица**

**Максимальная численность макрофауны (по данным эклекторной выгонки), особи на 1 м<sup>2</sup>**

Мерзлота Торф	водоупорная			сухая — нет
	«мокрый» Тень	«сухой» есть	«сухой» нет	
Личинки двукрылых насекомых	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>
Кольчатые черви Enchytraeidae	2·10 <sup>2</sup>	ед.	ед.	—
Многоножки	10 <sup>2</sup>	4·10 <sup>2</sup>	4·10 <sup>2</sup>	ед.
Муравьи мезофильные	—	—	1,5·10 <sup>2</sup>	1,5·10 <sup>2</sup>
Муравьи мезоксерофильные	—	—	—	1,5·10 <sup>2</sup>

Население беспозвоночных животных по составу и численности резко различно на территориях с водоупорной и «сухой» мерзлотой. Главное — в преобладании мезоксерофильных муравьев и жесткокрылых в биотопах на сухой мерзлоте. Но и на водоупорной мерзлоте население отличается в зависимости от характера торфа и степени затененности.

В обширных полостях этого своеобразного субстрата, который не очень и похож на торф, обитают хищные многоножки Geophilidae и Lithobiidae, суммарная численность которых при учете термоэлектором может превышать 400 особей/м<sup>2</sup>! Муравьи также нуждаются в значительном количестве белковой пищи для выкармливания расплода. Присовокупим к ним еще и бесчисленных мелких пауков. А вот растительноядных форм среди макрофауны\* (прежде все-

\* Мезо- и макрофауна — традиционное подразделение животных по размеру; первые — от десятых долей до 2 мм, вторые — 2—20 мм.

го, личинок насекомых) заметно меньше, чем хищников (таблица). Если вспомнить о доле обсуждаемых биотопов в ландшафтах Колымы, то нетрудно прийти к выводу о том, что в населении макрофауны огромных пространств доминируют не растительноядные беспозвоночные, а облигатные и факультативные хищники. Перевернутая трофическая пирамида!

На самом же деле с пирамидой все в порядке, она вполне устойчива, ибо имеет надежное, «широкое» основание из растительноядных форм, но не из макро-, а из мезофауны. В тех же полостях сухого торфа (вро-

чем, и мокрого тоже) живут бесчисленные ее представители: ногохвостки (Collembola), двуххвостки (Diplura), клещи (Acari) и многие другие, составляющие пищу хищников из числа макрофауны.

Аналогичное соотношение хищников и жертв в макрофауне описано для многих сообществ степей, лесных болот и других ландшафтов [6], однако его крайне важный биоценотический эффект практически не изучен. На разных группах, в том числе и на крупных животных, показано, что при увеличении численности какой-либо жертвы из возможного рациона хищника он переключается на нее. В наших реликтовых степях во время отрождения и линьки саранчовых муравьи и пауки разных видов, как кажется, никем более не питаются.

Такие временные смены предпочтения в рационе, по-видимому, служат универсальным механизмом регуляции численности большего числа видов беспозвоночных и в целом сообществ. Очевидно, что идеальные циклические изменения численности хищника и жертвы, описываемые известными уравнениями Вольтерры—Лотки, столь редко проявляются в природе в чистом виде из-за полифагии

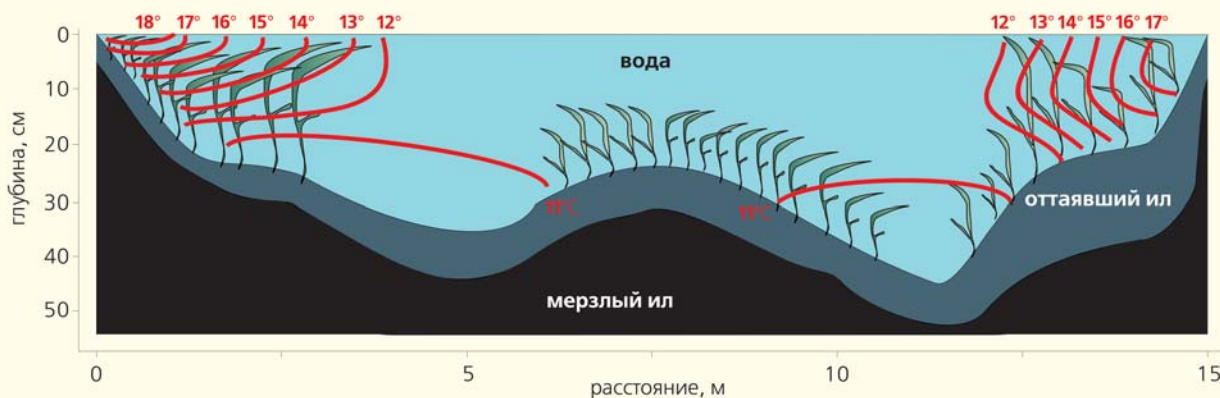


Рис.13. Распределение температур воды весной (измерения проводились 22 мая в 15 ч при ясной погоде) в оттаивающем, но полностью промерзавшем зимой водоеме. Вода хорошо прогревается благодаря хотя и небольшому слою талого ила, который аккумулирует солнечное тепло даже при относительно невысокой температуре воздуха (8°C) и экранирует поток холода от еще мерзлого дна.

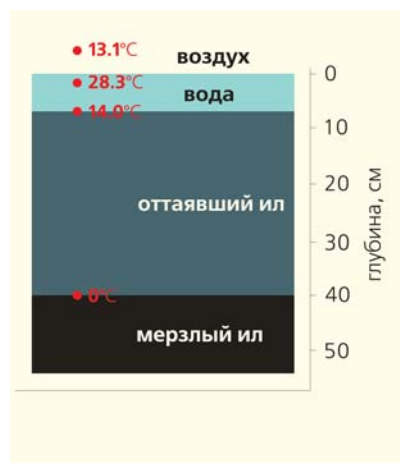
хищников и их переключения с одной жертвы на другую.

## Позвоночные животные и мерзлота

Большинство позвоночных на Колыме «не замечают» мерзлоту; явное исключение — сибирская лягушка (*Rana amurensis*). С ней все просто: в нашем регионе, как и на северо-востоке Якутии, крайне редки непромерзающие с несниженным содержанием кислорода в воде стоячие водоемы, в которых эта лягушка только и способна зимовать.

Медленное оттаивание полностью промерзающих водоемов и низкие температуры талой воды, казалось бы, должны препятствовать развитию икры и личинок сибирского углозуба (*Salamandrella keyserlingii*)\* — массового животного в нашем регионе. Углозубы рано откладывают икру с тем, чтобы личинки успели пройти метаморфоз. Однако в подобных водоемах избыточно... тепло: несмотря на промерзшее илистое дно, температура воды у поверхности в

\* Подробнее см.: Берман ДИ. Идеальный приспособленец, или адаптивная стратегия сибирского углозуба // Природа. 2002. №10. С.59—68.



Обстановка в водоеме в период максимального прогрева (17 июля 2003 г.). Точками показана глубина, на которой проводились измерения.



Рис.14. Холодные степи выше границы леса — излюбленный биотоп берингийского суслика.

теплые солнечные дни поднимается до 29°C (впору опасаться перегрева обитателей!). Это происходит благодаря мощной инсоляции и низкой теплопроводности частично оттаявшего до глубины 10—15 см черного ила, блокирующего охлаждающее действие льда (рис.13).

Мерзлота, вероятно, должна влиять на зимующих в грунте теплокровных животных: берингийского суслика (*Spermophilus parryi*), сурка (*Marmota camtschatica*) и бурундука (*Tamias sibiricus*). Недавно выяснилось, что гнезда берингийских сусликов расположены всегда не глубже 60—80 см, как бы ни велик был сезонно-талый слой (непосредственно под гнездом зеркало мерзлоты порой находится в 2 м). Минимальные температуры у гнезд в грунте могут быть ниже -25°C; глубже теплее, но суслики, вероятно, безразличны к этой стороне комфорта и располагают свои гнезда с пока необъяснимым постоянством (рис.14). Скорее всего, дело в физиологических особенностях их пробуждения весной...

Численность и распределение крупных млекопитающих связаны не с мерзлотой, а с иными факторами. Не вдаваясь в де-

тали, с сожалением замечу, что в Сибири трудно найти более бедные территории. И дело не столько в пагубных деяниях человека, сколько в изначальной олиготрофности ландшафта. Не лучше и с птицами. Чуть ли не безжизненными кажутся редколесья и кедровники. Далеко слышный токующий самец белой куропатки, орущая на сухой вершинке высокой лиственницы кедровка, самозабвенно долбящая ствол желна — вот основные и заметные обитатели лиственничных редколесий и кедровников в континентальных районах. Разнообразие мелких воробьиных птиц невелико, да и немногочисленны они.

Приятное исключение из всего перечисленного — каменный глухарь. Вдали от дорог он отнюдь не редкость, ибо пища его в буквальном смысле кругом: основной корм зимой — побеги лиственницы, поздней весной и в начале лета — ее же молодая хвоя, осенью жизнь скрашивают, как и всем нам, ягоды.

В урожайные годы в кедровниках повеселее — суетятся, припрятав орехи, кедровки, то и дело посвистывают потревоженные бурундуки, неприятно часто встречаются следы «жизнедеятельности» медведя...



Рис.15. Стареющая чозениевая роща на высокой пойменной террасе.

### «Как на материке»...

Другое дело — поймы больших и малых рек, и даже ручьев. Они — средоточие жизни. В поймах много разных ив, а потому обычен лось; точнее, был и был бы обычен, если бы... не мотонарты. Нередок летом северный олень. В поймах медведь, много кунных, в том числе и росомаха, зайцы. Не только кедровки, но и рябчики. Много красиво поющих мелких птиц. В поймах все лучше, чем за ее пределами... Причина в так называемых таликовых зонах: теплоемкость воды велика, и зимой подрусловый сток не дает промерзнуть толще галечников, на которых лежат поймы горных рек. Поверхностный слой грунта, все-таки промерзающий за зиму, весной оттаивает не только за счет увеличения температуры воздуха, но, благодаря половодью, по всему сечению русла реки одновременно. Быстрое и глубокое разморзание позволяет существовать при значительно более длительном, чем вне пойм, вегетационном периоде чозении, или иве-корейнке (*Chosenia arbutifolia*), и также древовидной иве росистой (*Salix rorida*) с корнем почти до 3 м

в длину (рис.15). (И лиственница, и стланик имеют поверхностную корневую систему, и потому более, чем другие древесные породы, живут за счет самого верхнего, самого теплого горизонта почв.) Плюс к тому — аллювиальные почвы, на которых лиственница такая, какой ее представляет себе большинство людей, — могучая, стройная, одним словом — «сибирская»... К тому же красочные пойменные луга, старичные озерки... В поймах хорошо, «как на материке» — говорят местные люди.

Но нередко бывает и иначе, если талик под речкой или ручьем невелик. В каком-то месте поток полностью перемерзает, и выше по течению вода под большим давлением в поисках выхода прорывается на поверхность и замерзает. Всю зиму вода непрерывно изливается тонкой пленкой, постепенно намораживая лед и полностью покрывая пойму порой двухметровой и более толщей (рис.16). Перемерзают и большие реки, образуя громадные наледи (свыше 25 км на р.Мома, правом притоке Индигирки). Наледи тают долго, нередко до августа, а некоторые и вовсе полностью не сходят каждый год. Тут уж не до жизни...

### Контрастные экосистемы в прошлом

На Колыме степные склоны и редки, и ничтожны по площади; в верховьях Индигирки континентальность климата выше всего на 15—20%, но степные участки здесь — ландшафтное явление. Что же было в плейстоцене при еще большей, чем на Индигирке ныне, континентальности климата? Очевидно, что на Индигирке степные группировки еще более расширились за счет мезофитов. Максимальные температуры на поверхности почвы, и так превышающие ныне 60°C, вряд ли росли, так как отдача тепла поверхностью возрастает пропорционально четвертой степени ее температуры.

Территории же с поверхностно расположенной водоупорной мерзлотой (северные склоны, шлейфы, террасы) консервативны к изменениям климата. Покрывающие их мхи при увеличении температуры испаряют все больше воды, не нагреваясь сами и сохраняя мерзлоту. Не случайно самые южные острова равнинной мерзлоты (на юге Сибири) почти всегда подо мхами. Такая асимметрия реакции на изменение климатической обстановки позволяет предполагать, что основные события разворачивались на сухих и теплых пространствах, моховые же и близкие к ним группировки оставались верны себе.

Но даже описанный, существующий ныне диапазон условий и экосистем мог играть важную роль в палеогеографических перестройках. При изменениях климата (последний раз — быть может, в голоценовый максимум?), благоприятных для степной и лугово-степной биоты, колонизация территории шла не только с юга (за счет сдвига зон), но и из крошечных реликтовых степных очагов, находившихся, так сказать, глубоко в тылу; так расплозаются мокрые пятна на промокашке. Аналогичным образом могла прояв-



ляться и роль резерва тундровых видов беспозвоночных (жу-желиц, например), сохраняющихся ныне на северных склонах и в горных тундрах.

### Слаб ли «иммунитет»?

За пределами настоящей статьи остались, конечно, многие аспекты своеобразия жизни на мерзлоте. Мы сосредоточили внимание лишь на контрастности условий и экосистем. Именно она составляет наиболее яркую особенность жизни на мерзлоте в экстраконтинентальном климате северо-востока Азии.

Вместо заключения коснемся устойчивости северных экосистем. Разрушение растительного покрова и торфяных горизонтов, термоизолирующих мерзлоту, и последующая, порой катастрофическая эрозия грунтов за счет стремительного таяния жильных льдов — веский аргумент в пользу пресловутой «ранимости» северной природы. Нет сомнения в том, что подобные действия недопустимы, ибо касаются фундамента ландшафта, из-за чего восстановление происходит крайне медленно.

Однако так ли слаб «иммунитет» северных экосистем по сравнению с южными (например, в степной зоне, с их быстро растущей овражной сетью и пылевыми бурями, выносящими гумус почв с громадных территорий)? Устойчивее ли, например,

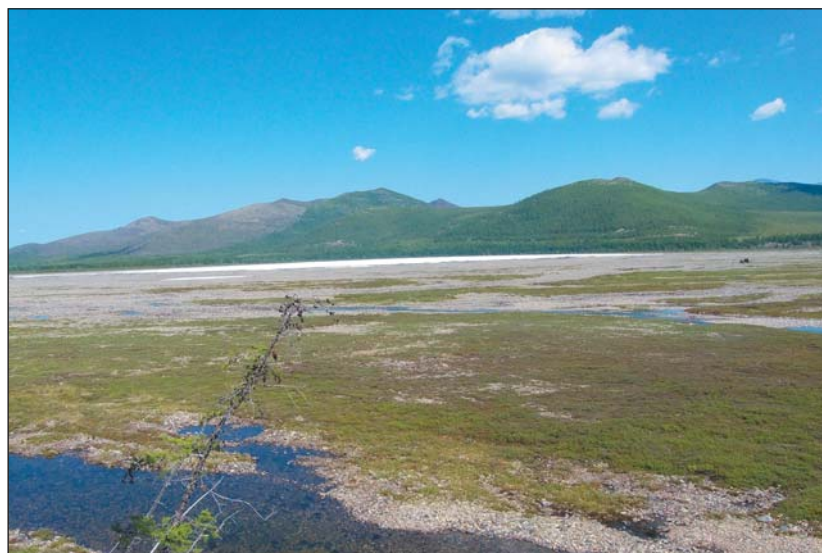


Рис.16. Все видимое пространство долины р.Анмангинда (приток Колымы второго порядка) зимой покрыто наледью, растаивающей за лето.

богатейшая в прошлом приамурская и сихотэ-алинская горная тайга, замещенная на огромных пространствах в результате рубок и регулярных пожаров квазистационарными экосистемами худосочных вейниковых березняков (березовых пустошей — иначе не назовешь)? Полагаю, что дважды нет. Горные редколесья Северо-Востока многократно устойчивее к пожарам, нежели южная тайга. На Юге выгорает все дотла. На Севере такое случается с южными склонами [7], тогда как на северных склонах, шлейфах всех экспозиций и т.д. страдает древесный ярус, а их наземные

мохово-лишайниковые покровы, всегда сырые, лишь обгорают, сохраняя под собой мерзлоту (предотвращая тем эрозию) и «память» экосистемы в виде микроорганизмов, спор, семян, беспозвоночных животных и т.д. Более того, на месте частично выгоревших мхов поселяются травы, лиственницы и кедровый стланик — еще и польза! Устойчивость степных участков Северо-Востока к пожарам еще более высока, правда, сопряжена с возможной частичной потерей видового разнообразия беспозвоночных животных, как и полагается «островным» экосистемам при такого рода катастрофах. ■

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-04-00362-а) и ДВО РАН (проект 06-III-A-06-174).**

### Литература

1. Берман Д.И., Алфимов А.В., Мажитова Г.Г., Гришкан И.Б., Юрцев Б.А. Холодные степи Северо-Восточной Азии. Магадан, 2001.
2. Гришкан И.Б. Микобиота и биологическая активность почв верховий Колымы. Владивосток, 1997.
3. Берман Д.И., Бухало С.П. Население почвообитающих беспозвоночных пояса редколесий бассейна Верхней Колымы // Пояс редколесий верховий Колымы. Владивосток, 1985. С.64—90.
4. Юрцев Б.А. Реликтовые степные комплексы Северо-Восточной Азии. Новосибирск, 1981.
5. Берман Д.И., Алфимов А.В., Жигульская З.А., Лейрих А.Н. Зимовка и холодоустойчивость муравьев на северо-востоке Азии. М., 2007.
6. Стриганова Б.Р., Порядина Н.М. Животное население почв бореальных лесов Западно-Сибирской равнины. М., 2005.
7. Поздняков Л.К. Лес на вечной мерзлоте. Новосибирск, 1983.

# Геоинформационная система «Вулканоопасность»

А.Н.Платэ, А.В.Веселовский, А.Б.Лексин

Геологические процессы активно вмешиваются в жизнь человечества. Землетрясения, цунами и извержения вулканов были и остаются ведущими природными факторами риска для человека и среды обитания. Несколько лет группа специалистов нашего института работает над созданием геоинформационных систем (ГИС) в области вулканологии, в частности над одной из них, получившей название «Вулканоопасность».

Как известно, извержения вулканов принесли немало бед людям. Вот примеры известных вулканических катастроф за последние три века. Во время взрыва вулкана Тамбора (Индонезия) в 1815—1816 гг. по разным оценкам погибло от 66 до 92 тыс. человек, было выброшено в атмосферу около 150 км<sup>3</sup> горных пород, образовалась кальдера диаметром 6 км. Вулкан Кракатау (Индонезия) в 1883 г. похоронил около 36 тыс. человек. При взрыве в атмосферу было поднято свыше 18 км<sup>3</sup> горных пород и пепла, которые покрыли площадь около 827 тыс. км<sup>2</sup>. Тончайшая пыль достигла стратосферы, из-за чего на несколько градусов снизилась среднегодовая температура на обширных территориях Земли. Извержение вулкана Катмаи (США, Аляска) в 1912 г. хотя и обошлось без человеческих жертв, считается крупнейшей катастрофой XX в. В этот раз огромное количество



**Алексей Николаевич Платэ**, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геоинформатики Института геологии рудных месторождений, минералогии, петрографии и геохимии РАН. Занимается информационными технологиями в области наук о Земле, созданием баз данных, электронной картографией.



**Александр Владимирович Веселовский**, профессор, доктор технических наук, заведующий лабораторией геоинформатики того же института. Область научных интересов — информационные технологии в области наук о Земле, математические методы в геологии.



**Алексей Борисович Лексин**, младший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается созданием базы данных в области вулканологии, участник вулканологических экспедиций.

пепла поднялось к стратосфере, изменив климат всей планеты. Извержение вулкана Сент-Хеленс (рис.1) в 1980 г. нанесло США материальный ущерб в несколько миллиардов долларов;

вулкан Невадо-дель-Руис (Колумбия) в 1985 г. уничтожил расположенный в 45 км от него город Армера с населением около 26 тыс. человек. Вулкан Пинатуба (Филиппины) в 1991 г. разру-

шил две военно-морские базы США и несколько поселков у подножия вулкана.

На территории России (в первую очередь на Камчатке и Курилах) населенные пункты в основном расположены на значительном удалении от вулканов, поэтому здесь вероятность человеческих жертв в случае извержения значительно ниже.

В последние годы особое внимание как у нас, так и за рубежом уделяется комплексному изучению так называемых «спящих» вулканов, которые могут неожиданно активизироваться с катастрофическими последствиями для населения, природной среды и климата. Примеры возобновления вулканической деятельности после долгого перерыва — считавшиеся потухшими вулканы Камчатки (Безымянный, 1956 и кальдера Академия Наук, 1996), а также уже упомянутый вулкан Сент-Хеленс в США (1980). Их неожиданное извержение сопровождалось выбросом огромного количества вулканического материала. Геологическая служба США и НАСА установили наблюдения за шестнадцатью «спящими» вулканами штатов Вашингтон, Калифорния, Гавайи, Аляска, а также, при сотрудничестве с местными учеными, за вулканами Исландии, Гватемалы, Сальвадора, Никарагуа и Эквадора. На территории России к потенциально активным относятся вулканы Большого Кавказа — Эльбрусской (в первую очередь сам Эльбрус) и Казбекской групп, к ним же принадлежит ряд вулканов Курило-Камчатской островной дуги.

Опыт вулканологии в изучении вулканических явлений позволяет предсказать некоторые из извержений с большой долей вероятности. Явное преимущество (непрерывность наблюдений, глобальный охват и дифференциальная масштабность) перед традиционными наземными методами получили исследования с использованием космических аппаратов. При



Рис.1. Вулкан Сент-Хеленс 1981 г. (Геологическая служба США).

этом появляется возможность контролировать динамику извержения, оперативно оценивать масштаб и экологические последствия катастрофических извержений [1]. В связи с этим при создании системы «Вулканоопасность» наряду с результатами традиционных геологических и вулканологических работ учитывалась возможность использования сведений, получаемых аэрокосмическими методами [2].

Широкое применение находят такие современные технические методы исследований, как GPS-приемники, используемые для определения координат на местности. Эти приборы в настоящее время широко доступны и позволяют выполнять две основные задачи: во-первых, строить современные электронные карты, отображающие вулканическую деятельность; во-вторых, позволяют определять точное местоположение того или иного объекта непосредственно в момент извержения.

Необходимо отметить, что предсказание извержений вулканов более эффективно, чем прогноз землетрясений. Это объясняется тем, что признаков предстоящего извержения достаточно много, и они хорошо изучены.

Важное значение имеет разработанный в рамках работ над информационной системой так называемый паспорт вулкана. В настоящее время существует представление, что тип вулкана остается прежним независимо от времени извержения. Поэтому при оценке состояния вулкана и последствий возможных извержений важно иметь сведения о характерных чертах вулкана.

### Паспорт вулкана

Для удобства работы ГИС «Вулканоопасность» разнообразные данные о вулкане представляются в виде стандартного паспорта, который включает четыре блока.

В первом сосредоточены общие сведения о вулкане: название, топографическая отметка, координаты, географическое положение, геоморфологическая обстановка, тип вулкана, главная серия изверженных пород.

Во втором — исторические данные о предшествующих извержениях с их характеристиками (палеорекострукция вулкана) [3]. Для каждого извержения приводятся: дата, вид и степень извержения, направление распространения изверженных продуктов и их характеристика





Рис.2. Извержение вулкана Ключевской (2005).

Фото Ю.В.Демянчука



Рис.3. Поваленные и поврежденные деревья в результате схода пирокластического потока и лахара после извержения вулкана Шивелуч в 1995 г. Исследователь демонстрирует высоту потока.

Фото Н.П.Смелова

(характер продуктов и их параметры); вновь образованные вулканические постройки и их параметры; явления, предварявшие извержение и сопровождавшие его.

В третий блок паспорта вулкана входят данные о его современном состоянии: глубинном строении региона, в том числе глубине залегания «промежуточных» магматических очагов; основании вулкана (геологическом строении фундамента); морфологии вулкана и размерах главных элементов вулканической постройки; признаках жизни вулкана (сульфатарной и фульмарольной деятельности, термальных источников, тепловом поле и др.).

Четвертый — это данные мониторинга, т.е. наблюдения над признаками, предваряющими извержение.

Сервер ГИС «Вулканоопасность» управляет информационными ресурсами и режимами работы всей системы. Здесь же накапливаются и передаются на рабочие места цифровые карты различных вулканических областей и отдельных вулканов Российской Федерации в масштабах от 1:1 000 000 до 1:100 000 и крупнее. Геоинформационная среда системы предоставляет возможность хранения, редактирования, обновления и распространения в единой системе разнообразных данных о территориях вулканических провинций, областей и отдельных вулканах (таблицы, карты, аэро- и космоснимки). Важная составная часть системы — блок автоматизированной интерпретации материалов дистанционных съемок.

В системе используется базовое программно-математическое обеспечение ESRI ArcGIS, выбранное с учетом простоты обмена сведениями с отечественными и зарубежными информационными системами в области вулканизма. Адаптация программных средств производится под конкретные задачи, решаемые системой с созданием пользовательских прило-

жений на стандартных языках программирования.

ГИС «Вулканоопасность» имеет изначально цифровую форму поступающей информации, привязанной к системе координат, что позволяет интегрировать массивы разнообразного содержания, необходимые для оценки состояния вулкана. Основную часть поступающего информационного потока составляют графические и атрибутивные данные государственной цифровой топографической карты масштаба 1:200 000 (например, для Кавказа — это сборка из 41 листа, охватывающая территорию 40°–44° с.ш., 39–48° в.д.), и аэрокосмические снимки площадей современного вулканизма. Топографические данные дополнены разномасштабными цифровыми (векторными и растровыми) картами, отображающими геолого-тектоническое положение вулканических областей и положение конкретного вулкана, его морфологию, ледовый покров и др.

Атрибутивная (семантическая) информация представлена в виде паспортов вулканов Большого Кавказа (включающей вулканы Эльбрус, вулканы Казбекской группы) и Камчатки (Ключевской, Плоский Толбачик, Харчинский, Харчинская региональная зона шлаковых конусов, Заречный). Источником информации служат опубликованные и вновь полученные авторами материалы о происшедших вулканических процессах. Паспорта составлены по стандартной разработанной форме и включены в базу данных, которая содержит также перечень вулканов мира (2260 наименований) с координатной привязкой по данным [4].

В ГИС «Вулканоопасность» предусмотрена возможность проведения стратифицированного анализа массивов картографических данных (разделение на «слои»), а специальный интерфейс системы позволяет получать интересующую вулканолога атрибутивную информацию из базы данных.



Рис.4. Отложения пирокластического потока после извержения вулкана Шивелуч в 1995 г.

Фото Н.П.Смелова

Одним из центральных вопросов информационного наполнения разработанной геоинформационной системы стал сбор, накопление и обработка данных, относящихся к центральной части Большого Кавказа (включающей вулканы Эльбрус и Казбек [5, 6]), вулканическая опасность которой аналогична опасности Каскадных гор США (вулканы Шаста, Лассен-Пик, Медсен-Лейк и др.).

Специальное внимание уделялось Курило-Камчатскому вулканическому поясу, и в первую очередь Ключевской группе вулканов. Неповторимость и уникальность Ключевской группы определяется тем, что в мире нет больше такого единого магматического центра, где бы одновременно действовали столь разнообразные по типам и генетическим образованиям вулканы: вулкан Ключевской — классический пример стратовулкана-гиганта типа Этны (рис.2), вулкан Безымянный — по типу подобен Катмаи или Сент-Хеленс, Плоский Толбачик и Ушковский — вулканы гавайского типа. И как следствие явилось многообразие в продуктах извержений: большое количество пирокластичес-

кого материала (бомбы, шлаки, пемза, пеплы) и лавовых потоков (типа «аа» и «пахое-хое» — названия гавайские). Последствия схода пирокластического потока демонстрируют рис.3 и 4.

### Сведения о вулканической деятельности на Кавказе

Вулканы Большого Кавказа — Эльбрус, Казбек и многочисленные более мелкие вулканы, входящие в их группы, в настоящее время находятся в стадии покоя, но многочисленные косвенные признаки свидетельствуют о потенциальной опасности извержения. Это можно видеть на примере трехмерной модели магматических камер вулкана Эльбрус (рис.5). Магматический материал располагается в виде очага на глубинах до 9 км.

На склонах Восточного кратера вулкана замечены паро-газовые выделения, в составе которых углекислый газ, аммоний, пары воды и сульфаты. Тепло магматического материала оказывает влияние и на температурный режим углекислых источников, широко развитых на северном и западном склонах



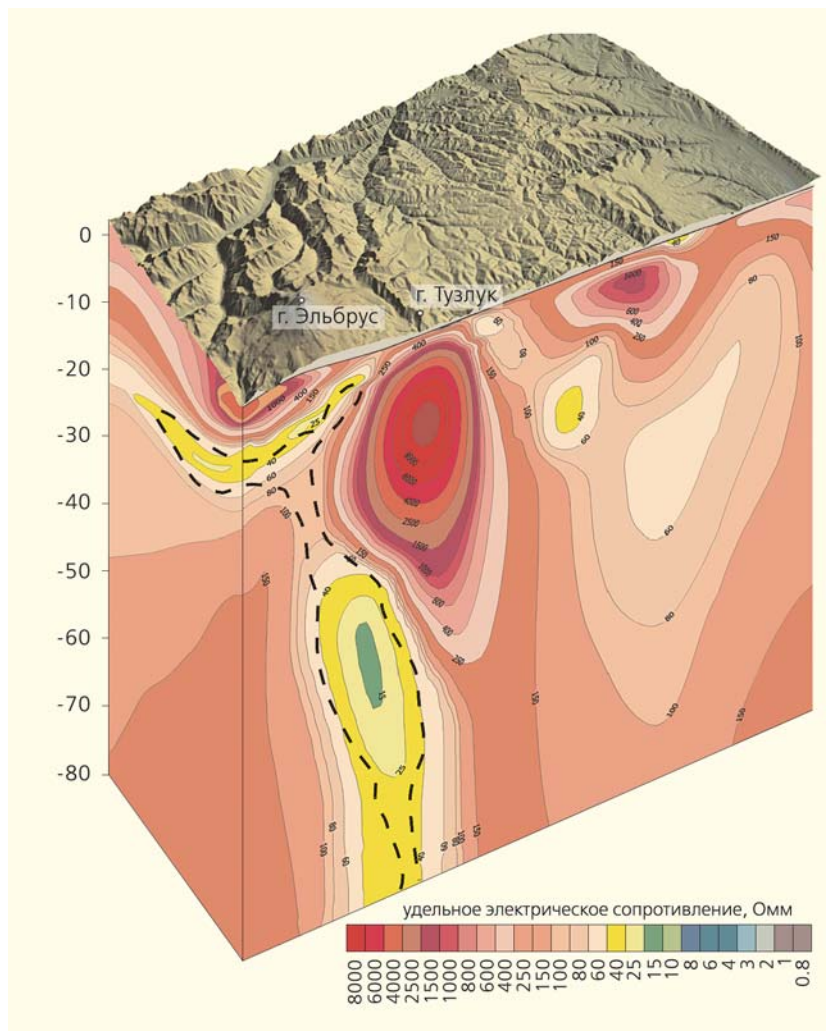


Рис.5. Трехмерная модель магматических камер вулкана Эльбрус.

Эльбруса (Джилысу, Битюк-Тюбе и др.).

Исследования показали широкое распространение продуктов катастрофических извержений вулканов Большого Кавказа [5]. Пепел дацитового состава (с возрастом 18 тыс. лет) обнаружен на правом берегу р.Кубань (~420 км к северо-западу от вулкана Эльбрус), а андезит-дацитового состава — в береговых обрывах Отказненского водохранилища (приблизительно в 250 км к север-северо-востоку от Эльбруса). Известны также линзы пеплового материала риодацитового состава (возраст ~100 тыс. лет) на правом берегу Волги между Волгоградом и Астраханью [7].

В Баксанском ущелье (в 55 км к север-северо-востоку от Эльбруса) обнаружен лахар (грубо-обломочный несортированный материал), в котором до 50% обломков дацитовых лав и лавобрекчий. Максимальный размер обломков достигает 2.0 м в поперечнике. Подстилающие их моренные и флювиогляциальные отложения относятся к позднему плейстоцену [8].

Вулканы Эльбрус и Казбек — крупные центры оледенения Кавказа (площадь ледников на Эльбрусе около 140 км<sup>2</sup>). В случае катастрофического таяния снежно-ледниковых покровов могут подвергнуться серьезной опасности многочисленные населенные пункты, транспортные

коммуникации и другие хозяйственные объекты, располагающиеся в долинах рек, которые питаются их водами. Опасность может значительно возрасти в результате образования лахара.

Считают, что тип вулкана определяет и характер будущего извержения. Поэтому для определения размеров возможных бедствий в случае новых извержений необходимо восстановить строение вулкана, проанализировать характер предшествующей вулканической деятельности и состав продуктов, определить площадь распространения и объемы изверженного материала, или, другими словами, осуществить палеорекострукцию. Разработанная технология ГИС «Вулканоопасность» позволила создать серию цифровых (векторных) карт и на их базе серию трехмерных цифровых моделей, иллюстрирующих развитие вулкана Эльбрус, начиная с плейстоцена и кончая голоценом; примерно определить площади и объемы излившихся лав и показать последовательность формирования вулканического сооружения.

Разрабатываемая система «Вулканоопасность» позволяет осуществлять сбор, накопление и автоматизированный анализ сведений о современном состоянии вулкана Эльбрус, а также о признаках и сигналах, предвещающих начало вулканической деятельности. Основа этой ГИС — цифровая (векторная) карта М 1:200 000. Отдельные слои карты содержат сведения о разнообразных изменениях, происходящих как на вулкане Эльбрус, так и в его окрестностях. При этом предусмотрено использование результатов не только визуальных наземных, но и аэрокосмических наблюдений, в том числе данные аэрокосмического зондирования.

Сведения о признаках вулканической деятельности Эльбруса, поступающие со спутников, регистрирующих инфракрасное излучение, отражаются в виде серии слоев карты-основы,



которые поддерживаются фактографическими данными. Специализированные слои карты-основы содержат результаты сейсмических и геодезических наблюдений.

Так, с помощью глубинного сейсмического зондирования выявляются разуплотнение мантии, слои высокой электропроводности у границы раздела земной коры и верхней мантии, пониженные плотности и скоростные параметры с целью получения информации о характере изменения глубинного магматического очага и области магмообразования.

Сейсмические наблюдения позволяют фиксировать возникновение роя землетрясений с большей величиной сейсмического момента и с более низкочастотным излучением; изменения в рое землетрясений непосредственно перед извержением; вулканическое дрожание — как краткосрочный (за месяц) предвестник побочных извержений.

Землетрясения в верхней мантии служат среднесрочным (менее чем за год, но более, чем за месяц) предвестником, а связь извержений с 19-летним лунным приливом — долгосрочным (более чем год) предвестником.

Соблюдение принципа технологической открытости ГИС «Вулканоопасность» позволяет подключать новые базы данных, наращивать производительность программно-аппаратного комплекса системы.

Большое значение для системы имеет классификация вулканических извержений. Обычно используют три основные характеристики [9]. Первая — масштаб (объем изверженных продуктов), по этому признаку они подразделяются на пять классов: более 100 км<sup>3</sup>; 10–100 км<sup>3</sup>; 1–10 км<sup>3</sup>; до 1 км<sup>3</sup>; менее 0.1 км<sup>3</sup>.

Важен состав извергаемого материала, от которого зависят механизм и динамика извержения: эффузивная — излияние лавы, экструзивная — выжимание лавовых куполов, взрывная — взрывная, комплексная.

По интенсивному затуханию сейсмических волн или по положительным гравиметрическим аномалиям под вулканами, наряду с глубоко залегающим слоем судят о существовании «промежуточных» магматических очагов («периферических» вулканических очагов или «интрузий» под вулканами), характерных для всех современных вулканических областей. На Камчатке и Курильской гряде подобные очаги располагаются как на глубинах от 30 до 60 км, так и от 2 до 20 км. На Гавайском архипелаге подобные очаги зафиксированы и под потухшими вулканами. Для вулкана Килауэа (США, Гавайи) и ряда других на основании гравиметрических, магнитометрических, электро-разведочных исследований и результатов изучения деформаций земной поверхности во время извержений сделан вывод о наличии магматических камер на глубинах от 1.5–2 до 5–6 км. Близость к современной поверхности магматического очага установлена и на вулкане Эльбрус. Для субвулканических интрузий (бывших периферических вулканических очагов с размерами в поперечнике не более 10 км) характерная глубина формирования составляет от нескольких сотен метров до нескольких километров.

Магма из очагов к поверхности поступает по более мелким разломам, о чем свидетельствует линейное расположение вулканов, шлаковых конусов и кратеров. В районе вулкана Плоский Толбачик на Камчатке протяженность их ареальной зоны достигает 60 км. Нередко по радиально расположенным разломам развиваются дайки (участки застывшей магмы).

Большое значение при извержении играет вязкость лавы, которая зависит не только от химического состава, но и от температуры лавы, а также от количества растворенных в ней летучих компонентов. В глобальном масштабе извержения подразделяются на подводные

(глубоководные) и наземные (вместе с мелководными), к которым относятся вулканы Большого Кавказа и Курило-Камчатской островной дуги.

## Особо опасные явления

Особую опасность по масштабам смешанных извержений и сопутствующих явлений представляют стратовулканы («сложные конусы»), к которым принадлежит большая часть вулканов России (рис.6). К ним относятся взрывы различных углов наклона струи (вертикальные, крутонаклонные, косые). Изверженный обломочный материал при этом обычно задерживается на склоне вулканического конуса или в пределах кальдеры, но иногда крупные обломки, температура которых достигает 600°C, распространяются на расстояние до 7 км. При наклонном взрыве (угол с горизонтом менее 60°) ударное и термическое действие газовой струи может проявляться на расстоянии до 30 км — вулкан Безымянный (1956).

Со взрывами направленного действия часто связаны палящие тучи с температурой до 900°C (например, зарегистрированные на вулкане Шивелуч, 1964). Они могут распространяться на расстояние до 20–30 км от вулкана со скоростью до 90 км/ч.

Базисные (приповерхностные) волны — потоки горячего относительно свободного от пепла воздуха — могут пробегать несколько километров со скоростью 20–30 м/с. Возникновение их обычно связано со взрывами, стимулированными водой. Помимо воды и газов они включают окись и двуокись углерода. Во время извержения вулкана Килауэа (1790) отряд гавайских воинов был настигнут такой волной (тела были обожжены, но не покрыты пеплом).

Извергаемый мелкообломочный материал (пепел) способен переноситься верхними потоками

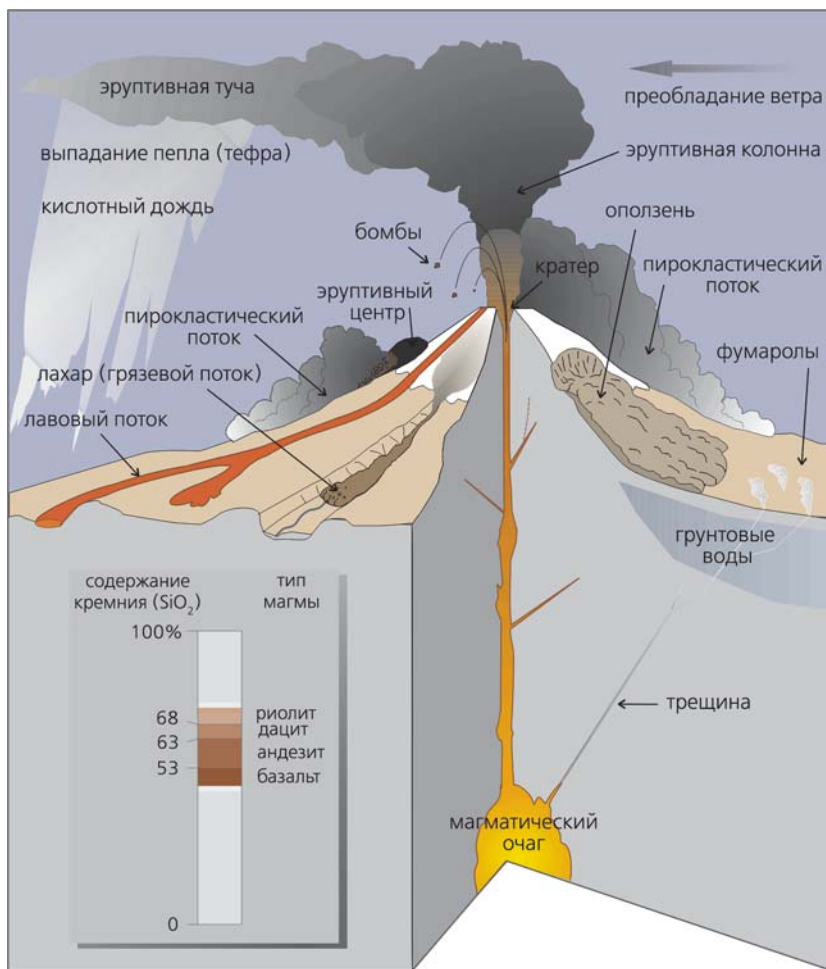


Рис.6. Процессы и явления, сопровождающие извержения вулканов.

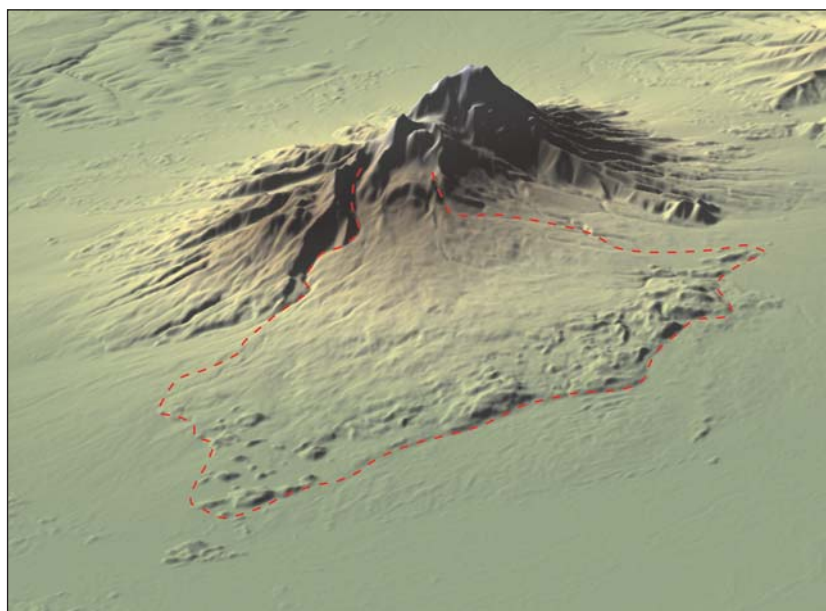


Рис.7. Трехмерная модель вулкана Шивелуч на Камчатке (пунктиром выделена область пирокластических отложений после эксплозивного извержения 1964 г.).

ми воздуха на большие расстояния или двигаться вниз по склонам вулкана. При извержении вулкана Безымянный (1956) пепел распространился на расстояние до 18 км, вулкана Шивелуч (1964) — более 15 км (рис.7), вулкан Карымский с 1996 г. периодически извергает пепел на высоту до 4,5 км (рис.8, 9).

При этом крупные потоки засыпают мелкие формы рельефа, нивелируя местность и совершенно изменяя ее облик. Так произошло при извержении вулкана Алаид на Курилах в 1972 г. При извержении вулкана Катмаи (США, Аляска) в 1912 г. 21 км<sup>3</sup> выброшенного пепла засыпал толстым слоем тысячи квадратных километров. Под тяжестью пепла обрушились крыши домов в городе Кадьяка (в 160 км от вулкана). Извержение пепла из вулкана Ирасу (Коста-Рика) в 1964 г. причинило ущерб на сумму 150 млн долл. На Северном острове (Новая Зеландия) вулканическими горными породами (ингимбритами) было выслано 25 тыс. км<sup>2</sup> толщиной в несколько сотен метров. Последние крупные извержения пепла (125 и 1000 гг.) здесь поступали из двух кальдер (вулкан Таравера). Около 16 тыс. римлян погибло в Помпеях (79 г.) предположительно от удушья в насыщенном пеплом воздухе [10].

Пепло-газовые вулканические столбы — следствие мощной и более или менее продолжительной эксплозивной деятельности зафиксированы при извержениях вулканов Камчатки [9]. Температура основания подобного столба, образовавшегося при извержении Толбачика, оценена оптическим пирометром примерно в 1000°С. Смертельная комбинация высоких скоростей и температуры делает газонасыщенные пепловые потоки одним из самых страшных вулканических явлений.

Наблюдаются также электрические разряды — многочисленные молнии длиной в несколько километров, прорезаю-



Рис.8. Извержение вулкана Карымский на Камчатке (1971).

Фото А.П.Хренова



Рис.9. Вулкан Карымский со стороны Карымского озера (1997).

Фото Я.Д.Муравьева

щие пеплово-газовые тучи (рис.10). При извержении вулкана Ключевской на Камчатке в 1966 г. были замечены «огни святого Эльма» и шаровые молнии [11].

Что касается лавовых потоков, они обычно характеризуются небольшой длиной (5–10 км) и малыми скоростями распространения (до 1 км/ч), но температура лавы может достигать 1000°C. Исключения: длина потоков, например, у кратера Билюкай (вулкан Ключевской, 1938 г.) — 16 км, на вулкане Толбачик — до 40 км.

Большую опасность представляют грязевые потоки, сопутствующие извержениям с выбросом больших количеств раскаленных обломков, лавинами раскаленного рыхлого материала, палящими тучами. Обычная

скорость грязевого потока составляет до 60 км/ч, а распространение — на расстояние до 80 и более километров. Три грязевых потока, которые погребли Геркуланум (79 г.), в сумме достигали 24-метровой мощности. Потоки вулкана Келут (Индонезия, о.Ява) — 30 млн м<sup>3</sup> воды, смешанной с пеплом, — в 1919 г. уничтожили около 130 км<sup>2</sup> сельскохозяйственных угодий и унесли жизни 5 тыс. жителей. При извержениях вулканов Камчатки грязевые потоки представляют наиболее реальную угрозу. Радиус опасной зоны (вдоль отрицательных форм рельефа) в зависимости от конкретных условий (силы извержения, характера рельефа и т.п.) колеблется от 30 до 90 км.

Не меньшую опасность представляют бурные, насыщенные

льдом потоки, возникающие при извержении вулканов, покрытых ледяными полями или при сильном прорыве воды из запруженного ледником кратерного озера. При ледниковом наводнении 1934 г., имевшем место в долине р.Скейдара (Исландия), на широкие равнины между ледником и морем были вынесены громадные (до 30 м высотой) глыбы льда, а образовавшиеся волны прокатились на сотни километров вдоль побережья.

Нередко катастрофические последствия вызывают крупные обрушения, сопровождающие формирование вулканических кальдер. Как считают некоторые ученые, одно из них, произошедшее около 1500 г. до н.э. на о.Санторин в Эгейском море, привело к полному затоплению большого города. Это событие





Рис.10. Фреатические взрывы в Крестовском желобе вулкана Ключевской (1986).

Фото А.П.Хренова

совместно с разрушительным цунами, пронесшимся над прибрежными городами Кипра и Малой Азии, сыграло немалую роль в закате крито-минойской культуры Греции.

В настоящее время установлено, что вулканы сами часто предупреждают о грозящем извержении. На горе Мон-Пеле (о.Мартиника в Центральной Америке) за месяц до извержения, произошедшего 8 мая 1902 г., начались выбросы небольших количеств пепла, чувствовался запах серы, а затем начались подземные толчки. Микросейсмические толчки начали предупреждать жителей Помпеи за пять лет до начала извержения горы Сомма (79 г. н.э.). Извержение горы Ламингтон (Па-

пу—Новая Гвинея) в 1951 г. (после 12.5 тыс. лет покоя) опустошило 190 км<sup>2</sup> джунглей с рассеянными среди них деревнями и за 12 ч погубило 3 тыс. чел. Предупреждающими сигналами были обвалы внутри кратера, несколько землетрясений и выброс небольшого количества пепла в течение пяти дней до начала основного извержения. В кульминационный момент насыщенное пеплом грибообразное облако за несколько минут поднялось на 16 км и одновременно пеннистая эмульсия газа и пепла начала изливаться из кратера, главным образом из пролома в одной из стенок. Затем она превратилась в пепловый поток, который пронесся по склонам горы в направлении

предгорных равнин. В течение последующих шести недель пеплом было засыпано большое пространство, а над жерлом позже извержения пепловых потоков меньшей интенсивности вырос купол высотой 450 м. Пепловые тучи, попадая в долины и смешиваясь с водой, образовывали грязевые вулканические потоки, продолжавшие свое течение далее.

\* \* \*

Итак, в процессе создания географической информационной системы «Вулканоопасность» выполнялись следующие исследования:

— спроектирована сама система, использующая данные мониторинга территории Россий-

ской Федерации с целью оценки вулканической опасности;

— по технологии ГИС создана база данных с унифицированными паспортами отдельных вулканов и групп, включающими результаты дистанционных методов исследования, геологические материалы и цифровые топографические карты;

— разработана методика, на основе которой построены трехмерные модели вулканов;

— детально обработаны результаты дистанционного зондирования вулканов Ключевской группы с целью создания методики классификации шлаковых конусов Ключевского вулкана и его ареальной зоны (1);

— разработана методика построения уточненных геолого-геоморфологических и структурных карт вулканов по результатам комплексного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли (мультиспектральная (рис.11), инфракрасная и радиолокационная съемки).

В заключение необходимо отметить, что актуальность исследований катастрофических природных процессов, к которым относятся вулканическая деятельность и землетрясения,

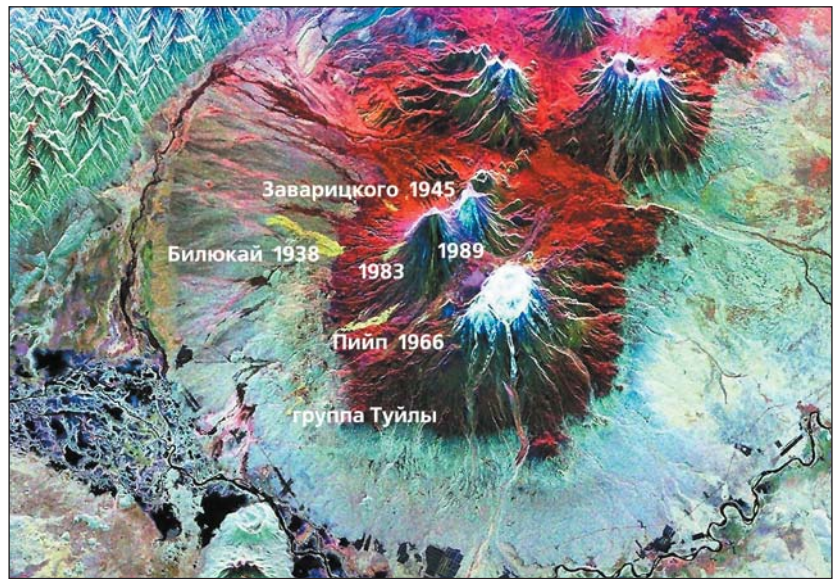


Рис.11. Пример мультиспектральной съемки вулканов.

современными методами (в том числе геоинформационными) постоянно подтверждается реальная жизнь. Вулканическая деятельность на планете постоянна, к наиболее крупным событиям последнего времени можно отнести извержение вулкана Стромболи (Италия) в марте 2007 г. Правда, землетрясения зачастую наносят значительно больший ущерб, к ним

безусловно можно отнести землетрясение в Китае в мае 2008 г. с магнитудой 7.8 по шкале Рихтера, которое привело к неисчислимым жертвам среди населения и нанесло колоссальный экономический ущерб. За геоинформационными системами, с помощью которых можно сделать прогноз природных катастроф более реальным, большое будущее. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 01-07-90176 и 05-07-90097.**

## Литература

1. Хренов А.П., Пиери Д., Блинков А.Н. и др. // Исследование Земли из космоса. 1999. №6. С.77—89.
2. Хренов А.П., Маханова Т.М., Богатиков О.А., Платэ А.Н. // Вулканология и сейсмология. 2002. №2. С.3—20.
3. Лучицкий И.В. Палеовулканология. М., 1985.
4. Анродов В.А. Вулканы. М., 1982.
5. Лаверов Н.П., Богатиков О.А., Гурбанов А.Г. и др. Геодинамика, сеймотектоника и вулканизм Центрального Кавказа // Глобальные изменения природной среды и климата. М., 1997. С.103—125.
6. Милановский Е.Е., Короновский Н.В. Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М., 1973.
7. Лаврушин В.Ю., Лаврушин Ю.А., Антипов М.П. // Литология и полезные ископаемые. 1998. №2. С.207—218.
8. Щербакова Е.М. Древнее оледенение Большого Кавказа. М., 1973.
9. Мархинин Е.К. Вулканизм. М., 1985.
10. Макдональд Г. Вулканы. М., 1975.
11. Федотов С.А., Хренов А.П., Жаринов Н.А. // Вулканология и сейсмология. 1987. №4. С.3—16.



# Красная книга **Круглоголовка Штрауха**

Д.А.Бондаренко,  
кандидат биологических наук  
Москва

Эта маленькая (не более 5 см в длину) ящерица обитает на очень ограниченной территории — только в Ферганской долине, которая окружена со всех сторон высокими горными хребтами Тянь-Шаня и Памиро-Алая. В самом центре долины, к югу от русла Сырдарьи, расположен песчаный комплекс, образовавшийся из аллювиальных речных отложений, с историческим названием Язъяван (в переводе с узб. — песчаная равнина). Еще в первой половине прошлого века эта пустыня была почти необитаемой, однако после строительства 300-километрового Ферганского канала значительная ее часть превратилась в хлопковые поля. Уцелела лишь небольшая (31.8 км<sup>2</sup>) территория, получившая в 1994 г. статус памятника природы областного значения.

Географическая особенность ферганских песков (изолированность горными хребтами от

пустынных равнин Узбекистана) повлияла на формирование особенных флористического и фаунистического комплексов, которые хотя и не богаты видами, состоят в основном из эндемиков. Многие из них внесены в списки региональных и международной красных книг. В списках Красной книги Узбекистана оказалась и круглоголовка Штрауха (*Pbrynocephalus trauchii*).

Впервые в руки ученых эта ящерица попала еще в позапрошлом веке: А.П.Федченко находил ее на побережье р.Карасу, а М.А.Миддендорф — между городами Коканд и Наманган. Однако описана она была только в конце XIX в. А.М.Никольским, который выделил ее в самостоятельный вид, назвав круглоголовкой Штрауха. Позднее герпетологи принимали эту ящерицу за один из подвидов сетчатой круглоголовки (*Ph.reticulatus trauchii*), но в конце концов вернули ей прежний видовой статус.

Современный ареал круглоголовки Штрауха помимо Узбекистана частично заходит в соседние Кыргызстан (пойма р.Нарын) и северный Таджикистан. Характерные ее места обитания — пустынные песчаные и супесчаные участки, покрытые разреженной эфемерово-кустарничковой растительностью.

В апреле 2004 г. я наблюдал за популяцией круглоголовки Штрауха, обитающей на островном массиве бугристо-грядовых песков в центре Ферганской долины (южнее пос.Джумашуй). Этот фрагмент пустынного ландшафта, окруженный со всех сторон поливными землями, занимает около 15 км<sup>2</sup>. Пески здесь закреплены джужгуном, или кандымом (*Calligonum*), астрагалом (*Astragalus*), селином (*Aristida*), вьюнком (*Convolvulus*) и эфемерами — в основном костром кровельным (*Anesantha tectorum*). В понижениях между песчаными грядами, где на поверхность выходят загипсованные и засоленные плотные су-

© Бондаренко Д.А., 2008



Круглоголовка Штрауха. Из-за покровительственной окраски эти ящерицы почти незаметны на фоне серого песка, заметить их можно лишь когда они срываются с места или демонстративно закручивают хвост.

Здесь и далее фото Ю.Чикина и Д.А.Бондаренко



песчано-суглинистые почвы, помимо доминирующего кобры кровельного растут верблюжья колючка (*Albagi*), боялыч (*Salsola arbuscula*) и аистник (*Erodium*). Круглоголовки встречались как на песке, так и плотных почвах, однако везде предпочитали открытые участки с разреженной растительностью, избегая плотно закрепленных эфемерами песков.

От врагов ящерицу скрывает покровительственная окраска тела, варьирующая в зависимости от местообитания. Светло-серые с коричневатыми вкраплениями покровы круглоголовки хорошо гармонируют с фоном субстрата (песчаные отложения Сырдарьи серого цвета с темными и светлыми оттенками песчинок). На пестрой спинке выделяются два продольных ряда темных пятен, на ногах и хвосте — темные поперечные полосы. У ящериц, обитающих на плотных глинисто-щебнистых почвах, в окраске верхней стороны тела усиливаются коричневые тона. Спина круглоголовки покрыта разнородными чешуйками, некоторые из них утолщены и образуют бугорки, из-за чего поверхность выглядит шероховатой. Заметить ящерицу можно только, когда она испугана и стремительно срывается с места или когда, забравшись на бугорок или ветку, начинает демонстративно закручивать хвост. У самцов он снизу ярко синего цвета и хорошо виден даже на расстоянии.

На песках круглоголовка Штрауха оказалась обычным видом (по нашим данным, в среднем более 10 особей на га), а на некоторых участках даже многочисленным (на пятнах незакрепленного песка — более 60 особей на га). Однако столь обильна круглоголовка только в оптимальных для нее условиях, что не отражает состояние популяции всего природного комплекса, где большая часть площади песков закреплена. По нашим наблюдениям, в межрядовых понижениях и на



Бугристые пески с эфемерово-кустарниковой растительностью — типичные местообитания круглоголовки Штрауха.



Орошение Ферганской долины способствует засолению и закреплению мелких песчаных массивов.

склонах песчаных гряд плотность населения различалась незначительно.

Особенности биологии круглоголовки Штрауха хорошо изучены. Весной ящерицы появляются на поверхности при температуре почвы 18—19°C и активны до вечера. Максимальная активность наступает при температуре почвы 34—37°C. Однако в жаркие дни, когда песок нагревается до 45°C и выше, актив-

ность ящериц снижается. Круглоголовки спешат укрыться в тень кустарничков. Летом суточная активность имеет два пика с перерывом в жаркие дневные часы. От перегрева ящерицы укрываются в неглубоких норках, уходящих наклонно в грунт на 15—20 см.

Размножаться круглоголовка Штрауха начинает в конце марта — начале апреля, и в мае в кладке появляется два, редко





Яркие соцветия заразики эффектно смотрятся на фоне серых песков.

три яйца, а в конце июня — начале июля еще одно-два яйца размером 12—15 × 7—8 мм. В конце июня на свет начинают появляться крошечные, размером 23—25 мм, круглоголовки.

Питаются круглоголовки различными мелкими насекомыми, однако основная доля приходит-

Джугун — очень ветвистый кустарник с ажурной кроной. Латинское название рода (*Calligonum*) происходит от греческих слов «καλλονη» (красота) и «γυνατο» (колено), что отражает своеобразный облик растения. Русское название «джугун» — видоизмененное казахское «жугун» (плоды, как солнце). Местное население называет это растение «кандым» (кислец), поскольку его веточки кислые на вкус и напоминают щавель, который также относится к семейству гречишных.

ся на муравьев родов *Camponotus* и *Proformica*. Помимо муравьев ящерицы охотно поедают мелких жуков — жужелиц, божьих коровок, чернотелок, долгоносиков, щелкунов и т.д.

\* \* \*

До освоения Ферганской долины площадь песков занимала более 500 тыс. га, однако впоследствии многие пустынные участки, где обитала круглоголовка, были распаханы и разделены на мелкие фрагменты. Поливные земли с системой каналов и арыков значительно усилили изоляцию сохранившихся популяций ящериц. Помимо внешнего воздействия местообитания претерпели качественные изменения. Орошение территории повысило уровень грунтовых вод, в том числе на

песках. Это привело к переувлажнению и засолению почвы, что в свою очередь вызвало сукцессию растительного покрова. Площадь открытых песков значительно сократилась из-за распространения кровельного ковра, который начал активно и закреплять песчаные бугры. Особенно сильно изменился облик низких и мелких песчаных участков. Они заросли и стали непригодны для обитания круглоголовки. В итоге ареал вида сократился. В настоящее время площадь охраняемой территории составляет менее 2 тыс. га. Очевидно, сокращение площади местообитаний и их качественное изменение со временем может привести к исчезновению эндемичного вида в центральных районах Ферганской долины. ■

# Камень плодородия

## К 125-летию со дня рождения Александра Евгеньевича Ферсмана

*Природа, ее тайны не даются без борьбы организованной, планомерной, систематической; и в этой борьбе за овладение тайнами природы, ее силами — счастливый удел ученого... в этом — его жизнь, радости и горести, его увлечения... его страсть и горение.*

Б.Е.Боруцкий,

доктор геолого-минералогических наук

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН  
Москва

А.Е.Ферсман

Когда солнце начинает выглядывать из-за горизонта, на Кольский п-ов не спеша приходит весна... Солнце поднимается выше и выше и вот уже, не зная сна, ходит кругами над бескрайней, болотистой тундрой — это значит, на смену бесконечной, черной полярной ночи пришел светлый полярный день. Заполярье просыпается от долгой зимней спячки. Шапки снега, нахлобученные на торчащие среди болот горы, набухли, почернели, сползли в цирки и ущелья, зазвенели проворными ручейками. Наступило короткое веселое лето, с прозрачными белыми ночами. Просохли раскисшие кручи Тахтарвумчорра, Кукисвумчорра, Расвумчорра. А из синих, холодных еще долин, потянуло щемящим едким дымком коистра — это, едва дождавшись начала сезона, вышли на работу «полевые» геологи. Так или примерно так происходило и будет происходить в Хибинах каждый год. Геологический съездники, буровики, сотрудники научно-исследовательских институтов, студенты геологических вузов и просто любители камня в горящими глазами спешат в горы, будят тишину стуком молотка, а потом потеют под тяжестью трещащих по швам рюкзаков и... либо не при-

езжают в эти суровые холодные негостеприимные горы больше никогда, либо навсегда оставляют здесь, в этом волшебном чарующем краю свое сердце и часть души. Хибинские — мекка российских минералогов, кунсткамера удивительных самобытных минералов, богатый полигон для научных исследований — проверки самых «смелых» и взаимоисключающих теорий и концепций, и, конечно, гигантское месторождение уникальных апатитонепелиновых руд, каких нет больше нигде в мире, открытие и освоение которых — одна из самых славных и драматических страниц истории российской и советской геологической науки.

### Российский академик из Финляндии

Мимоходом Хибинские посещали и раньше: капитан Корпуса Горных инженеров Н.В.Широкшин (1835), академик А.Ф.Миддендорф (1840), Н.В.Кудрявцев (1882—1883), М.П.Мельников (1893), но по-настоящему история Хибин началась с экспедиций финского геолога Вильгельма Рамзая. Необходимо вспомнить, что Финляндия до 1809 г. входила в состав Швеции, но после очередной русско-шведской войны 1808—

1809 гг. по Фридрихсгамскому договору была присоединена к Российской империи с правом автономии, как Великое княжество Финляндское, с собственным сеймом, возглавляемым, однако, генерал-губернатором, присланным из Санкт-Петербурга. По-настоящему самостоятельной Финляндия стала только после Октябрьской революции, когда сейм 6 декабря 1917 г. принял декларацию о независимости, поддержанную 31 (18) декабря Совнаркомом РСФСР и решением ВЦИК от 4 января (22 декабря) 1918 г. за подписью В.И.Ленина. Таким образом, В.Рамзай был и финским ученым, и одновременно российским. Российская наука была глубоко интернациональной, и огромный вклад в нее внесли и поляки, и финны, и многие другие.

Вильгельм родился 20 января 1865 г. в Драгсфьерде на о.Кимито (Финляндия) [1, 2]. Его отец — Александр Вольгер Рамзай, потомок известного шотландского рода, мать — Эмми Беата Катарина Там, дожившая до 98 лет. По настоянию деда Вильгельм в 1881 г. поступил в горную школу в Фалуна (Швеция), где учился его отец, и уже 10 декабря 1884 г. выдержал кандидатский экзамен по специальности геология, химия и минералогия, а затем продол-





Иностраннный член-корреспондент Российской академии наук, финско-русский ученый Вильгельм Рамзай (1865—1928) — первопроходец Хибин и Ловозера на Кольском п-ове.

жил обучение в Стокгольме под руководством знаменитого В.С.Бреггера, изучая в Христиании (ныне Осло) минералы и породы в районе всемирно известного грабена Осло. За эти работы он получил ученую степень бакалавра.

В апреле 1887 г. экспедиция, снаряженная по инициативе зоолога профессора Ю.Пальмена Обществом исследователей фауны и флоры при содействии Гельсингфорского Императорского Александровского университета, куда кроме Рамзая входили еще зоологи К.Эдгрэн и Р.Энвальд, два ботаника — О.Чильман и В.Бротериус, петролог В.Гакман, топограф А.Петрелиус, экономист и препарататор, впервые прошла через центральную часть Кольского п-ова и открыла Луявурт (Ловозерский щелочной массив) [3, 4]. Выполнив лабораторные исследования в Гейдельбергском университете и описав пять новых минералов, Рамзай стал доктором философии (1889). С западных склонов Луявурта он через холодные воды Умпъявры (Умбозеро) наблюдал горные цепи Умптека (Хибинского мас-

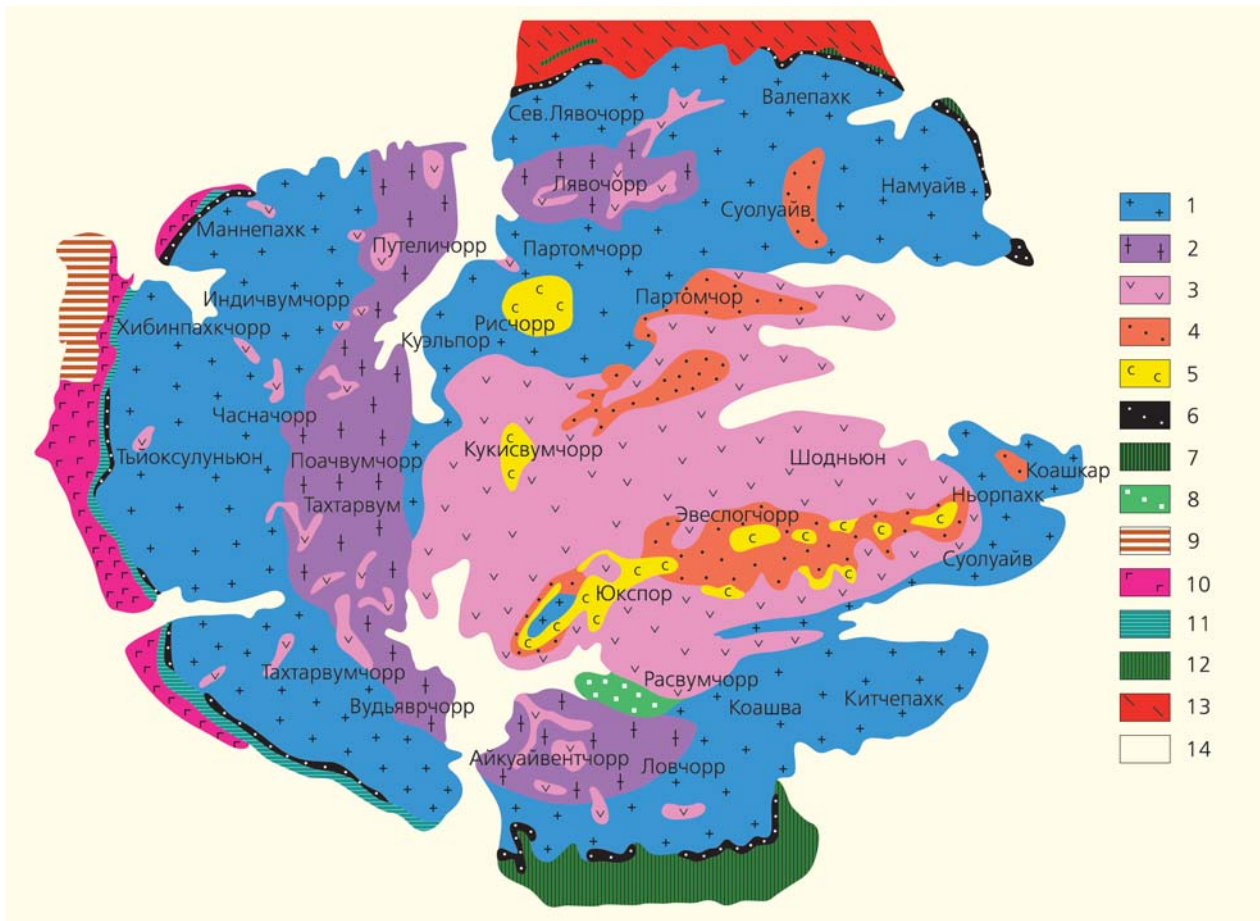
сива), но вступил на хибинскую землю только в июне 1891 г., когда вместе с магистрами Гакманом и Петрелиусом исследовал западные и северо-западные предгорья Хибин над оз.Имандра, а затем проник в центральные районы Хибинских тундр [4]. Исследователи поднялись по р.Часнайок (названия современные), перевалили через перевал Чорргор в долину р.Петрелиуса, через Западный перевал Петрелиуса спустились в долину Тахтарвум и по р.Лутнеманийок (Малая Белая) к оз.Имандра. Поднявшись вдоль р.Энеманийок (Большая Белая) к оз.Большой Вудъявр, они обследовали цирки Тахтарвумчорра и Айкуайвентчорра, прошли долину Кукисвум с перевальными озерами, а также через Лопарский перевал спустились по р.Тульийок и через перевал Юкспорлак по р.Вуоннемийок до залива Тульилухт Умбозера [4]. Экспедиция была целенаправленной и, так как

в ней участвовали геолог, петролог и топограф, основополагающей в геологическом изучении Умптека. Летом 1892 г. вдвоем с Эдгреном Рамзай обследовал районы, прилегающие к Умбозеру, завершив таким образом общее «знакомство» с Хибинским массивом. Так началась яркая история изучения Хибин, необычных его пород и минералов.

Результаты экспедиций 1891—1892 г. с первой топографической и геологической картой Умптека опубликованы в 1894 г. в финском журнале «Fennia» [5]. Гакман впервые описал из Хибинских тундр необычный крупнозернистый порфиroidный нефелиновый сиенит, названный им хибинитом, а также мелко- и среднезернистые, трахитоидные и тонкосланцеватые его разновидности, а кроме того, тералит, тингуаит, авгитовый порфирит. Рамзай исследовал в основном окружающие массив древние ме-



Б.Е.Боруцкий в Хибинском массиве (1996). В долину Тахтарвум впервые проник В.Рамзай со своими спутниками в июле 1891 г. За спиной геолога гора Петрелиуса с Восточным перевалом Петрелиуса. Справа, за темным камнем, — ущелье, которое финские исследователи не нанесли на карту. Ферсман позднее назовет его именем Рамзая. В 1995 г. здесь была установлена памятная плита с текстом: «Ущелье Рамзая названо в честь выдающегося геолога Вильгельма Рамзая, открывшего Хибин для науки в результате экспедиций 90-х годов XIX века».



На геологической карте В.Рамзая, даже дополненной данными (1921—1923) Б.М.Куплетского [6], еще не отражено известное нам сейчас кольцевое строение Хибинского массива. Условные обозначения: 1 — хибиниты, 2 — трахитоидные хибиниты, 3 — 5 — мелкозернистые нефелиновые сиениты: эгириновые (3), амфиболовые (4), слюдяные (5), 6 — умптектит, 7 — лестиварит, 8 — ийолит-уртиты, 9 — имандрит, 10 — метаморфизованные изверженные породы, 11 — метаморфизованные осадочные породы, 12 — хлоритовые и амфиболовые сланцы, 13 — гнейсы, 14 — современные четвертичные отложения.

таморфические породы и продукты их взаимодействия с нефелиновыми сиенитами и описал несколько новых разновидностей: умптектит, имандрит, лестиварит (из ущелья Лестивара) и ряд новых минералов. Однако основные его интересы лежали в области четвертичной геологии и гляциологии. По смещению глыб нефелиновых сиенитов и других пород он выяснил направление движения ледников на Кольском п-ове (1900), с аналогичной целью посещал п-ов Канин, Архангельскую обл., финскую и российскую часть Карелии (1903 и 1911), исследовал Южную Швецию (1910),

но в нашей памяти он остался прежде всего как первопроходец Хибин и Ловозера. В честь Рамзая и его спутников названы минералы (рамзаит, гакманит), ряд вершин, рек и ущелий в Хибинах. Вклад исследователя в российскую науку был по достоинству оценен — 3 января 1925 г. Рамзая избрали иностранным членом-корреспондентом Российской академии наук. Апатитовой минерализации Рамзай еще не видел, да в то время никому и не могло прийти в голову, что в щелочных породах могут возникнуть промышленные месторождения этого минерала.

### Как Русская Лапландия чуть не стала второй Аляской

30 января 1919 г. известный английский полярный исследователь Генри Шеклтон обратился к генерал-губернатору Ермолову — главе Северной провинции — с предложением отдать ему в концессию на 99 лет минеральные, водные и лесные богатства Русской Лапландии, гарантировав немедленную присылку в Мурманск транспорта с оружием и продовольствием. 19 февраля 1920 г. договор с Шеклтоном был подписан, но случилось непредвиден-

ное — 20 февраля на железнодорожной станции Имандра была восстановлена Советская власть, и уже 21 февраля в Мурманске избрали местный исполком [3]. Таким образом, Кольский край чудом избежал судьбы Русской Аляски. Чем же так заинтересовал англичан Кольский п-ов?

События развивались стремительно. Уже 5 августа 1919 г. Общее собрание Академии наук поручило А.Е.Ферсману организацию специального совещания по проблемам исследования Севера. 24 декабря он доложил Отделению физико-математических наук Академии о координации работ в этом направлении [7] и 4 марта 1920 г. постановлением ВСНХ была создана Северная научно-промысловая экспедиция, а 17 июня комиссия во главе с президентом Академии наук А.П.Карпинским и академиком А.Е.Ферсманом выехала на Мурман. Случилось так, что паровику хватило дров только до станции Имандра, и, пока заготавливали дрова, академики успели подняться на ближайшую вершину Маннепахка. И тут стало ясно, что Хибины — уникальный кладезь невиданных ранее минералов, а возможно, и неизвестных полезных ископаемых [3].

Но вернемся чуть-чуть в прошлое. Первая мировая война поставила Россию на грань сырьевой катастрофы. В дореволюционное время хозяйство России опиралось в подавляющей части на чужеземное сырье и зарубежные орудия производства. Ферсман писал об анекдотичности того, что мостовая перед Большим театром в Москве была вымощена брусчаткой гранита из Швеции, глина для стекольной промышленности ввозилась из Германии и даже кремень для шаровых мельниц — из Дании. Россия имела собственные достаточные разведанные запасы только для четырех химических элементов [8]. Российские ученые, естественно, не могли оставаться в стороне от этой про-

блемы. 4 февраля 1915 г. при Академии создается постоянная Комиссия по изучению естественных производительных сил России (КЕПС) в составе академиков В.И.Вернадского (председатель), А.П.Карпинского и Н.И.Андрусова (по геологии), Б.Б.Голицына (по физике), Н.С.Курнакова (по химии), А.А.Фаминцына (по биологии). Секретарем стал А.Е.Ферсман. К сожалению, из-за чиновничьих проволочек приступить к работе комиссия смогла только в 1916 г. (точнее, в 1917-м), после того как были получены ничтожные суммы от военного ведомства для научно-исследовательских работ по самым острым проблемам изысканий дефицитного сырья: поискам алюминиевых руд, обеспечению России молибденом, никелем, кобальтом, вольфрамом, использованию огнеупорных глин Севера, солей Кара-Богаз-Гола, битуминозных сланцев окрестностей Петрограда [8]. По заданию Военного и Морского ведомств Ферсман колесит по России, исследует отечественные проявления железных, свинцово-цинковых руд, бокситов, месторождения природных маскировочных зеленых и синих красок, строительных материалов, но вместе с тем ученых уже начинают волновать перспективы использования редких элементов, висмута, калия, гелия и радия [7]. А В.И.Вернадский, подводя итоги наших знаний о минеральных ресурсах страны, еще в 1916 г. писал: «Вообще мы почти не встречаем сейчас таких химических элементов, нахождение которых в удобной для разработки форме не было бы возможно, т.е. не заслуживало бы поисков с надеждой на успех» [8].

Такое служение науки своему народу продолжалось и после Октябрьской революции, хотя она поставила перед учеными непростую проблему социального выбора. В то же время советское правительство продемонстрировало свое самое серьезное

отношению к решению сырьевых задач в стране. В «Очередных задачах советской власти» В.И.Ленин уже в 1918 г. писал о необходимости решительного прогресса производительных сил, и как раз в апреле 1918 г. нарком просвещения А.В.Луначарский обратился в Академию наук с письмом аналогичного содержания [8]. В письме от 9 февраля 1918 г. Вернадский, оказавшийся в это время в Киеве, пишет Ферсману: «То, что Вы (и С.Ф. [Ольденбург]) пишете об Академии — для меня не совсем ясно. Для меня ясно, однако, одно — надо употребить все силы, чтобы не прервалась и усилилась научная (и всякая культурная) работа в России... В конце концов, я не сомневаюсь в конечном торжестве и отношусь спокойно к формам новых государственных строений: слишком велика масса народа и слишком много в ней талантливости» [7]. В марте 1918 г. при КЕПС была создана постоянная радиевая коллегия и специальный («Первый») отдел по редким и радиоактивным веществам (Ra, Po, Ac, U, Th, V, W, Mo, Ti, Ce, Zr). В результате их деятельности в 1921 г. в Пермской губернии (на базе Березниковского содового завода и Лаборатории по извлечению радия) из сырья, конфискованного у Общества для добычи редких металлов, которое вывозило за границу уран, ванадий и медь, были получены первые 10 мг отечественного радия. В начале августа 1918 г. группа ученых — А.Ф.Иоффе, Н.С.Курнаков, П.П.Лазарев, Д.С.Рождественский, А.Е.Ферсман и др. предложили проект ассоциации научно-технических учреждений по различным отраслям естествознания и техники, работающих по заданиям правительства, и 16 августа Ленин подписал декрет о создании Научно-технического отдела ВСНХ. Постоянными представителями Академии наук в НТО ВСНХ стали В.Н.Ипатьев, П.П.Лазарев и А.Е.Ферсман. 20 июня 1922 г. на заседании Совнаркома был учрежден Коми-



тет науки, в состав которого вошли Ф.Э.Дзержинский, Л.Б.Красин, М.Н.Покровский, В.А.Стеклов, П.П.Лазарев, А.Е.Ферсман и др. Отныне между академической наукой и советским правительством была налажена постоянная связь. Находки в Хибинах минералов с широким спектром редких элементов и ураном во время посещения Маннепахка Ферсманом и Карпинским заинтересовали и заинтриговали ученых.

### Легендарные экспедиции Ферсмана

8 ноября 2008 г. геологическая общественность отмечает 125-летие со дня рождения Александра Евгеньевича Ферсмана. Личность Ферсмана — особая в науке, литературе, да и во всей нашей жизни. Кто из нас в юности не зачитывался его замечательными научно-популярными книгами: «Занимательная минералогия» (1937), «Занимательная геохимия» (1948), «Очерки по истории камня» (1954, 1961), «Путешествия за камнем» (1956, 1960) или книгами о нем [9]? Мне не довелось видеть Ферсмана, но я работаю в институте, первым директором которого он был, имею возможность детально изучать все, что связано с горным массивом, исследованию которого он посвятил лучшие годы своей жизни. Мои работы начинались непосредственно под руководством ученицы Ферсмана по легендарной Хибинской эпопее — Екатерины Евтихиевны Костылевой-Лабунцовой. Это накладывает на меня дополнительный груз ответственности за точность изложения фактов, но вместе с тем позволяет полнее отразить результаты исследований нашей тематической группы в ИГЕМ — Хибинской группы Костылевой, занявшей свое место в этой эстафете поколений.

Вместе с Ферсманом в заполярных хибинской и ловозер-

ской тундрах мерзли, ползали по отвесным мокрым склонам, изучая невиданные до того парадоксальные по составу минералы и породы, закладывали основы фундаментальной отечественной минералогической науки его преданные ученики и соратники. Они боролись вместе с ним за то, чтобы доказать, что открытые ими на Кольском п-ове месторождения апатита, нефелина, лопарита, эвдиалита, пентландита имеют огромное народно-хозяйственное значение и заслуживают скорейшего промышленного освоения, так необходимого стране, разрабатывали неизвестные ранее чудотехнологии добычи и переработки новых видов руд, участвовали в создании новых производственных сил советской страны. А в ответ новоиспеченные «красные» чиновники от науки, со своих высоких руководящих постов, и те, кто почему-то называл себя «учеными», пренебрежительно клеймили их «бывшими», «дворянами». Они и в самом деле почти все были дворянами, получившими блестящее образование, свободно владевшими немецким и французским, прекрасными естественными учеными, глубоко преданными, как и полагается дворянам, своему делу, своей науке, своей стране, своему народу. Первая мировая безжалостно вторглась в их жизнь, разбила и отодвинула их жизненные и научные планы, а Октябрьская революция и Гражданская война — искалечили, сделали «своих» «чужими». И вот эти «чужие» положили на алтарь науки все, что имели: свои знания, свою молодость, а иные и жизнь, интеллигентность и порядочность, сохранили и развили славные традиции дореволюционной русской науки. Это они вскормили и воспитали, создали нарождавшуюся новую советскую науку.

Волею судьбы в авангарде оказались женщины. Справедливости ради следует вспомнить, что в царской России

женщинам путь в науку долгое время был закрыт — девушек не принимали в университеты. Продолжать учебу за границей могли лишь немногие. На волне протеста в начале прошлого века возникали Народные университеты и Высшие женские курсы. Ферсман, который после окончания Московского университета (1907) был приглашен Вернадским (1909) преподавать минералогия, активно участвовал в организации Народного университета им.А.Л.Шанявского. Туда он был назначен (7 мая 1911 г.) первым преподавателем минералогии на 1911—1912 гг. Но вслед за Вернадским и другими прогрессивными преподавателями в знак протеста против реакционных реформ высшей школы, проводимых царским министром Кассо, он покинул Московский университет и переехал в Санкт-Петербург. Там его утвердили преподавателем минералогии Высших (Бестужевских) женских курсов и одновременно назначили старшим ученым хранителем минералогического отделения Геологического и Минералогического музея Петра Великого Императорской Академии наук. Александр Евгеньевич не порвал своих связей и с Народным университетом, где продолжал читать эпизодический курс геохимии в 1913—1914 гг. [7]. Октябрьская революция дала одинаковые права женщинам и мужчинам, обучение в Народном университете и на Высших курсах приравнивали к университетскому. Курсистки получили дипломы о высшем образовании и многие из них пришли в науку. И вот теперь, после возвращения Ферсмана с Мурмана, бывшие его слушательницы составили костяк экспедиций на Кольский п-ов.

25 августа 1920 г. в Хибинские тундры выехал первый отряд Северной научно-промышленной экспедиции НТО ВСНХ, организованный Геологическим и Минералогическим музеем



На высокогорных хибинских кручах вас поглощает звенящая тишина. Сюда в августе 1920 г. вместе с А.Е.Ферсманом впервые поднялась стайка неискушенных восторженных бывших слушательниц Санкт-Петербургских Высших женских курсов и студенток Петроградского университета. Отсюда начались легендарные хибинские экспедиции Ферсмана.

Российской академии наук. Экскурсия была короткой — всего 10 дней, состояла из шести маршрутов (75 км). Но, тем не менее, было исследовано 80 км<sup>2</sup> и собрано 20 пудов материала. Кроме Ферсмана (начальник экспедиции) в ней участвовали научный сотрудник музея Э.М.Бонштедт, преподаватели Е.Е.Костылева, Н.Н.Гуткова, Е.В.Еремина и В.А.Унковская и студентки Петроградского университета: А.В.Лермантова, С.А.Лихарева, Р.Б.Россиенская, М.Л.Степанова и М.В.Терпугова [10]. В Хибинах к ним присоединились профессор Н.И.Прохоров и сотрудница почвенно-ботанического отряда О.А.Кузенева [3]. У совершенно неподготовленной к работе в горах, вырвавшейся на свободу столичной молодежи не было ни карты местности, ни специального снаряжения, ни опыта экспедиционных работ [11], ничего, кроме девичьего задора и очарования юности. Они были первыми. С какой теплотой описал Ферсман эти события в «Путешествиях за камнем» (1960).

За все мои годы работы в Хибинах я неоднократно встречал восторженные стайки школьников и студентов геологических вузов, традиционно повторявших ферсмановские маршруты. Надо видеть, с какими широкими глазами и благоговением поднимают они каждый камешек и хотят узнать про него как можно больше. И сколько из таких ребятшек уже выросло хороших известных ученых и полевых геологов.

В следующем 1921 г. из женщин остались только Э.М.Бонштедт, Н.Н.Гуткова, Е.Е.Костылева и В.А.Унковская, но к ним присоединились Е.П.Кесслер (заведующая центральной базой, родственница Александра Евгеньевича) и научный сотрудник Геологического и Минералогического музея З.А.Лебедева, а также Б.М.Куплетский (петрограф, помощник начальника экспедиции), старший хранитель музея В.И.Крыжановский (начальник Часначоррского и Западного Хибинского отряда) и препаратор музея Г.С.Тшасковский (заведующий транс-

портом), преподаватель Географического института И.Н.Гладцын (геолог) и слушатели Географического института А.В.Терентьев и В.А.Елизаровский, а также профессор А.С.Гинзберг (петрограф). Экспедиция длилась 39 дней, было пройдено 217 км (25 маршрутов, одновременно работали две-три партии), изучено 270 км<sup>2</sup>, собрано 70 пудов образцов [10].

Более подготовленными, длительными и продуктивными стали третья и четвертая экспедиции. В 1922 г. за 57 дней прошли 1100 км, обследовали 500 км<sup>2</sup> и собрали 95 пудов материала. Выбыли Лебедева, Гладцын, Терентьев, Елизаровский, Гинзберг. К основным участникам экспедиции присоединились инженер Г.П.Черник (химик, заведывавший взрывными работами) и научный сотрудник музея А.Н.Лабунцов [10]. В 1923 г. за 44 дня прошли 950 км, обследовали 800 км<sup>2</sup>, собрали 50 пудов образцов. Выбыла Унковская, но приняв участие преподаватель Московского технического училища И.Д.Курбатов (химик) и научный сотрудник КЕПС Н.П.Яхонтов (геолог) [10]. Исследователи уже приобрели необходимый опыт работы в Хибинах, работали несколькими отрядами или парами. Как справедливо отмечает Е.А.Каменев [11], существенную роль в организации экспедиций сыграл Лабунцов — в прошлом опытный боевой офицер, участник японской и германской компаний и колчаковского сопротивления. Продовольствие заранее заносилось в лагерь, широко применялись концентраты, для вывозки образцов использовались олени. Именно в 1923 г. (16 июля) южный отряд в составе Бонштедт, Костылевой, Куплетского и Лабунцова обнаружил на плато южного Расвумчорра, у края второго западного его цирка, коренные развалы глыб апатитовой породы [10, 12]. Это открытие вскоре круто изменит направление всех исследований в Хибинах, судьбу





Академик А.Е.Ферсман (8 ноября 1883 — 20 мая 1945 г.) на станции Имандра после 43 дней полевых работ в Хибинских тундрах. 1922 г. [7].



Участники первых хибинских экспедиций Ферсмана на станции Имандра (слева направо): Б.М.Куплетский, Н.Н.Гуткова, Е.П.Кесслер, Э.М.Бонштедт, Е.Е.Костылева, А.Н.Лабунцов, Г.С.Тшасковский. 1922 г.

Из фондов историко-краеведческого музея г.Кировска

края и всего Кольского Заполярья. В 1924 г. работы проводились только в Ловозере.

Таким образом, под руководством Ферсмана в течение пяти лет была изучена центральная часть Лапландии, занятая двумя большими горными массивами — Хибинскими и Ловозерскими тундрами (по-лопарски — Умптек и Луявурт) [13].

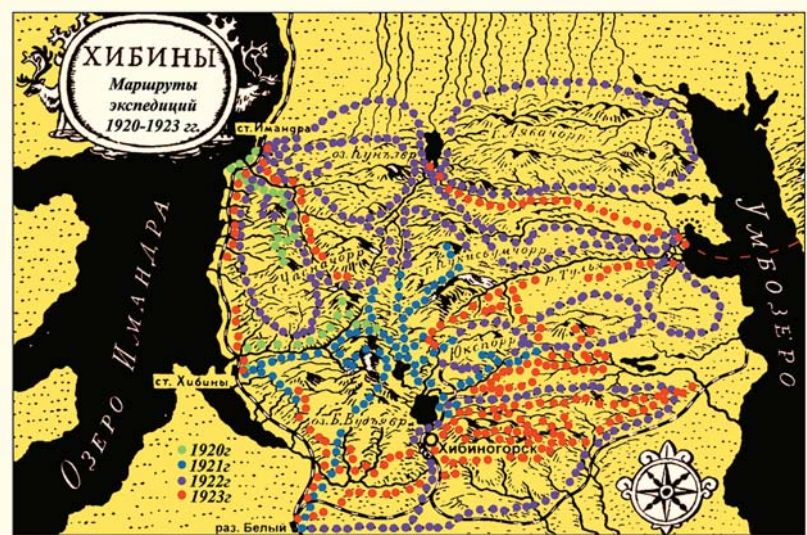
ной тундре города — Кировск и Апатиты, а для обеспечения их энергией была создана мощная энергетическая система во главе с Кольской АЭС в Полярных Зорях. Сегодня трудно себе представить, что история освоения богатств Кольского Севера была непростой, а порой и страшной, и что многие пре-

красные ученые, инженеры, организаторы науки и производства заплатили за это не только своим здоровьем, но и жизнью.

Копаясь в истории, иногда спорят, кто персонально открыл апатит — Ферсман или Гуткова, Лабунцов или Куплетский? Современные «историки» не понимают, что в первые годы совет-

### Апатит — камень плодородия

Жизнь на Земле невозможна без фосфора, но запасы его очень ограничены. Апатит — драгоценный подарок неживой Природе Природе живой. Это главное! Все остальные страсти, которые кипели вокруг хибинского апатита, — дела человеческие. Как только «апатитовая проблема» превратилась из научной в народнохозяйственную, она тесно переплелась с вопросами морали, экономики и политики. Сейчас каждый школьник знает, что такое апатит. Построены крупнейшие в заполяр-



Маршруты легендарных экспедиций Ферсмана в Хибинах (1920—1923).





А.Н.Лабунцов (1884—1963).

ской власти ученые работали в коллективе. «Вся группа участников экспедиций, — писал Ферсман [10], — спаянных общими заботами и лишениями в тяжелой полярной обстановке, участвовала в выявлении основных черт двух самых больших в мире глубинных щелочных массивов... Наш коллективный труд мы посвящаем тому, кто 35 лет тому назад впервые проник в район Хибинских и Ловозерских тундр и в классической работе выявил их основные геологические черты, — Вильгельму Рамзаю».

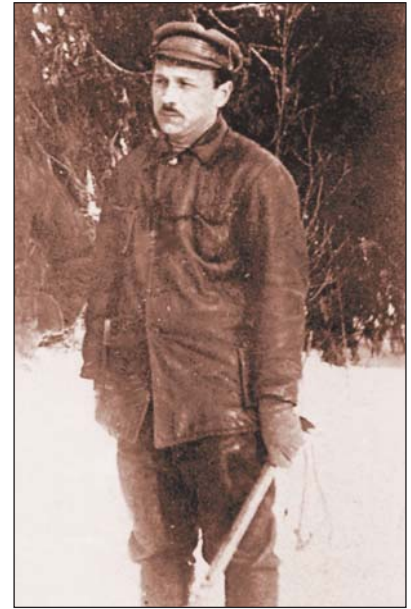
Еще 30 августа 1921 г. Ферсман и Гуткова в ручье, стекавшем с одного из южных отрогов Кукисвумчорра, нашли большие глыбы полосчатой апатито-нефелиновой породы («весом до пуда») [10], а 16 июля 1923 г. южный отряд в составе Бонштедт, Костылевой, Куплетского и Лабунцова обнаружил коренные развалы глыб апатито-нефелиновой породы на плато южного Расвумчорра, у края второго западного цирка [10, 12]. Находки эти еще не были оценены по достоинству — более перспективными представлялись пегматиты с эвдиалитом как необходимая стране циркониевая руда.

Ферсман писал [13]: «Район апатитовых жил до сих пор мало обследован, протяжение жил по простиранию не выяснено, к тому же трудная доступность ущелий этой части Хибинского массива пока не обнадеживает нас в возможности практического значения этих месторождений, даже если их количественные запасы окажутся значительными». Однако летом 1925 г. Лабунцов предпринял внеплановый осмотр плато Расвумчорра и установил, что под россыпями залегают коренные выходы апатитонефелиновых пород площадью не менее 10 тыс. м<sup>2</sup>. В январе 1926 г. в Институте по изучению Севера (бывшая Северная научно-промышленная экспедиция НТО ВСНХ) он сделал специальный доклад, который встретил общее недоверие. Такой тип апатитонефелиновых пород в мире еще не был известен вообще, и вывод о месторождении представлялся несерьезным. С большим трудом от колонизационного отдела Мурманской железной дороги были получены скудные ассигнования (700 руб.), и летом 1926 г. Лабунцов вместе со студентом Ленинградского политехнического института А.А.Сауковым (будущим академиком-геохимиком), бурильщиком В.И.Лепишиным и командированным инженером К.Л.Островецким с карельских полевошпатовых разработок за три месяца произвели необходимую расчистку и выяснили, что площадь выходов 34 тыс. м<sup>2</sup>, а запасы около 2 млн т. Исходя из предполагаемого Ферсманом и Куплетским строения Хибинского массива, аналогичные выходы можно было ожидать к востоку и северо-западу от плато Расвумчорра. Они и были найдены в Апатитовом цирке Расвумчорра (16 875 м<sup>2</sup>, около 1 млн т) и прослежены до Юкспора и Кукисвумчорра. В ответ на посланную Ферсманом в Ленинград телеграмму в Хибинь срочно приехали директор Института Севера Р.Л.Самойлович и сотрудники КЕПС

Д.И.Щербаков и П.А.Борисов. В их присутствии (в духе времени) на плато и в Апатитовом цирке Расвумчорра были поставлены заявочные столбы с надписью: «М.Ж.Д. — С.И.-1926, 3/IX А.Н.Л.» (Мурманская железная дорога. Институт по изучению Севера. А.Н.Лабунцов) [12].

Несмотря на явные успехи поисков апатитовых месторождений в 1926 г., дальнейшие работы в этом направлении наталкивались на неверие в возможность промышленного их освоения в хибинских условиях. И вновь только благодаря отпуску 1000 руб. колонизационным отделом Мурманской железной дороги в распоряжение Института Севера в 1927 г. в течение 47 дней отряд Лабунцова с тремя студентами Ленинградского университета С.П.Соловьевым, И.И.Рябовым и В.Е.Роженцовым смог продолжить работу. Было детально исследовано апатитонефелиновое месторождение на Кукисвумчорре (запасы 11.7 млн т) и Юкспоре (4 млн т). Изучение доставленных проб с Кукисвумчорра показало, что руда верхнего горизонта содержит 70–80% апатита и 15–20% нефелина, а нижнего — 40% апатита, 40–50% нефелина и 10–20% второстепенных минералов. 19 августа 1927 г. на этих месторождениях Лабунцовым также были поставлены заявочные столбы [12]. Кто же такой был Лабунцов, проявивший настойчивость в исследовании апатитонефелиновых образований?

Александр Николаевич Лабунцов родился во Владикавказе. Как потомственный военный, в 1902 г. окончил кадетский корпус в Москве, затем, в 1904 г., артиллерийское училище в Санкт-Петербурге и сразу же стал участником Русско-японской, а затем и Первой мировой войны. Георгиевский кавалер. С детства он увлекался естественными науками — биологией, минералогией. В 1917 г. поступил в Уральский горный институт. Но тут же был призван под знамена Верховного правителя и верховного



Начальник первой разведочной партии Научно-исследовательского института удобрений М.П.Фивег.

Такие топкие черные болота в Хибинах — не редкость и сегодня. В 20—30-е годы они окаймляли озеро Большой Вудъявр, через которые разведчики под руководством М.П.Фивега перетаскивали к подножью Кукисвумчорра снаряжение и выносили первые пробы апатит-нефелиновой руды.

главнокомандующего всеми сухопутными и морскими вооруженными силами России адмирала А.В.Колчака, который, как известно, был до того известным ученым, гидрологом. Его именем назван один из островов в Карском море. Как офицер, давший присягу на верность Царю и Отечеству, Лабунцов, естественно, оказался в Белом движении и при штабе Колчака командовал артиллерией. Но как только представилась возможность отойти от политики, он душой «прикипел» к науке. После разгрома Колчака (4 января 1920 г.) Лабунцов вернулся в Петроград,

поступил в университет, окончил его в 1924 г. и был принят научным сотрудником в Геологический и Минералогический музей РАН. С 1922 г. принимал самое активное участие в кольской эпопее Ферсмана [3, 11]. Работая в Минералогическом музее в Ленинграде, он одновременно в 1929—1933 гг. заведовал геологоразведочным отделом треста «Апатит», а 16 октября 1929 г. стал ученым-секретарем Комитета по организации Хибинской горной станции АН СССР (ХИГС, «Тьетта»). В 1935 г. при реорганизации ее в Кольскую базу Академии наук (КБАН)

Лабунцов возглавил в ней геолого-геохимический отдел, координирующий все геолого-петрографические и минералого-геохимические работы в Хибинах. 1936 г. был переломным в работе КБАН — улучшились ее материально-техническая база, кадровый состав, финансирование, расширилась тематика научных исследований. Специальным постановлением Президиума Кировского районного исполкома и Бюро райкома ВКП(б) от 30 января 1936 г. по докладу помощника Ферсмана, заместителя председателя Кольской базы И.Д.Чернобаева (1889—1937),



она становится центром, планирующим и регулирующим научно-исследовательские работы всех учреждений, работавших на Кольском п-ове [14]. Но уже 1 марта 1937 г. Чернобаева арестовали как врага народа и вредителя, приведшего КБАН к развалу. Из Академии приехал инспектор отдела кадров Т.Т.Барышев, обнаружил в ученом совете Базы заседавших там «крупнейших вредителей», «проделал большую работу по оздоровлению и укреплению научных работ» и, в частности, уволил 15 января 1938 г. «за развал работы» и «невяжку вовремя из командировки в Ленинград» «лженаучного» и «малоквалифицированного» (кандидата наук) геолога Лабунцова. В «Правде» напечатали разгромную статью «Бездействующая База Академии наук» (25 ноября 1938 г.). Хорошо еще, что прибывшая с проверкой Комиссия Президиума АН СССР отметила только отдельные недостатки Ферсмана в руководстве Базой и отозвала Барышева «за ошибки в работе со старыми кадрами» [14]. Тем не менее Лабунцова уволили и из Минералогического музея АН СССР, и два года он был безработным, пока случайно не встретил в Большом театре А.Я.Вышинского и сумел доказать свою непричастность к «вредительской антисоветской деятельности» [3].

Работы Лабунцова показали необходимость разведки и детального изучения хибинских апатитовых месторождений. Они были проведены летом 1928 г. сотрудником Института по изучению Севера В.И.Влодавцем и сотрудником Научного института по удобрениям (НИУ) М.П.Фивегом на Кукисвумчорре и Юкспорте. Влодавец уточнил минеральный и химический состав руды. Впервые было установлено, что апатит содержит около 2% SrO, показано, что запасы Кукисвумчорр-Юкспорского месторождения достигают 100–120 млн т. В марте 1929 г. Ферсман и Влодавец в Комитете химизации сделали

доклад о необходимости срочного финансирования работ в размере 250 тыс. руб., и 17 марта 1929 г. была организована «Апатитнефелиновая комиссия», в которую вошли НИУ, Институт по изучению Севера, Колонизационный отдел Мурманской железной дороги, Геолком, Промэкспорт, Энергострой, Механобр. Была поставлена задача провести детальную разведку открытой части Кукисвумчоррского месторождения, добыть 1 тыс. т апатит-нефелиновой породы и вывезти ее, проведя автомобильную дорогу от разъезда Белый, а затем приступить к разведке более глубоких частей месторождения. Разведка проводилась Фивегом. В его команде работали геологи Л.Б.Антонов, Г.С.Пронченко, С.А.Ступаков и В.А.Крылов, топографы И.М.Воин и Б.С.Фетисов, обогатители Г.О.Ерчинский, К.А.Несмеянова и Д.М.Черный, химики С.Н.Розанов и В.А.Каза-ринова, петрограф В.А.Зильберминц. Еще зимой часть груза, в частности распиленные для строительства барачных доски, доставили на оленях. Летом же вьючные лошади доходили только до северного берега озера, а далее через болота снаряжение, агрегаты и продовольствие переносили на плечах, пока не была протоптана узкая тропа и проложены гати через тряси-ну. Жили в палатках. К июнию 1929 г. построили три дощатых барака, в которых разместились 163 рабочих и членов технического персонала. Затем появились баня, динамитный склад, бревенчатый дом для администрации, слесарно-кузнечная мастерская, продовольственно-материальный склад, конюшня. Наибольшие трудности представила прокладка дороги — сначала тропы, затем гужевой и, наконец, автомобильной. К 10 августа к озеру доставили буровой станок шведской фирмы «Крелиус», который в горы тащили волоком. Уже 20 августа началось бурение первой в Хибинах скважины до 241 м.

К 7 октября открыли сплошное автомобильное движение до Кукисвумчорра. Была построена дорога протяжением 27 км, с 63 мостами и 4587 м гатей — первая на Кольском п-ове. В тот же день к разъезду Белый вывезли первую тонну апатита. 7 октября 1929 г. считается официальной датой начала промышленной эксплуатации хибинских месторождений апатита [15].

### Битва за апатит

Заслуги Лабунцова — первого открывателя этих месторождений, Влодавца — первого их детального исследователя и Фивега — первого их разведчика, в постановке и разрешении апатитовой проблемы неоспоримы [16]. Но были нужны энергия и энтузиазм еще нескольких выдающихся ярких личностей, чтобы она из чисто научной проблемы превратилась в народнохозяйственную, государственную.

Прежде всего это, конечно, Александр Евгеньевич Ферсман, понявший, что в Хибинах произошло открытие, перевернувшее все существовавшие до того представления об апатите и о геохимии фосфора вообще. Он сумел доказать это своим коллегам и сплотить вокруг апатитовой проблемы лучшие в стране научные силы, мобилизовать всю свою энергию и дар убеждения, чтобы привлечь к ней внимание высших эшелонов государственной власти. 4 октября 1929 г. после его доклада на заседании Президиума Госплана РСФСР было принято решение: «признать за хибинскими апатитами... первостепенное значение как в деле обеспечения СССР фосфорным сырьем, так и в развертывании нашего экспорта; считать обязательным заданием для 1929—1930 гг.: а) закладку апатитовых рудников с общим масштабом добычи 1500 тыс. тонн, б) проведение железнодорожной ветки в район рудников... не позже



1 августа 1930 г., в) постройку обогатительной фабрики, г) постройку и оборудование рабочего поселка в Хибинском районе; признать необходимым отпуск на разработку хибинских апатитов в 1929—1930 гг. суммы 5 млн рублей» [15]. Победа!? Но возможны ли такие темпы в условиях заполярья, где все население — несколько саамских семей, кочующих с оленями по тундре?

Следующий в этом списке — Иоганн Гансович Эйхфельд — известный биолог-селекционер, впоследствии академик ВАСХНИЛ (с 1935 г.), академик (с 1946 г.) и президент АН Эстонской ССР (1950—1968), член-корреспондент АН СССР (с 1953 г.), Председатель Президиума Верховного Совета Эстонской ССР (1958—1961) и заместитель Председателя Президиума Верховного Совета СССР по вопросам растениеводства и мелиорации, Герой Социалистического Труда, лауреат Сталинской премии (1942). Являясь сотрудником Ленинградского сельскохозяйственного института (1923—1931), а затем директором Всесоюзного института растениеводства (1940—1951), он с 1931 по 1940 г. был директором Полярного отделения данного института в Хибинах и организовал опытную станцию. Активно занимаясь продвижением сельскохозяйственных культур на Север, селекцией скороспелых сортов, Эйхфельд создал овощную и кормовую базу на Кольском п-ове — совхоз «Индустрия». Глубоко заинтересованный в разработках минеральных удобрений на Севере, он всемерно поддерживал Ферсмана, понимая, что апатит как источник фосфора способен заменить ввозимые в страну марокканские фосфориты, а в нефелине видел источник легко извлекаемого калия. Именно Эйхфельд вместе с горным инженером П.Ф.Семеровым и зоологом Г.М.Крепсом по поручению Колонизационного отдела

Мурманской железной дороги и Института по изучению Севера с 27 октября по 3 ноября 1926 г. вручную около заявочного столба Лабунцова на Расвумчорре добыл 100 пудов апатито-нефелиновой руды для определения ее состава и свойств. Они вывезли пробу на оленях и распределили между сельскохозяйственной станцией в Детском Селе (г.Пушкин), Институтом механической обработки полезных ископаемых (Механобр) в Ленинграде, немецкой фирмой Гумбольдт в Кельне и опытным сельскохозяйственным полем в Хибинах [15].

И, наконец, это Сергей Миронович Киров. Партия направила его в Ленинград для борьбы с троцкистской оппозицией. В феврале 1926 г. он был избран секретарем губкома и Северо-Западного бюро ЦК ВКП(б), в том же году он вошел в состав Политбюро ЦК ВКП(б) кандидатом, а с 1930 г. — членом, а в 1934 г. избран секретарем и членом Оргбюро ЦК ВКП(б), оставаясь одновременно секретарем Ленинградского горкома и обкома партии. Один из первых лиц в государстве. Взявшие власть в стране коммунисты считали себя ответственными за построение нового социалистического и коммунистического общества, но никакого опыта такого строительства не было — все было «впервые». 14 съезд ВКП(б) (18—31 декабря 1925 г.) поставил целью индустриализацию и коллективизацию страны, способную оторвать ее от иностранной зависимости. Предстояла также борьба с новой, троцкистско-зиновьевской оппозицией, отрицавшей возможность построения социализма в нашей стране. Как «хозяин» Северо-Запада Киров должен был выполнять решения съезда в суровых условиях экономически неразвитого региона. Он с огромным вниманием отнесся к предложению Ферсмана об освоении хибинских апатито-нефелиновых месторождений

и Эйхфельда, видевшего в них возможность производства собственных минеральных удобрений, необходимых для продвижения холодоустойчивых культур на север. Он поверил ученым, не посчитал их предложения за несбыточные фантазии. Очевидно, не без влияния Кирова в решениях 16 съезда ВКП(б) (26 июня — 13 июля 1930 г.) было записано: «Обеспечение развития народного хозяйства выдвигает необходимость придать такие темпы геолого-разведочному делу, которые должны значительно опередить темпы развития промышленности с целью заблаговременной подготовки минерального сырья. Для этого необходимо сделать решительный перелом в геолого-разведочных работах и полностью обеспечить это дело материальной базой». Огромные запасы апатита открывали заманчивые перспективы продажи его и за границу и получения необходимой стране валюты. 13 ноября 1929 г. приказом по ВСНХ РСФСР №190 для разработки и эксплуатации хибинских апатитов создается Государственный Северный горнохимический трест «Апатит».

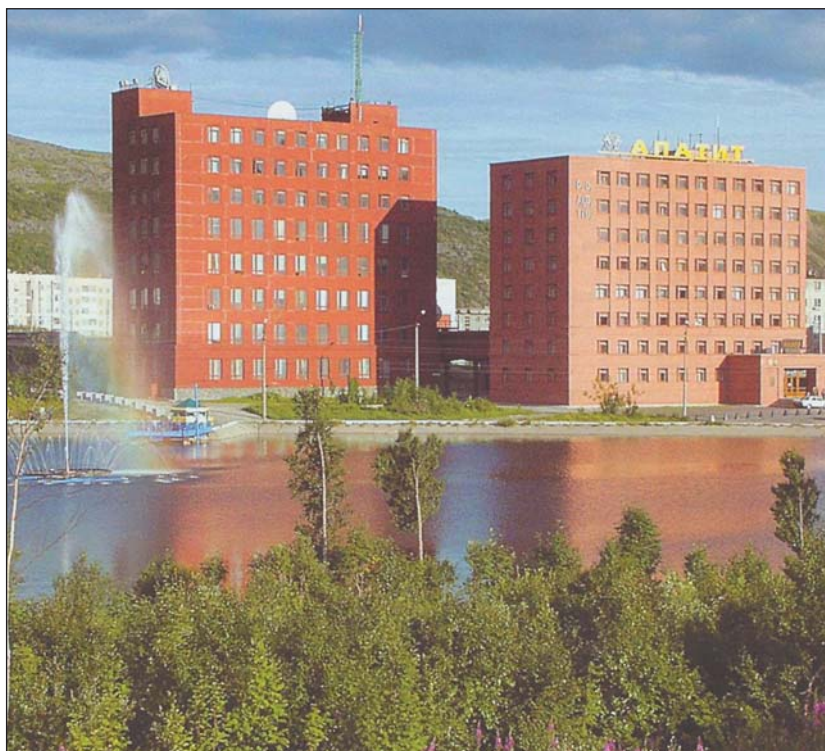
Киров был неординарной личностью. Несмотря на исключительную занятость партийными и хозяйственными делами, он запирался в кабинете с книгами и изучал профессионально вопросы, связанные с добычей и технологией обогащения нового сырья. Он своими глазами хотел убедиться в реальности «apatитового проекта» и 30 декабря 1929 г. представительной комиссией, вместе с председателем Ленгорисполкома И.Ф.Кодацким, секретарем Мурманского окружкома ВКП(б), председателем Мурманского Окрисполкома и управляющим трестом «Апатит» В.И.Кондриковым, приехал в Хибинь. 1 января 1930 г. произошло историческое заседание в единственном бревенчатом домике у подножья Куки-



Первый управляющий Треста «Апатит» В.И.Кондриков (1900—1937).



Здание Треста в Хибиногорске (1930).



Современный комплекс зданий ОАО «Апатит».

вумчорра. «Домик Кирова» как реликвия бережно сохраняется кировчанами до сих пор. Апатиты было дано «добро».

Сергей Миронович был убит 1 декабря 1934 г. в Смольном. Но за пять лет при его самой активной поддержке апатитовые

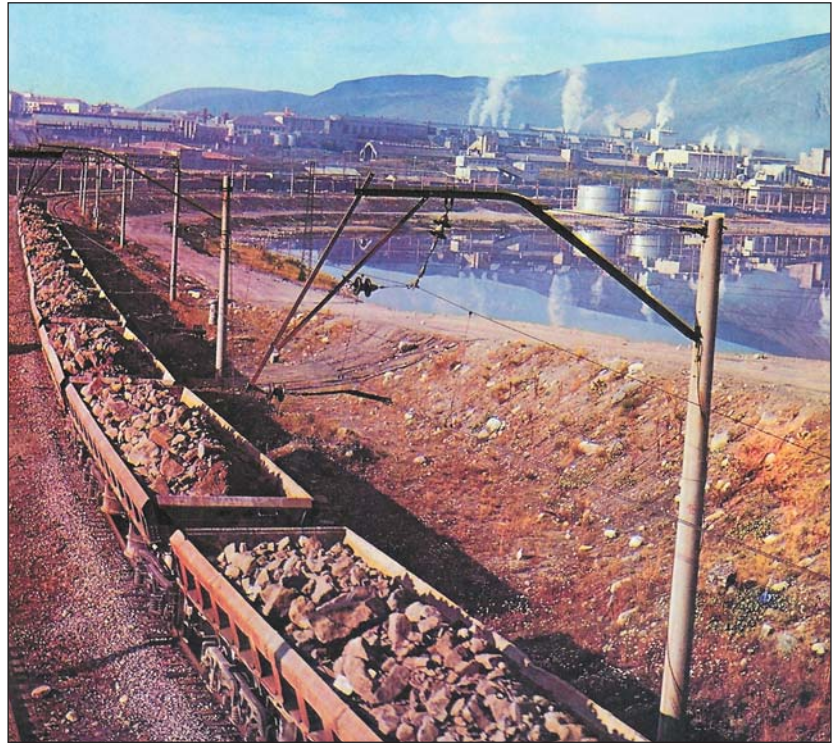
разработки в Хибинах проводились нарастающими темпами. Созданный им город Хибиногорск теперь носит его имя — Кировск.

Нельзя не вспомнить и первого управляющего трестом «Апатит», Василия Ивановича

Кондрикова. Биография его типична: родился на железнодорожной станции Сухиничи Калужской губернии, окончил Сухиничское техническое училище связи, сражался в рядах РККА, в 1918 г. вступил в РКП(б), был комиссаром, контужен, после окончания гражданской войны работал управляющим Ленинградского коммунального банка и промбанка. Когда 14 ноября 1929 г. он был назначен временным управляющим, «Треста» еще не было, весь аппарат существовал только в лице управляющего. Его задачей было координировать все работы по апатиту в Хибинах. Согласно постановлению Президиума Госплана РСФСР (4 октября 1929 г.) необходимо добыть в 1929—1930 гг. 100 тыс. т, в 1930—1931 гг. — 1 млн т, а в 1931—1932 гг. — 1,5 млн т апатитовой руды.

«Временный» управляющий до осени 1930 г. управлял Трестом из Ленинграда, обмениваясь телеграммами с Фивегом и своим заместителем в Хибинах, постоянно консультируясь с Кировым, Ферсманом и Эйхфельдом, «мотаясь» по бесконечным партийным, государственным и ведомственным комиссиям, ломая скепсис «фосфоритчиков» и сомнения фи-





Вверху — экспериментальная проверка угла наклона бремсберга для сброса руды на месторождении Кукисвумчорр. Слева направо: В.И.Кондриков, инженер К.Л.Островецкий и А.Е.Ферсман. Внизу — вывоз апатитовой руды из рудника Кукисвумчорр (1930) [3]. Справа — днем и ночью электровозы вывозят составы с апатитовой рудой на обогатительные фабрики. 1976 г.

нансистов и «ответственных» работников. В Москве во Всехимпроме 23 декабря 1929 г. заседала «комиссия по апатитам», которая, по-прежнему не веря в значительные масштабы хибинских месторождений и возможность их разработки, отдавала предпочтение в решении проблемы фосфора ввозимым из Марокко фосфоритам. Она предложила обратить первостепенное внимание не на апатит, а на нефелин, характеризуя апатит как «минерал-обманщик»\*. Выступая на этом совещании, Кондриков, поддержанный Ферсманом и Эйхфельдом, рисовал перспективу апатитовых разработок в глобальном масштабе, обещая довести добычу апатитовой руды в 1932 г. до 3 млн т,

\* Намек на то, что так как апатит назван от греческого *απαταω* (апатео) — обманываю, его часто путали со сходными по облику минералами, и он может не оправдать возложенных на него ожиданий.

и развернул широкую картину освоения Кольского п-ова, с введением в строй еще двух рудников на соседних горах Юкспор и Расвумчорр, строительством обогатительной фабрики в Хибинах, гидростанций на реках Нива и Конда и города социалистического типа в районе апатитовых разработок на 20—25 тыс. жителей. 26 декабря 1929 г. постановлением Совета Труда и Оборона трест «Апатит» признан предприятием общесоюзного значения и передан во Всехимпром ВСНХ СССР [3].

После визита в Хибинны Кирова и исторического совещания 1 января 1930 г., уже 9 января Ленинградский областной СНХ (по докладу Кондрикова) постановляет довести добычу апатита в 1929—1930 гг. до 100 тыс. т, в 1930—1931 гг. — до 500 тыс. т, в 1931—1932 гг. — до 2 млн т и в 1932—1933 гг. — до 3 млн т. «Я планов наших люблю

громადье, размаха шагаи саженьи», — восторженно писал пролетарский поэт.

Но вести из Хибин были неутешительны. Осенние затяжные дожди превратили выстраданную автомобильную дорогу в месиво, по которому невозможно было не только вывозить руду, но и подвозить продовольствие. Затем начались снежные заносы, и дорогу не успевали расчищать. Пришлось возвратиться к доставке грузов на оленях. Хотя разведочные работы Фивега по пояс в снегу продолжались и зимой, на 19 декабря 1929 г. реальная добыча апатита составила 600 т. На разъезд Белый вывезли всего 350 т, и ежедневно — в среднем по 30 т. Заместителя Кондрикова в Хибинах Абрамова заменили на Игнатьева, управляющим районом апатитовых разработок назначили В.А.Кита (8 февраля 1930 г.). На Кукис-





Так называемые «спецпереселенцы» на постройке железнодорожной ветки от разъезда Белый до рудника Кукисвумчорр. 1929 г. [3].

вумчорре работали уже четыре карьера и штольня, руда спускалась по бремсбергам и самодельному скату длиной 1150 м, вывозилась из рудничного забоя на лошадиной тяге. Однако отсутствие транспорта не позволяло уложиться в сроки, заключенные уже Промэкспортом с германской фирмой, и выполнить задание по переброске к 15 декабря 1929 г. 600 т апатита для внутренних нужд. Сама природа сопротивлялась грубому неподготовленному нажиму. Еще в сентябре 1929 г. Мурманская железная дорога приступила к сооружению ветки до рудника Кукисвумчорр. 5 июня 1930 г. было открыто движение на участке от новой станции Апатиты на основной

магистрали до станции Вудьявр (22 км), но с рудника руду вывозили по-прежнему гужем, так как ни автомобили, ни трактора с тележками, обещанные еще к 1 мая 1930 г., не были поставлены. Трест телеграфировал Кирову: «Ежедневно отгружается 400–500 т. К 1 августа доведем отгрузку до тысячи т. Программа по настоянию Наркомторга увеличена до 250 тыс. т. При этом тресту обещано предоставление 2500 рабочих. Но Наркомтруд за два месяца не дал ни одного рабочего, а Наркомторг из обещанных к 1 мая 20 автомобилей поставил только 7. Необходимое разработкам заказанное импортное горное оборудование Наркомторг еще не разместил».

В 30-е годы не было еще «строек коммунизма», и экономической опорой строящегося социализма была гигантская сеть исправительно-трудовых лагерей, куда попадали в основном репрессированные крестьяне. Первенцем этой системы было находящееся в Кеми (Северная Карелия) Управление Соловецких и Карело-Мурманских исправительных лагерей (УСЛАГ ОГПУ). Руками так называемых «спецпереселенцев» (т.е. заключенных) построены и Беломорско-Балтийский канал, и большинство объектов в Хибиногорске. Там же отбирался и квалифицированный инженерно-технический персонал. Так, по договору «К 1595 А» от 29.7.1931 УСЛАГ направил в распоряжение треста «Апатит» горного инженера П.Н.Владимирова, инженеров-технологов М.Д.Белкова и А.И.Сизова-Сапко, инженера-транспортника Б.Н.Дистерло, экономиста В.Х.Шубина и минералога Б.А.Линденера — ученика В.И.Вернадского (после освобождения он остался в Хибинах руководителем Дома техники комбината «Апатит») [15]. Кстати, уже после Великой Отечественной войны «для лучшего обеспечения рабочей силой» комбинат «Апатит» передали непосредственно Министерству внутренних дел СССР в подчинение Главному управлению лагерей горно-металлургической промышленности ГУЛГМП (22 мая 1950 г.). Только после смерти И.В.Сталина Совет министров СССР вернул комбинат в Министерство химической промышленности [15].

Василия Ивановича Кондрикова арестовали 16 марта 1937 г., 29 декабря он был расстрелян в Ленинграде. Похоже, что развернутая компания идейной борьбы с троцкистской, а затем троцкистско-зиновьевской оппозицией, перешедшая к репрессиям и затем к физическому уничтожению инакомыслящих, вышла из-под контроля, развязала руки «власти на местах», занявшейся уже уничто-

жением своих коллег и конкурентов в борьбе за лидерство в партии, за «лавры» руководителей, за «теплое место под солнцем». Вышвыривая, как «кукушка из гнезда» неугодных, она ничем не рисковала — основа то уже была почти создана, и чем нелепей и обидней наклеивались ярлыки, тем страшнее и обоснованней казались их «преступления».

Главной причиной уничтожения Кондрикова были личные мотивы. Это ясно из того, что ему инкриминировали не только «вредительство», «связь с врагами народа и иностранной разведкой», но и «непочтительное отношение к партаппарату» [3]. По-видимому, ему некогда было митинговать и заниматься пустословием, и отношения с первичной партийной ячейкой не сложились. Так, еще 15 июля 1930 г. первичная ячейка ВКП(б) горнорудников показала свою власть, «предложив» только что приехавшему в Хибины Кондрикову «принять срочные меры к ликвидации бесхозяйственности и усилить темпы добычи апатита, а начальника разработок Акита за допущенную бесхозяйственность снять с работы» [3].

### Апатит «пробивает окно» в Европу

Пока не было налажено собственное производство по обогащению и переработке апатита, основную часть продукции рудника предполагалось отправлять через Мурманский порт на экспорт. Но к этому проекту с должным вниманием отнеслась только Германия. Содержание 74–76%  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  в первой экспортированной пробной партии руды произвело на расчетливых немцев впечатление. В феврале 1930 г. Промэкспортом продано в Германию 1000 т руды: 500 фирме «Иге Русско», по 250 — фирмам «Метальгезейшафт» и «Миллер». Хибинский апатит вызвал за ру-

бежом интерес, и Промэкспорт информировал Всехимпром, что на иностранном рынке можно разместить от 30 до 100 тыс. т руды. Внеочередное совещание Мурманского окружкома ВКП(б) (14 апреля 1930 г.) и прибывшая в Хибиногорск правительственная комиссия (17 апреля 1930 г.) принимают решение о форсировании экспорта апатита и увеличении его добычи к 1 октября 1930 г. до 250 тыс. т, дофинансировании Треста и доукомплектовании его 2 тыс. рабочих [3]. Но экспорт сопровождают досадные «накладки». Не подготовлены рекламные проспекты. Иностранные фирмы не знакомы с качеством апатитового сырья. 16 июня 1930 г. в Гамбург прибывает пароход «Ганс Арн» с грузом апатита 2000 т, но один из люков поверх руды загружен древесным углем — 500 т апатита оказались испорченными. Апатит отгружается нередко в грязных вагонах, после угля, кирпича, песка. В Интерлакено (Швейцария) состоялся (19 июня 1930 г.) съезд предпринимателей суперфосфатной промышленности, на котором известный специалист по фосфатам доктор Крюгель утверждал: «Очень сомнительно, чтобы те большие надежды, которые СССР возлагает на апатит, когда-либо оправдались. Климат местности, где встречаются залежи, неблагоприятен, и люди там едва ли могут жить. По моему мнению, от гордых надежд Советов останется очень мало» [3]. Но уже 10 августа 1930 г. в НИУ и Рудоэкспорт приехали голландские профессора по поручению фирмы «Миллер», желающей восстановить поставки апатита, уничтоженные докладом доктора Крюгеля. После беседы с профессором Вольфовичем они получили информацию, совершенно неизвестную за границей, так как работы НИУ на иностранные языки не переводились [3].

Постепенно план, начертанный Кондриковым, сбывается.

В мае 1930 г. начато строительство на берегу озера Большой Вудьявр Хибиногорска на 25 тыс. жителей. Осушаются болота для закладки двух колхозов на 110 семей для снабжения города овощами. В поселке Лоухи создается молочная ферма. 1 августа 1930 г. по проекту Механобра начинается строительство апатитонепелиновой обогатительной фабрики АНОФ-1. Первая ее очередь на 250 тыс. т апатитового концентрата была сдана уже 8 сентября 1931 г. Директором фабрики назначен помощник Кондрикова Н.Воронцов [3]. А Кондриков, кроме треста «Апатит», руководит еще строительством каскада электростанций на р.Нива (НиваГЭС-2) и медно-никелевого рудника в Монче-тундре.

К 1936 г. хибинскую апатитовую продукцию импортируют уже 15 стран, главным образом Бельгия, Германия, Италия, Франция, Польша и США. В 1931 г. продано всего 7 тыс. т, в 1932 г. — 74 тыс. т руды и 28,4 тыс. т апатитового концентрата, в 1933 г. — 203 и 104,5, в 1934 г. — 205,5 и 232,5, в 1935 г. — 147 и 235,2, в 1936 г. — 133,4 и 396,8 тыс. т соответственно [17]. «Сырая» руда последовательно вытесняется апатитовым концентратом со средним содержанием  $\text{P}_2\text{O}_5$  39,5%.

### Апатит, нефелин и наука

2 октября 1930 г. общее собрание АН СССР создало пять геологических институтов, в том числе геохимический (на базе геохимической лаборатории Минералогического музея АН СССР и отдела полезных ископаемых КЕПС) и минералогический (на базе Минералогического музея АН СССР), объединенные 6 октября 1932 г. в Институт геохимии, минералогии и кристаллографии им.М.В.Ломоносова. Его директором стал Ферсман. Для более тесной связи с апатитовыми разработками 19 июля 1930 г. была организо-





Штаб «Науки», разрабатывавший геологическую стратегию битвы за апатит.

Вверху — В.И.Кондриков (в центре, в белой рубашке) и его жена И.Л.Тартаковская на открытии Хибинской исследовательской горной станции АН СССР у оз.Малый Вудъявр. Июль 1930 г. [15].

Внизу слева — второе здание Кольской базы («Тиетта»). Осень 1930 г.

Внизу справа — здание Кольского филиала АН СССР в пос.Кукисвумчорр. 1950 г. [15].



вана стационарная Хибинская исследовательская горная станция — ХИГС АН СССР, на берегу оз.Малый Вудъявр, с прекрасной химической лабораторией для анализа редких минералов и пород. В 1930 г. на ней работало шесть геологических и 11 минералогических отрядов, в 1931 г. — девять геологических и четыре минералогических и в 1933 г. — девять геологических и два минералогических отряда. В 1934 г. она была преобразована в Кольскую базу АН СССР им.Кирова, отряды которой работали уже по всему Кольскому п-ову. Здесь круглогодично работали с семьями Лабунцов, Костылева, Борнеман-Старынкевич, а также Б.Н.Мелентьев, В.С.Быкова, Г.А.Бурова, М.И.Волкова, А.С.Тереховко, З.М.Гилева, В.Х.Дараган и др.

В первую очередь, конечно, определялся химический состав апатита и нефелина, минеральный состав апатитонефе-

линовых пород, возможности комплексного их использования [14]. Руда на Хибинских месторождениях варьирует от богатой до бедной. И желательно экспортируемые партии составлять таким образом, чтобы содержание  $P_2O_5$  в них было стандартизировано — 30.2% в типовой пробе.

Хибинский фторапатит представлен редкоземельно-стронциевой разновидностью, и хотя содержание REE и Sr невелико, эти компоненты представляют самостоятельную ценность. Нефелин в начале хибинской эпопеи рассматривался как удобрение — источник калия. Он легко разлагается и, кроме того, нейтрализует кислые торфяные почвы, что как раз и необходимо в условиях Севера. Но нефелин содержит также 30%  $Al_2O_3$  и представляет собой ценнейшее сырье для производства глинозема и металлического алюминия. Совре-

менная технология предусматривает предварительный отжиг нефелина при высокой температуре с карбонатом кальция, но известняки на Кольском п-ове, к сожалению, отсутствуют, и фантастические по объему, сконцентрированные массы нефелина, уже дробленого (продукт флотации апатита), ждут «своего часа». В мае 1939 г. в Кировске вошла в строй нефелиновая фабрика, и из пробной партии на Волховском заводе была выполнена медаль из хибинского нефелина, экспонировавшаяся на Международной промышленной выставке в Нью-Йорке. Кроме того, нефелин в микроколичествах содержит галлий и редкие щелочи — литий, рубидий, цезий, которые сейчас также извлекают. Могут быть пущены в дело и сопутствующие минералы апатитонефелиновых руд: сфен — как источник титана и ниобия, пироксен — как источник ванадия.



В 1949 г. Кольскую базу АН СССР реорганизовали в Кольский филиал АН СССР, а в 1988 г. — в Кольский научный центр АН СССР. После Ферсмана ею руководили академики Д.С.Белянкин (1945—1949) и А.В.Сидоренко (1950—1970), а затем Г.И.Горбунов и В.Т.Калинников.

### Семьдесят пять лет спустя

Сейчас трест «Апатит» — это Объединенное акционерное общество «Апатит». Ему уже более 75 лет. Его историю можно проследить в цифрах (см. табл.).

Никакого «застоя» в развитии предприятия «Апатит» не видно и невооруженным глазом. К концу 80-х годов ежегодная добыча руды достигла 60 млн т, а производство апатитового концентрата — 20 млн т. Реальной была перспектива довести его до 22 млн т, несмотря на постоянную тенденцию вовлечения в разработку все более и более бедных руд. Очевидно, что «кризис» социалистического планирования в стране, о котором день и ночь вещали с телеэкранов, был вызван не порочностью системы планирования, а бездарностью тогдашних руководителей страны.



Современное здание Президиума Кольского научного центра РАН в г.Апатиты.

События начала 90-х годов поставили «Апатит» на грань катастрофы. Прекратилось государственное финансирование. Производство концентрата в 1994 г. упало до 6 млн т. Реально встал вопрос о дальнейшем существовании предприятия. Только к 1996/97 гг. удалось стабилизировать ситуацию. Было организовано ОАО «Апатит», вошедшее с 2002 г. в состав производственной компании «ФосАгро». Сюда вошли также основные потребители апатитового концентрата — российские заводы (череповецкий «Аmmo-

фос», «Балаковские минудобрения» и «Воскресенские минудобрения»), а также НИУИФ им.Я.В.Самойлова. Производство концентрата поднялось с 6 млн т до оптимального в настоящих условиях уровня — 8.5—9.0 млн т, возобновилась его продажа за границу, и доля перевозок по Мурманскому участку Октябрьской железной дороги и через Мурманский порт достигла 40% [15].

В настоящее время ОАО «Апатит» представляет собой современный горно-химический комплекс, в состав которого

**Таблица**

**Динамика объемов добычи и переработки руды предприятия «Апатит» [17, 18]**

Год	Апатито-нефелиновая руда, млн т	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	Апатитовый концентрат, млн т	Нефелиновый концентрат, млн т
1930	0.250	32.30	—	—
1931	0.416	28.00	0.0184	—
1932	0.385	29.06	0.1565	—
1933	0.687	29.13	0.2134	—
1934	1.136	25.97	0.3828	—
1935	1.555	26.15	0.7701	—
1936	2.000	25.51	1.050	—
1940	1.8	25.01	1.1	—
1950	2.9	23.45	1.5	0.1
1955	5.3	21.53	2.6	0.2
1960	8.5	19.51	3.8	0.6
1965	19.8	17.62	7.5	1.1
1970	27.2	17.57	11.3	1.3
1975	38.1	17.07	15.8	1.5
1980	46.5	16.22	17.1	1.6
1985	53.9	15.78	19.1	1.6

го входит четыре рудника (Кировский, Расвумчорр, Центральный, Восточный) и две обогатительные фабрики АНОФ-2 и АНОФ-3 (АНОФ-2 введена в строй в середине 60-х годов и до сих пор является крупнейшей обогатительной фабрикой в Европе). Объединение расположено на территории 13,6 тыс. га, и на нем трудится 13500 человек. К настоящему времени в Хибинах разведаны десять месторождений апатитонефелиновых руд, из которых эксплуатируются шесть первых. Пройдено более 2000 км горных выработок, извлечено 560 млн м<sup>3</sup> вскрыши, добыто более 3 млрд т горной массы. Во всем мире насчитывается лишь несколько предприятий с такими объемами горных работ. За 75 лет работы ОАО «Апатит» из недр извлечено 1,5 млрд т руды, из которой выработано более 550 млн т апатитового и 55 млн т

нефелинового концентрата. Суммарные балансовые запасы апатитонефелиновых руд составляют 3,5 млрд т, в том числе 1,4 млрд т — государственный резерв.

### Вместо заключения

Как писал пролетарский поэт: «Пусть нам общим памятником будет построенный в боях социализм». Только астрологи могут предсказывать, как сложится дальнейшая судьба нашей страны. Но вечно под Полярной звездой, залитые электрическим светом, будут стоять рожденные социализмом города — Кировск, Апатиты, Мончегорск, Полярные Зори. Этому есть все экономические обоснования, опирающиеся на открытые здесь советскими геологами богатейшие месторождения комплексных полезных ископае-

мых. И вечная память их инициаторам, создателям, всем тем, кто вольно или невольно принимал участие в освоении Кольского Севера.

Многострадальная практика далеко обогнала теорию. А нужна ли тогда теория? Нужна. Без нее невозможно объяснить, как же могли образоваться столь необычные в природе руды и грандиозные их масштабы, и закономерности их нахождения, залегания в породах Хибинского массива, и перспективы поиска новых «слепых» их залежей. Это невозможно без хорошей теории, на чем неоднократно настаивал Ферсман, без постоянного ее совершенствования, без прогресса в минералогических, геохимических, петрологических и геологических исследованиях — и вообще, и конкретно в Хибинском массиве. Но об этом в следующей статье. ■

### Литература

1. *Sederholm J.J.* Wilhelm Ramsay. Minnestal vid Pinska vetenskaps-societetens arshogtid den 29 April 1928. Helsingfors, 1928.
2. *Borutzky B.Ye.* // World of Stones. 1995. №5—6. P.61.
3. Эпоха Хибин // Живая Арктика — историко-краеведческий альманах. 2001. №1 (21). С.1—99.
4. Минералогия во всем пространстве сего слова // Тр. Ферсмановской научной сессии Кольского отделения Российского минералогического общества, посвященной 140-летию со дня рождения В.Рамзая. Апатиты, 2005.
5. *Ramsay W., Hackman V.* // Fennia. 1894. Bd.11. №2. S.1—225.
6. *Куплетский Б.М.* К петрографии Хибинских тундр. 4. Породы Восточного Умптека // Тр. Минералогического музея АН СССР. 1926. Т.1. С.83—166.
7. Неизвестный Ферсман. М., 2003.
8. *Ферсман А.Е.* // Вестник АН СССР. 1940. №4—5. С.64—73.
9. *Разгон Л.Э.* Зримое знание. М., 1983.
10. Хибинские и Ловозерские тундры. Т.1 Маршруты // Тр. Научно-исслед. Ин-та по изучению Севера (бывш. Северная научно-промысловая экспедиция). М., 1925. Вып.29.
11. *Каменев Е.* Вперед, за камнем // Хибинский Вестник. 2001. 18 июля.
12. *Лабунцов А.Н.* Поисково-разведочные работы по апатиту в Хибинских тундрах — краткая история исследований, кончая 1929 г. // Хибинские апатиты. 1930. С.28—38.
13. Хибинский массив (Очерк научных результатов экспедиций в Хибинские и Ловозерские тундры 1920—21 и 1922 гг.) / Ред. А.Е.Ферсман // Тр. Сев. научно-промысловой экспедиции. Вып.16. Москва; Петроград. 1923.
14. *Макарова Е.И.* От Тьетты — к Кольской базе АН СССР: История организации геологического отдела по архивным документам // Минералогия во всем пространстве сего слова. Тр. 3-й Ферсмановской научной сессии Кольского отделения Российского минералогического общества. Апатиты, 2006. С.27—30.
15. *Пеков И.В., Подлесный А.С.* Минералогия Кукисвумчоррского месторождения (щелочные пегматиты и гидротермалиты) // Минералогический альманах. Вып.7. М., 2004.
16. *Ферсман А.Е.* // Химия и хозяйство. 1929. №2—3. С.10—22.
17. Минералы Хибинских и Ловозерских тундр / Ред. А.Е.Ферсман, Н.А.Смолянинов, Э.М.Бонштедт. М.; Л., 1937.
18. Поиски, разведка и геолого-промышленная оценка апатитовых месторождений Хибинского типа / Работа подготовлена Е.А.Каменевым. Л., 1987.

# СЕВЕРНЫЕ МАРШРУТЫ АННЫ СУШКИНОЙ



Анна Петровна Сушкина. 1950 г.

В научной среде Анну Петровну Сушкину помнят многие, хотя она никогда не занимала важных должностей, получила лишь степень кандидата биологических наук. Ее столетие как участницы знаменитой Челюскинской эпопеи недавно отмечали в Отделении географии полярных стран Московского центра Русского географического общества. В докладе, подготовленном родными Сушкиной, открываются многогранность ее талантов и неизвестные черты этой необычной личности. О них рассказывает дочь Сушкиной — Анна Дмитриевна Виталь, а также сама Анна Петровна Сушкина, очерк которой о событиях 1932 г. мы приводим в этом номере.

## Неисправимый романтик

А.Д.Виталь

*Беломорская биологическая станция им.Н.Я.Перцова биологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова*

**М**оя мать, Анна Петровна Сушкина, которой 4 марта 2007 г. исполнилось бы 100 лет, была неисправимым романтиком. Гидробиолог, участница Челюскинской эпопеи, страстный любитель природы, натуралист широкого профиля и поборник охраны природы, она до глубины души полюбила Север и связала с ним всю свою жизнь.

© Виталь А.Д., 2008

### В биологической среде

Ее отец — известный академик Петр Петрович Сушкин, орнитолог и палеонтолог, сравнительный анатом, один из организаторов Московского палеонтологического музея. Мать, Анна Ивановна, окончила Высшие женские курсы и работала на Звенигородской биостанции МГУ. Когда Ане (Асе, как звали дома всех Анн в нашей семье) было три года, ее мать разошлась

с Сушкиным и вышла замуж за его ученика, профессора Сергея Сергеевича Четверикова, известного генетика и энтомолога, репрессированного в 1929 г. и вторично во времена Т.Д.Лысенко. С детства Четвериков прививал своей приемной дочери любовь к природе и глубокие биологические знания.

Значительный период детства и отрочества Анна жила с родителями на подмосковной учебной базе биологического





Академик П.П.Сушкин. 1903 г.

факультета МГУ — Звенигородской биологической станции, где вращалась в среде биологов — студентов, преподавателей и профессоров, училась познавать и любить природу. Росла, как мальчишка, в куклы не играла, вместо них были звери. В 12 лет ей подарили настоящее ружье и однажды, по-детски поссорившись из-за чего-то с родителями, она забрала ружье, нож, топорик и спички и ушла на неделю жить в лес, добывая мелких зверей и птиц и питаясь травами, в которых тоже неплохо разбиралась.

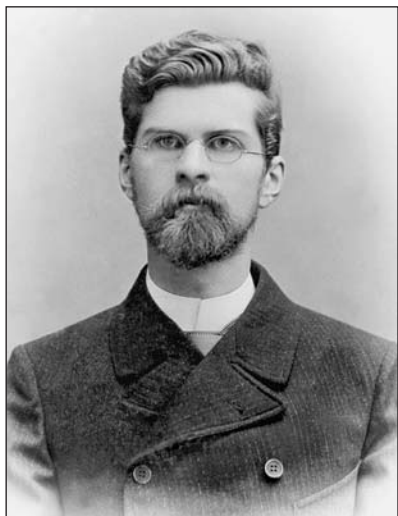
Учеба давалась ей легко, сначала в частной школе, а с 1922 г. — в Опытно-показательной школе им.В.Г.Короленко, которую окончила с блеском и сразу получила «путевку» для поступления без экзаменов на биологическое отделение физико-математического факультета (ныне биологический факультет) МГУ. Кроме того, она неплохо рисовала, и ей пришлось приглашение на учебу в студию художника Юона. Но родители твердо решили направить Асю по биологической линии и скрыли его. Мама рассказывала мне, что пришла в университет подготовленной не только в научном плане. Дело в том, что ее

звенигородские друзья из студенческой среды изобразили в лицах некоторых профессоров биофака, не называя фамилий. Особенно, видимо, старался Колюша Тимофеев-Ресовский. Она должна была их узнавать постепенно, но узнавала сразу и с трудом сдерживалась от смеха. Зоологию беспозвоночных читал профессор Г.А.Кожевников, солидный мужчина с внушительным брюшком и гнусавым голосом. Когда он объяснял студентам устройство микроскопа, то закладывая весь комплект его окуляров между пальцами обеих рук, располагал эти руки на своем брюшке, ходил по рядам и каждому студенту тыкал в лицо это свое «сооружение», гнусаво повторяя: «Окуляры, окуляры!». Тогда у каждого профессора были помощники — служители (сейчас мы бы сказали — лаборанты). У Кожевникова были двое: Фрол и Марфа. Когда они бывали ему нужны, он высовывался в дверь и очень громко гнусаво зывал: «Фрол!» или «Марфа!». А этажом ниже читал зоологию позвоночных профессор М.А.Мензбир: «Мышь ползает, цепляясь когтями за шероховатости коры». Голос его был спокойным и размеренным. Если он слышал громкий клич Кожевникова, то тихо говорил своему служителю Феликсу: «Феликс, закрой дверь, там *кто-то* безобразно кричит». Такие мелкие юмористические черты подмечали студенты и у других профессоров, однако это несколько не роняло их в глазах студентов.

Из учащихся в то время и проходящих практику в Звенигороде была замечательная плеяда известных впоследствии генетиков: Б.Л.Астауров, Е.И.Балкашина, С.М.Гершензон, А.Н.Промптов, П.Ф.Рокицкий, Д.Д.Ромашов, Е.А.Тимофеева-Ресовская (ур. Фидлер), Н.В.Тимофеев-Ресовский, С.Р.Царапкин. Обладая недюжинными способностями, Анна Петровна интересовалась в университете многими предметами и сама выби-

рала себе профессоров, которых ей интересно было слушать, — тогда это было возможно. Так, математику она слушала с математиками, серьезно занималась и генетикой, в чем, вероятно, была заслуга Четверикова. Но больше всего она любила дикую природу, с детства бредила путешествиями и романтикой дальних дорог. Была воспитана на «Песни о Гайавате» Лонгфелло, которую часто замечательно читал вслух Четвериков. Она мечтала стать охотоведом, чтобы работа ее была связана с дикой природой и разъездами. Увлеченно слушала лекции П.П.Мантейфеля. Была очень спортивная: хорошо плавала, каталась на коньках, лыжах, велосипеде, занималась верховой ездой. В зрелом возрасте освоила вождение мотоцикла и автомобиля. После возвращения из Челюскинской эпопеи она занималась в летно-спортивной школе в г.Энгельсе.

Студенческая практика на Звенигородской биостанции, помимо серьезных занятий, в свободное время превращалась иногда в бесшабашные молодежные выходки. Приехал как-то на биостанцию известный американский генетик Г.Меллер с женой. Его поселили в один из домиков биостанции. А неутомимые студенческие заводилы Ася Сушкина и Колюша Тимофеев-Ресовский уже задумали проказу: «Давайте поставим под окна американцу огородное чучело». Решили перенести его ночью. Ночь была лунная. Когда почти добрались до нужных окон, напротив сидела какая-то влюбленная парочка и мешала довести дело до конца. Ася с Колюшей вместе с чучелом залегли в ближайшую канаву. А парочка все не уходила. Наконец, нашим героям надоело валяться в канаве, и они решили напугать парочку — стали издавать какие-то хрюкающие звуки. В конце концов парочка ушла, и они приступили к делу. Воткнули чучело и повесили на него табличку с надписью:



С.С.Четвериков.



А.И.Сушкина-Четверикова с дочкой.



Асе Сушкиной 10 лет.

*«Не хочу быть стражем огорода,  
А хочу быть пугалом народа».*

Но как же? Американец ведь не знает русского языка. В то время английский не был в моде, как сейчас. Студенты знали в основном немецкий язык. Перевели для американца эту фразу на немецкий:

*«Ich will nicht mehr im Garten stecken,  
Ich will die ganze Welt erschrecken».*

Наутро преподаватели заметили хулиганство, страшно возмутились и чучело убрали. Но не учли, что Меллер имел привычку вставать рано и совершать утренние прогулки. Он первым обнаружил чучело, прочел немецкую надпись и воспринял ее с юмором. Преподаватели, конечно, догадались, что автором выходки является Аська Сушкина, но перед Меллером стали извиняться: «Такую плоскую шутку придумали наши рабочие». Надо сказать, что в те послереволюционные годы простой народ наш был еще очень безграмотным. И Меллер спросил: «А что, ваши рабочие немецкий язык знают?». Тут произошла конфузная заминка. Жена Меллера потом долго повторяла русское слово «шушелло».

Другое озорство Ася сама не придумывала, а просто так получилось... Она со своей подружкой Олей Черновой повадилась захо-



На Звенигородской биостанции. В центре первого ряда — Ася Сушкина, во втором ряду — А.И.Сушкина и С.С.Четвериков.



В летном шлеме в г.Энгельсе (летно-спортивная школа).



Женщины-челюскинцы с летчиком А.В.Ляпидевским. А.П.Сушкина — вторая слева во втором ряду.



Студенческая практика на Мурманской биостанции. Судно «Персей».

дить в лабораторию своей мамы Анны Ивановны Четвериковой и распевать безобразными голосами какие-то песенки. Это у них называлось «петь под Анну Ивановну». Чтобы выдворить девчонку, Анна Ивановна одаривала их конфетами. Но однажды конфет у нее не было, и, разозлившись, она выкатила на них полное ведро воды. День был жар-

кий, но все-таки разводить сырость в помещении было нехорошо. Тогда по всей биостанции объявили «Праздник водолея». Разрешалось поливать друг друга из любой емкости, но только вне помещений. В игру включились все, даже преподаватели и профессора. Подкарауливали друг друга из-за кустов, из-за домов. Кружка, ведро, самодельный водяной пистолетик из полого стебля дудника — все шло в дело. Кто-то шел от Москвы-реки с планктонной сеткой, в которой была гидробиологическая проба. Его атаковали. Он не пожалел свою пробу, поскольку больше в руках ничего не было.

До конца своих дней мама с большой теплотой вспоминала свое житье-бытье на Звенигородской биостанции. Нередко приезжала туда потом всей семьей — с мужем и тремя детьми. Бродили по окрестным лесам и болотам, вдоль Москвы-реки и ее притока речки Бушарки.

### Первый Север

В студенческие годы после Звенигородской биостанции Анне Петровне посчастливи-

лось попасть на практику на Север. В 1926 г. Четвериков организовал энтомологическую экспедицию в Хибины по речкам Гольцовке, Петрелиусу, Часнайок к перевалу Чорргор. Этот первый Север сразу очаровал своим незаходящим солнышком и суровой, но величественной природой. Недаром в 1961 и 1962 гг. во время своих отпусков она повторила тот же маршрут сначала с семьей, а на следующий год — с ребятами из кружка КЮБЗ и младшим сыном. Лагерь разбивали в том же самом месте, и нашли там эмалированную крышечку от бидона, которую потеряли в 1926 г., очень незначительно поржавевшую.

Потом, в 1927—1928 гг., была практика на Мурманской биологической станции, размещавшейся в г. Александрове (ныне Полярный) в Кольском заливе. На знаменитом учебно-научном судне «Персей» и на военном траулщике N15 Анна Петровна участвовала в нескольких рейсах по Кольскому и Йокангскому меридианам и в Мотовский залив, занимаясь гидробиологией и ихтиологией. Ходила также на охоту и в пешие марш-



руты по тундре в окрестностях Александрова. Однажды, немного задержавшись в маршруте, она уже опаздывала на занятия и побежала бегом напрямик, не разбирая дороги. Вдруг на пути ее возникла вертикальная скальная стенка в несколько метров высотой, которую в спокойном состоянии можно было обойти. Но она уже не могла на бегу остановиться, и ей пришлось прыгать. Перед прыжком она на мгновение заметила, что прямо под стенкой — россыпь довольно крупных камней, а чуть дальше виднелась зеленая площадка с кустарничками и мхами. Она в прыжке попыталась сделать усилие, чтобы допрыгнуть до этой зелени. Но на ногах, конечно, не удержалась и ударилась головой, разбившись в кровь. Однако почти сразу вскочила и побежала дальше. Когда она вошла в лабораторию, однокурсники и преподаватель дружно ахнули, а одна девушка громко вскрикнула от страха. От этого крика Ася потеряла сознание, и ее окровавленную унесли в медпункт. Было, конечно, небольшое сотрясение мозга, но она быстро поправилась и ходила потом в рейсы, некоторое время с повязкой на голове. Несмотря на приключение, она еще больше влюбилась в Север и с этого времени буквально «заболела» им и пронесла эту любовь через всю свою жизнь.

Были и другие, южные пункты ее студенческих практик, в числе которых первая самостоятельная работа без руководителя по изучению биологии баклана как вредителя рыбного хозяйства в Астраханском государственном заповеднике в течение двух лет (1929—1930). По итогам работы была написана статья, на которую потом неоднократно ссылались известные орнитологи.

В 1929 г., еще до окончания университета, Анна Петровна устроилась на работу лаборантом в Центральный научный институт рыбного хозяйства



С матерью и С.С.Четвериковым в Горьком. 1942 г.

(ЦНИРХ). Участвовала в качестве гидробиолога и ботаника в комплексных рыбохозяйственных исследованиях озер Среднего Урала под руководством Н.Н.Липиной. Затем были командировки в окрестности Тобольска, зимовка в Остяко-Вогульской области (ныне Ханты-Мансийский национальный округ), где она фактически действовала в одиночку. Во всех поездках попутно она собирала материал по орнитологии, энтомологии и этнографии.

Итак, в университете она проучилась с 1925 по 1930 г. Ее студенческой мечте об охотоведении не суждено было осуществиться, так как в те годы много экспериментировали в делах экономических и, соответственно, вузовские программы тоже часто менялись. Вместо охотоведов стране понадобились сначала пушные товары, а затем ихтиологи. В мамином дипломе значится специальность «ихтиолог». Но фактически всю жизнь она работала гидробиологом, изучая кормовую базу рыб. Она свободно владела немецким, английским

и французским языками и, конечно же, латынью. В 1931 г. ее переводят на должность младшего научного сотрудника, а в 1932 г. избирают действительным членом Всесоюзного географического общества.

В 1932 г. Анна Петровна работала в Северной сельдяной экспедиции ЦНИРХа в селе Долгощелье Мезенского района Архангельской области. Тогда готовилась экспедиция О.Ю.Шмидта на пароходе «Челюскин» с целью прохода Северного морского пути в одну навигацию. Анна Петровна в качестве гидробиолога уже была включена в группу зимовщиков, направлявшихся с этим пароходом на остров Врангеля. Но из ЦНИРХа ее никак не хотели отпускать, и ей приходилось бегать на лыжах из Долгощелья (поскольку там не было почты) в г.Мезень, чтобы отправлять телеграммы. Получать отказ и снова просить. А расстояние там — около 40 км. Здесь мы пока поставим точку, поскольку в нашем семейном архиве я обнаружила рукопись маминого рассказа о том, как она все же добилась своего.



А.П.Сушкина за работой, с.Карьеполье на р.Кулой. 1980 г.

## На «Челюскине» и других судах

На «Челюскин» она все-таки попала. После своего приключения она уже чувствовала себя опытным полярником. Никакие заботы, тяготы и лишения экспедиционного быта ее нисколько не пугали. Напротив, будучи романтиком до мозга костей, она была в восторге от всех этих забот от первого до последнего дня этой эпопеи и вместе с другими женщинами-участницами похода горячо протестовала против того, чтобы их первыми вывозили на самолете с льдины. Но доводы Шмидта и капитана Воронина о том, что «на нас смотрит весь мир, и хо-роши же мы будем, если женщин оставим, а сами, мужики, уле-

тим», убедили женщин. Пришлось им покинуть льдину первыми. За Челюскинскую эпопею Анна Петровна Сушкина, как и все участники, была награждена орденом Красной Звезды. По всей стране разъехались челюскинцы, выступая с докладами и лекциями в воинских частях и на предприятиях. Маму направили с лекциями в Приволжский и Северо-Кавказский военные округа.

В 1935 г. Анна Петровна поступила на работу во Всесоюзный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), в лабораторию гидробиологии, где с перерывами на военные годы и с 1952 по 1959 г. проработала почти всю жизнь вплоть до 1962 г., до выхода на пенсию.

В 1939 г. она защитила диссертацию, получив степень кандидата биологических наук и должность старшего научного сотрудника. Вела большую общественную работу. Постоянно сотрудничала в редколлегии институтской стенгазеты, помещая в нее свои рисунки, карикатуры и стихи.

В апреле 1959 г. в рамках Международного геофизического года Анна Петровна участвовала в походе военно-гидрографического судна «Створ» в Северную Атлантику, собирая материал по динамике биомассы и биологии планктона Северной Атлантики, в частности рачка калянуса (*Calanus finmarchicus*). Интересен эпизод в самом начале рейса, когда корабль только вышел в открытое море. Команда была молодая, много курсантов военно-морского училища. Их раздражало, что с ними в рейс пошла женщина предпенсионного возраста — «старуха». И они решили устроить ей экзамен. Когда она спросила, где ее вещи, ее научное оборудование, что пора, мол, начинать работу, ей сказали — они в трюме. Путь туда был через люк на палубе, трапа туда не было, а высота с человеческий рост. Все свободные от вахты матросы, курсанты и старшины нахально собрались вокруг этого люка на зрелище. Анна Петровна на глазах у этой толпы бесстрашно прыгнула в люк, нашла там свой багаж, разобралась с ним и также на глазах у толпы благополучно «выпорхнула» обратно, хотя сделать ей это было нелегко. После этого она обрела всеобщее уважение, никто больше не сомневался в ее способностях, и в течение всего рейса курсанты ей помогали, особенно в тяжелой работе с лебедкой.

Но открытое море без берегов ее угнетало. Оживлялась она только тогда, когда подходили к норвежскому острову Ян-Майен и к берегам Исландии. Там она фотографировала и делала зарисовки. Даже стихотворение сочинила:

В Северной Атлантике  
Никакой романтики:  
Там кругом одна вода,  
Скука смертная — беда!

Нет! Лесная лужа,  
На мой взгляд, не хуже.  
В тихом сумраке лесном  
Отразился лес стеной...

Тем мне лужа дорога,  
Что имеет берега.  
А без берега вода  
Не годится никуда!

После возвращения из рейса Анна Петровна наряду с остальными участниками была награждена значком «За дальний поход». Она разгадала причины ежесуточной вертикальной миграции рачка калянуса в толще воды — загадку, над которой бились многие гидробиологи во всем мире. На ее статьи об этом откликнулась даже английская Плимутская биологическая станция. После этого похода она еще два года (1960—1961) занималась калянусом на Беломорской биологической станции МГУ (близ железнодорожной станции Пояконда в Кандалакшском заливе Белого моря).

И работа по калянусу, и богатый научный материал по другим темам могли бы лечь в основу ее докторской диссертации. Но это означало, что ей пришлось бы еще целый ряд лет работать — «вкалывать» на научном поприще. А она хотела уйти и с головой окунуться в свою любимую тайгу, тундру или горы, тем более, что в 1962 г. подошел ее пенсионный возраст. Директор ВНИРО ни за что не хотел отпускать ее и три раза рвал ее заявление об уходе. Но она все-таки ушла, так как не любила свою специальность гидробиолога из-за работы на воде.

### Путешествия по собственному выбору

Остаток жизни она посвятила любимым путешествиям. Через знакомых геологов и биоло-



С дочерью Анной Дмитриевной на БС. 1988 г.



На праздновании 50-летия ББС с Н.Л.Семеновым и М.Е.Виноградовым.

гов она устраивалась в разные экспедиции, куда ей интересно было поехать. Начальник одной из геологических партий не хотел брать на полевые работы пенсионерку, несмотря на рекомендацию знакомого геолога. Тогда Анна Петровна подкатила на мотоцикле под окна этого начальника и добилась своего. Часто в экспедиционные поездки она ездила вместе со своим мужем, который тоже вскоре вышел на пенсию. Позже по командировкам Московского об-

щества испытателей природы (МОИП) она с мужем — Дмитрием Аполлоновичем Виталем — посетила почти все заповедники нашей страны (в границах бывшего СССР) от севера до юга и от запада до востока. Всего после выхода на заслуженный отдых она побывала более чем в 35 экспедиционных поездках, нередко совершая за один год две или даже три поездки в разные места. Нередко она устраивалась в экспедиции и ко мне — геоботанику.





С мужем Д.А.Виталем.

Особенно «загорелась» она, когда узнала, что я буду обследовать луга в бассейне р.Кулой и в Мезенской губе и буду в Долгощелье. — «Долгощелье! Это же моя молодость! Отсюда я вырвалась, чтобы попасть на “Челюскин”».

Прибыв на место, мама сразу стала искать дом старушки, у которой останавливалась в 1932 г. Но сначала не могла найти, спрашивала у местных жителей, но ответа не получала. Тогда она обратилась к председателю колхоза, чтобы в сельском клубе устроить собрание. Там она рассказала о своем первом «ледовом крещении». На другой день к нам пришла пожилая женщина — дочь той самой старушки-хозяйки, у которой проживала мама. — «Милая, ты ведь у нас стояла». Еще через день пришла другая женщина — тоже дочь того мужика, который помог ей вытащить лодку и рыболовные сети: — «Мой тата тебя спасал». Какие теплые это были встречи! Объятья, слезы... Потом, уже будучи в Москве, мама долго переписывалась с этими женщинами.

В Долгощелье мы наняли лодку и обследовали окрестные луга. Потом спустились к Мезенскому заливу, к устью маленькой речки Хорьговки. Между ней и Кулоем в море вдается высокий и узкий мыс Хорьговский. Именно с него показали Анне Петровне рыбаки

в 1932 году путь, не предполагая, что он сложится так неудачно. Теперь же, в 1980 г., современные рабочие колхоза занимались здесь заготовкой сена с приморских лугов. Они сказали нам, что на вершине мыса построена маленькая часовенка, в честь спасшихся из отнosa\*. Мы пошли туда. Действительно — совсем маленькая избушечка, величиной с туристскую палатку. Залезть в нее можно было только на четвереньках. Внутри на полочке много маленьких иконок и зажжено много свечек, еще монетки лежат. Мужики сказали маме, чтобы она тоже зажгла свечку и положила денежку, поскольку она тоже спаслась из отнosa. Она исполнила.

\* «Относ» — поморское слово, означающее, что людей льдами унесло в открытое море, некоторым удавалось вернуться. — А.В.

Из всех поездок мои отец и мать привозили живые дикие декоративные растения и устроили на своем подмосковном участке маленький ботанический сад, где акклиматизировали растения из различных климатических зон. В саду есть альпийская горка, прудик-озеро, участки тайги, тундры, Средней Азии, Дальнего Востока. Квартира же их превратилась в музей природы. Здесь можно увидеть различные минералы, причудливые коряги, рога (северного оленя, лося), декоративные коллекции морских животных. Многие полки книжных шкафов занимают альбомы с фотографиями (в основном многочисленных экспедиций и поездок). Десятки коробок слайдов, большая библиотека. Из Средней Азии привезли в мокром виде крупное зонтичное растение



В экспедиции.

ферулу. Дома ее расправили и высушили объемно, в натуральную величину. С Белого моря, также в мокром виде, привезли морскую капусту-ламинарию. Ее тоже расправили и высушили на листе картона.

В промежутках между поездками у Анны Петровны на пенсии абсолютно не было свободного времени. Если позволяла погода, она не прекращала походы по Подмосковию, летом пешие или на велосипеде, зимой — на лыжах, конечно, с мужем или с детьми. Кроме того, занималась на стадионе в физкультурной группе, посещала бассейн, каток, занятия ритмопластикой. Вместе с мужем она занималась в Народной студии изобразительного и декоративно-прикладного искусства Московского дома ученых АН СССР (рисование, резьба по дереву и кости, лепка из пластилина и глины фигурок животных, роспись фарфоровых изделий, создание изящных брошек из перламутровых пуговиц). Также она занималась в фотостудии Дома ученых, где неоднократно устраивались ее персональные фото-выставки. В квартире хранится целая серия фигурок животных, много пейзажей, выполненных маслом, пастелью и акварелью.

В 1980 г. был построен научно-исследовательский ледокол «Отто Шмидт», приписанный к Мурманскому пароходству. К этому времени Анна Петровна закончила работу над бюстом Отто Юльевича и в том же году ездила в Мурманск для передачи его команде корабля. Копию бюста она передала в дар музею Шмидта в г. Могилеве. Еще к столетию со дня его рождения она работала над его барельефом, который хотела вырезать из дерева, но, к сожалению, успела сделать только макет в пластилине. В 1991 г. дети Сушкиной заказали гипсовую копию с макета и преподнесли ее в дар музею.

В 1984 г. в ознаменование 50-летия Челюскинской эпопеи Географическое общество организовало для оставшихся челю-

скинцев вместе с их мужьями и женами круиз вокруг Чукотки. В том же году Полярная комиссия общества избрала Анну Петровну Почетным полярником. Позже, когда она оформила персональную пенсию, то в шутку говорила о себе: «Я теперь ПО-ПО и ПЕ-ПЕ», т.е. Почетный полярник и Персональный пенсионер.

После смерти отца в 1988 г. мама больше не ездила в дальние экспедиции, но несколько раз навещалась ко мне на Беломорскую биостанцию МГУ. В том же году приезжала дважды: весной — покататься на лыжах и летом — на 50-летний юбилей биостанции. Когда на этом юбилее устроили субботник в память о директоре биостанции Николае Андреевиче Перцове, Анна Петровна удивила всех, пожелав участвовать в земляных работах по устройству водоотводной канавы. В Москве она продолжала еще ходить в бассейн, заниматься ритмопластикой, работать на подмосковном садовом участке, иногда каталась на лыжах, выступала с докладами в секциях МОИП и Географического общества.

Почувствовав приближение конца, она рванулась к дочери на Белое море. Это было в сентябре. «Буйствовала» золотая осень — красивейшее время в здешних местах. Природа щедро раздавала свои дары. Было много грибов. Пospела брусника. Ночи уже стали темными, и стало возможно наблюдать северное сияние. А в море светились микроорганизмы — если чем-нибудь провести по воде, вспыхивал сверкающий голубоватый след. Мама очень хорошо знала все эти северные красоты, поэтому отчаянно стремилась вобрать их все в себя, буквально «надышаться» перед смертью». У нее кружилась голова, и прыгало давление, но она упорно всюду ходила, все хотела посмотреть. Северных сияний она видела великое множество на своем веку, но если вечером я говорила: «Мам! Там сияет», она

моментально выскакивала из дома. Ходили вечером на причал с палкой и шевелили воду. Мама руками ловила голубые искры и хотела дома рассмотреть, какие животные там светятся. Однажды решили пойти вдоль берега к живописным обрывам черных скал, называемым Черными Щелями. В отлив под ними спокойно можно пройти. Но был прилив, и пришлось идти верхней тропой над этими скалами. Я придерживала маму, у нее кружилась голова, но она все равно пожелала пройти этим путем. Потом спустились к воде, осмотрели место их лагеря (ее, папы и двух моих братьев) в 1961 г. Там все сильно заросло мелколесьем. Обрат-но она не захотела идти над отвесными скалами, а решила подниматься по очень крутому каменистому склону, поросшему частым лесом. Пока лезли, она и говорит: «Ну, где ты еще видела старуху в 83 года, чтобы так карабкалась по кручам?». Вылезли на трассу ЛЭП и по дороге вернулись на биостанцию. В другой раз хотели подняться на гору над биостанцией и собрать немного брусники. Туда было два пути: один начинался почти от нашего дома вдоль просеки вверх по очень крутому склону, второй — по более пологой, но более длинной дороге. Мама выбрала первый путь. Поднимались очень медленно, с частыми передышками, на вершине долго отдыхали. Наверху собирали бруснику. Возвращались тем же путем.

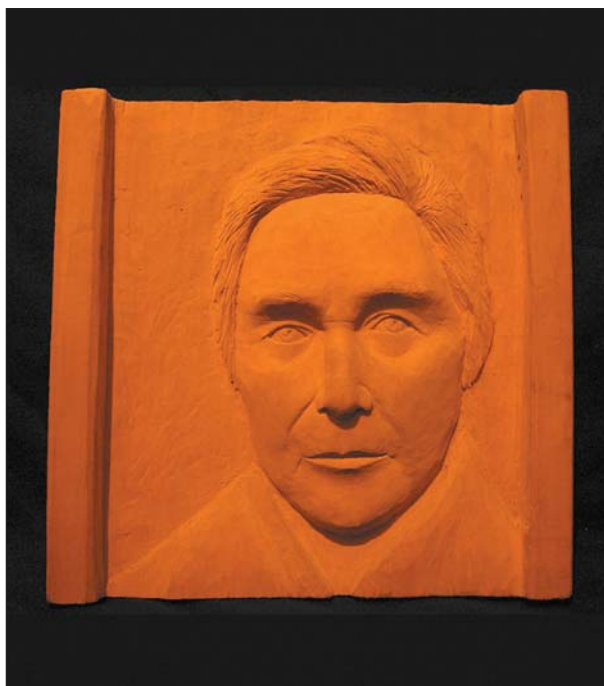
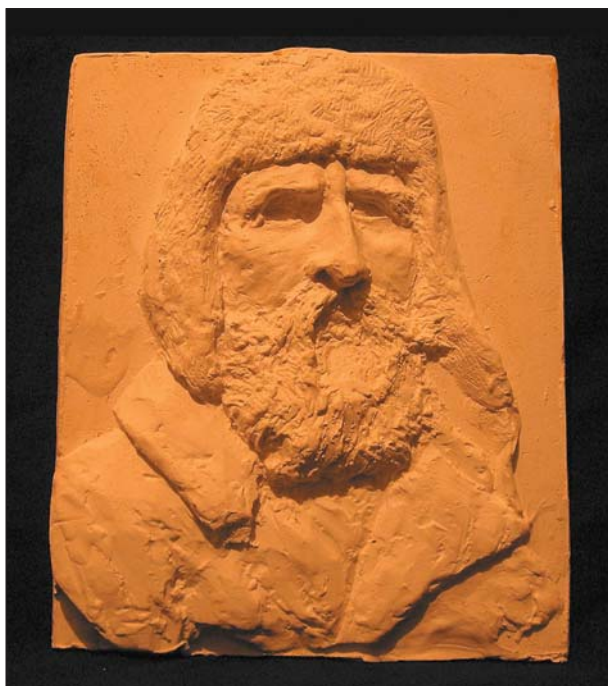
Уезжала она от меня в конце сентября, так как на 2 октября был назначен ее доклад в МОИПе. А через 11 дней мама скончалась в Москве, но осталась в нашей памяти молодой, энергичной, неисправимым романтиком. Предоставляю слово самой Анне Петровне Сушкиной. Этот рассказ о событиях, произошедших в 1932 г., написан скорее всего в конце 70-х — начале 80-х годов. Рукопись названа ею «Как я попадала на “Челюскин”».





Рисунки, сделанные А.П.Сушкиной в ботанических экспедициях А.Д.Виталь 80-х годов: 1 — валериана головчатая, 2 — лаготис маленький, 3 — мелкопестник пушистоголовый, 4 — астрагал холодный.





Работы А.П.Сушкиной разных лет: барельефы «О.Ю.Шмидт» и «Автопортрет»; «Черт на мотоцикле» и «Сова» (дерево); «Белек» (китовый позвонок); «Волки — дуэт» (глина).

# Моя первая ледовая эпопея\*

Биография современника

А.П.Сушкина

<...> В начале мая, когда уже надо было подумывать об отъезде и сборах на о. Врангеля, начальство Сельдяной экспедиции стало меня задерживать и пришлось несколько раз бегать в Мезень — отправлять телеграмму, получать отказ, и снова посылать всякие доводы... до Мезени 35—40 км, приходилось там ночевать. Пока стоял лыжный путь, это было терпимо, хотя и тоскливо преодолевать огромные белые равнины замерзших болот, пустые от горизонта до горизонта.

Но постепенно начало подтаивать, дорога стала трудно проходимой, да еще вскрылись верховья тундровых речек, в последний раз, переправлялась через воду по срубленной березке, я чуть не испугалась.

А ответ, полученный с оказией, пришел опять неблагоприятный, необходимо было отправить еще одну, отчаянную телеграмму, однако дорога окончательно испортилась. Но тут местные жители, принимавшие горячее участие во всех моих тревожениях, дали хороший совет — плыть по рекам, к этому времени почти очистившимся ото льда. Дело в том, что для Мезенского залива характерна очень высокая амплитуда приливо-отливов. Приливная волна идет по речкам, впадавшим в залив, валом до 1.5 м высотой, и течение поворачивает в обратную сторону: — два раза в сутки реки текут «вспять», километров на 50 от устья. Этим пользуются местные жители, поднимаясь на лодках вверх по реке с приливом и спускаясь с отливом. Так посоветовали и мне рыбаки; сплыть по р.Кулой, на которой стоит Долгоще-

лье, кстати — закинуть сетки в Мезенском заливе, что нужно было для моей работы. Потом рыбаки уйдут домой, а я с приливом по р.Мезень доплыву до Мезени, отправлю телеграмму, с отливом спущусь обратно в залив, а с следующим приливом поднимусь по р.Кулой до Долгощелья — тоже около 35 км.

Сказано-сделано. С началом отлива я с двумя рыбаками, на легкой лодочке-«зверобойке» отправилась вниз по Кулою. Мы взяли две сетки и, почему-то, б весел. Когда я удивилась, зачем столько весел — рыбаки засмеялись: вот как будешь пробираться через лед — увидишь, зачем! Было солнечно, тихо. По глади реки, местами разлившейся широкими плесами, покачивались редкие льдины. Отдельные крупные льдины лежали по отмелям левого берега. Правый берег реки — высокий, обрывистый, местами с выходами древних палеозойских пород, образующих иногда причудливые скалы, большей частью поросший невысоким лесом. Тонкий слой торфа в некоторых местах, подмываемых рекой, свисает над обрывом, как куски толстого мохнатого ковра. Растущие на нем деревья, постепенно сползая и наклоняясь, но еще цепляясь корнями за почву, висят иногда над водой в горизонтальном положении.

Левый берег низкий, местами образующий обширные заливные луга, окаймленные лесом, который иногда подходит к воде гривами высоких, старых лиственниц с причудливыми вершинами. Во время отливов обнажаются широкие, больше километра, отмели, часто каменные, но покрытые густым, вязким илом, по-местному няшей, достигающим мощности

больше метра, практически совершенно непроходимым. Был случай, когда на широкой отмели в такой няше завяз и погиб табун из 14 лошадей, на глазах у людей, которые ничего не могли сделать. Руслу всех речек и ручьев, впадающих в Кулой, также покрыты этой няшей до уровня, куда достает прилив, и во время отлива их невозможно перейти.

Мои спутники дружно взяли за весла, один на распашных, другой на кормовом. Обычно я тоже принимала участие в гребле, но сейчас они мне решительно не дали — еще наматываться до Мезени и обратно.

По мере приближения к морю река разливалась все шире, низкий берег терялся вдаль, перед нами растянулась широкая гладь, покрытая мелкобитым льдом. Вот справа показался высокий Хорьговский мыс, мы вышли в Мезенский залив Белого моря.

Как уговаривались, несколько раз кинули плавные сетки, поймали несколько крупных селедок, которые тут же зафиксировали формалином.

Собрали сетки и сложили их на дно лодки — им придется ехать со мной всю дорогу: не нести же обратно на плечах.

Вот пристали к крутому каменному Хорьговскому мысу, вытащили лодку, и рыбаки повели меня кверху — показывать дорогу. От мыса берег уходит вправо широкой, плоской дугой до следующего, более низкого мыса, за которым в залив впадает р.Мезень, куда мне надо было плыть.

Но не прямо: перед нами в море вдавалась широкая каменная отмель... почти обнажающаяся в отлив. На ней стояли большие высокие льдины —

\* Печатается с сокращениями.

стамухи, а между ними плавали более мелкие льдины разной величины, крутясь в приливотливных течениях. А вдали, километрах в полутора-двух, виднелась темная полоса чистой воды, это фарватер р.Мезени. Вот туда мне и надо проплыть между этим ледяным крошевом, крутящимся на мелководьи, над лудой.

Мы попрощались, я оттолкнулась от берега. Мои товарищи, с разными напутствиями пожелав счастливого плавания, отправились пешком до ближнего рыбацкого стана, а я, немного волнуясь, пустилась в плаванье. Очень скоро я поняла, зачем мне дали 6 весел: пытаясь оттолкнуть мешающую льдину, я сломала весло и воочию убедилась, что под водой находятся 9/10 массы видимой на поверхности льдины. На первых порах я несколько растерялась в этом круговороте — льдины вертелись со всех сторон, то перегораживая путь, то появляясь откуда-то сбоку. Стараясь скорее выбраться на чистую воду, я налегла на весла и вдруг, подняв глаза, увидела, что на меня несется огромная стамуха. Оказывается — это меня захватило быстрое течение и тащило совсем не в ту сторону, куда я направлялась. Едва удалось избежать столкновения, сломала второе весло, нервы были напряжены до предела. Но куда денешься? Я постаралась взять себя в руки и вслух уговаривала быть спокойнее. И дело как будто пошло лучше, я осторожно обходила мешающие льдины и все дальше удалялась от берега.

Но что-то очень долго нет чистой воды. Плыву я уж, вероятно, не один час, уже берег стал узкой полоской, затуманился голубой дымкой, а кругом все лед и лед, который становится все гуще. Решила забраться на ближнюю стамуху, оглядеть окрестности. Подплыла к ледяной горе и, держа в руках причальный трос с кошкой, вскарабкалась на ее вершину. То, что я

увидела, привело меня в полную растерянность: кругом расстилалась бескрайняя белая равнина, ни пятнышка чистой воды, местами обширные сплошные ледяные поля. Между мною и берегом также сплошной лед.

Пока я созерцала все это, слышался шум, здоровая глыба льда свалилась в лодку, раздался треск дерева, и ледяная гора подо мной стала медленно переворачиваться (значит, льдина была уже на плаву, я ушла за пределы отмели). Я бросилась к лодке, оттолкнувшись ногой от переворачивающейся льдины. Она перевернулась, подняв крутую волну, лодка качнулась, черпнула бортом, и я еще не знала, не разбита ли она — такой был треск, и не пойдём ли мы сейчас ко дну. Но море успокоилось, и лодка не собиралась тонуть. Тогда я попыталась выбросить свалившуюся в нее ледяную глыбу, но она была слишком велика и тяжела. Пришлось разрубить ее топором, который был предусмотрительно захвачен с собой, и удалить по частям. Лодка оказалась чуть не до половины залита водой, и я долго вычерпывала ее черпаком, боясь, что появилась течь. Но вода больше не прибывала, а треск был от сломанной деревянной уключины (так называемой кочетки — двух деревянных шпенок, между которыми закладывается весло при гребле), и дополнительно переломанного уже раньше сломанного мною весла. Ну, это еще не так страшно: топор есть, материал для починки — тоже. Из сломанного весла я выстругала нужные палочки, с трудом выбила из борта обломки прежних кочетков, забила новые — и все в порядке. Но пока я возилась со всей этой аварией, ушло много времени. Берег лишь в одном месте виднелся узкой полоской, кругом сплошной лед, нечего было и думать куда-нибудь двигаться. Очевидно, начавшийся отлив уносил меня от берега. А льды, как я потом узнала, нагнал поднывавший северо-западный ветер. Я-то местных ус-

ловий не знала, а мои спутники, молодые ребята, не обратили внимания, и отпустили меня.

Вскоре началось сжатие, лодку мою толкало, борта ее потрескивали.

Я не на шутку испугалась, но неподалеку оказалось большое ледяное поле. Всеми правдами и неправдами я пробилась к нему, чтобы попытаться вытащить лодку на лед. Это оказалось делом невероятно трудным. Хотя это была легкая зверобойка с полозками, приспособленная для перетаскивания по льду, но для одной девчонки это был груз почти непосильный.

Все же после долгой возни, прорубив пологую канаву — «слип», заведя длинный трос за ближайший ледяной выступ, мне удалось втащить ее на край поля.

И вот — передышка после всей этой канители и переживания. Прошло несколько часов после моего отплытия, в сплошном напряжении. Тогда я и не думала о еде, а сейчас почувствовала сильный голод. На дорожку я взяла всего 3 шанежки — до Мезени прямым ходом вполне достаточно, но у рыбаков есть хорошая поговорка: «идешь в море на день — бери припасов на неделю». Сколько времени меня теперь протаскает? Куда и когда удастся выбраться? Надо сказать, я тогда сильно приуныла, даже всплакнула грешным делом. В самом деле: одна-одинешенька среди плавучих льдов, почти без еды и теплой одежды. И никто меня не хватится: в Долгощелье знают, что я ушла в Мезень, это минимум на 3 дня, а в Мезени не знают, что я к ним отправилась и не добралась. Никто не будет искать.

С едой дело обстояло серьезно. Вначале, когда льды были не сплошными, кругом летало много чаек, и ружье у меня было — одностволка «тозовка» 16 калибра. Но сейчас все чайки исчезли. Пойманные селедки заформалинены. Остались три шанежки. Я их разрешила на кусочки, разложила по порциям на корме и установила строгий





В 1932 г. в ненецкой одежде  
(г.Мезень).

рацион, когда можно съесть очередной кусочек.

Что дальше делать?! Я пробовала зажечь костер из сломанных весел, но потом решила и их приберечь на всякий случай. Пробовала петь, плясать, писать дневник — ничего толком не получалось. Прилегла поспать — устала ведь порядком — но холодно. Так я маялась, час за часом, в вынужденном бездействии. Берег пропал, кругом белая льды и льды. Ночи светлые, уже середина мая, чуть посереет кругом — и опять светает.

На который — уж не знаю — час, показалась в дымке земля!.. Но рано обрадовалась: посмотрела по компасу, а она — на северо-западе, в противоположной стороне... неужели о Моржовец?.. Припомнились горькие рассказы о промышленниках, унесенных льдами: увидев Моржовец, они часто навсегда прощались с домом... Но земля не приближалась. Прошло сколько-то времени, и она исчезла, и опять кругом белая пустыня.

Бесконечно тянулось время, но вот — опять показалась земля, и на этот раз с нужной стороны! Я все глаза проглядела, но она если и приближалась, то неизменно медленно. Тогда я поставила себе условие: отвернуться и час не глядеть на эту слабую полоску. А через час она стала заметнее и шире! Еще через час — еще ближе. И вот уж, с невыносимой медленностью, меня явно затягивает в устье Мезени. Миновала уже мыс Хорьговский, ясно видны берега, пятна снега, деревья и кусты. Но дрейф постепенно замедлился и совсем прекратился. Была мысль — столкнуть лодку с ледяного поля и пробиваться к берегу, но все равно в сплошном льду никуда не уйдешь. Я боялась, что кончится прилив или переменится ветер, и меня унесет обратно.

И вдруг — по берегу, со стороны Мезени, идут два человека!

Я закричала — не слышат. Выстрелила, — они заметили меня, подобрали длинные палки и начали пробираться ко мне по льдинам. Еще издали закричала — из-за ветра я едва расслышала: «А у тебя документы есть?». Причем тут документы?! Оказывается, они заподозрили, — не удрала ли я из концлагеря на Соловках! Ближе подошли, но путь им преградила полоса мелкобитого льда. Посовались-посовались, сели и закурили. Потом машут, кричат мне: бросай лодку, давай к нам! Сквозь ветер и скрип льда плохо слышно. Я поднимаю, показываю им сетки, ружье, бидон с селедками. Накунуне, на колхозном собрании, я говорила о том, что надо беречь государственное имущество, а теперь сама загублю ценные фидьдекосовые сетки!

А люди посидели-посидели, зашевелились, поднялись. Я испугалась, что уйдут. Где только взяли силы — поставила в гнездо для мачты весло, повесила на него свою шапку-ушанку, чтобы не потерять лодку во льдах, а сама схватив другое весло, стремительно перепрыгивая по тонущим льдинам, перенеслась к ним. Они даже удивились: ну и девка! А я давай их упрашивать, потом срамить: «Мужики, ну как вам не совестно, если не вынете лодку — я уйду обратно!». И собралась обойти это место по более надежному льду. Но один из них сказал: «Сиди здесь; пойдём, Флегонтыч!». Пробрались далеко кругом и вытащили мою лодку! Поравнявшись со мной, крикнули: «Садись в лодку!», а сами, с двух сторон, чуть не бегом, протащили ее по льдинам и вытянули на берег. <...> Оттянули лодку выше возможной линии прилива, развесили сетки на кольях, воткнутых в прибрежные камни, ружье и бидон с рыбой спрятали на лодке, в рундуке, — чужого здесь никто не возьмет.

И мы отправились берегом в Долгощелье. Но поспевать за ними было очень трудно. Они



На берегу р.Кулой.



Часовня на мысе Хорьговском в устье р.Кулой, где «отмечались» оставшиеся в живых люди, унесенные льдами в открытое море.

быстро шагали в легких броднях, а на мне были тяжелые казенные кирзовые сапоги 42 размера, да еще ослабела я за это время — около трех суток — почти без сна и без еды. Скоро дошли до шалашика на берегу, сели отдохнуть. Мои спутники достали бутылочку, а закуски не было. Собирались распить и немного отдохнуть, поспать в шалашике. Предлагали и мне, но куда же, я и вообще не пила, да на голодный желудок, да без сна. Хотелось скорее добраться до дома, и я собралась идти одна. В начале путь лежал по каменному бечевнику. Они предупредили меня, что скоро пойдет прилив, а тогда надо подняться на береговую террасу. По скользкому обрыву трудно, но к берегу выходят распадки и по ним можно вылезти на террасу, только не прозевать водяного вала, поднимающегося по реке.

Вооружившись корявой палкой, двинулась в путь. Сперва по твердому ровному бечевнику было идти довольно легко. Я топала, не спеша, от распадка к распадку, оглядываясь, не нагоняет ли водяной вал. И он появился, конечно, когда я была на полдороге между распадками, и пришлось, опасаясь от него, лезть по мокрому, глинистому обрыву, цепляясь за корни растущих наверху деревьев. Выбралась я совершенно измазанная глиной и, так как место было совершенно необитаемое, а дневное солнышко уже пригревало, я выполоскала в луже свои доспехи, развесила их на палке, как на коромысле, и в таком виде, полуодетая, двинулась по кочкам, по бровке террасы. Но скоро пошел густой кустарник, идти с моей ношей, цепляясь за кусты, стало трудно, и я оделась в мокрые, холодные тряпки и пошла, щелкая зубами

и пытаюсь согреться на ходу, проклиная эти заросли корявых березок, ковыляя по кочкам в своих огромных сапожищах.

Но тут меня подстерегала неожиданная радость впереди: слышались негромкие трубные звуки. Я осторожно прокралась сквозь кусты, и на небольшой заболоченной полянке, окруженной кустами и березовым мелколесьем, увидела нескольких журавлей, занятых весенней пляской. Они смешно подпрыгивали, взмахивали крыльями, изгибали шею. Долго я любовалась этим редкостным зрелищем, пока окончательно не продрогла в своей мокрой одежде. Очевидно, я неосторожно шевельнулась: один из журавлей, стоявший в стороне, насторожился, что-то протрубил, и вся стая, тяжело подпрыгивая и взмахивая крыльями, поднялась и улетела.

Я пошла дальше. Мелколесье иногда сменялось довольно

крупным сосняком с ягельным покровом. На одной опушке, на поваленном дереве, я увидела токующего рябчика, который хорохорился и подпрыгивал, трепеща крыльями. Но я так неожиданно наткнулась на него, что испугнулась, и он стремительно улетел, громко хлопая крыльями.

Все эти впечатления скрашивали долгий и нелегкий путь. Но вот дорогу мне пересекла речка, впадающая в Кулой, с берегами, покрытыми широкой полосой няши. Пришлось обходить ее и далеко отойти от берега Кулоя. Когда, наконец, удалось обойти ее верховья, начинающиеся в открытом болоте, передо мною лежала широкая, уходящая за горизонт, болотистая равнина, покрытая кочками и залитая водой. Наступила ночь, светлый сероватый сумрак, подморозило. Вода между кочками затянута ледком, но таким тонким, что он не выдерживал моего веса. Встанешь на лед, только выпрямишься — он с шумом проваливается, и опять ты в воде почти по колено, и так каждый шаг. Вымоталась как следует, и конца этому болотищу не видно, и просто сны видишь на ходу от усталости. Не заметила, откуда вдруг недалеко показался человек — маленький старичок в броднях, с котомочкой, с большим шестом. Наверно — охотник. Поздоровались. Спрашивает: «И куда же ты, голубка, путь прaviшь?» — «В Долгощелье, дедушка». — «Ай, милая, да ты идешь почитай в Орхангельско, и пути тут нету, одны леса да болота. А ты вон куда ступай, не бойсь, там болото матеряшшо будет, а потом пойдут кусты, березки, лучше вправо сдайся, там тебя все одно река не пустит, не заблудиссе». И показал мне направление почти на 45° в сторону от моего пути. Поблагодари-

ла я его, засекала по компасу направление, и зашлепала дальше, как в полусне. Долго ли, скоро ли, — пересекла я это «матеряшшо болото». В мелколесье стало веселее идти, да и под ногами хоть кочки, но без воды. А я совсем уж выбилась из сил. Несколькo раз: — открою глаза, а я уж лежу, засыпаю. Поднимаюсь, иду дальше — вдруг в стороне скачет огромное мохнатое чудовище. Вгляжусь — а это вывороченное с корнями дерево, а я качаюсь на ходу, мне и кажется, что оно скачет.

Наконец, уже под утро, за крутой излучиной, на высоком берегу появились избы Долгощелья и высокая, шатровая, бледно-голубая церковь, в призрачном утреннем освещении кажущаяся прозрачной.. Выбралась на зимник, идущий прямо к нашему домику, стоящему на угоре. А ноги уже не несут по дороге, петлюю с одной стороны на другую.

Все же добралась до дома, а на крыльце стоит бабка, моя хозяйка, всматривается, не узнает. Потом признала, и давай надо мной причитать: «Охти, болезнь ты моя, да сколь ты грязна, да погана, вся в няше, — а я гляжу — и кой это пес пьяной по зимнику претса»....

Скорее достала теплой воды из печки, помогла вымыться, переодеться, дала кружечку кислого молока. «Бабушка, есть хочу».. — «И не проси, не дам. Знаем уж мы, как промышленников из относу (которых уносило в море) отхаживать». Я рассказала хозяйке о своих приключениях. Когда рассказывала о дедушке, встретившемся мне на болоте и указавшем правильное направление, она заволновалась, спросила, как он выглядел, куда дальше пошел? А я и не заметила, куда он направился, не обратила внимания — очень была уста-

лой. — «У нас и людей-то таких нет, — сказала бабушка. — Ой, девка, это, беспрерменно, святой Никола угодник был!». Она перекрестилась: «Он о всех плавающих и путешествующих пещется, заблудившихся спасет... Он тебя на верный путь направил!.. Молись ему...»

Три дня держала меня бабушка на голодном пайке. А на четвертый я оправилась, раздобыла бродни, и налегке, кружным путем, все же добралась до Мезени, дала телеграмму. А скоро пришел положительный ответ, приказ сдать все оборудование в колхоз на хранение.

А тут и еще удача: за льдом, окончательно очистившим реку, пришел сверху пограничный катер, и начальник согласился захватить меня до Мезени.

Только-что я развела стирку перед отъездом, как неожиданно прибежал за мной матрос. Быстро собралась, свернула мокрые пожитки, — а начальник разрешил, пока мы идем по необитаемым местам, развесить их по вантам на просушку, и катер двинулся с развевающимися шмотками, под всеобщий смех и веселые шутки. Трогательно прощались со мной долгощельцы, навезли на катер всяких гостинцев, даже жареной наваги в плошке. Все это мы с командой с удовольствием уничтожили по дороге.

Стремительно, разведав волну на всю реку, пронесла катер по Кулою, завернули за мыс, где я недавно «терпела бедствие», и примчался в Мезень.

А в Мезень уже пришел первый в эту навигацию рейсовый пароход — к нему-то и спешил начальник пограничного катера, и я благополучно прибыла в Архангельск, оттуда поездом в Москву, я поспела собраться к отпавлению «Челюскина».

Так закончилась моя первая «ледовая эпопея». ■



# Новости науки

## Организация науки. Экология

### Золотая медаль имени В.И.Вернадского — Г.Г.Поликарпову

В 2005 г. Международный союз радиоэкологов учредил Золотую медаль им.В.И.Вернадского, которая присуждается один раз в три года за крупные достижения в радиоэкологии. Этот союз объединяет свыше 500 специалистов более чем из 50 стран мира, занимающихся проблемами миграции радионуклидов в окружающей среде, влияния облучения на биоту, защиты биосферы от воздействия ионизирующих излучений.

Первым лауреатом Золотой медали им.В.И.Вернадского был видный радиоэколог Ф.У.Уикер из Колорадского университета (США). В 2008 г. этой высокой награды удостоен академик Национальной академии наук Украины Г.Г.Поликарпов, крупный специалист в области морской радиоэкологии и один из основателей этого направления. Начав работу в 1956 г. на Севастопольской биологической станции им.А.О.Ковалевского АН СССР (ныне Институт биологии южных морей им.А.О.Ковалевского НАНУ), Поликарпов создал школу морской радиоэкологии, получившую международную известность. Его исследования закономерностей миграции радионуклидов в морской среде охватывают более чем 50-летний период. В 60—70-х годах Поликарпов участвовал в многочисленных экспедициях, занимавшихся изучением того, как после ядерных испытаний распределяются техногенные радионуклиды в различных регионах Мирового океана. Эти работы сыграли важную роль в заключе-

нии Московского договора о запрещении ядерных испытаний в трех средах в 1963 г.

Под руководством Поликарпова были проведены многочисленные лабораторные и натурные исследования по изучению миграции радионуклидов в морских биоценозах. Широко известны его научные работы по разделению морской среды на отдельные области в соответствии с мощностями доз облучения, вызывающего различные ответные реакции растений и животных на воздействие ионизирующих излучений (так называемые «зоны Поликарпова»). Впервые эта идея о зонировании морской среды в соответствии с последствиями облучения биоты в разных дозах была сформулирована ее автором в 1977 г. на конференции радиобиологов в Болонье (Италия). В настоящее время эти работы получили развитие в концепциях по радиационной защите окружающей среды, предложенных Международной комиссией по радиологической защите.

Поликарпов был противником сброса радиоактивных отходов в Черное море, что предполагалось осуществить в 60-е годы прошлого века, участвовал в международных программах по изучению последствий сброса радиоактивных отходов в глубины Мирового океана. В 1986 г. он занимался радиоэкологическими исследованиями в районе аварии на Чернобыльской АЭС, которые были направлены на ликвидацию ее последствий.

Монография Поликарпова «Радиоактивность водных организмов», вышедшая в Атомиздате в 1964 г., была по существу первой публикацией специалистов СССР по радиоэкологии, переведенной на английский язык и изданной за

рубежом в 1966 г. Материалы об экспериментальных исследованиях Г.Г.Поликарпова публиковались и в «Природе»<sup>1</sup>.

Вручение Г.Г.Поликарпову Золотой медали им.В.И.Вернадского состоялось в Бергене (Норвегия) 18 июня 2008 г.

© Академик РАСХН  
**Алексахин Р.М.**,  
вице-президент Международного  
союза радиоэкологов

## Астрофизика

### Наблюдения начала вспышки сверхновой

До сих пор обнаружение большинства сверхновых происходит в оптическом диапазоне, причем, как правило, через несколько дней после вспышки. Поскольку оптическое излучение сверхновой, по современным представлениям, генерируется главным образом в результате распада радиоактивного никеля в расширяющейся оболочке, все «самые интересные» события в сверхновой к моменту ее обнаружения уже заканчиваются. Лишь изредка в последние годы астрономам удается с самого начала наблюдать вспышки сверхновых, которые сопровождаются гамма-всплесками, но эти события весьма экзотичны и не позволяют получить представление об основной массе сверхновых.

Теоретические модели «обычных» сверхновых предсказывают, что образование ударной волны при обрушении внешних слоев звезды, истощившей запасы тер-

<sup>1</sup> См., напр.: «Поглощение стронция-90 морскими организмами» (1961. №2. С.83); «Радиоэкология гидробионтов» (1971. №10. С.47—55); «Нефтяные поля как экологическая ниша» (1971. №11. С.75—78).

моядерного топлива, должно сопровождаться вспышкой жесткого излучения. Иными словами, самое начало процесса «умирания звезды» отмечает рентгеновский всплеск. Однако небольшая продолжительность этого всплеска (от секунд до часа) и отсутствие подходящих инструментов рентгеновского диапазона для полноценных патрульных наблюдений делают «плановое» обнаружение начального этапа вспышки сверхновых практически невозможным. Однако, к счастью, на помощь ученым всегда готов прийти случай.

9 января 2008 г. удача улыбнулась А.Содербергу (Принстонский университет, США) и ее коллегам<sup>1</sup>. В этот день с помощью рентгеновского телескопа космической обсерватории «Swift» (НАСА) они осуществляли мониторинг сверхновой SN 2007cy, которая вспыхнула в прошлом году в спиральной галактике NGC 2770, удаленной от нас на 90 млн св. лет. По счастливой случайности именно в это время телескоп зафиксировал очень яркую 400-секундную рентгеновскую вспышку, источник которой находился в одном из спиральных рукавов этой галактики. Параметры вспышки очень напоминали предсказания моделей всплесков сверхновых, и подтверждение не заставило себя ждать. Уже через полтора часа на месте рентгеновской вспышки появился быстро разгорающийся источник оптического излучения.

Наблюдения SN 2008D (таково официальное обозначение этой сверхновой) проводились в дальнейшем уже не только на телескопе космической обсерватории «Swift», но и на крупнейших наземных телескопах. Спектры, полученные с их помощью, показали, что в галактике NGC 2770 вспыхнула сверхновая типа Ibс. Звезды этого типа характеризуются отсутствием в спектре линий как легкого водорода, так и более тяжелого кремния. Вероятно, звезда-предшественник относилась к звездам типа Вольфа—Райе — массивным звездам, в ходе эволю-

<sup>1</sup> Soderberg A. // Nature. 2008. V.453. №7194. P.469.

ции сбросившим водородную оболочку. Взрыв, таким образом, происходит на обнаженном гелиевом ядре. С этим предположением согласуется и небольшой размер предшественника SN 2008D: совокупность оптических, ультрафиолетовых, радио- и рентгеновских наблюдений указывает, что радиус звезды перед взрывом не превышал  $10^{11}$  см. Эта величина практически совпадает с радиусом Солнца — при массе в 30 раз большей, чем солнечная. При вспышке в окружающее пространство было выброшено примерно 3–5 солнечных масс вещества со скоростью около 11 тыс. км/с.

В целом, весь набор данных о сверхновой SN 2008D согласуется как с теоретическими предсказаниями относительно ранних стадий вспышки сверхновой, так и с имеющимися наблюдениями других сверхновых типа Ibс на более поздних стадиях. Разумеется, возникает вопрос о том, насколько случайна была эта случайность и что нужно сделать, чтобы в будущем не уповать на одно только везение. По оценкам авторов, с учетом среднего темпа всплесков сверхновых, чувствительности инструментов «Swift» и небольшого поля зрения рентгеновского телескопа одна случайно обнаруженная сверхновая — это как раз то, на что и следовало рассчитывать. Чтобы поставить рентгеновское раннее обнаружение всплесков на поток, необходимы патрульные наблюдения, которые позволили бы открывать сотни сверхновых в год и начинать исследовать их буквально с первых секунд взрыва.

Планы таких миссий в настоящее время разрабатываются. Одна из них — ARGOS-X — предназначена для мониторинга примерно 50% неба. Запуск предварительно запланирован на 2013 г. Другой проект — EXIST (Energetic X-ray Imaging Survey Telescope) — будет сканировать все небо каждые полтора часа. Начало наблюдений запланировано на 2015 г. Пока ни тот, ни другой проект не получили одобрения НАСА, однако можно надеяться, что плодотворные на-

блюдения SN 2008D окажутся весомым аргументом в пользу организации подобных миссий.

© **Вибе Д.З.**,  
доктор физико-математических наук  
Москва

## Астрономия

### Самый холодный коричневый карлик

Об открытии самого холодного коричневого карлика — объекта, который по своим физическим свойствам является связующим звеном между звездами и планетами, сообщили Ф.Делорм и его коллеги из Астрофизической лаборатории в Гренобле (Франция)<sup>2</sup>. Чтобы обнаружить и изучить этот действительно карликовый по звездным масштабам объект, астрономы использовали три крупных инструмента: 3.6-метровый канадско-франко-гавайский телескоп на Гавайях, который получил изображение в оптике; 8.1-метровый телескоп «Джемини-Север», в полученном спектре показавший наличие аммиака; 3.5-метровый телескоп Европейской южной обсерватории в Чили, зафиксировавший изображение в инфракрасной области спектра.

Коричневые карлики по своим параметрам занимают промежуточное положение между звездами и планетами-гигантами типа Юпитера. По размеру они близки к Юпитеру, а по массе обычно превосходят его в несколько десятков, но не более чем в 70 раз, что составляет всего 7%  $M_{\odot}$ . Из-за столь небольшой массы температура в центре коричневого карлика недостаточно высока для того, чтобы в его недрах в течение длительного времени протекали термоядерные реакции. Совсем иная картина наблюдается у звезды типа Солнца. В ее недрах в течение почти всей жизни звезды происходит «горение» водорода, и таким образом поддерживается постоянная внутренняя температура, чего не скажешь о коричневых

<sup>2</sup> Delorme Ph. et al. // Astronomy and Astrophysics. 2008. V.482. P.961–971.

карликах: формируясь, они под действием гравитационного сжатия немного разогреваются, но затем сжатие прекращается, и карлик начинает охлаждаться.

Первый коричневый карлик был открыт в 1995 г. По своим свойствам эти тела весьма похожи на планеты-гиганты: в атмосферах наиболее холодных из них, как и в атмосферах Юпитера и Сатурна, обнаруживаются пыль и аэрозоли, а также большое количество метана. Но есть и различия: в атмосферах коричневых карликов вода всегда находится в газообразном состоянии, а у планет-гигантов — в виде льда. Кроме того, в ближнем инфракрасном диапазоне у коричневых карликов никогда не наблюдался аммиак ( $\text{NH}_3$ ), а в атмосфере Юпитера это основной компонент.

Объект, исследованный группой Делорма, — это коричневый карлик, получивший обозначение CFBDS J005910.83-011401.3, которое расшифровывается так: Canada France Brown Dwarf Survey (Канадско-французский обзор коричневых карликов); число — это экваториальные координаты звезды:  $00^{\text{h}}59^{\text{m}}10.83^{\text{s}}$  — прямое восхождение,  $1^{\circ}14'01.3''$  — склонение, а буква J перед числом указывает, что координаты относятся к стандартной юлианской эпохе 2000 г. Температура этого карлика оказалась всего около 620 К, а масса — от 15 до 30 масс Юпитера. Из-за низкой температуры и присутствия аммиака в атмосфере он более других коричневых карликов похож на планету-гигант.

До сих пор астрономы делили коричневых карликов на два спектральных класса: L-карлики с температурой 1200 — 2000 К и наличием пыли и аэрозолей в верхней атмосфере и T-карлики, имеющие температуру от 700 до 1200 К и признаки метана ( $\text{CH}_4$ ) в спектре. Но у карлика CFBDS J0059 температура еще ниже и в спектре видны полосы аммиака, поэтому его отнесли к прототипу нового класса коричневых карликов — к спектральному типу Y. Этот новый класс может стать связующим звеном в непрерывной цепочке —

от самых горячих звезд до холодных планет-гигантов.

Новый объект удален от Земли на 40 св. лет и является одиночным, т.е. не входит в двойную или еще более сложную звездную систему. Эта его особенность представляет несомненный интерес, поскольку касается изучения экзопланет. Атмосферы коричневых карликов очень похожи на атмосферы планет-гигантов, поэтому для описания процессов, происходящих в тех и других, можно использовать похожие модели. Но работоспособность таких моделей проверяется лишь путем сопоставления их с наблюдениями. Изучать атмосферы экзопланет сложно: их слабый свет почти не выделяется на фоне яркого света родительской звезды. А наблюдать и изучать изолированные коричневые карлики намного проще.

© Ашимбаева Н.Т.

Москва

### Физика. Электроника

#### Квантовый компьютер на ионах в ловушках

Большие надежды в области квантовых компьютеров связывают с использованием сверхпроводниковых структур как макроскопических квантовых объектов: их изготовление не требует экстремальных технологических размеров. Однако недавно появилось новое направление — квантовые компьютеры на ионах в ловушках. Изготовление таких структур доступно многим исследовательским центрам России, в частности проводятся в этой области эксперименты в этой области проводятся в Физико-технологическом институте РАН (Москва).

Электроды, позволяющие удерживать ионы электрическим полем, формируют с помощью обычной микрометровой технологии осаждения металлов на подложку. В высоком вакууме ион оказывается подвешенным над таким чипом на высоте примерно 50 мкм. Единственный мыслимый источник декогерентизации — флуктуации напряжения на электродах. В настоящее время уже удается захва-

тывать ионы и транспортировать их в ловушку, где благодаря кулоновскому отталкиванию они выстраиваются в цепочку и через ее колебания взаимодействуют между собой (это возможно даже для удаленных ионов!). Управляют состоянием кубита (т.е. обеспечивают переход электрона на возбужденный уровень) лазером, который нацеливают в соответствующий ион. По теоретическим оценкам, этот тип квантового компьютера — рекордсмен по количеству логических операций, выполняемых за время декогерентизации. Правда, существуют сомнения в возможности изготовления такого устройства: моделирование системы из 10 ионов уже выявляет признаки неустойчивости.

<http://perst.issp.ras.ru> (2008. Т.15. Вып.5).

### Физика. Химия

#### Нанопровода InGaN: перекрыт весь диапазон составов

Прямозонные диэлектрики  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  весьма перспективны для производства твердотельной оптоэлектроники, преобразователей световой энергии в электрическую и др. В них ширина запрещенной зоны  $E_g$  изменяется от  $\approx 3.5$  эВ (при  $x = 0$ ) до  $\approx 1$  эВ (при  $x = 1$ ). Однако синтезу высококачественных пленок  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  с  $0 < x < 1$  препятствует отсутствие подходящего материала подложки (из-за несоответствия периодов решетки образуется большое число дислокаций), а нанопровода удается вырастить лишь в ограниченном интервале  $x$ .

Специалисты из Университета штата Калифорния в Беркли и Национальной лаборатории Лоуренса в Беркли<sup>1</sup> разработали технологию изготовления нанопроводов  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ , в которых  $x$  может принимать любые значения от 0 до 1. Они использовали метод химического газофазного осаждения из металлоорганических соединений. Чтобы избежать загрязнения образцов углеродом,  
<sup>1</sup> *Kuykendall T. et al. // Nature Mater. 2007. V.6. P.951–956.*



в качестве предшественников выбрали хлориды индия и галлия  $\text{InCl}_3$  и  $\text{GaCl}_3$ , а также  $\text{NH}_3$ . Катализаторы при этом не требовались, а подложки могли быть самыми разными (в том числе кремниевыми и сапфировыми). Отличительная особенность методики — низкая температура (около  $550^\circ\text{C}$ ). С ростом  $x$  от 0 до 1 толщина нанопроводов увеличивалась от 10–50 до 100–250 нм, длина — от 0.5–1 до 1–2 мкм, а периоды решетки  $a$  и  $c$  — от 0.3189 до 0.3535 нм и от 0.5188 до 0.5708 нм соответственно. Нанопровода росли вдоль кристаллографического направления [002].

И рентгеновская дифракция, и просвечивающая электронная микроскопия показали однородность нанопроводов при всех  $x$  (незначительные различия в составе имелись лишь при  $x = 0.7–0.9$ ) и отсутствие в них признаков фазового расслоения. Исследования оптических характеристик нанопроводов (как отдельных, так и массивов), выполненные разными методами (спектроскопией поглощения, фотolumинесценцией, спектроскопией потерь энергии быстрыми электронами), показали, что величина  $E_g$  — гладкая функция  $x$  во всем диапазоне  $x = 0–1$ . Такие нанопровода могут найти самые различные применения — от осветительных устройств до солнечных батарей.

<http://perst.issp.ras.ru>  
(2007. Т.14. Вып.22/23).

## Химия

### Бумагоподобные листы из окисленных графенов

Одно из достижений последнего времени в области двумерных углеродных структур — открытие графенов<sup>1</sup>. Многие исследователи проявляют к этому объекту не только теоретический, но и практический интерес, который обусловлен сочетанием высокой меха-

нической прочности и необычных электронных характеристик. Однако чтобы использовать эти замечательные свойства графеновых слоев, необходимо обеспечить их химическую стабильность (из-за большого числа некомпенсированных связей по границам они обладают высокой химической активностью). Один из способов повышения стабильности — частичное окисление графенов (точнее, присоединение атомов кислорода к граничным атомам углерода).

Недавно группе американских исследователей из Университета штата Иллинойс<sup>2</sup> удалось не только выделить окисленные графены, но и произвести из них бумагоподобные листы толщиной свыше 5 мкм. Графены с поперечными размерами ~1 мкм окисляли ультразвуковой обработкой 20 мг водной суспензии при концентрации 3 мг/мл. Полученный коллоидный раствор пропускали через мембранный фильтр диаметром 47 мм с размером пор 0.2 мкм. Листы изготовленного материала для дальнейшего изучения разрезали бритвой на прямоугольные полоски размером 5×30 мм. Рентгеновская дифрактометрия показала, что расстояние между графеновыми слоями в бумагоподобном материале составляет около 0.83 нм.

Механические испытания полученных бумагоподобных листов продемонстрировали их улучшенные прочностные характеристики. Так, удельная энергия растяжения, приводящего к разрушению материала, составляет 350 кДж/м<sup>3</sup>, что примерно на порядок выше соответствующей величины для графитовой ленты и бумагоподобных слоев из углеродных нанотрубок. Модуль растяжения бумагоподобного слоя из окисленных графенов в среднем равен 32 ГПа, что также значительно больше, чем аналогичный показатель для макроскопических материалов и углеродных нанотрубок. Модуль упругости исследовавшегося материала повышался при каждом нагрузочно-разгрузочном цикле

примерно на 20% — такое поведение типично для полимеров, состоящих из продольных структурных образований, и связано с выстраиванием графеновых слоев в направлении приложения нагрузки.

Как и у обычной бумаги, после удаления воды механические характеристики бумагоподобного графенового материала улучшаются. Так, в результате термической обработки при температуре до  $120^\circ\text{C}$  модуль упругости возрос примерно в полтора раза.

Бумагоподобные графеновые листы можно использовать в качестве мембран с регулируемой проницаемостью, анизотропных ионных проводников, суперконденсаторов, материалов для хранения различных веществ, а также в качестве присадки для повышения прочности полимеров и композитов.

<http://perst.issp.ras.ru> (2008. Т.15. Вып.6).

## Химия. Медицина

### Проблемы безопасности наноматериалов

Вопросам безопасности нанотехнологий и наноматериалов уделяется большое внимание во всем мире — организуются конференции (в частности, «Nanotox-2008», посвященная проблемам нанотоксикологии, состоится в сентябре этого года в Швейцарии), появляются публикации на эту тему. В качестве примера приведем результаты двух работ, посвященных изучению легочной токсичности углеродных наноматериалов.

Эксперименты швейцарских ученых свидетельствуют об опасности воздействия на легкие углеродных наночастиц, нановолокон и многостенных нанотрубок<sup>3</sup>. При оценке их клеточной токсичности *in vitro* выявилось, что уже через 24 ч число жизнеспособных клеток уменьшилось и затем продолжало снижаться. Самая высокая токсичность оказалась у частиц сажи (наименьшее число живых клеток при всех концентрациях).  
<sup>3</sup> Magrez A. et al. // Nano Letters. 2006. V.6. P.1121–1125.

<sup>1</sup> Подробнее см.: Новые композитные материалы на основе графена // Природа. 2007. №2. С.75; Перспективы углеродных наноструктур // Там же. №9. С.81–82.

<sup>2</sup> Dikin D.A. et al. // Nature. 2007. V.448. P.457.

циях и временных периодах), а самая низкая — у многостенных углеродных нанотрубок (однако после химической обработки кислотой поверхности трубок она возросла). Механизмы, приводящие к подавлению роста и к гибели клеток, пока неясны. Специального изучения требует также вопрос канцерогенности углеродных наноматериалов.

Американские исследователи из Университета штата Теннесси и Окридской национальной лаборатории в экспериментах на мышах *in vivo* показали<sup>1</sup>, что существуют углеродные наноматериалы, которые не проявляют легочной токсичности и потому прекрасно подходят для доставки лекарств. Это одностенные нанорожки, синтезируемые с помощью лазерной абляции графитовой мишени. При таком методе не используются катализаторы, частицы которых могут вызывать воспаления и окислительный стресс.

В России, где разворачивается национальная программа по нанотехнологиям, эти вопросы также серьезно рассматриваются. В октябре 2007 г. утверждена Концепция токсикологических исследований, методологии оценки риска, способов идентификации и количественного определения наноматериалов<sup>2</sup>, разработанная Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека совместно с Минобрнауки РФ, Роспотребнадзором, а также ведущими научными центрами и научно-исследовательскими институтами РАМН. Концепция включает: характеристику новых свойств и поведения наноматериалов в окружающей среде и биологических объектах; особенности оценки риска производства и использования наноматериалов; порядок организации надзора и проведения токсикологических исследований наноматериалов. Особое внимание обращается на то, что, хотя они используются уже более

10 лет, ни один их вид не изучен в полном объеме на безопасность ни в одной стране мира.

<http://perst.issp.ras.ru> (2008. Т.15. Вып.4).

## Зоология

### Изменения среды влияют на долгоживущих черепах по-разному

В нашем все более неустойчивом мире условия внешней среды, к которым адаптированы дикие животные, нередко претерпевают серьезные, подчас катастрофические изменения. Как это сказывается на природных популяциях, особенно долгоживущих видов? На такой вопрос помогает ответить исследование, проведенное К.Доддом из Университета Флориды и М.Дреслика из Службы наблюдений за природой в Иллинойсе<sup>3</sup>.

С 1991 г. на о.Эгмонтон у берегов Флориды ведутся наблюдения за обитающей там каролинской коробчатой черепахой *Terrapene carolina bauri*. За это время исследователями были помечены 2477 особей, многие из которых неоднократно встречены повторно. Каждый раз животных измеряли, получив в результате исчерпывающие данные об особенностях роста этого долгоживущего пресмыкающегося. Но не только. Обстоятельства позволили оценить влияние на рост черепах катастрофических изменений среды, череда которых произошла в конце прошлого века. Четыре подряд ураганных шторма и масштабная операция, проведенная для ликвидации на острове чужеродных растений — австралийской сосны и бразильского перца, привели к существенному нарушению биотопа черепах. Это позволило ученым сопоставить показатели их роста до и после таких событий.

Оказалось, что темпы роста взрослых самцов (а черепахи растут всю жизнь) после биотопических нарушений увеличились на 19%. При этом снизился средний возраст наступления половой зрелости самцов — с 10.8 до 9.5 лет.

<sup>3</sup> *Dodd C.K., Dreslik M.J.* // *Journal of Zoology*. 2008. V.274. №1. P.18—25.

А вот у самок наблюдается обратная картина: скорость их роста сократилась на 20%, а половой зрелости они достигают теперь не в 8.5 лет, а в 11! Интересно, что темпы роста молодых черепах изменились несущественно. Следует отметить, что доступность ресурсов для представителей всех половозрастных групп одинакова.

Исследователи предполагают, что обнаруженные различия связаны с тем, что после катастрофических изменений среды взрослые самки стали расходовать больше энергетических запасов на размножение, восстановление популяции, поэтому их рост замедляется. Самцы же инвестируют больше энергетических запасов в рост. Увеличение разрыва в сроках полового созревания у самцов и самок изменяет эффективное соотношение полов в популяции: до кардинальных изменений среды оно составляло 1.64:1 в пользу самцов, а после — 2.49:1. Все эти перемены наряду с высокой продолжительностью жизни черепах отражают их популяционный ответ на резкие преобразования среды.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук  
Москва

## Охрана природы

### Обнаружены шесть видов животных

Шесть новых для науки видов животных (летучая мышь, грызун, две землеройки и две лягушки) обнаружены на востоке Демократической республики Конго во время экспедиции, организованной в 2007 г. Обществом охраны дикой природы при участии сотрудников Чикагского полевого музея, Национального центра научных исследований в Лвиро и Всемирного фонда дикой природы.

Обследован был лесной массив площадью около 1 тыс. км<sup>2</sup>; деревья произрастают на берегах оз.Танганьика на высоте 2725 м над ур.м. Эта территория мало исследована из-за политической нестабильности в стране — с 1960 г. регион не разрешают посещать даже ученым.

<sup>1</sup> *Lynch R.M. et al.* // *Nanotoxicology*. 2007. V.1. P.157—166.

<sup>2</sup> <http://www.rosпотребнадзор.ru/docs/decision/?id=1532>

Географическая изолированность и незначительное влияние цивилизации благотворно сказались на состоянии лесов, богатых видами, среди которых немало реликтов и эндемиков. Здесь обитают антилопа бонго, африканский слон, леопард, несколько видов обезьян, в том числе шимпанзе и местный подвид колобусов. Весьма разнообразны птицы, пресмыкающиеся и земноводные, а также растения, среди которых, возможно, есть и неизвестные науке виды.

Участники экспедиции встретились с представителями местной власти, чтобы обсудить меры охраны этой уникальной территории — в первую очередь необходимость организации здесь национального парка.

www.wcs.org

## Гидрология. Климатология

### Режим Онежского озера и колебания климата

Исследование, проведенное группой сотрудников Института озераведения РАН (Санкт-Петербург), посвящено колебаниям режима водосбора Онежского озера под воздействием предполагаемых изменений климатических условий в северо-западном регионе России<sup>1</sup>.

Онежское озеро — второй по величине пресноводный водоем в Европе после Ладожского озера. Площадь Онеги 9943 км<sup>2</sup>, из которых 251 приходится на 1650 островов; объем водной массы 291 км<sup>3</sup>; протяженность с севера на юг 290 км, с запада на восток — 82 км. Речной сток в озеро поступает с водосбора площадью 66 284 км<sup>2</sup> от 6765 рек общей протяженностью 22 740 км и от 9516 озер общей площадью 13440 км<sup>2</sup>. Реки онежского водосбора относятся к восточноевропейскому типу с высоким весенним половодьем, низкими уровнями во время летних и зимних межени и увеличением стока в осенний период. Сток

<sup>1</sup> Кондратьев С.А., Назарова Л.Е., Бовыкин И.В., Шмакова М.В., Маркова Е.Г. // Известия Русского Географического общества. 2008. Т.140. Вып.3. С.21—26.

из Онеги проходит по р.Свирь, впадающей в Ладожское озеро.

Авторы количественно оценили возможные изменения стока из-за предполагаемых колебаний климата в XXI в. Сценарии климатической изменчивости воспроизводились по модели общей циркуляции атмосферы и океана на период 1861—2100 гг., разработанной в Институте физики атмосферы (ИФА) под руководством Г.С.Голицына. Расчеты реальных ситуаций выполнялись по гидрологической модели системы «водосбор — водоем», разработанной в Институте озераведения и проверенной на объектах Ладожского озера. Модель учитывает основные гидрометеорологические факторы: температуру воздуха, осадки, накопление и таяние снега, увлажнение почвы, испарение, условия формирования стока. Фактическая информация была получена из наблюдений на сети гидрометеорологических станций.

Исследователи рассчитали средние по месяцам значения температуры воздуха и осадков для периодов 1951—2000, 2001—2050 и 2051—2100 гг. Из полученных результатов они особо отметили три: на изучаемой территории во второй половине XXI в. по сравнению с 1951—2000 гг. возможно повышение средней годовой температуры воздуха на 4.53° и увеличение осадков на 56 мм/год; в XXI в. ожидается более существенное потепление в зимний период — средние температуры января за 2001—2050 и за 2051—2100 гг. возрастут на 5.6 и 8.6° соответственно относительно периода 1951—2000 гг.; вероятно значительное перераспределение осадков — летом они уменьшатся на 18%, зимой и осенью увеличатся на 30%, весной практически не изменятся.

Существенных изменений годового стока с водосбора и притока в Онежское озеро не ожидается при условии, что климатические параметры в XXI в. будут следовать модели ИФА. Но предполагаются значительные изменения стока по месяцам. Холодный период сократится и соответствен-

но сократятся сроки и объем запасов снега. Повышение температуры воздуха в теплое время года приведет к возрастанию испарения на 13—27%. Весеннее половодье сместится на более ранние сроки, а меженные расходы рек могут уменьшиться на 20%. Возможно снижение влажности почв на водосборе Онежского озера.

© Померанец К.С.,

кандидат географических наук  
Санкт-Петербург

## Климатология

### Динамика климата в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне

Северная Атлантика и Северо-Европейский бассейн Северного Ледовитого океана, включающий моря Баренцево, Белое, Гренландское и Норвежское, находятся в зоне действия крупномасштабной циркуляционной системы воздушных масс, основными центрами которой являются Исландский минимум и Азорский максимум. Существенное влияние на температурный режим региона оказывают также теплые атлантические и холодные арктические водные массы. Весьма высокая чувствительность региона к изменчивости окружающей среды от года к году проявляется в значительных колебаниях климатообразующих факторов.

В.Д.Бойцов (Полярный институт рыбного хозяйства и океанографии, Мурманск) использовал 100-летние данные по температуре воздуха на 14 гидрометеорологических станциях, которые расположены от Новой Земли (Малые Кармакулы) до побережья Северной Америки (Нью-Йорк). Статистический анализ позволил обнаружить долгопериодные нелинейные колебания, которые предположительно относятся к межвековой цикличности. Они оказались различными по пространству: в юго-западной части Баренцева моря (Варде) вклад долгопериодной изменчивости в многолетние колебания составляет около 25%,



тогда как в Нью-Йорке ее доля вдвое меньше.

Подтвердился переход от холодного периода к более теплomu в конце 1920-х — начале 1930-х годов. Потепление происходило неодинаково как во времени, так и по пространству: на Фарерских о-вах, в Исландии и Гренландии на 4—5 лет позже, а у северо-восточных берегов США — на 8—10 лет позже, чем в Баренцевом море и у побережья Норвегии. Наибольшее повышение температуры воздуха произошло на акватории, прилегающей к Северному Ледовитому океану, тогда как в зоне действия Гольфстрима температура повысилась незначительно.

В целом потепление Арктики продолжалось до начала 1950-х годов. В этот период над Северной Атлантикой усилилась циклоническая деятельность, глубина циклонов увеличилась — они стали перемещаться по более северным траекториям.

В конце XIX — начале XX в., а также в 1980-е и первой половине 1990-х годов, т.е. с периодом в 90 лет, отмечено несколько очень холодных лет на Новой Земле, на Фарерских о-вах, в Исландии и на юго-западе Гренландии. На юго-западе Баренцева моря похолодание не столь существенно. Этот период совпадает с 90-летним циклом солнечной активности. Выявлена также периодичность в 4—5 и 14—16 лет. С 1988 г. в Баренцевом море наступил новый период потепления, более теплый, чем в период потепления Арктики.

Предполагается, что максимум повышенного теплового фона наступит в 2010—2012 гг., а спад произойдет после 2020 г.

Известия Русского Географического общества. 2008. Т.140. Вып.2. С.6—11 (Россия).

## Палеогеография

### Скорлупа яиц ископаемых страусов в Туве

Для решения проблем четвертичной геологии степной зоны Сибири и особенно Западного За-

байкалья немаловажное значение имеют находки скорлупы яиц ископаемых страусов. Первая находка таких обломков известна в долине р. Селенги у с. Зарубино и относится к 1920-м годам. Впоследствии в Западном Забайкалье было найдено много фрагментов скорлупы, причем как в самостоятельных местонахождениях, так и в связи с подъемным археологическим материалом и остатками фауны верхнего палеолита-неолита. Однако ряд проблем, например возраст находок, видовая принадлежность птицы, отношение к страусам древнего человека и др. — остались нерешенными; усугублялся вопрос и тем, что среди многочисленных сборов скорлупы и артефактов не было обнаружено костей самих страусов (их остеологические остатки описаны пока только для Китая).

В Туве первые указания на обнаружение скорлупы яиц страусов связаны с хольской серией позднего миоцен-плиоценового возраста; там в аллювиально-озерных отложениях вместе со скорлупой были собраны кости рыб, конечности и рога оленей, остатки мелких млекопитающих. Много скорлупы было впоследствии найдено на берегах оз.Торе-Холь.

Сотрудники Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (В.И.Забелин, Т.П.Озерская, А.И.Кудрявцева, В.И.Кудрявцев) сообщили, что за последние три года ими в ходе археологических и палеоэкологических исследований выявлены три новых местонахождения фрагментов скорлупы страусов в Тувинской котловине — Чаа-Холь, Межегей и Хадын, а также детально изучена одна из точек находки на юго-востоке оз. Торе-Холь в Убсу-Нурской котловине.

Чаа-Хольская находка (один фрагмент скорлупы) была сделана на западном берегу Чаа-Хольского залива Саяно-Шушенского водохранилища, в 150 км к западу от Кызыла. Межегейская находка (в 50 км к югу от Кызыла) сделана в осыпи борта небольшого карьера, в котором разрабатывается

красная глина предположительно миоцен-плиоценового возраста. В районе оз. Хадын (в 5 км к северу от его северного берега) на поверхности песчаного выдува среди мелких отщепов из микрокварцита находились шесть фрагментов скорлупы почти в касании друг к другу, а на глубине до 30 см и в радиусе до 50 см в песке найдено еще два обломка.

Происхождение страусообразных относится к началу мелового периода и связано с южными материками, входившими в состав Гондваны. Их расцвет начался в конце палеогена — начале неогена. На территории Евразии от Северной Европы до Индии и Китая найдены ископаемые остатки страусов не менее 20 видов; их возраст чаще всего верхний миоцен — нижний плейстоцен, хотя, как показывают данные авторов, страусы обитали и в голоцене. Всюду они были жителями саванн, степей и пустынь и селились в открытых озерных котловинах и широких речных долинах. Возможно, с наступлением сезонных холодов они откочевывали на зимовку к югу, в бесснежные области. Из Тувинской котловины они могли переходить по степным коридорам в Убсу-Нурскую котловину и далее на юг в Монголию. В таком случае вероятность нахождения костных остатков страусов на территории Тувы и Западного Забайкалья снижается по крайней мере вдвое.

Что же касается времени обитания страусов в Туве, то по находкам скорлупы в Холу и на Межегейе это конец миоцена — начало плиоцена; по местонахождению Чаа-Холь — вероятно, верх среднего плейстоцена, а по материалам Хадын и Торе-Холь — не исключен голоцен. О том, что страусы жили одновременно с древними людьми, свидетельствуют петроглифы, обнаруженные разными исследователями на скальных поверхностях в Монголии.

Фундаментальные проблемы квартала: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований. Материалы V Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Москва, 7—9 ноября 2007 г. С.126—129.

# Рецензии Деревья всех стран, объединяйтесь!..

С.А.Сенатор,  
кандидат биологических наук,  
член-корреспондент РАН Г.С.Розенберг  
Тольятти

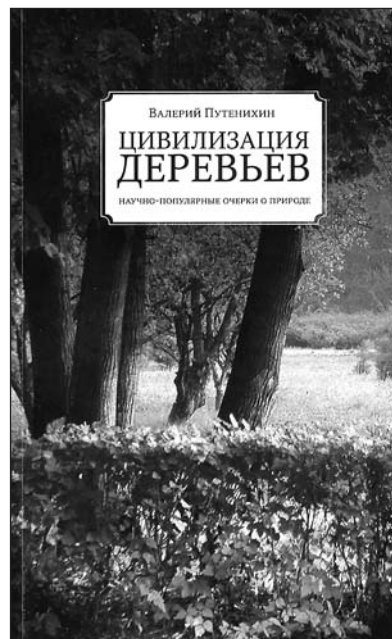
Рецензируемая книга представляет собой то редкое сочетание, при котором научное знание столь оптимально переплетается с художественным изложением, что затягивает читателя и ведет вслед за автором в этот знакомый-незнакомый мир — мир деревьев и кустарников, «цивилизацию деревьев»... Дорогу осилит идущий! Особенно если в проводниках у него весьма авторитетный специалист в области дендрологии, лесной генетики и селекции, участник многих научных программ, проектов, экспедиций в России и за рубежом, автор более полутора сотен научных публикаций, заведующий лабораторией Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН, профессор Валерий Петрович Путенихин.

Первая часть книги — «Деревья и время: вести из прошлого» — повествует о тех далеких событиях, когда к востоку от Уфы простиралось теплое субтропическое море, а первые высшие растения — псилофиты образовывали обширные заросли на побережье. Некоторое время спустя на месте моря возникает обширный горный хребет — Уральские горы, служащий естественным рубежом для целого ряда видов природной флоры. У подножья гор неоднократно происходила смена морского и континентального режимов, а существовавшие лесные массивы были представлены гинкговыми, саговниковы-

ми, хвойными и магнолиевыми. Со временем горы разрушались, а вечнозеленая флора с тропическими элементами постепенно сменялась умеренной листопадной с дальнейшим распространением лиственных деревьев современного типа. Ледниковая эпоха сыграла решающую роль в формировании флоры Южного Урала и определила облик современного растительного покрова.

Необходимо сказать, что связь времен прослеживается на протяжении всего повествования, и если далекое прошлое региона представлено указанными событиями, то его настоящее связано с освоением человеком, а затем и познанием природы, и прежде всего растительного покрова. А изучение уфимско-оренбургской флоры освещено именами целой плеяды естествоиспытателей-классиков: И.Г.Гейнцельман, И.К.Кириллов, П.И.Рычков, В.Н.Татищев, И.Г.Мелин, П.С.Паллас, И.И.Лепёхин, И.П.Фальк, И.Г.Георги, Э.А.Эверсман, Х.Лессинг, Я.К.Нестеровский, А.Леман, Ф.И.Базинер, К.К.Клаус, А.А.Рехенберг, В.С.Лосиевский, Ю.К.Шелль, И.В.Валиулов, С.И.Коржинский, А.А.Антонов, Н.А.Буш, О.А. и Б.А.Федченко, Д.И.Литвинов, А.Я.Гордягин, А.Меч... Вклад каждого из них и его причастность к изучению природы региона в той или иной степени представлены в настоящей работе.

Здесь же автор касается и другой стороны человеческих взаимоотношений с растительным миром на примере исчез-



**Путенихин В.П. ЦИВИЛИЗАЦИЯ ДЕРЕВЬЕВ: Научно-популярные очерки о природе.**

Уфа: Информреклама, 2007. 140 с.

новения артыша (можжевельника казацкого) со склонов шихана Тра-тау в силу антропогенного воздействия и его реинтродукции 100 лет спустя.

С увлечением Путенихин повествует как о больших научных находках (обнаружение новых видов хвойных деревьев — воллемии благородной, ксантоципариса вьетнамского), так и о малых сюрпризах, поджидавших исследователей прямо среди большого города, — установление возраста лиственницы в «Лунном» саду С.Т.Аксакова или голубой ели в усадьбе графа П.П.Толстого. И значимость для всего человечества и для каждой личности в отдельности этих «разномасштабных» открытий позволяет нам чувствовать сопричастность к миру природы, ответственность за него. И снова автор раскрывает страницы пока еще близкого прошлого — свою студенческую пору, наследие певца башкирской природы С.Т.Аксакова, приводит жизнеописание П.П.Толстого.

Часть вторая — «Деревья и люди: вместе по жизни» — содержит очерки с описанием интересных фактов из мира деревьев и кустарников. Нужно ли говорить, что значительное место отведено лиственнице — самому распространенному дереву на планете, обладающему рядом удивительнейших качеств. Интерес представляет описанное автором участие в Международном симпозиуме по проблемам сохранения, воспроизводства и использования лиственницы, проходившем во Франции, и позволяющее ознакомиться не только с современными направлениями исследований в этой области, но также с опытом зарубежных коллег в деле разведения этого «дерева света».

Здесь можно найти сведения о появлении в дендрофлоре Башкортостана амурского бархата, карельской березы, голубой ели, жетсуги Мензиса,

а также об удивительнейшей красной розе из Эстонии, лимоннике, конском каштане; познакомиться с рядом тайн — «тайной» Альбертины, чернокорой березы, «кипариса» над р.Сутолокой и такими чудесами среди местных деревьев, как каповая береза, или тополь-толстяк у р.Сакмары. Есть очерки, посвященные сибирскому кедру, форзиции и растениям-интродуцентам, произрастающим в лесном массиве, расположенном в центре Уфы. Интересна и такая деталь, приводимая автором: в г.Белебее растет голубая ель, которую еще в 1907 г. привез в подарок (и в обмен на степную вишню) и посадил сам Иван Владимирович Мичурин. «Ель Мичурина» — гордость и историческая реликвия для жителей города.

Аргументировано обсуждается вопрос и о создании еще одной особо охраняемой природной территории в городе (наряду с существующими Ботаническим садом-институтом и Непейцевской лесной дачей). Здесь же показана роль зеленых насаждений в городских поселениях (правда, эта часть книги «более научна» и несколько выпадает из общего контекста художественного повествования), а заканчивается раздел освещением проблемы клонирования — вегетативного размножения растений.

Последняя, третья, часть — «Деревья-двойники: удивительное рядом» — показывает читателю, казалось бы, обычные деревья и кустарники с необычной стороны: оказывается, рядом с нами по соседству существуют аналоги тропического хлебного дерева — это дуб черешчатый, лещина обыкновенная и боярышник. Медоносная липа ничуть не уступает по своим свойствам малайской коомпассии. Среди местных деревьев есть даже такие, которые могут считаться «лесными бензоколонками», «конфетными деревьями»,

деревья, которые живут под землей, и такие, которые имеют отношение к чистоте тела.

В заключении (а точнее, вместо него) этой занимательной книги автор перечисляет победителей конкурса «Самые замечательные деревья и кустарники», прошедшего в 2004 г. в рамках объявленного в Республике Башкортостан «Года охраны окружающей среды». Не теряя временную связь, автор заглядывает в будущее совместного сосуществования человеческой цивилизации и «цивилизации деревьев», в основе которого лежит кооперация, а не конкуренция, — изучение генофонда природной и культивируемой флоры с целью выявления и увеличения формового разнообразия как важного пути сохранения генофонда редких растений.

Совсем недавно один из авторов рецензии получил в подарок от профессора А.Н.Куприянова из Кемерово вторую часть его очень интересной научно-популярной книги «Арабески ботаники» и письмо, цитату из которого и приведем в заключение: «Со временем меня стала тяготить бессмысленность научных публикаций, которые едва ли двигают прогресс. Научные публикации остаются единственным отчетом ученого перед общественностью, так считал Фарадей, но сегодняшнему обществу глубоко наплевать на то, чем я занимаюсь. Поэтому научные публикации нужны для самоутверждения... А книги для народа — это один из путей донести себя обществу и «вбивать» в них свои убеждения». С этими словами солидарны и мы, и, видимо, Путенихин, который призывает остановиться и оглядеться вокруг, увидеть необычное в обычном, стать «немножко друидами». И неслучайно девиз автора звучит: «Замечательные деревья и кустарники растут везде, стоит только приглядеться». ■



## Геофизика

**В.И.Ферронский, С.В.Ферронский.** ДИНАМИКА ЗЕМЛИ: Теория движения планеты на основах динамического равновесия. М.: Научный мир, 2007. 336 с.

Первые геодезические спутники для изучения динамических параметров планеты были запущены более 40 лет назад. Их исследования дали богатейший материал для углубления знаний о внутреннем строении и динамике Земли. Появилась реальная возможность экспериментально оценить корректность физических представлений и гипотез, на которых основаны геофизические и геологические построения, и проверить соответствие этих представлений с их аналитическими расчетами. Успех в этом направлении не заставил себя ждать.

В книге анализируются причины отсутствия гидростатического равновесия Земли, установленного на основе исследования ее гравитационного поля с помощью искусственных спутников (ИСЗ). По-новому ставятся задачи о движении Земли в собственном силовом поле на основе динамического равновесия, которое вытекает из выявленной ИСЗ связи между моментом инерции планеты и ее гравитационным полем. Установлено, что вращение и колебание оболочек Земли происходит под действием собственных сил тяжести. Вместе с оболочками вращается внешнее силовое поле планеты, с чем связано наблюдаемое попятное движение линий узлов и апсид ИСЗ. На основе спутниковых наблюдений рассмотрена природа электромагнитного поля Земли и механизм его генерирования. Показано, что энергия гравитационного и электромагнитного поля имеет единую природу. Даны подходы к исследованию прак-

тических задач, связанных с такими динамическими процессами, как горообразование, землетрясения, вулканизм, изменение климата. Рассматриваемая теория применима не только к планетам и спутникам, но и к звездам, где в качестве уравнения состояния используется гидростатическое равновесие. Она открывает путь к пониманию физической сути гравитации как внутренней энергии силового давления, возникающего при взаимодействии масс на уровне молекул, атомов и ядер.

Василий Иванович Ферронский — доктор технических наук, главный научный сотрудник Института водных проблем РАН.

Сергей Васильевич Ферронский — кандидат физико-математических наук, работал в Междугосударственном геофизическом комитете РАН. В 2003 г. трагически ушел из жизни.

## История науки

**В.А.Парафонова.** ВСЕХ ПРИВЛЕКАЕТ НАША АРКТИКА. М.: Тривант, 2007. 124 с.

История организации магнитной съемки океанов в Советском Союзе вкратце такова: в конце 1938 г. правительство СССР приняло решение об учреждении Научно-исследовательского института земного магнетизма (НИИЗМ), выросшего впоследствии в Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН) в подмосковном Троицке. Институту, кроме всего прочего, вменялось в обязанность составление сухопутных и морских магнитных карт. Для этих целей и было построено научно-исследовательское судно «Заря», эскизы проекта которого разрабатывали в первые годы после окончания Великой Отечественной войны.

В свое первое плавание в Северную Атлантику «Заря»

вышла в 1956 г. — накануне официального начала Международного геофизического года. На нем проводились эхолотные промеры, ионосферные наблюдения и измерения нейтронной составляющей космических лучей, а также метеорологические наблюдения.

Автономность работы судна определялась запасом горючего и воды и составляла примерно 20 сут. В среднем за 7—8 мес экспедиции «Заря» проходила с измерениями около 26 тыс. морских миль. А всего за экспедиционные плавания с 1956-го по 1984 г. шхуна прошла с непрерывными измерениями магнитного поля Земли около 350 тыс. морских миль.

Только три государства — Англия, Россия и США, — помимо карт своих территорий, издавали и издают мировые магнитные карты. Исследования, которые уже можно отнести к классу глобальных магнитных съемок, начали проводиться только с 1956 г., они-то и выполнялись советским немагнитным судном «Заря». Затем наступила эра спутников, и магнитологи были одними из первых ученых, поставивших на них свои приборы.

Прошло совсем немного времени, и уже в середине 90-х годов об уникальном научно-исследовательском судне «Заря» почти забыли. Вновь выйти в открытый океан ему вряд ли суждено. И не только ввиду изношенности самой шхуны, но и по причине дороговизны подобных экспедиций и даже просто содержания корабля для нынешних владельцев — Санкт-Петербургского филиала ИЗМИРАН Российской Академии наук. Шхуна стоит на причале в городе на Неве, и пока не ясно, какая ей уготована судьба: то ли сдача в аренду под ресторан, то ли участие в рекламных роликах. В обозримом будущем подобный шедевр нашему государству уже не повторится.

# Ферсман и «Природа»

Н.В.Успенская

Москва

Не случайно номер журнала, где помещена статья Б.Е.Боруцкого «Камень плодородия», которую ее автор посвятил 125-летию со дня рождения А.Е.Ферсмана, завершается сюжетом, связанным с «Природой». В основании журнала и его дальнейшей судьбе Александр Евгеньевич принимал самое активное участие.

1912 год — год рождения в Москве нового естественноисторического периодического издания. К тому моменту прошло уже пять лет, как Ферсман окончил Московский университет, затем поработал в Париже у минералога А.Лакруа и в Гейдельберге у геохимика В.Гольдшмидта. По возвращении Ферсман преподавал в alma mater и читает свой первый курс геохимии в Университете Шаньянского.

Именно в это время многие крупнейшие ученые, такие как Н.К.Кольцов, В.И.Вернадский, А.С.Серебровский, И.И.Мечников, П.И.Вальден и другие, поддерживали энтузиастов создания «Природы» и первых ее редакторов — химика Л.В.Писаржевского и зоолога В.А.Вагнера. Созвездие участников нового начинания предвещало возможный успех. Но дело оказалось сложным и в финансовом, и в организационно-издательском отношении. Если бы не ряд особых ревнителей журнала, в ряду которых оказался Александр Евгеньевич, «Природа» не обрела бы своего особого лица и не устояла перед давно раскрученными конкурентами, такими как «Природа и люди» П.П.Сойкина, «Научное обозрение» В.В.Битнера. Но это были конкуренты по названию, а не по сути. Естественнонаучного

журнала, создаваемого силами исключительно ученых, притом крупнейших, не существовало. «Природа» заняла экологическую нишу, которая была пуста, что предопределило пришедший к ней успех и дальнейшую долгую жизнь.

Глядя назад, легко строить схемы и как бы видеть оправдавшиеся прогнозы, но в 1912 г. положение журнала казалось весьма шатким. Воспоминание Ферсмана позволяет заглянуть в окно той жизни: «В скромных, трудных условиях... начиналось дело «Природы», на задворках старенького дома на Малой Лубянке, среди угроз описи личного имущества, среди совершенно исключительных условий рождалась «Природа»\*.

Как ни удивительно, этот, теперь уже почти древний дом на задворках Лубянки, в котором Александр Евгеньевич был завсегдатаем, еще сохранился.

В июле 1912 г. Ферсман, регулярно информировавший своего учителя В.И.Вернадского о работе над диссертацией и других делах, сообщает ему: «Сейчас подписал к печати **первый очерк по геохимии** (подчеркнуто авт. — Н.У.) в «Природе»: что такое минералогия? — Выйдет 15 августа. Одновременно кончил статью «За цветным камнем» в «Природу» с фотографиями...».

А в декабре того же года: «Получил письмо от Писаржевского; предлагает секретарство журнала «Природа»\*\*.

От секретарства Ферсман отказался, но на всю жизнь связал себя с журналом.

На протяжении первых лет Александр Евгеньевич постоянно

\* Ферсман А.Е. // Природа. 1927. №6. С.423—424.

\*\* Архив РАН. Ф.518. Д.1705. Ед. хр. 24, 26.

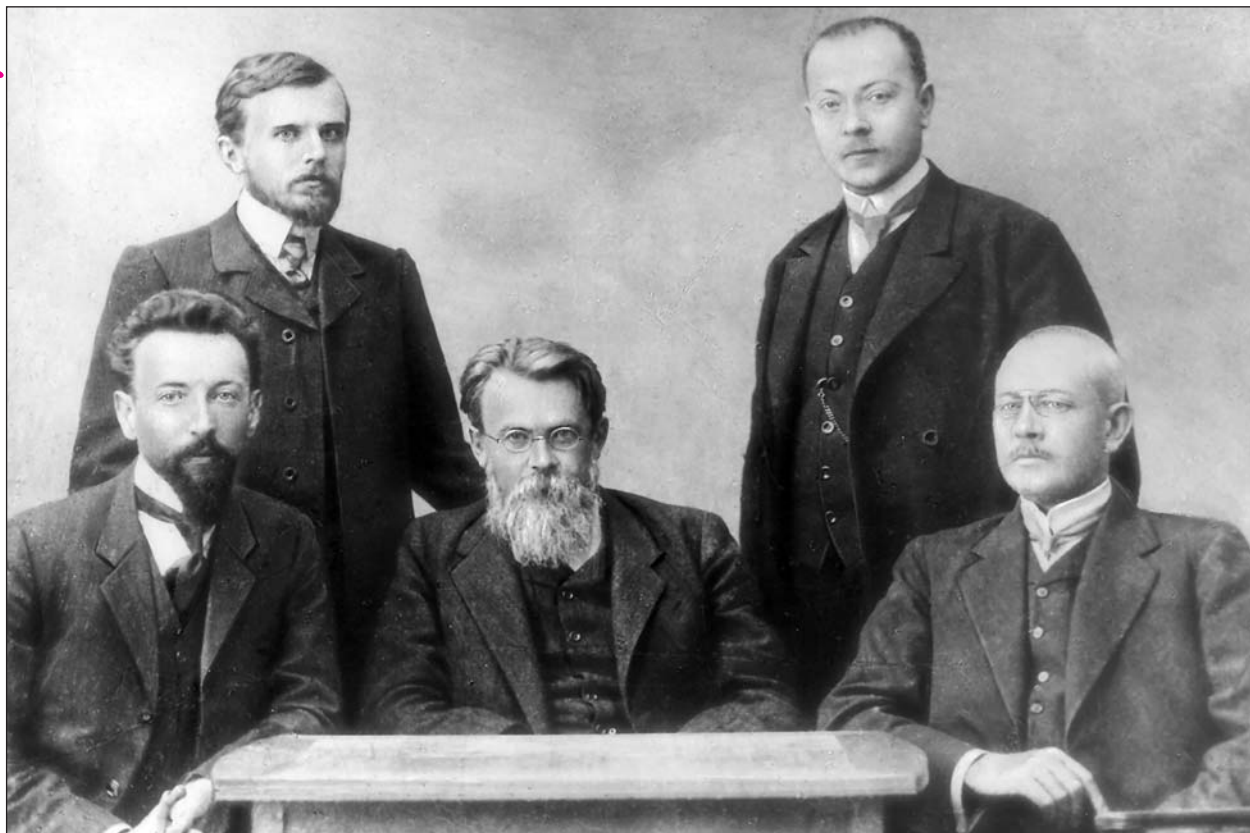


А.Е.Ферсман после окончания Московского университета.

но печатался на страницах «Природы». Он лишь иногда подписывался полным именем — с 1912 по 1917 г. таких статей около 15, — но мелким его научным сообщениям, под которыми стоят только инициалы А.Ф., несть числа.

Переехав в Санкт-Петербург, — он получил назначение старшим хранителем Минералогического музея Академии наук (впоследствии стал его директором), — Ферсман выполнял роль представителя редакции в Северной столице. С 1917 г. он, наряду с Н.К.Кольцовым и Л.А.Тарасевичем, числится главным редактором «Природы».

В Архиве РАН, в фонде Ферсмана, хранятся адресованные ему письма Кольцова о делах «Природы» за период 1915—1922 гг., из которых видно, как плотно они занимались журналом. Не будем голословны.



А.Е.Ферсман в группе ассистентов В.И.Вернадского. Кроме названных лиц В.В.Карандеев (слева, сидит), Р.А.Касперович (слева, стоит), П.К.Алексат (справа, сидит). 1911 г.

**Кольцов — Ферсману:**

29 августа 1915 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Я очень рад, что Вы задумали организовать при «Природе» отдел использования богатств России. Конечно, это дело очень нелегкое, и на его организацию понадобится привлечение новых сил. Ведь мы беремся отвечать на запросы самых различных читателей, и, помещая их письма, давать на них ответственные разъяснения. <...>

1. Желательна статья о русской селитре. <...>

2. Статья об алюминии. <...>

3. Статья о серном колчедане. <...>

15 декабря 1915 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Мне кажется желательным поместить в январской книжке «Природы» краткий отчет о наших лекциях. Напишите, по-

жалуйста, идейное содержание своей лекции в размере приблизительно одной колонки пети-та. <...>

20 декабря 1915 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Спасибо за присылку первого выпуска «Материалов для изучения естественных [производительных] сил России», а также оттисков о Боровичевском каменном угле. Думаю, что обо всем этом должны появиться маленькие заметки в «Природе». Подписка на «Природу» идет очень успешно — вдвое больше подписчиков, чем на то же число год назад. <...>

Москва, 17 января 1917 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

В воскресенье, 22 января в Петроград выезжает Л.А.Тарасевич. Было бы хорошо, если

бы Вы воспользовались этим случаем и устроили в Петрограде в понедельник или во вторник вечером заседание сотрудников и редакторов «Природы». <...>

На масленице желательно устроить съезд редакторов в Москве. Будет Артемьев, обещаю быть Метальников, хорошо было бы если бы и Вы приехали. Съезд будет особенно плодотворным, если Вы явитесь с мнениями петроградских сотрудников. <...>

В руках Кольцова и Ферсмана журнал приобрел популярность и авторитет. Пик был достигнут в 1917 г. А потом начались всем известные события — голод, разруха, национализация, — которые не давали «Природе» никаких шансов. Кольцов сообщает Ферсману об отчаянных попытках найти какой-то выход: «Мы открыли в помеще-



## Очерки по геохимии.

А. Е. Ферсмана.

### Задачи современной минералогии<sup>1)</sup>.

Откройте большинство современных учебников минералогии и вы увидите длинный перечень непонятных названий минералов, сухой список признаков и свойств, целый ряд цифр или кристаллических обозначений и несколько малоизвестных географических имен.

Сухой и мертвой систематикой вѣтъ отъ страницъ такихъ минералогій, и неудивительно, что въ обществѣ распространено столь превратное мнѣніе объ этой наукѣ, что рѣдко кто, въ стремленіи къ самообразованію, возьмется по собственной инициативѣ за учебникъ „о мертвой природѣ“.

Мнѣ хотѣлось бы выступить въ защиту минералогіи и въ отдѣльных очеркахъ намѣтить тѣ пути, на которые она нынѣ вступаетъ—пути широкаго и всесторонняго освѣщенія и изученія химической жизни земной коры. Изъ стѣнъ научныхъ кабинетовъ и минералогическихъ музеевъ минералогія наконецъ выходитъ къ самой

природѣ, къ необъятной лабораторіи земли: каждый камень, каждый обломокъ породы говоритъ ей свою исторію; онъ ей интересенъ не только самъ по себѣ, но и какъ одно отдѣльное звено въ большой цѣпи природныхъ явленій..., и минералогія на своихъ новыхъ путяхъ научной работы пытается отыскивать связь между отдѣльными минералами, камнями, обломками, выяснять, какъ, гдѣ и при какихъ условіяхъ они образовались, всегда ли были такими, какими они являются теперь, и во что они со временемъ перейдутъ.

Каждый камень, каждое химическое соединеніе имѣетъ свою длинную исторію происхожденія, жизни и измѣненія и эта исторія закономерно и тѣсно связана со всѣми химическими превращеніями, со всей химической жизнью земной коры.

Минералогія призвана на своихъ новыхъ путяхъ къ изслѣдованію этой исторіи, и ея поле изученія—та огромная и вѣчно работающая лабораторія, которую мы такъ ошибочно называемъ „мертвой природой“.

Какъ идетъ эта химическая работа вокругъ насъ въ природѣ, кто и что вызываетъ эти безконечно медленныя, но и безконечно великія химическія превращенія—все это вопросы, которыми мы займемся въ другой разъ: раньше чѣмъ перейти къ тѣмъ широкимъ картинамъ химической жизни земной коры, которая рисуются молодой геохиміей, я попытаюсь бросить бѣглый взглядъ на современное состояніе минералогіи.

1) Дальнѣйшіе очерки будутъ посвящены слѣдующимъ вопросамъ: 1) Химическая жизнь земной коры. 2) Количественный составъ земной коры и его законности. 3) Радиоактивные минералы и ихъ распространеніе въ земной корѣ. 4) Основные законы процессовъ минералообразованія. 5) Периодическая система элементовъ въ геохиміи. 6) Геохимія и динамическая геологія. 7) Геохимія и органической міръ. 8) Геохимія, какъ часть астрохиміи. 9) Очеркъ развитія минералогіи. 10) Вліяніе космическихъ причинъ на химическую жизнь земной коры. 11) Общій очеркъ геохиміи и методовъ ея изслѣдованія. 12) Очеркъ полеоминералогіи.

Фрагмент страницы из «Природы» (июль-август 1912 г.) с «первым очерком по геохимии», о котором Ферсман сообщает Вернадскому.

нии редакции на Моховой в сотрудничестве с изд[ателем] Сабашниковым и бр. книжную лавку и рассчитываем получить более крупные доходы от продажи оставшихся на складе изданий».

К сожалению, продолжать издание журнала не удастся. В течение всего 1920 г. не выходит ни одного номера. Журнал перестал бы существовать, как множество других частных изданий. Но Ферсман спасает «Природу». В 1921 г. московский журнал начинает выходить в Петрограде как орган

Комиссии по изучению естественных производительных сил России при Академии наук. На титульном листе каждого выпуска значится, что это сдвоенные номера за текущий и прошлый годы.

Ферсман — секретарь КЕПС — и по-прежнему, вместе с Кольцовым и Тарасевичем, возглавляет «Природу».

Впереди у будущего академика богатая событиями судьба. Он — один из основателей геохимии и признан крупнейшим минералогом страны. Возглавляет многочисленные экспеди-

ции, в том числе на Кольский п-ов, Тянь-Шань, в пустыни Кызылкум, Каракумы, на Урал и в Забайкалье. Обнаружение апатитов и медно-никелевой руды в Хибинах и Мончетундре приносят ему славу. Он создает теорию техносферы.

Жизнь Александра Евгеньевича заполнена до краев. Но в ней находится место для «Природы». Он остается главным редактором журнала до 1930 г., состоит членом ее редакционной коллегии и постоянным автором до конца своих дней, т.е. до ноября 1945 г. ■

# Правила для авторов

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

ся и проходят редакционную подготовку.

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

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

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

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

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

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

# 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**  
**М.В.КУТКИНА**

Графика, верстка:  
**А.В.АЛЕКСАНДРОВА**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119049,  
Москва, Мароновский пер., 26  
Тел.: 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (095) 238-24-56  
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.09.2008  
Формат 60×88 1/8  
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,  
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2  
Заказ 598  
Набрано и сверстано в редакции

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