

ПРИРОДА

6 06



В НОМЕРЕ:

3 Львов Д.К., Забережный А.Д., Алипер Т.И.

Вирусы гриппа: события и прогнозы

Можно ли сейчас, на современном уровне развития науки, прогнозировать появление нового высокопатогенного вируса гриппа с пандемическими наклонностями?

14 Тихонов Н.А.

Считаем звезды

Звездные гало спиральных галактик

До недавнего времени модель звездного строения спиральной галактики строилась в основном на результатах исследования Млечного Пути. Теперь звездные гало открыты и в других галактиках.

Заметки и наблюдения

23 Виноградов Г.М., Кобузева И.А., Розумнюк М.А., Манакова А.Е.

Древооточек лимнория в Белом море: 70 лет спустя

Нариманов А.А.

Из биографии лекарственных трав: синюха и дягиль (55)

27 Алфимов А.В., Берман Д.И.

Два полюса холода под снежным покровом Евразии

На территории Евразии минимальные температуры почвы распределяются иначе, чем воздуха, и во многом зависят от высоты снежного покрова, что сказывается на успешности зимовки почвенных обитателей.

34 Сокол Г.А., Комар А.А.

Новый тип нестабильных атомных ядер — η -мезонные ядра

Привычные представления о строении атомных ядер как совокупности протонов и нейтронов работают не всегда. Оказывается, в состав нестабильных ядер на короткое время могут включаться тяжелые нейтральные мезоны, например η -мезоны. Это ведет к появлению экзотических η -ядер.

42 Леменовский Д.А., Брюсова Г.П., Тимофеев В.В., Юрин С.А., Баграташвили В.Н., Попов В.К.

Вторая молодость известного явления

Не много найдется научных открытий, которые были признаны, но долгое время не использовались на практике. Так случилось с четвертым агрегатным состоянием вещества — оно целых полтора столетия представляло только чисто научный интерес.

49 Уфимцев Г.Ф., Щетников А.А.

Текли реки из Байкала

Многочисленные геолого-геоморфологические данные свидетельствуют, что в течение длительного геологического времени происходила смена стока байкальских вод в разные речные бассейны.

Вести из экспедиций

58 Чернецов А.В.

Шестнадцатый клад из Старой Рязани

67 ДИАЛОГ О СИСТЕМАТИКЕ

Голубовский М.Д.

Надежда Мандельштам и Любищев (67)

Мандельштам Н.Я.

Возможна ли общая систематика для разнородных явлений? Логические основания (69)

Любищев А.А.

По поводу записки Н.Я.Мандельштам (72)

Голубовский М.Д.

Комментарий к диалогу (77)

81 **Новости науки**

Еще один гамма-всплеск совпал со сверхновой. **Вибе Д.З.** (81). Как выбросить миллион звезд? (82). «Умные» нанопокрывтия (83). «Бумага» из двухслойных нанотрубок (83). Симбионты оказались паразитами. **Опасев А.С.** (84). Трещущие крылья рождают мелодию (84). Метанотрофные бактерии — симбионты сфагнума (85). Дыхание растений не зависит от их размера. **Гиляров А.М.** (85). Землетрясения в Балтике — неучтенный фактор риска. **Никонов А.А.** (86). Предметы промысловой магии из святилища Кучерла (87).

Коротко (41)

Рецензии

88 Сытин А.К.

«Я сделался чудесным травознайкою...»

90 **Новые книги**

Встречи с забытым

92 Смирнова Т.Н., Любина Г.И.

Лугинины и Ветлужский край

CONTENTS:

3 **Lvov D.K., Zaberezhny A.D., Aliper T.I.**

Influenza Viruses: Events and Predictions

Is it possible now, at the current state of scientific development, to predict appearance of a new highly pathogenic influenza virus with pandemic potential?

14 **Tikhonov N.A.**

Counting the Stars Stellar Haloes of Spiral-shaped Galaxies

Until recently a model of stellar configuration of spiral-shaped galaxies was built primarily on the results of Milky Way exploration. Now stellar haloes were discovered also in other galaxies.

Notes and Observations

23 **Vinogradov G.M., Kobuzeva I.A., Rozumnyuk M.A., Manakova A.E.**

Wood-borer Limnoria in White Sea: 70 Years Later

Narimanov A.A.

From Biography of Official Herbs: Greek Valerian and Garden Angelica (55)

27 **Alfimov A.V., Berman D.I.**

Two Poles of Cold Under the Eurasian Snow Cover

In Eurasia, the distribution of minimum soil temperatures is different from that of air temperatures, because the former depends on the snow cover thickness. This phenomenon is critical for successful wintering of various inhabitants of soil.

34 **Sokol G.A., Komar A.A.**

A New Type of Unstable Atomic Nuclei — η -meson Nuclei

Usual notion about atomic nuclei as a complex of bound protons and neutrons are not always correct. It turns out that unstable nuclei can include for a short time heavy neutral mesons, for instance, eta-mesons. This leads to formation of exotic eta-nuclei.

42 **Lemenovsky D.A., Brusova G.P., Timofeev V.V., Yurin S.A., Bagratashvili V.N., Popov V.K.**

The Second Youth of a Known Phenomenon

There are only a handful of scientific discoveries that were recognized but for a long time have not found any practical applications. So was the case with the fourth aggregative state of matter — for 150 years it was only of theoretical interest.

49 **Ufimtsev G.F., Schetnikov A.A.**

Rivers Were Pouring from Baikal

A lot of geologic and geomorphologic data indicate that during long geologic history of the lake there was change of drain from it into different river basins.

News From Expeditions

58 **Chernetsov A.V.**

The Sixteenth Treasure from Old Ryazan

67 **DIALOGUE ON TAXONOMY**

Golubovsky M.D.

Nadezhda Mandelshtam and Lyubischev (67)

Mandelstam N.Ya.

Is General Taxonomy for Heterogeneous Phenomena Possible? Logical Foundations (69)

Lyubischev A.A.

On a Note by N.Ya. Mandelshtam (72)

Golybovsky M.D.

Commentary to Dialogue (77)

81 **Scientific News**

One More Gamma-burst Coincided with Supernova. **Wiebe D.Z.** (81). How to Throw Away Million of Stars? (82). Smart Nanocoatings (83). Paper Made from Two-layered Nanotubes (83). Symbionts Turn out to Be Parasites. **Opaev A.C.** (84). Flickering Wings Create Melody (84). Methanotrophic Bacteria Symbionts of Sphagnum (85). Plants Respiration Does Not Depend on Their Size. **Ghi-lyarov A.M.** (85). Baltic Region Earthquakes — Unaccounted Risk Factor. **Nikonov A.A.** (85). Magic Artifacts from Kucherla Sanctuary (87).
In Brief (41)

Book Reviews

88 **Sytin A.K.**

«I Became a Wonderful Connoisseur of Herbs ...»

90 **New Books**

Encounters with Forgotten

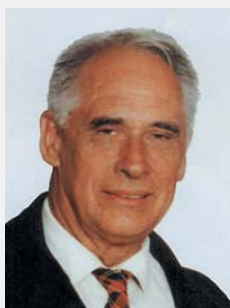
92 **Smirnova T.N., Lyubina G.I.**

Luginins and Vetluga Country

Вирусы гриппа: события и прогнозы

Д.К.Львов, А.Д.Забережный, Т.И.Алипер

Эпидемии гриппа происходят ежегодно и не воспринимаются как нечто экстраординарное. Поскольку заболевание вызывается уже знакомыми иммунной системе вирусами, она с ними, как правило, справляется. Другое дело пандемии: в этом случае возбудитель гриппа — вирус с новыми антигенными и биологическими свойствами, молниеносно распространяющийся в мире, поражающий до четверти населения планеты и уносящий десятки миллионов жизней. Этим «прославились» пандемии прошлого века. Предвидеть их было невозможно, как, впрочем, нельзя назвать точное время наступления новой. Однако сейчас благодаря постоянному слежению за циркулирующими среди людей, домашних и диких животных вирусами, а также знаниям, полученным с помощью молекулярно-генетических методов, уже можно прогнозировать появление новых вариантов вируса с пандемическими наклонностями. В последние годы претендент на эту роль выявлен: изначально непатогенный вирус птиц H5N1 в конце 2003 г. вызвал эпизо-



Дмитрий Константинович Львов, академик РАМН, директор Научно-исследовательского института вирусологии им.Д.И.Ивановского РАМН, заведующий кафедрой вирусологии Московской медицинской академии им.И.М.Сеченова. Область научных интересов — экология и эволюция вирусов (арбовирусов, вируса гепатита С, вирусов гриппа и др.).



Алексей Дмитриевич Забережный, доктор биологических наук, заведующий лабораторией молекулярной диагностики того же института, руководитель отдела молекулярной биологии НПО «Нарвак». Занимается разработкой методов молекулярной диагностики наиболее распространенных болезней различных видов животных и созданием вакцин.



Тарас Иванович Алипер, доктор биологических наук, заведующий лабораторией средств специфической профилактики вирусных болезней того же института, директор НПО «Нарвак». Специалист в области разработки средств и методов специфической профилактики вирусных болезней животных.

© Львов Д.К., Забережный А.Д., Алипер Т.И., 2006

отию гриппа среди домашних птиц, перешедшую в этом году в панзоотию. Этот вирус начал поражать и других животных, в том числе и людей, но пока не может передаваться от человека к человеку. Чтобы он приобрел эту способность, достаточно замены всего одной аминокислоты в одном из вирусных белков.

Структуры вириона

Вирус гриппа устроен довольно просто: это сферической формы частица (вирион) диаметром около 0.13 мкм, в сердцевине которой находится нуклеокапсид (молекула РНК, упакованная в оболочку из белка М1), ок-

руженный липидной мембраной. В эту мембрану погружены три белка — гемагглютинин, нейраминидаза и ионный канал (белок М2), играющие основную роль в инфекционном процессе.

Первым вступает в контакт с рецепторами клетки хозяина гемагглютинин. На поверхности вирусной оболочки он представлен в виде очень сложно устроенных тримеров. Каждый их мономер прочно закорен в мембране и содержит две субъединицы — одна из них обеспечивает первичный контакт с клеткой-мишенью, другая отвечает за слияние вирусной и клеточной мембран. В верхней части белка расположены участки, которые связываются с сиаловой

кислотой, входящей в состав рецептора клетки хозяина.

Фермент нейраминидаза отщепляет концевые группы сиаловой кислоты клеточных рецепторов, в результате чего клетка теряет способность распознавать антиген, и вирус проникает в нее путем эндоцитоза — обычного способа доставки веществ в клетку. Кислая среда отпочковавшейся от клеточной мембраны эндосомы активирует ионный канал М2, который обеспечивает понижение рН внутри вирусной частицы, что приводит к разрушению белковой оболочки М1. Одновременно активируется гемагглютинин. Синтезируется он в виде предшественника, который в кислой среде переходит в зрелое состояние — расщепляется протеолитическими ферментами на две субъединицы, при этом спрятанный внутри тримера пептид слияния меняет конформацию, выходит на свободу, перемещается в верхний конец молекулы и внедряется в мембрану. Вирусная оболочка сливается с эндосомальной, образуется пора слияния, через которую в цитоплазму открывается путь для чужеродного генетического материала. Затем вирусная РНК проникает в клеточное ядро. В результате в клетке нарушаются процессы жизнедеятельности и она сама, используя собственные ресурсы, начинает производить вирусные белки. Тут же происходит репликация вирусной РНК и сборка новых вирусных частиц, которые с помощью нейраминидазы высвобождаются из поврежденных клеток (при этом продукты их распада вызывают интоксикацию организма и лихорадочное состояние) и с кровотоком разносятся по всему организму.

Размножившийся вирус угнетает кровяную и иммунную системы, поврежда-

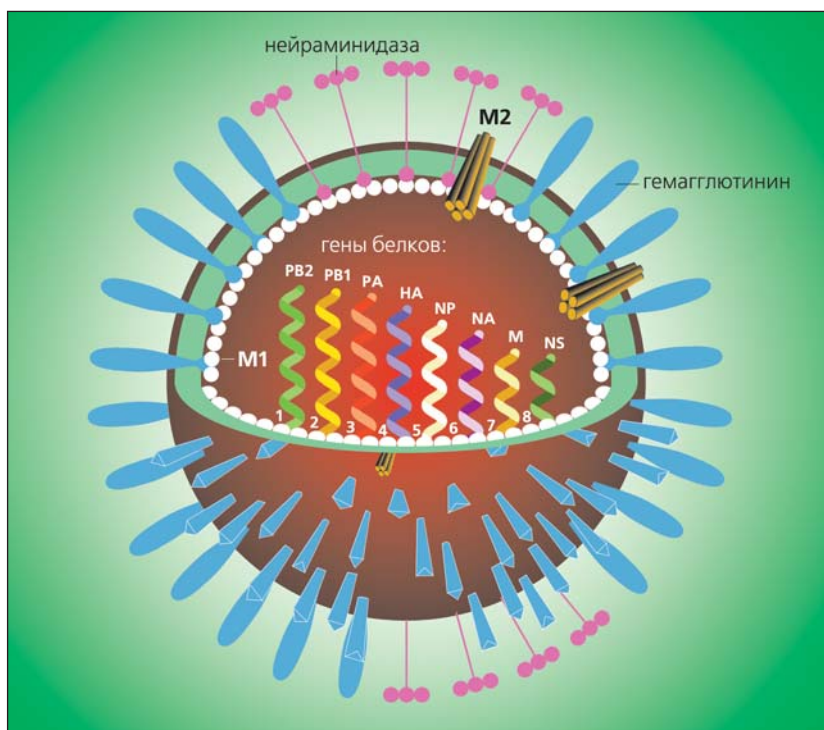


Схема вириона вируса гриппа. Его липопротеидная оболочка покрыта шипиками из двух гликопротеидов — гемагглютинаина и нейраминидазы. Внутри находится нуклеокапсид — молекула РНК, упакованная в оболочку из белка М1. Геном состоит из восьми фрагментов, из которых первые шесть кодируют по одному белку (гемагглютинин — HA, нейраминидазу — NA, субъединицы РНК-полимеразы — PB1, PB2, PA, нуклеопротеид — NP), а последние два гена — по два белка с уникальными последовательностями аминокислот (матричные белки — М1, М2 и неструктурные белки — NS1, NS2).

ет эндотелий капилляров, что приводит к повышенной проницаемости сосудов и кровоизлияниям вплоть до отека мозга с летальным исходом. Но так происходит довольно редко, обычно включается иммунная система — сначала вовлекаются факторы врожденного (неспецифического) иммунитета, а через некоторое время начинают вырабатываться специфические антитела, освобождающие и при повторном заражении защищающие организм от вируса.

Отличительная особенность вирусов гриппа — высокая изменчивость антигенных свойств. Внутренние белки постоянны по своей структуре и определяют тип вируса (А, В и С). Поверхностные же антигены, напротив, гетерогенны и изменчивы, причем в большей степени это касается гемагглютинина (Н), который наряду с нейраминидазой (N) определяет подтип вируса (H1N1, H2N2, H3N2 и т.д.). Антигенная изменчивость поверхностных белков обусловлена двумя генетическими процессами — дрейфовыми и шифтовыми изменениями вирусного генома.

Дрейфовые изменения вызываются точечными мутациями в генах, кодирующих гемагглютинин и нейраминидазу, и приводят к незначительным изменениям в структуре этих белков. Как правило, такие изменения происходят в период между пандемиями у всех типов вирусов (А, В и С). В результате ежегодно возникают эпидемии, а не пандемии, так как защита от предыдущих контактов с вирусом сохраняется, хоть она и недостаточна.

Шифтовые изменения возникают после полной замены гена. Это возможно, поскольку геном вируса гриппа сегментирован — состоит из

восьми фрагментов однонитчатой линейной РНК, кодирующих помимо гемагглютинина и нейраминидазы вирусоспецифический фермент (РНК-полимеразу, или транскриптазу, состоящую из трех субъединиц — белков PB1, PB2, PA), а также нуклеопротеид (NP), матриксные (M1 и M2) и неструктурные (NS1 и NS2) белки. При одновременном заражении клетки двумя разными штаммами сегменты их реплицирующихся геномов смешиваются в любых сочетаниях, поэтому новые вирионы содержат разные наборы генов, заимствованные от каждого из исходных вирусов. Такое комбинирование сегментов вирусной РНК называют генетической перетасовкой, или реассортацией, чтобы не путать с уже существующим термином — рекомбинацией, в ходе которой генетический материал перестраивается либо по механизму кроссинговера, либо в результате смены матрицы. Шифтовые изменения, как правило, затрагивают антигенную структуру гемагглютинина, реже — нейраминидазы. Таким образом через нерегулярные интервалы времени (10—40 лет) появляются вирусы с новыми антигенными и биологическими свойствами, в том числе и новые пандемические варианты [1, 2].

Видовой барьер

Среди вирусов, способных вызывать чрезвычайные эпидемические ситуации, борьба с которыми на этапе их возникновения трудна или даже невозможна, особенно опасны вирусы гриппа А. Они характеризуются высокой антигенной гетерогенностью поверхностных белков и представлены, согласно номенклатуре, 16 подтипами гемагглютинина (H1—16) и 9

нейраминидазы (N1—9). Эти вирусы широко распространены в природе и могут поражать все виды птиц и некоторые виды млекопитающих (людей, лошадей, свиней, китов, тюленей и т.д.) [1, 2]. Заражение млекопитающих происходит в основном через дыхательные пути, птиц — через кишечник. Инфекция у них протекает, как правило, бессимптомно или в виде энтерита, что указывает на высокую степень взаимной адаптации вирусов гриппа и диких птиц, которых можно считать их естественными хозяевами. Вирус сохраняется в воде, при +22°C — до месяца, при +4°C и ниже — в течение более длительного времени (6—8 месяцев), поэтому водно-фекальный путь инфицирования — основной механизм поддержания постоянной циркуляции вируса гриппа в природе.

Несмотря на антигенную гетерогенность, вирусы со всеми известными сочетаниями поверхностных белков выделены только от диких птиц водного и околородного комплексов (уток, чаек и т.д.). Среди других животных циркулируют лишь вирусы с определенным набором поверхностных белков: например, от людей до недавнего времени выделяли вирусы только трех подтипов гемагглютинина (H1—H3) и двух нейраминидазы (N1—N2). Все четыре пандемии XX в. были обусловлены новыми шифтовыми вариантами этих подтипов: «испанский грипп» в 1918 г. был вызван вирусом гриппа А подтипа H1N1, «азиатский грипп» в 1957 г. — H2N2, «гонконгский грипп» в 1968 г. — H3N2 и «русский грипп» в 1977 г. — H1N1. Все они — реассортанты вирусов гриппа птиц и человека [2].

До недавнего времени считалось, что вирусы гриппа птиц не патогенны для людей и в случае заражения

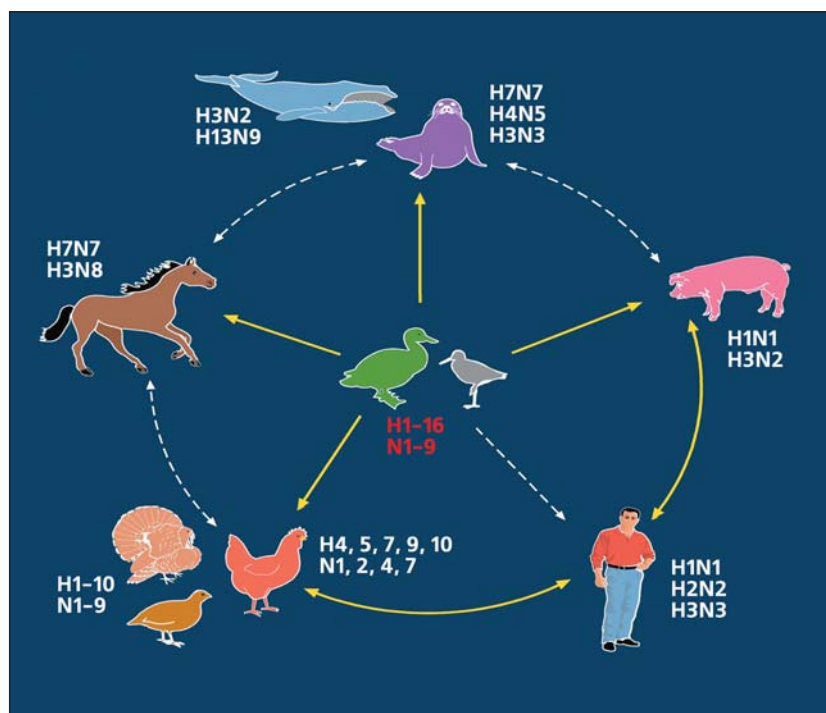


Схема циркуляции известных подтипов вирусов гриппа типа А.

могут вызвать у них лишь конъюнктивит и легкое недомогание, в редких случаях — слабовыраженный респираторный синдром. Однако в 1997 г. вирусы H5N1 вызвали чрезвычайно тяжелые формы заболевания среди людей в Гонконге — из 18 заболевших человек шестеро погибли, причем все они заразились от цыплят. Второй подобный эпизод произошел в феврале 2003 г. и тоже в Гонконге — из пяти инфицированных людей двое умерло. Вирусы H5N1 периодически выделяли от кур и других видов птиц (в том числе и диких) в локальных популяциях [3].

Вирус серотипа H9N2, широко распространенный среди домашних птиц в Китае и других странах Азии, был обнаружен у пятерых китайцев в августе 1998 г., а спустя год в Гонконге у двух девочек с клиникой гриппоподобного заболевания. Примечательно, что все случаи забо-

леваний произошли независимо друг от друга, и передачи вирусов от человека к человеку не отмечено. В 1996 г. вирус гриппа птиц H7N7 был выделен от женщины, страдающей конъюнктивитом. Один случай в Нидерландах закончился смертью. Это только те случаи, которые официально зафиксированы, в реальности же вирусы гриппа птиц преодолевают видовой барьер, видимо, значительно чаще и начинают заражать не только человека, но и других животных (свиней, лошадей, китов, норок и т.д.). Известны случаи инфицирования домашних птиц (кур, индюков) вирусами гриппа, характерными для диких птиц, особенно водоплавающих [1—4].

Пока трудно уверенно судить о всех факторах, ограничивающих круг хозяев вируса, и механизмах, влияющих на смену хозяина. Поиск такой ведется, и уже довольно давно, в различных иссле-

довательских группах, в том числе и в нашем институте.

Первым под подозрение попал гемагглютинин, поскольку именно этот гликопротеид ответствен за распознавание рецепторов хозяйской клетки и участвует в слиянии вирусной оболочки с эндосомальной (по сути — части цитоплазматической оболочки клетки хозяина). Структура этих рецепторов отличается в зависимости от видового и тканевого происхождения клеток. Эти различия важны для ограничения перехода вирусов между видами и исследованы специально в связи с возникновением новых пандемических для человека вирусов [5].

Установлено, что рецепторы эпителиальных клеток дыхательного тракта человека помимо белка содержат углеводы — сиалоолигосахариды, у которых концевая сиаловая кислота (N-ацетилнейраминановая кислота) соединена с галактозой связью 2'—6', а рецепторы клеток эпителия кишечника птиц — 2'—3'. Птичьи вирусы гриппа плохо репродуцируются в организме человека, потому что просто не могут связаться с рецепторами человека. В то же время муцины (по природе те же сложные гликопротеиды с сиаловой кислотой на конце), которые обязаны защищать легкие человека от микроорганизмов, содержат рецепторы именно с 2'—3' галактозной связью. Таким образом, птичий вирус гриппа, случайно попавший в организм человека, проникнуть в клетки не может, так как на их поверхности нет специфических рецепторов, а распознающая активность рецепторов вирионов блокируется муцином, поэтому человеку в этом случае грозит лишь легкий насморк.

Но в таком случае чем же объяснить возникновение пандемических шифто-

вых вариантов вируса? Ситуация немного прояснилась, когда стало известно, что клетки респираторного тракта свиньи несут оба типа рецепторов и соответственно могут заражаться вирусом гриппа как человека, так и птиц. Это означает, что свиньи потенциально могут служить промежуточным хозяином разных вирусов и идеальной ареной для их реассортации при смешанной инфекции.

Что касается гемагглютинаина, то его способность распознавать клеточные рецепторы хозяина, как оказалось, в первую очередь связана со структурой рецептор-связывающего сайта (РСС). Так, у вирусов гриппа человека РСС содержит аминокислоты лейцин и серин в положениях 226 и 228 соответственно, а у птичьих вирусов в этих позициях находятся глутамин и глицин. Обнаружены и другие аминокислотные замены в РСС у разных животных, а это означает, что, хотя РСС консервативен и эволюционно устойчив, в нем все же есть варибельные участки, влияющие на связывание с рецепторами (аффинитет) и специфичность [5].

Измениться РСС может после преодоления вирусом межвидового барьера, при этом вирусы гриппа птиц, например, могут приобрести способность распознавать рецепторы клеток человека. Доказательство того, что межвидовой барьер птица—человек может быть преодолен, — вспышка гриппа среди людей в Гонконге в 1997 г., вызванная птичьим вирусом H5N1.

Предполагается, что «приязанность» вируса к хозяину определяется не только особенностями гемагглютинаина, но и другого поверхностного белка — нейраминидазы. Кроме того, есть основания

считать, что в ограничении круга хозяев участвуют гены внутренних и неструктурных белков вирусов гриппа А. Однако говорить об этом пока рано, поскольку необходимо еще изучить вклад каждого гена и функции их продуктов. Как бы там ни было, важно понимать, что даже минимальные изменения в структуре вирусных белков, особенно гемагглютинаина, могут вести к значительным изменениям не только в диапазоне хозяев вируса, но и степени его патогенности (вирулентности).

Вирулентность

Напомним, что для репродукции вируса в организме хозяина необходима активация предшественника молекулы гемагглютинаина, при этом она расщепляется протеазами хозяина на две субъединицы. Протеолиз гемагглютининов низкопатогенных птичьих вирусов протекает в ограниченном числе типов клеток, поэтому вирус локализуется только в дыхательном или кишечном трактах. Так происходит при бессимптомной или средней тяжести инфекциях. Гемагглютинаины высокопатогенных птичьих вирусов расщепляются в различных клетках и поэтому способны вызывать летальные системные инфекции, особенно у домашних птиц.

В различных лабораториях мира занялись исследованием генома высокопатогенных для людей штаммов вирусов гриппа (H5N1 и H7N7, выделенных в 1997—2004 гг.). Выяснилось, что эти вирусы содержат в сайте расщепления молекулы гемагглютинаина несколько основных аминокислот, что и обеспечивает им высокую инфекционную активность и патогенность. В отличие от

непатогенных или слабопатогенных вирусов, у которых этой аминокислотной последовательности нет, гемагглютинин высокопатогенных вирусов легко расщепляется не только трипсиноподобными протеазами, присутствующими в клетках респираторного тракта человека и кишечника птиц, но и фуриноподобными протеазами. Действуют они в комплексе с убиквитином, призванным пометить для протеаз белки, которые необходимо разрушить. Фуриноподобные протеазы синтезируются в разных тканях, что придает патогенным вирусам способность поражать разные системы и органы. Для превращения низкопатогенного вируса в высокопатогенный достаточно вставки даже одной основной аминокислоты в сайте протеолитического расщепления гемагглютинаина [6].

Впоследствии это подтвердилось в опытах на мышках, инфицированных разными вариантами (выделенными в разные годы) вируса H5N1. Некоторые из них начали реплицироваться в мозге, печени, селезенке, клетках крови, вызывая 100%-ную гибель мышей на седьмые-восьмые сутки после заражения, тогда как другие вирусы оказались для мышей непатогенными и размножались только в легких. Вскоре и это объяснилось — у выделенных в 2004 г. вирусов H5N1 в сравнении с вирусами, полученными в 1997—2003 гг., выявлены дополнительные мутации в гене гемагглютинаина, что отразилось на изменении их антигенных свойств.

На патогенность вируса могут влиять изменения в структуре не только поверхностных, но и внутренних белков. Так, обнаружена мутация в положении 627 в белке PB2 у высокопатогенного для мышей штамма ви-

руса гриппа H5N1. Именно эта мутация повлияла на различие в свойствах двух вирусов H5N1, изолированных в Гонконге, и как следствие — на результат инфекционного процесса. Кроме того, вирулентность этих вирусов гриппа связывают с особенностями строения неструктурного белка NS, в частности, с присутствием в его молекуле глутаминовой кислоты в 92 положении, что придает вирусам устойчивость к антивирусному действию интерферонов.

Безусловно, использование современных молекулярно-генетических методов в изучении вирусов гриппа постепенно проясняет их биологические свойства, однако не менее важны и традиционные методы, с помощью которых ведется мониторинг циркуляции вирусов гриппа среди людей, домашних и диких животных. Прогнозирование появления реассортантов с пандемическими наклонностями и разработка эффективных мер профилактики и борьбы с гриппом могут быть разработаны лишь на основе изучения экологии и эволюции возбудителей этого трудно предсказуемого и трудно контролируемого инфекционного заболевания. Такие исследования начаты более 35 лет назад Г.Лейвером в Австралии, Р.Вебстером в США, Д.К.Львовым в нашей стране, и ведутся они по сей день во всем мире.

События и прогнозы

Всестороннее изучение вирусов гриппа А инициировано Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) после пандемии в 1968 г., вызванной вирусом H3N2. В нашем институте установлено, что прародителем H3N2 был штамм, ана-

логичный вирусу H3N8, выделенному на Украине в 1963 г. от диких уток [4]. Эти и другие данные послужили основанием для развития научного направления — экологии и эволюции вирусов гриппа А. Был создан Национальный центр по экологии вирусов гриппа А с сетью опорных баз, где получены новые данные, подтвердившие отсутствие принципиальных отличий между вирусами гриппа А человека и животных, т.е. наличия единого защищенного генофонда. Согласно этим данным, в 1980 г. создана классификация вирусов гриппа независимо от их происхождения. С тех пор каждому выделенному вирусу присваивается название, где отражены тип вируса, источник выделения, место и год выделения, а также подтип — например, А/утка/Украина/63(H3N8).

Основной задачей наших исследований в России было изучение эволюции вирусов гриппа А в процессе взаимодействия вирусных популяций с популяциями диких птиц и домашних животных и формирования штаммов с эпидемической потенциальностью. Для этого проводится мониторинг в ключевых точках Северной Евразии; выделены 14 из 16 известных вирусов [1, 4].

В конце 2003 г., т.е. за три месяца до начала эпизоотии, вызванной вирусом птичьего гриппа H5N1, в странах Юго-Восточной Азии один из авторов этой статьи (Д.К.Львов) выступил на международном конгрессе по гриппу в Японии, сообщив о выделении этих вирусов от диких птиц в России — на Алтае и на юге Приморья. По молекулярно-генетическим данным, эти штаммы отнесены к группе низкопатогенных. Тогда, по аналогии с более ранними наблюдениями, был сделан

первый прогноз о возможности их интродукции с перелетными птицами в птичьи хозяйства Юго-Восточной Азии, где они через какое-то время могли бы превратиться в высокопатогенные с пандемической потенциальностью. По-видимому, так и произошло. Вспыхнувшая эпизоотия за короткий срок охватила 10 стран. За прошедшее время погибло и забито более 150 млн кур и уток. По данным ВОЗ, к концу марта 2006 г. заразились уже 185 человек, 104 из которых погибли. Эпизоотия продолжается, причем вирусы проникли и в свиньепопulations, что вызывает особую тревогу. Возможно, мир стоит на пороге эпидемиологической катастрофы: реассортанты могут сформироваться в любой момент при одновременном заражении свиней птичьим вирусом H5 и вирусами гриппа человека H1 или H3, циркулирующими во всем мире.

Был сделан и **второй прогноз**: в случае заражения в местах зимовок диких птиц высокопатогенными штаммами возрастает риск их занесения на территорию России, особенно в Сибирь и на Дальний Восток, во время весенних миграций. А затем произошло то, что и должно было произойти. В середине июля 2005 г. в населенных пунктах Новосибирской обл., расположенных в пределах озерной северной лесостепи Барабинской низменности, выявлена эпизоотия среди домашних птиц с летальностью свыше 90% и быстрым распространением.

Были собраны материалы от домашних и диких птиц, обитавших в непосредственной близости от места эпизоотии. Используя клеточные линии СПЭВ и МДСК (этот нестандартный метод проходит сейчас патентова-

ние), мы выделили шесть штаммов H5N1 от домашних птиц и чомги (*Podiceps cristatus*), причем концентрации вируса в тканях были очень высокими. С приоритетом от 8 августа 2005 г. эти штаммы депонированы в Государственную коллекцию вирусов, а данные секвенирования их полноразмерного генома заложены в GenBank с приоритетом от 5 сентября 2005 г. [7]. Сайт протеолитического нарезания гемагглютинина всех полученных штаммов содержит аминокислотную последовательность PQGERRRKKRGLF, характерную для высокопатогенных вирусов гриппа птиц. Нуклеотидные последовательности генов гемагглютинина всех анализируемых вирусов домашних птиц оказались полностью идентичными, но отличаются от штамма, выделенного от дикой птицы (чомги), правда, всего двумя нуклеотидными заменами. Филогенетический анализ выявил высокий уровень гомологии гемагглютининов западносибирских штаммов со штаммами, изолированными весной того же года от горного гуся (*Anser indicus*) на оз. Кукуно в северо-западной провинции Цинхай (КНР). Это полностью подтвердилось при анализе остальных семи генов [8, 9].

Идентичность генетических характеристик изолированных штаммов доказывает непосредственную связь между вирусами, циркулирующими в популяциях диких и домашних птиц. Вместе с тем обнаруженные в 2005 г. штаммы вируса гриппа H5N1 существенно отличаются от штаммов этого вируса, выделенных в предыдущие годы, в том числе и от полученного из Англии штамма A/Вьетнам/1194/2004(H5N1), предлагаемого у нас в стране для производства вакцины. Оче-

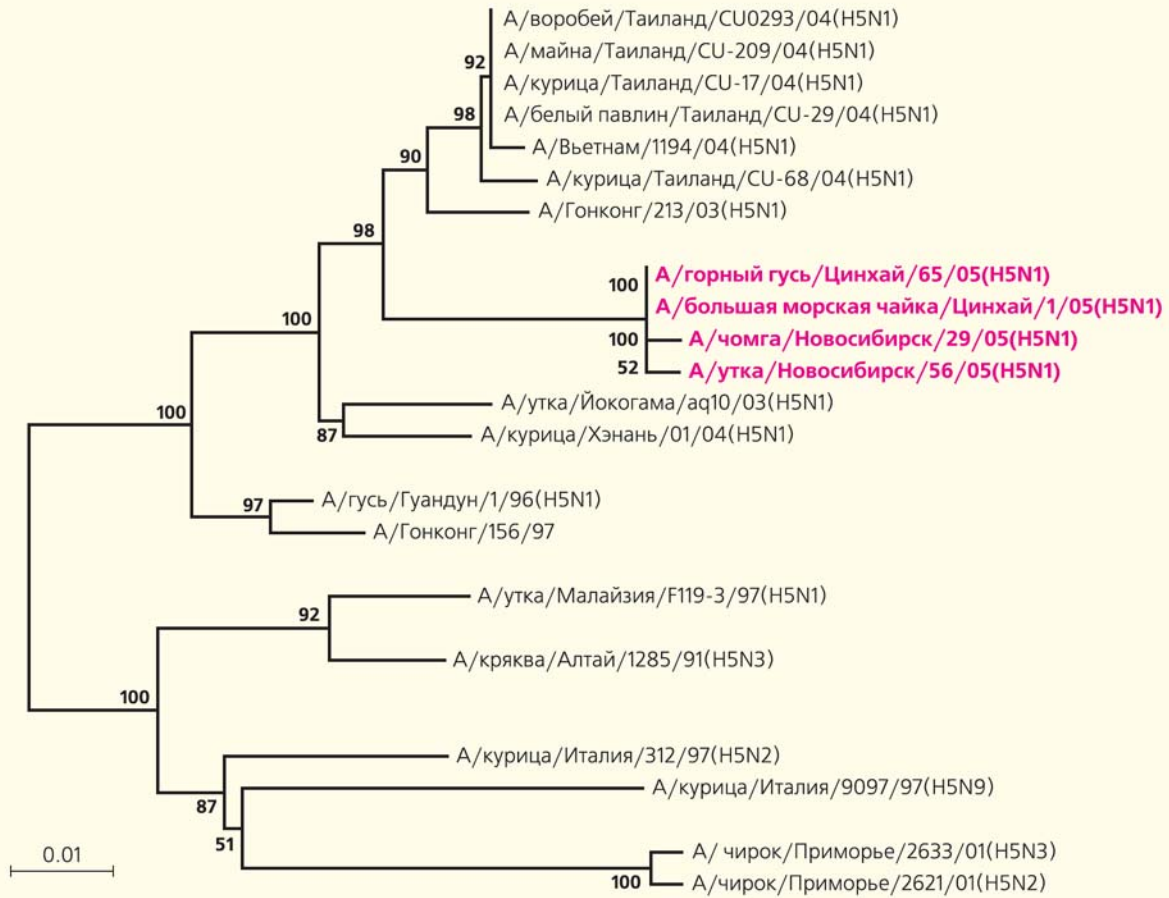


Чомга (вверху) и горный гусь. Летняя эпизоотия 2005 г. среди домашних птиц в Новосибирской обл. была вызвана выделенным от чомги высокопатогенным вариантом вируса H5N1, который оказался генетически идентичным штамму, выделенному весной того же года от горного гуся в северо-западной провинции Китая.

Фото К.ван Ордена и Н.В.Паклиной

видно, что по крайней мере для ветеринарной вакцины может быть использован только штамм из Государственной коллекции вирусов, соответствующий по антигенным свойствам циркулирующему в России вирусу. Выделенный нами штамм, депонированный в Государственную коллекцию виру-

сов, уже используется для крупномасштабного производства вакцины на ФГУП «Ставропольская птицефабрика». Вакцинируются домашние птицы в Южном федеральном округе. К 15 июня 2006 г. планируется произвести 15 млн доз вакцины с дальнейшим расширением производства.



Степень родства нуклеотидных последовательностей гена гемагглютинаина вариантов вируса гриппа А подтипа H5, изолированных от диких и домашних птиц в разных странах в последние 10 лет. Цветом выделены высокопатогенные штаммы H5N1 цинхайско-новосибирской группы вирусов.

К слову, в условиях пандемии, когда надо быстро наладить производство вакцины, целесообразно, на наш взгляд, использовать в качестве субстрата линии клеток, в которых вирус гриппа быстро накапливается в высоких концентрациях. Этот недавно разработанный метод обладает существенными преимуществами по сравнению с традиционным, в котором используются куриные эмбрионы: при сохранении всех антигенных доменов гемагглютинаина культуральная вакцина исключает появление осложнений, связанных с ку-

риним белком. Это особенно важно при производстве вакцины для людей. Вот только надо знать, какой штамм следует использовать для иммунизации людей. Это будет зависеть от антигенной характеристики возникшего пандемического варианта. Возможно, он будет отличаться от того, что есть сейчас. В любом случае абсолютно недопустимо использование живой вакцины. Генетическое взаимодействие вакцинных и полевых вирусов может привести к возникновению реассортантов с непредсказуемыми последствиями.

Анализ генома выделенных нами штаммов выявил ряд особенностей, связанных с биологическими свойствами. Помимо аминокислотной последовательности сайта протеолитического расщепления гемагглютинаина, определяющей высокий уровень патогенности вируса, обнаружены делеции в положении 49–68 в нейраминидазе (генотип Z), что указывает на повышенный тропизм выделенных нами вирусов к домашним птицам и потенциальную патогенность для людей. Глютаминová кислота в 92-й позиции белка NS1 определяет устой-

чивость вируса к действию интерферона и повышенную вирулентность для свиней. Лизин в позиции 627 белка РВ2 объясняет способность изучаемых штаммов к репродукции в различных линиях клеток млекопитающих. Выявленные свойства проникшего на территорию России вируса свидетельствуют о его высокой патогенности в отношении домашних птиц и людей [8].

Наличие серина, а не аспарагина, в 31-й позиции М2 указывает на чувствительность вируса к ремантадину,

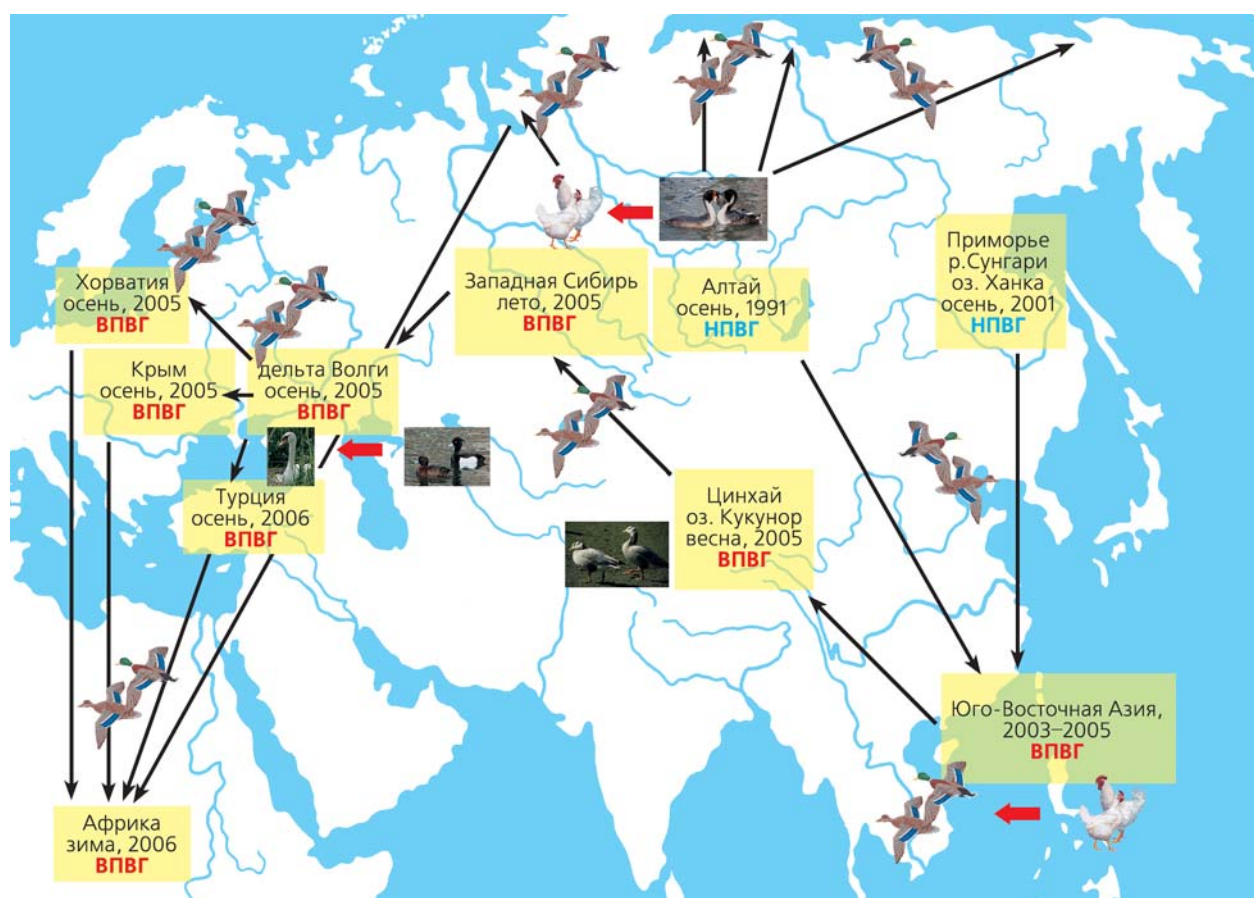
что полностью совпало с данными прямого изучения влияния противовирусных препаратов на репродукцию вируса. Для этих целей мы также использовали клеточные линии и выяснили, что для профилактики и раннего лечения гриппа одинаково эффективны и могут быть использованы как дорогостоящие зарубежные препараты — например, тамифлю, так и относительно дешевые отечественные, которые есть в аптеках, — ремантадин, виразол (при внутривенном и аэрозольном при-

менении), арбидол [10]. К сожалению, производство этих препаратов сейчас в стране отсутствует или недостаточно, и необходимо срочно создать их стратегические запасы.

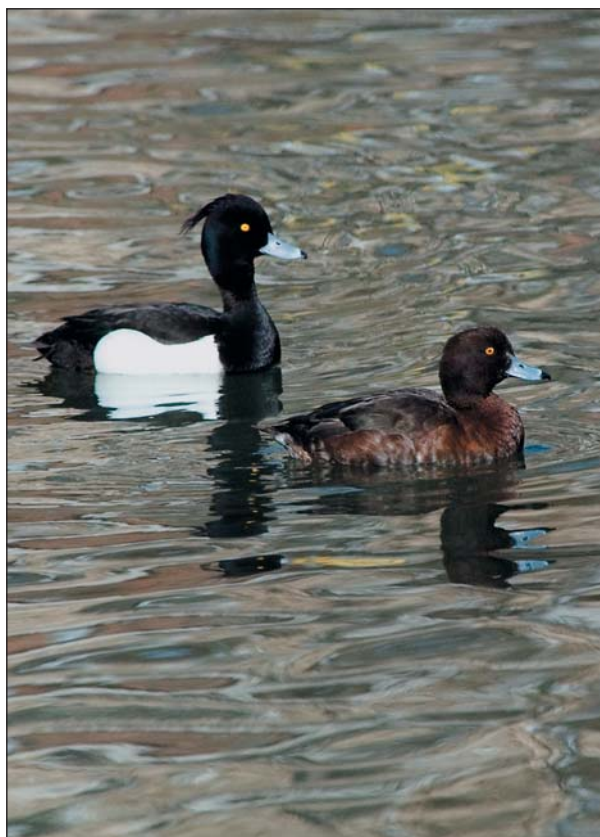
* * *

Каким же образом и когда проник высокопатогенный вирус гриппа H5N1 на территорию России, и как будут развиваться дальнейшие события?

Сначала низкопатогенные штаммы, циркулирующие в Сибири и на Дальнем Восто-



Пути распространения вируса гриппа H5N1 в популяциях диких и домашних птиц. Низкопатогенные вирусы гриппа (НПВГ), выделенные от диких и домашних птиц в северо-восточной области Алтайского края в 1991 г. и на юге Приморского края в 2001 г., очевидно, были предшественниками вспышки гриппа в Гонконге в 1997 г. и эпизоотии на юго-востоке Азии в 2003—2005 гг., а также на северо-западе Китая в Став высокопатогенными (ВПВГ), эти вирусы проникли во время весенней миграции диких птиц в Западную Сибирь, где летом 2005 г. вызвали вспышку гриппа среди домашних птиц. В период миграции птиц водного и околородного комплекса произошло дальнейшее распространение ВПВГ на север и запад Евразии, а зимой 2006 г. эти вирусы уже были обнаружены в Африке. Красными стрелками обозначено заражение вирусом гриппа от диких птиц к домашним и наоборот.



Лебедь-шипун (слева) и хохлатая чернеть. Эта северная утка стала переносчиком вируса гриппа из цинхайско-новосибирской группы, вызвавшего в декабре 2005 г. вспышку гриппа в популяции лебедя-шипуна, обитающего в дельте Волги.

Фото К.ван Ордена и Н.В.Паклиной

ке среди диких птиц, были занесены во время осенних миграций в страны Юго-Восточной Азии. Превратившись там в высокопатогенные, они с дикими же птицами весной 2005 г. проникли в Западную Сибирь и резко активизировались в период появления птенцов. Высокопатогенные штаммы разлетелись с птицами в места гнездовий на территории более 10 млн км². После попадания вируса в популяции домашних птиц произошел взрыв эпизоотии. Это всерьез и надолго.

Третий прогноз заключался в том, что когда осенью птицы полетят обратно в места зимовок через густонаселенные территории России и других стран,

они вновь разнесут вирус. Так и произошло. Осенью 2005 г. вирус уже долетел до большинства европейских стран, обнаружен он и в Турции, Крыму, Иране, Азербайджане, Грузии, Индии, а также в Африке. А у нас добрался до Тулы, Калмыкии и дельты Волги, где вспышка гриппа в популяции лебедя-шипуна (*Cygnus olor*) возникла в декабре 2005 г. после короткой остановки пролетающих северных уток — хохлатых чернетей (*Aythya fuligula*). Изолированные от лебедей штаммы, по данным их молекулярно-генетического анализа, также относятся к цинхайско-западносибирской группе вирусов. За полгода циркуляции среди диких птиц штаммы сохра-

нили генотип и не потеряли высокой патогенности.

Четвертый прогноз наиболее тревожный. Вирусом загрязнены многие водоемы в местах гнездовий и на путях пролета, и сохранится он там до весны. Каждый естественный водоем, куда попали фекалии зараженных птиц, превращается в «мину замедленного действия». Это можно сравнить с вовлечением в таежный пожар торфяников. Весной зараженные и здоровые птицы вернутся обратно и полетят через эти «минные поля», поэтому события летом 2006 г. могут быть значительно более грозными, чем в прошедшем сезоне. Подтверждение тому — уже в марте лавинообразное ухудшение ситуации

в Европе, Азии и Африке. Это — уже панзоотия. А когда высокопатогенные штаммы, циркулирующие весной среди диких птиц, вернуться к слабопатогенным, сколько времени займет процесс их реассортации, предсказать невозможно — месяцы или годы. Ясно, что это предмет приоритетного изучения, от которого зависит развитие событий в обозримом будущем.

Что касается пандемического вируса, то он может возникнуть и у нас после заражения свиней вирусами человека и птиц. Но скорее попадет к нам из Китая, где возможности трансформации реассортанта особенно велики, учитывая активность эпизоотического процесса и огромный восприимчивый контингент среди населения. Появиться у нас пандемический вирус может в любой момент — для этого достаточно лишь одной аминокислотной замены в РСС гемагглютинина, в результате вирус начнет распознавать рецепторы клеток человека и соответственно начнет передаваться от человека к человеку.

Что, с нашей точки зрения, следовало бы делать уже сейчас на государственном уровне, сформулировано в таблице. Мы же собираемся

Таблица

Основные блоки подготовки к пандемии гриппа

Мониторинг циркуляции вирусов гриппа среди людей, домашних и диких животных.
Разработка методов выделения вирусов гриппа А/Н5, их идентификации и диагностики.
Проверка и производство противовирусных препаратов: ремантадина, вирусазола, тамифлю (озелтамивира, занамивира).
Получение кандидатов в вакцинные штаммы и налаживание производства вакцины.
Готовность к приему в специализированных помещениях больниц с необходимым запасом противовирусных препаратов, антибиотиков, медикаментов, оборудования для интенсивной терапии 200–500 тыс. больных.

особое внимание уделить изучению дальнейшей эволюции высокопатогенных штаммов, поразивших популяции диких птиц. Ключевое значение в этом имеют экосистемы на территории России. Планируем продолжить мониторинг в европейской части страны, в Сибири и на Дальнем Востоке, а также, возможно, в некоторых сопредельных странах.

В последние пять лет наши исследования проводились совместно с охотоведами, орнитологами, сотрудниками федеральных служб фитоветеринарного и санэпиднадзора Новосибирской, Астраханской, Иркутской областей, Приморского края, Биробиджана, республик Калмыкии и Бурятии. Все это проходило в рамках федеральных программ «Защита от патогенов», «Разработ-

ка средств и методов противодействия биотерроризму», «Грипп А свиней и птиц: взаимодействие популяций».

Проведенные исследования мы рассматриваем как модельные при изучении чрезвычайных эпидемических ситуаций, возникших в результате действий природных факторов или криминальных событий. Для этой цели в Институте создана межлабораторная группа быстрого реагирования, способная по «конвейеру» быстро и надежно собрать полевые материалы и их обследовать комплексом классических и молекулярно-генетических методов с привлечением нанотехнологий (биочипов), разработанных нашими сотрудниками для определения генома вируса гриппа А и выявления его подтипов. ■

Литература

1. Lvov D.K. // Sov. Med. Rev. E. Virol. Rev. 1987. V.2. P.15–37.
2. Webster R.G., Bean W.J., German O.T. et al. // Microbiol. Rev. 1992. V.56. P.152–179.
3. Львов Д.К., Ильичев В.Д. Миграция птиц и перенос возбудителей инфекций. М., 1979.
4. Львов Д.К., Ямникова С.С., Забережный А.Д. и др. // Вопр. вирусол. 2005. №4. С.4–11.
5. Matrosovich M., Zhou N., Kawaoka Y., Webster R. // J. Virol. 1999. V.73. №2. P.1146–1155.
6. Suarez D.L., Senne D.A., Banks J. et al. // Emerg. Infect. Dis. 2004. V.10. №10. P.693–699.
7. Львов Д.К., Щелканов М.Ю., Дерябин П.Г. и др. // Вопр. вирусол. 2006. №1. С.11–14.
8. Львов Д.К., Прилипов А.Г., Щелканов М.Ю. и др. // Вопр. вирусол. 2006. №2. С.15–19.
9. Chen H., Smith G.J.D., Zhang S.Y. et al. // Nature. 2005. V.436. P.191–192.
10. Львов Д.К., Федеякина И.Т., Щелканов М.Ю. и др. // Вопр. вирусол. 2006. №2. С.20–22.



Считаем звезды

Звездные гало спиральных галактик

Н.А.Тихонов

Внегалактическая астрономия изучает гигантские звездные системы — галактики, находящиеся далеко за пределами нашей собственной — Млечного Пути. Как и в любой науке, объекты исследования в первую очередь следует классифицировать, чтобы понять хотя бы самые простые взаимосвязи между ними. В первой половине XX в. было предложено несколько схем классификации, каждая из которых учитывала те или иные физические параметры галактик, но в конечном счете астрономы остановились на наиболее простой схеме, предложенной Э.Хабблом и применимой для подавляющего большинства наблюдаемых галактик. В основу классификации был положен внешний вид галактик на снимках крупнейшего в то время телескопа — 2.5-метрового рефлектора обсерватории Маунт Вилсон (США). Не вдаваясь в детали предложенной схемы, отметим, что названия типов галактик: эллиптические, линзовидные, спиральные и неправильные (иррегулярные) — говорят сами за себя, отражая их видимую форму. Если при ве-



***Николай Александрович Тихонов**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Специальной астрофизической обсерватории РАН (пос.Нижний Архыз, Карачаево-Черкесия). Занимается исследованием звездного состава галактик.*

дении классификации было совершенно неизвестно, в чем причина различий внешнего вида галактик, то дальнейшие исследования показали, что вид галактик соответствует и различию их звездного состава. Эллиптические галактики, например, состоят большей частью из старых звезд: содержание водорода в них настолько незначительно, что процессы звездообразования не происходят, а значит, отсутствуют и яркие молодые звезды. В противоположность эллиптическим, спиральные галактики, ярким представителем которых служит известная многим туманность Андромеды (или М31 по спискам Ш.Месье 1771 г., рис.1), на-

оборот, содержат много водорода, и процессы звездообразования в них протекают весьма интенсивно, приводя к рождению все новых и новых звезд. Многочисленные области звездообразования располагаются в таких галактиках вдоль спиральных ветвей и создают индивидуальный, запоминающийся вид галактики. Недаром многие спиральные галактики имеют собственные имена: Водоворот (рис.2), Подсолнечник и др.

Где прячутся звезды

В конце 80-х годов прошлого века после многолетних исследований спиральных

галактик усредненная модель их звездного строения была достаточно простой. Центральное место занимал так называемый балдж — сферическое образование старых звезд и звезд промежуточного возраста. Основное тело галактики виделось как диск, состоящий из звезд разного возраста, от молодых сверхгигантов до старых красных гигантов, распределенных вдоль радиуса галактики по экспоненциальному закону. И, наконец, галактику окружало сферическое гало, состоящее из нескольких десятков или сотен шаровых звездных скоплений и отдельных звезд.

Шаровые звездные скопления, состоящие иногда из миллиона звезд (рис.3), отчетливо наблюдались и в других спиральных галактиках, а не только в нашей собственной, и было видно, что их пространственное распределение выходит далеко за пределы наблюдаемых дисков галактик. Что касается «отдельных звезд гало», то здесь использовались скорее умозрительные соображения. Было известно, что в нашей Галактике за пределами звездного диска обнаруживаются старые маломассивные звезды типа RR Лиры. Эти звезды надежно выделяются среди окружающих соседей из-за периодических пульсаций своего блеска. Можно было предполагать, что область, занятая подобными звездами, содержит и старые звезды другого типа — красные гиганты, например. Таким образом, считалось, что область сферического гало заполнена старыми звездами. Вопрос о размерах звездного гало и законе изменения звездной плотности не рассматривался из-за отсутствия каких-либо наблюдательных результатов. Неявно предполагалось, что плотность звезд гало постепенно падает до

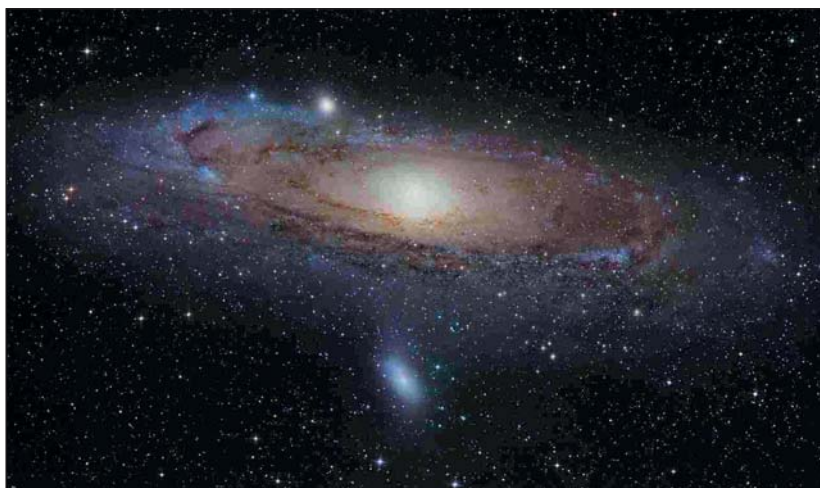


Рис.1. Туманность Андромеды, ближайшая к нам гигантская спиральная галактика М31. Голубой цвет спиральных ветвей появляется из-за присутствия в них многочисленных областей звездообразования с яркими голубыми сверхгигантами. Действительный размер галактики в несколько раз превышает ее видимые на снимке размеры. Рядом с галактикой М31 видны два ее малых спутника — галактики М32 и NGC205. (<http://antwrp.gsfc.nasa.gov>)



Рис.2. Спиральная галактика М51, видимая «плашмя». Красные области вдоль спиральных ветвей — области ионизованного водорода, переизлучающие свет ярких молодых звезд в красной области спектра. (<http://antwrp.gsfc.nasa.gov>)

нуля на больших расстояниях от центра. Поскольку в других галактиках, кроме нашей собственной, исследовать слабое звездное население было затруднительно или просто невозможно, то модель звездного строения спиральной галактики оказалась

построенной главным образом на результатах исследования Млечного Пути, в предположении, что и другие галактики устроены подобным образом.

В 1979 г., почти одновременно, В.Цикоуди [1] и Д.Бурштейн [2] опубликовали свои



Рис.3. Шаровое звездное скопление M10, одно из 250 таких скоплений, принадлежащих нашей Галактике и образующих протяженную подсистему. Все звезды этого скопления имеют возраст более 10 млрд лет, а само скопление образовалось на ранних этапах жизни нашей Галактики. Оранжевые по цвету звезды — красные гиганты, а голубые звезды — старые маломассивные ($0.6\text{--}0.8 M_{\odot}$) звезды в стадии горения гелия. (<http://antwrp.gsfc.nasa.gov>)

работы, где доказали, что диски линзовидных галактик имеют более сложное строение, чем предполагалось ранее. На основе полученных фотометрических профилей линзовидных галактик, видимых с ребра, было найдено, что диски этих галактик состоят из двух подсистем, имеющих разные градиенты яркости вдоль оси Z , т.е. перпендикулярно плоскости галактики. Более пологую и более протяженную подсистему назвали «толстым диском».

В 1983 г., исследуя пространственное распределение звезд нашей Галактики, Дж.Джилмор и Н.Рейд установили [3], что малометаллические красные гиганты образуют более протяженную подсистему, чем подсистема молодых звезд. А поскольку название «толстый диск» уже было использовано для обозначения сходных подсистем линзовидных галактик, оно перешло и для обозначения протяженных подсистем спиральных галактик, состоящих из старых звезд с низким содержанием металлов. Напомним, что в ходе эволюции звезд в галактике непрерывно увеличивается содержание тяжелых элементов, и звезды, родившиеся недавно и имею-

щие возраст несколько сот миллионов лет, содержат их больше, чем звезды с возрастом в несколько миллиардов лет. Поэтому обнаружение в Галактике толстого диска — звездной подсистемы, состоящей из малометаллических звезд, — означало, что открыта древняя структура Галактики, возможно, возникшая на первой стадии образования самой Галактики и несущая информацию о ее первичных параметрах. Что касается еще более протяженной структуры — гало, то астрономы предпринимали непрерывные попытки зарегистрировать его в других галактиках, увеличивая фотометрическую чувствительность аппаратуры.

Кроме желания установить звездное строение галактик, что безусловно необходимо для построения модели их происхождения и эволюции, была еще одна причина для интенсивных поисков гало. Как уже говорилось, спиральные галактики имеют в своем составе много водорода, который излучает в радиодиапазоне на длине волны 21 см. Радионаблюдения позволяли точнее, чем данные оптического диапазона, определить ско-

рости вращения галактик на разных расстояниях от их центра. При этом подтвердился ранее известный из оптических наблюдений факт, что галактики имеют разные угловые скорости вращения на разных расстояниях от центра, т.е. их движение не соответствует закону вращения твердого тела. Но самым интересным было то, что на больших расстояниях от центра галактики, там, где галактика почти и не видна, скорость вращения оказалась весьма значительной. Законы механики и тяготения требуют, чтобы в таком случае за пределами самых дальних радиусов измерения существовала материя, гравитационно участвующая во всех проявлениях кинематических и динамических характеристик галактики. Однако даже на самых глубоких снимках галактик на окраинах не было заметно признаков существования какой-либо светящейся материи. Были предложены многочисленные гипотезы о природе этой невидимой материи, с тем чтобы объяснить результаты измерений вращения галактик. Обсуждение данных гипотез выходит за рамки нашей статьи,

отметим только, что каждая из них имеет свои трудности при объяснении наблюдаемых результатов.

Таким образом, у астрономов были достаточно веские основания для поисков хотя бы слабого видимого проявления протяженного гало галактик, исходя из строения Млечного Пути, а также из интерпретации кривых вращения спиральных галактик. Поскольку теоретические расчеты распределения невидимой материи на основе кривых вращения спиральных галактик прямо указывали на периферии галактик, т.е. гало, то наиболее подходящими объектами для поисков такой невидимой материи становятся спиральные галактики, видимые с ребра, где яркий галактический диск занимает минимальную площадь и не мешает регистрации слабосветящихся структур на периферии.

В погоне за гало

Попытки обнаружить гало вокруг спиральных галактик делались неоднократно, особенно при разработке очередного нового прибора или метода регистрации слабых световых потоков. Так было при создании электронно-графической камеры, где фотоэмульсия, обычно используемая для ядерных исследований, располагалась вместе с фотокатодом в высоком вакууме, при внедрении новых фотоэмульсий, очувствляемых в водородной среде, при появлении электронно-оптического преобразователя или приборов с зарядовой связью (ПЗС-матриц). Техническая трудность состояла в том, что на уровне фона свечения ночного неба требовалось найти протяженный объект с поверхностной яркостью, в 1000 раз меньшей, чем поверхностная яр-

кость ночного неба. Задача усложнялась также из-за присутствия на снимках большого количества ярких звезд, принадлежащих нашей Галактике и занимающих весьма значительную площадь.

Описанные трудности иногда приводили к досадным промахам. Например, в 1994—1998 гг. три коллектива астрономов, работавших на разных телескопах, независимо друг от друга объявили об открытии гало вокруг видимой с ребра спиральной галактики NGC5907 [4—6]. Позднее, на основе многомесячных наблюдений, китайские астрономы доказали ошибку своих коллег. Гало у NGC5907 найдено не было [7].

В 1996 г. Д. Миннити с коллегами объявил об открытии звездного гало в иррегулярной галактике WLM, а в 1999 г. — в карликовой спиральной галактике NGC3109 [8, 9]. Открытия эти в дальнейшем не подтвердились, но они, наряду с результатами изучения галактик другими исследователями, привлекли внимание и инициировали новые работы по поиску гало иным, чем это делалось ранее, методом. С 1994 г. стали доступны качественные снимки космического телескопа «Хаббл», на которых достигалось угловое разрешение в $0.1''$ (у наземных телескопов атмосферные неоднородности размывают изображение звезды до размера $0.5\text{--}2.0''$). Таким образом, вынос телескопа за пределы земной атмосферы позволил видеть на снимках космического телескопа существенно более слабые звезды, а также разделить на отдельные звезды очень тесные группы звезд: центральные области галактик, области звездообразования, звездные скопления.

Новые наблюдательные возможности возродили дав-

но применявшийся, но для совершенно иных задач, метод прямых подсчетов звезд вместо метода поверхностной фотометрии. Преимущества метода подсчета звезд заключаются в достижении более глубоких фотометрических пределов и в возможности точно знать, распределение каких по возрасту звезд мы исследуем. Однако, чтобы воспользоваться этими преимуществами, необходимо выполнить фотометрию всех звезд снимка хотя бы в двух фильтрах — для разделения всех звезд по цвету (температуре) и яркости. На рис.4 справа показана диаграмма «цвет—величина», полученная после фотометрии звезд на снимке небольшой части близкой галактики NGC300. По горизонтальной оси нанесены значения показателя цвета ($V - I$), что соответствует температуре звезды. Значение $(V - I) = -0.3$ имеют голубые звезды с температурой 20 тыс. градусов, а значение $(V - I) = 2.0$ имеют красные звезды с температурой 3000 градусов. Для объяснения этой запутанной для неспециалиста диаграммы слева представлен график с изохронами звезд, т.е. линиями, вдоль которых расположены звезды разных масс, но единого для всех звезд этой изохроны возраста. Сопоставляя изохроны и реальную диаграмму «цвет—величина», можно видеть места расположения звезд того или иного возраста. Поскольку каждая звезда имеет свои пространственные координаты, удастся отождествить в самой галактике звезды отдельных частей диаграммы, т.е. определенного возраста, и построить их численное распределение по телу галактики, например вдоль ее радиуса.

Так как скорость эволюции звезд, изменяющей свои температуру и свети-

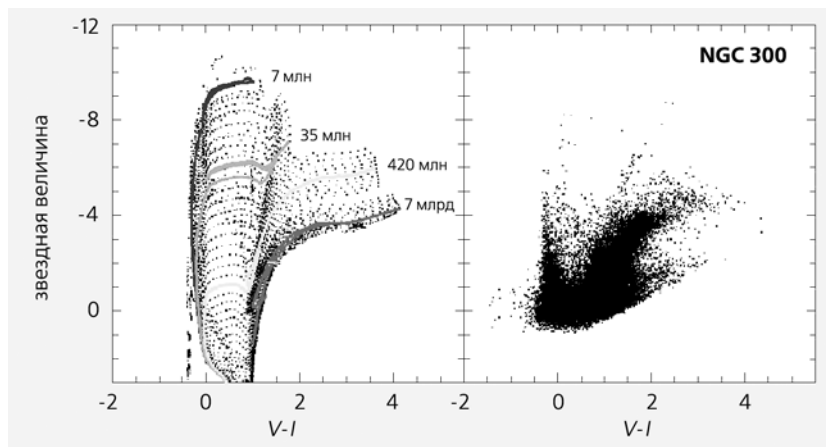


Рис. 4. Диаграмма «цвет—величина» звезд близкой галактики NGC300 (справа) и график теоретических изохрон различного возраста (слева). У линий приведены возрасты звезд: для молодых звезд — 7 млн, для старых гигантов — 7 млрд лет. По горизонтальной оси нанесен показатель цвета звезд (разность яркости звезд в двух фильтрах), который соответствует температуре звезды, а по вертикальной оси нанесена логарифмическая градация яркости звезд в звездных величинах. Положение нашего Солнца, ввиду его слабого блеска, находится за пределами представленной диаграммы. Сопоставляя наблюдения и результаты теоретических вычислений, можно выделять звезды разного возраста для нахождения их пространственного распределения по телу галактики.

мость по мере выгорания водорода и гелия, в сильной степени зависит от ее массы, возникают замысловатые кривые, изохроны, вдоль которых располагаются звезды одного возраста. Видимые на диаграмме сгущения звезд образуются из-за того, что звезда иногда задерживается на отдельных стадиях своей эволюции на миллиарды лет, а некоторые этапы, наоборот, проходит весьма быстро. Поскольку звезд много, на диаграмме «цвет—величина» появляются звездные сгущения, соответствующие этапу медленной эволюции. Зная на основе теоретических расчетов время того или иного этапа жизни звезды и выбирая такие звезды на построенной диаграмме, мы можем вычислить пространственное распределение только данных звезд, избавляясь от звезд фона, дале-

ких галактик и прочих ненужных объектов. При этом мы знаем примерный возраст выбранных звезд. Именно описываемый метод подсчета звезд и был использован несколькими астрономами, в том числе Миннити, для выявления слабосветящихся подсистем галактик. Наиболее полно такие исследования проведены для иррегулярных галактик. Имея относительно малые угловые размеры, эти галактики оказываются привлекательными целями для наблюдений. Исходя из большой численности галактик этого типа, астрономы называют их иногда кирпичиками Вселенной, небезосновательно предполагая их вмешательство во многие процессы «строительства» галактик. В свое время Хаббл, создавая классификацию галактик, поместил иррегулярные и подоб-

ные им неясной формы галактики в одну корзину, вроде мусорной в мире галактик. Современное исследование показало заблуждения Хаббла. Иррегулярные галактики оказались карликовыми дисковыми галактиками вполне регулярной структуры, точнее, маломассивной частью общей семьи дисковых галактик, самые большие из которых выступают в роли спиральных.

Изучение звездного населения иррегулярных галактик показало, что в их составе имеются как молодые яркие сверхгиганты, так и старые звезды — красные гиганты. Было отмечено, что красные гиганты имеют более протяженное пространственное распределение, чем молодые звезды. Фотометрируя снимки иррегулярной галактики IC10, полученные на 6-метровом телескопе БТА (Большой телескоп азимутальный) Специальной астрофизической обсерватории (САО РАН), я заметил [10], что красные гиганты распространяются далеко за границы видимых размеров галактики. Можно было считать, что галактика видна плашмя, а это значило, что наблюдаемые красные гиганты образуют подсистему, эквивалентную толстому диску спиральной галактик. Более того, следуя экспоненциальному закону изменения численной плотности вдоль радиуса галактики, красные гиганты демонстрировали резкое изменение градиента численной плотности на расстоянии 11' от центра (видимый размер галактики всего лишь 5×6'). Если считать, что от центра до радиуса в 11 минут наблюдается толстый диск, то за пределами этого толстого диска, где гиганты все еще продолжали встречаться, должно располагаться еще более протяженное гало, начало которого мы видели на

своих снимках. Поскольку поле зрения ПЗС-матрицы БТА составляло тогда всего лишь 2.5', следовало получить снимки нескольких полей вдоль радиуса галактики и изучить распределение звезд. К сожалению, дальнейшие наблюдения оказались неудачными из-за погодных условий. А кроме того, к тому времени уже были получены первые результаты распределения красных гигантов в нескольких галактиках на основе фотометрии снимков космического телескопа «Хаббл». Полученные результаты подтверждали предположение [10], что большинство или даже все иррегулярные галактики обладают протяженными толстыми дисками из красных гигантов. Хотя дальнейшие исследования действительно выявили толстые диски во всех иррегулярных галактиках, более протяженное гало было обнаружено только в двух — сравнительно массивных галактиках IC10 и M82.

Наиболее успешно шло изучение ближайших спиральных галактик Местной группы (M31 и M33), поскольку даже с помощью относительно небольшого телескопа можно было анализировать распределение старых звезд и пытаться обнаружить гало. Красные гиганты регистрировались все дальше от центра галактики, и некоторые авторы уже считали, что нашли гало. Полному успеху мешал небольшой пробел. Было неизвестно, звезды толстого диска или гало обнаруживаются на снимках, поскольку отсутствовал метод определения границы между этими звездными подсистемами. А значит, оставались неопределенными как пространственные размеры толстого диска, так и граница перехода от диска к действительно гало.

Опознавание состоялось!

Приступая в 2003 г. к изучению звездных подсистем спиральных галактик, мы уже имели результаты исследования одной такой галактики NGC300, которые подтверждали полученные нами ранее выводы по распределению красных гигантов в маломассивных дисковых галактиках (иррегулярных), а именно: красные гиганты толстого диска и гало имеют разные градиенты изменения численной плотности вдоль радиуса, и данный факт можно использовать для определения границы между этими звездными подсистемами. Так как целью наших исследований были спиральные галактики за пределами Местной группы, только снимки космического телескопа «Хаббл» можно было использовать для получения результатов. К счастью, в архиве телескопа имеется достаточно много доступных исследователям высококачественных снимков спиральных галактик, сделанных для целей разных программ.

Просматривая архивы, мы нашли, что для видимой под небольшим наклоном гигантской спиральной галактики M81 имеются снимки, полученные на разных расстояниях от центра галактики, и можно попытаться сшить эти кусочные данные в единую, вдоль радиуса, последовательность результатов.

На рис.5 показан снимок галактики M81 из цифрового обзора DSS2 с разметкой исследованных нами полей. Эллипсом отмечены границы найденного нами толстого диска, за пределами которого начинается гало. Справа от изображения показаны сводные графики распределения вдоль радиуса галактики численной плотности красных гигантов всех по-

лей, т.е. старых звезд, а также более массивных звезд промежуточного возраста (звезд асимптотической ветви гигантов — AGB-звезд). На каждом графике в распределении виден излом, соответствующий границе толстого диска старых звезд и звезд промежуточного возраста. В зависимости от возраста изучаемых звезд наблюдается изменение радиуса толстого диска (23 кпк для красных гигантов и 17 кпк для более молодых звезд асимптотической ветви гигантов).

Аналогичный эффект в разнице пространственных размеров дисков для разных по возрасту звезд был получен нами ранее при исследовании иррегулярных галактик, а позднее и для всех спиральных. Именно отмеченные различия в размерах подсистем у звезд разного возраста и становятся препятствием для метода поверхностной фотометрии при определении границы толстого диска, поскольку метод дает суммарное распределение разных по возрасту звезд, что размывает картину их индивидуального распределения. Если исследование видимых «плашмя» галактик дает закон распределения звезд вдоль радиуса, то изучение галактик, видимых с ребра, позволяет узнать структуру толстого диска и гало в направлении, перпендикулярном плоскости галактики. Глубокие снимки повернутой к нам ребром галактики NGC891, которые имелись в архиве телескопа «Хаббл», делали ее весьма интересным объектом. По своей морфологии галактика NGC891 (рис.6) очень напоминает Млечный Путь, поэтому было крайне желательно получить характеристики ее звездных подсистем для сравнения их с известными параметрами нашей Галактики.

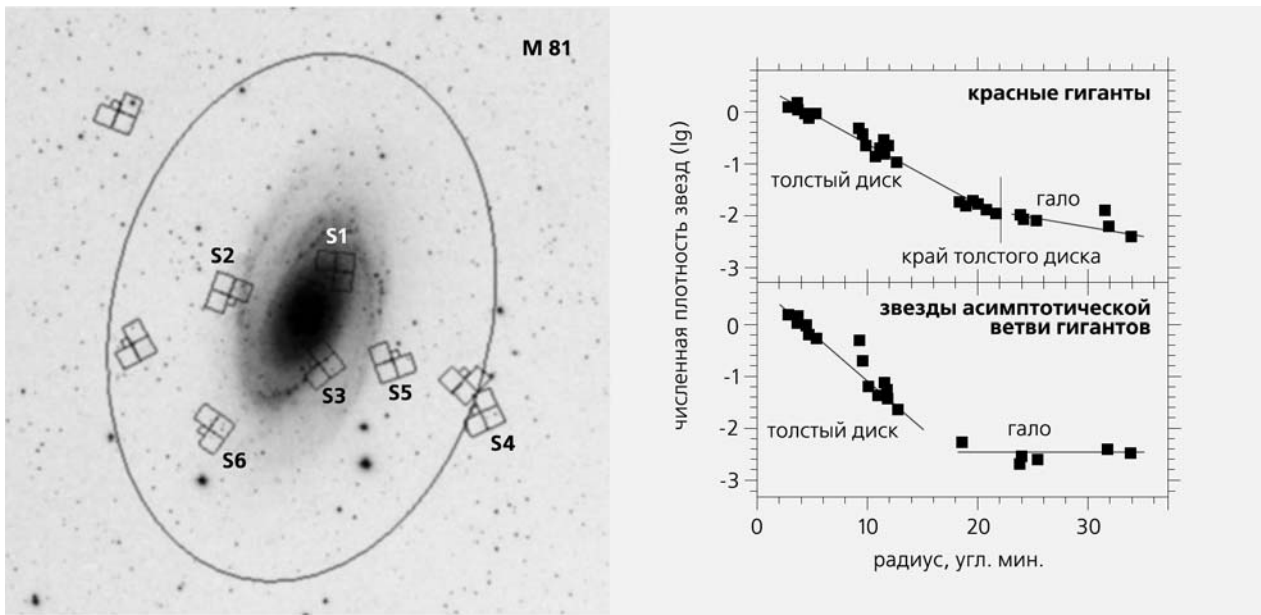


Рис.5. Изображение спиральной галактики М81 с разметкой полей космического телескопа «Хаббл», использованных нами для изучения распределения разных типов звезд вдоль радиуса галактики. Эллипсом показана граница найденного нами толстого диска, состоящего большей частью из красных гигантов. Справа приведены полученные зависимости изменения численной плотности этих звезд и звезд промежуточного возраста (асимптотической ветви гигантов) вдоль радиуса галактики. В распределении красных гигантов виден излом, что соответствует границе между толстым диском и гало. Градиент численной плотности звезд промежуточного возраста также меняется, но при других значениях радиуса. Этот эффект маскирует реальную границу толстого диска для метода поверхностной фотометрии: поскольку яркость звезд асимптотической ветви на 2–3 звездные величины больше, чем красных гигантов, то именно AGB-звезды дают больший вклад в фотометрический профиль галактики.

Выполнив фотометрию звезд и измерив параметры распределения красных гигантов, мы увидели изменение градиента численной плотности старых звезд, что соответствовало переходу от толстого диска к гало. Измерения показали, что галактика NGC891 имеет толстый диск существенно больших размеров — 7.5 кпк (у нашей же Галактики — 2 кпк) и не подходит на роль двойника Галактики. Так же, как и в видимой «плашмя» галактике М81, подсистема звезд среднего возраста имеет в NGC891 меньшие пространственные размеры, чем подсистема старых звезд (5.5 и 7.5 кпк соответственно).

Большое количество звезд в галактике NGC891 на изучаемом нами снимке позво-

лило экстраполировать поведение численной плотности звезд гало и впервые выполнить оценки его размеров при условии, что численная плотность красных гигантов не изменит своего поведения до края гало. Экстраполяцией было получено значение 25 кпк. К тому же в архиве телескопа «Хаббл» нашелся снимок, расположенный прямо на месте предполагаемой границы гало. Фотометрия звезд этого снимка позволила уточнить размер гало в направлении, перпендикулярном плоскости галактики, — 23 кпк. Таким образом, впервые у спиральной галактики за пределами Местной группы был доказан звездный состав гало и определены его размеры. Для исследования этой

галактики вдоль большой оси у нас не было необходимых снимков. Однако известно, что градиент звездной плотности падает вдоль большой оси медленнее, чем перпендикулярно плоскости галактики. Но в любом случае возможен только такой вариант строения гало, когда оно имеет сплюснутую у полюсов галактики форму, что может указывать на его вращение. На рис.6 вокруг галактики NGC891 внутренним эллипсом обозначена найденная нами граница толстого диска, а внешним эллипсом — граница гало. Сразу становится понятным, что видимые нами размеры галактики представляют только малую часть всей ее огромной структуры. В дальнейшем мы получили разме-

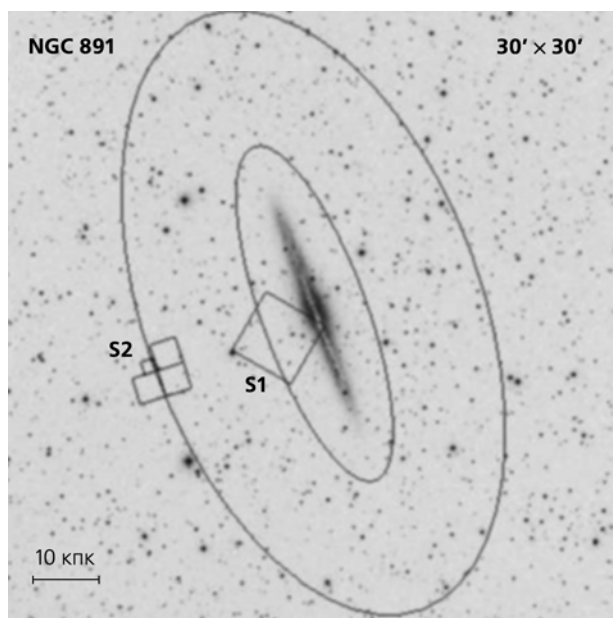
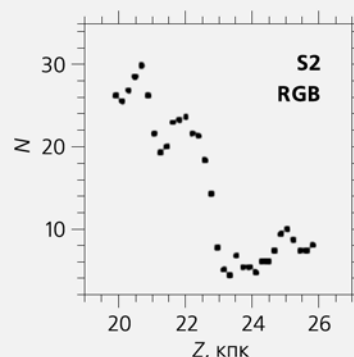
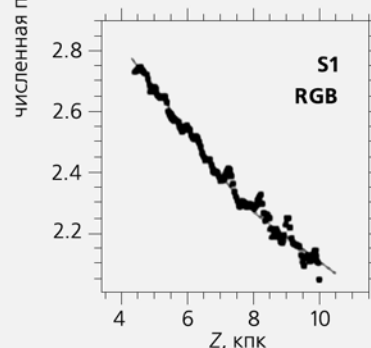
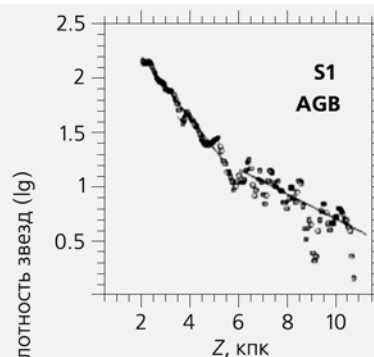


Рис.6. Изображение видимой с ребра спиральной галактики NGC891 с разметкой полей наблюдений и определенных нами размеров толстого диска и гало. Справа представлены графики распределения численной плотности звезд перпендикулярно плоскости галактики. Так же, как и для распределений звезд вдоль радиуса галактик, здесь наблюдается излом в градиенте численной плотности AGB- и RGB-звезд (звезд асимптотической ветви гигантов и красных гигантов). Граница излома RGB-звезд соответствует границе толстого диска и переходу в гало. Размеры гало, вычисленные экстраполяцией численной плотности, соответствуют размерам прямого измерения численности звезд в поле S2 (нижний график).



ры толстых дисков и гало еще пяти галактик, и в каждом случае гало имело сплюснутые у полюсов галактик формы, что указывало на общее правило его строения. Параллельно с нами аналогичными исследованиями занимались и зарубежные специалисты [11], но приятно отметить, что приоритет на открытие звездного гало принадлежит нам [12, 13].

Модель звездного строения спиральной галактики, которую мы можем предложить после изучения пространственного распределения звезд разного возраста, представлена на рис.7. Об-

ласти, соответствующие тонкому диску и центральному балджу, мы видим на обычных снимках, в то время как звезды галактики распределены на существенно большее расстояние, образуя толстый диск и гало, отмеченные на рис.7 двумя эллипсами.

Имея результаты по определению размеров гало и зная закон изменения численной плотности звезд вдоль радиуса галактики, несложно вычислить общее число красных гигантов в галактике, поскольку именно их мы выделяем на получаемых диаграммах «цвет—величина». Но что это дает

для вычисления общей массы галактики и определения невидимой материи? Дело в том, что звезда почти любой массы рано или поздно пройдет стадию красного гиганта. И время нахождения звезды на этом этапе весьма незначительно по сравнению со временем всех этапов ее эволюции. Зная это время и делая предположения о средней массе красных гигантов, можно вычислить полную звездную массу галактики и гало. Но это будет уже другая тема... Можно только сказать, что проблема скрытой массы может оказаться не столь острой.

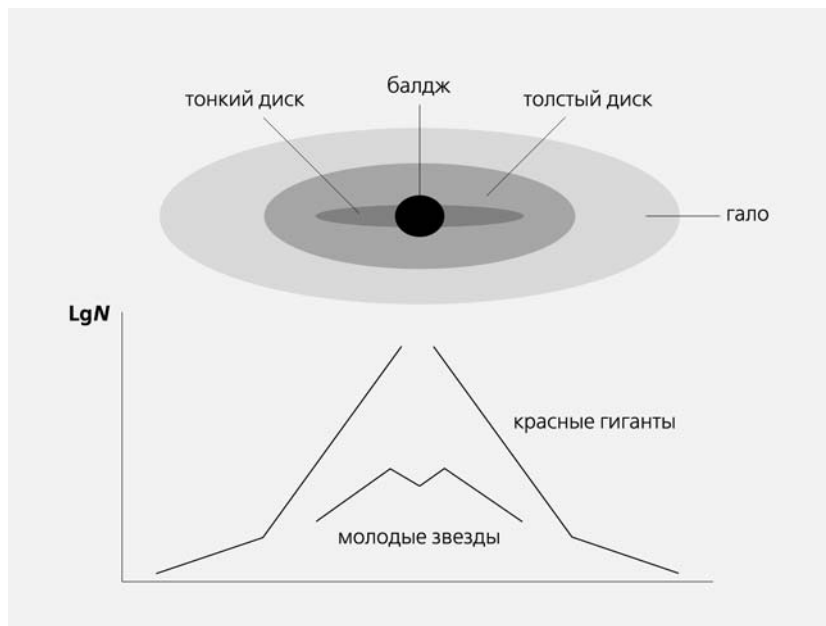


Рис.7. Модель звездного строения спиральной галактики, полученная после изучения пространственного распределения звезд в нескольких галактиках. Боковые графики показывают в относительных единицах численное распределение звезд разного возраста вдоль радиуса галактики и перпендикулярно плоскости ее диска.

В заключение стоит упомянуть, что использование метода поверхностной фотометрии тоже дало интересные результаты. Построив составное изображение из 1000 разных галактик, видимых с ребра, на основе об-

зора SDSS, получаемого сканированием неба неподвижным телескопом, С.Зибетти с сотрудниками [14] объявил об открытии гало в спиральных галактиках. Несомненно, гало таким способом можно зарегистрировать,

однако, зная об индивидуальных особенностях галактик и непреодолимых трудностях метода поверхностной фотометрии при работе со звездами разного возраста, большой информативности для анализа звездного населения от этих результатов ждать не приходится. Об этом говорит даже тот факт, что исследователи не смогли определить границы толстого диска в своем составном изображении, поэтому вопрос о том, какая именно звездная подсистема была при этом исследована, остается открытым. Однако несомненное преимущество метода поверхностной фотометрии — его независимость от расстояний до изучаемых галактик. Разрешение галактик на звезды и использование метода подсчета звезд все же ограничено только ближайшими группами галактик, находящихся на расстояниях не более чем 15–20 Мпк ($4\text{--}6 \cdot 10^{20}$ км), в то время как метод поверхностной фотометрии может использоваться для галактик, в тысячи раз более далеких. Так что результаты обоих методов могут продуктивно дополнять друг друга. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 00-02-16584 и 03-02-16344.

Литература

1. Tsikoudi V. // *Astrophysical Journal*. 1979. V.234. P.842–853.
2. Burstein D. // *Astrophysical Journal*. 1979. V.234. P.829–836.
3. Gilmore G., Reid N. // *Monthly Notice Royal Astronomical Society*. 1983. V.202. P.1025–1047.
4. Sackett P., Morrison H., Harding P., Boroson T. // *Nature*. 1994. V.370. P.441.
5. Lequeux J., Fort B., Dantel-Fort M. // *Astronomy & Astrophysics*. 1996. V.312. P.L1–L4.
6. James P., Casali M. // *Monthly Notice Royal Astronomical Society*. 1998. V.301. P.280–284.
7. Zheng Z., Shang Z., Su H. et al. // *Astronomical Journal*. 1999. V.117. P.2557–2780.
8. Minniti D., Zijlstra A. // *Astrophysical Journal*. 1996. V.467. P.L13–L17.
9. Minniti D., Zijlstra A., Alonso V. // *Astronomical Journal*. 1999. V.117. P.881–893.
10. Tikhonov N. // *International Astronomical Union Symposium*. 1999. V.192. P.244.
11. Seth A., Dalcanton J., Jong R.de // *Astronomical Journal*. 2005. V.130. P.1574–1592.
12. Тихонов Н., Галазутдинова О. // *Астрофизика*. 2005. Т.48. С.261–280.
13. Tikhonov N., Galazutdinova O., Drozdovsky I. // *Astronomy and Astrophysics*. 2005. V.431. P.127–142.
14. Zibetti S., White S., Brinkman J. // *Monthly Notice Royal Astronomical Society*. 2004. V.347. P.556–568.

Древоточец лимнория в Белом море: 70 лет спустя

Г.М.Виноградов,

кандидат биологических наук

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

И.А.Кобузева, М.А.Розумнюк

Лицейский биологический класс школы №520

Москва

А.Е.Манакова

пос. Лесозаводский (Мурманская обл.)

Рачок-древоточец *Limnoria lignorum* — широко распространенный вид, встречающийся в северной части Атлантического и Тихого океанов (от Ла-Манша до Мурмана, от Южного Приморья до Камчатки и Командорских о-вов и от Калифорнии до Аляски). Эти мелкие, в 0.5 см длиной, равноногие рачки (изоподы) питаются древесиной (рис.1). Острыми жвалами они прогрызают в дереве ходы и заглатывают образующиеся при этом крошки, пропуская их через свой кишечник. Ходы свои лимнории прогрызают преимущественно в летних, более мягких слоях древесины (там же они и размножаются). В сильно зараженном лимнорией дереве под 1 см² поверхности можно насчитать до десятка таких ходов. Источенная древесина становится рыхлой, губчатой и легко разрушается. Вылезая из своих ходов, рачки, держась спиной вниз, могут довольно быстро, но недалеко плавать. Но дальше, чем на первые метры, от «родного» куска дерева они не удаляются. На далекие расстояния лимнорий глав-

ным образом переносит течение вместе с деревяшками.

Заметную роль в расселении лимнорий играли и деревянные суда. Именно так эти рачки и попали в Белое море. Их там впервые обнаружил в 1922 г. И.Г.Закс во время экспедиции на судне «Мурман» (более известном под своим дореволюционным именем «Андрей Первозванный»). Он нашел рачков в двух «сплошь изъеденных» досках, поднятых со дна Пирья-губы (рис.2, врезка) на Терском (северном) берегу Кандалакшского залива, возле Умбы [1]. Вот что писал начальник экспедиции К.М.Дерюгин: «до сего времени самым восточным пунктом для этой бореальной формы был Кольский залив, где мною *L.lignorum* впервые была открыта в 1908 г. Для такого холодноводного бассейна, как Белое море, присутствие *L.lignorum* представляется еще более интересным, чем в Кольском заливе. Возможно предположить, что во время войны сильная циркуляция судов, в том числе и деревянных, способствовала занесению *L.lignorum* в Белое море, где она и акклиматизировалась» [1]. В пользу «корабельной» гипотезы появления лимнорий

в Белом море говорит и то, что Пирья-губа была довольно заметным портом. Экспедиция 1922 г. попала туда потому, что судну требовалось пополнить запасы пресной воды.

К 1936 г. рачки (вероятно, вновь на деревянном судне)

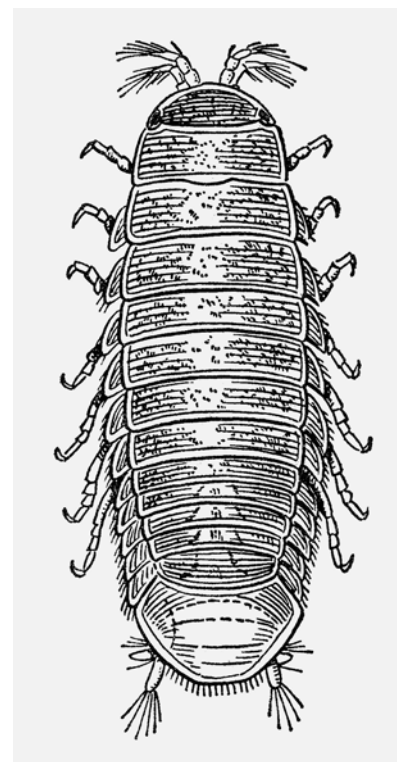


Рис.1. Изопода-древоточец *Limnoria lignorum*.

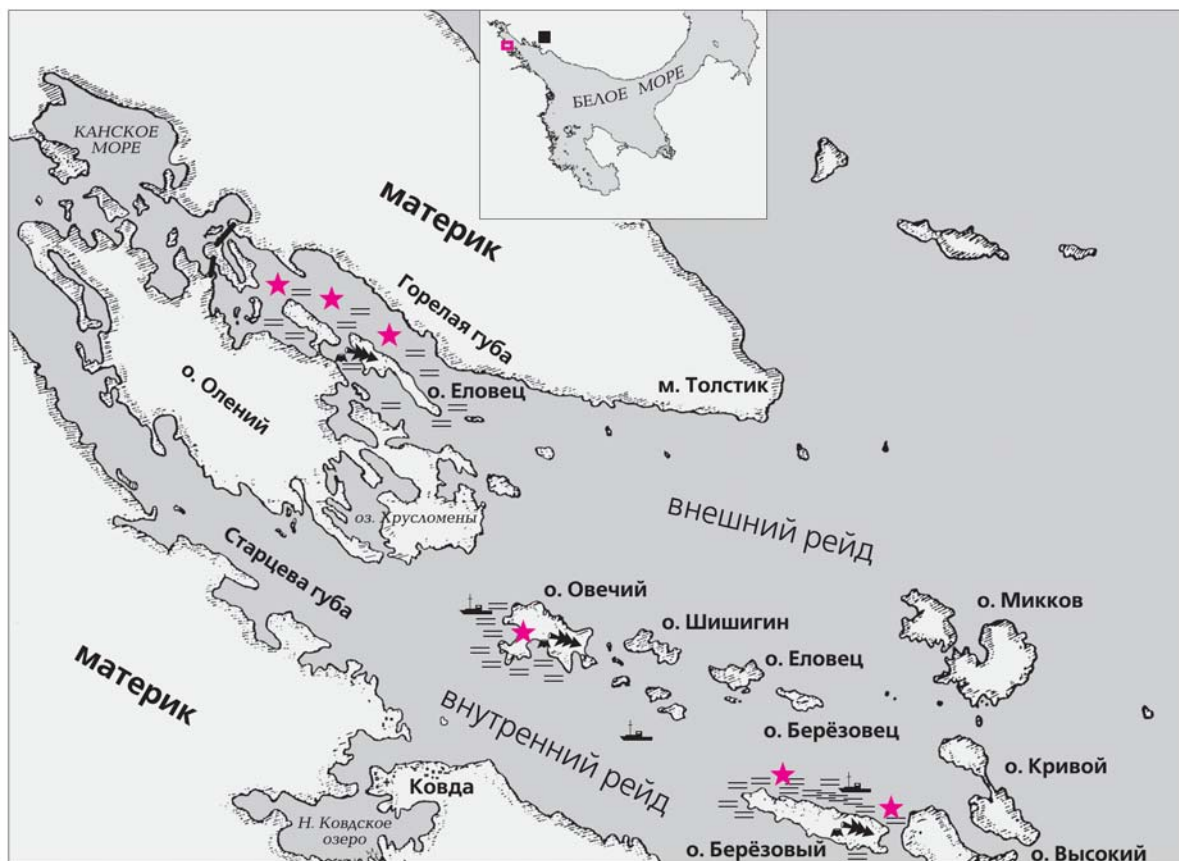


Рис.2. План Ковдской губы и места находок лимнорий в 2000—2005 гг. (цветные звездочки). Основные залежи досок на дне губы показаны значком «≡», обозначены места бывшего расположения лесозаводов («спиленные елки») и бывших стоянок кораблей («кораблики»). На врезке черным квадратом выделено расположение Пирья-губы — исходного места проникновения лимнорий в Белое море, а цветом — район работ в Ковдской губе (основная карта).

пересекли Кандалакшский залив и добрались до Ковдской губы, лежащей почти напротив губы Пирья [2]. Первые рачки были найдены в районе внутреннего рейда, долгие годы служившего местом стоянки судов.

Ковдская губа расположена за Полярным кругом на Карельском (южном) берегу Кандалакшского залива Белого моря на $66^{\circ}45'$ с.ш. (рис.2). Ее внутреннюю часть занимает большой остров Олений, отделенный от матерого берега глубокими губами, Горелой и Старцевой, а внешняя часть разделена цепочкой островов на внутренний и внешний рейды. С юга в губу впадает

р.Ковда, в устье которой стоит одноименное старинное поморское село, известное по крайней мере с XIV в. (в XV в. оно уже было отмечено на картах). В конце XIX — начале XX в. Ковда — довольно крупный порт, куда заходили торговые пароходы со всего Беломорья и из скандинавских стран. Село жило в первую очередь за счет красной рыбы (река была семужьей), сельди и дерева. На островах Ковдской губы действовали три лесозавода, поэтому все дно Горелой губы и дно вокруг небольших островов на границе внутреннего рейда было покрыто утонувшими обрезками досок, щепками, корой.

В середине XX в. реку перекрыли плотиной, и красная рыба ушла. В 1960—1961 гг. в результате катастрофической эвфитотии, вызванной простейшим *Labyrinthula*, в Белом море практически исчезла морская трава зостера, на которую нерестилась сельдь. Не стало и сельди. Село захирело. Из лесозаводов до наших дней просуществовал только один — на о.Оленьем возле Горелой губы (ныне пос.Лесозаводский), да и он сгорел в 2003 г. С островов внешней части губы люди ушли. От строений на островах остались только ямы подвалов, но в море следы бывлой деятельности лесозаводов куда

заметней: помимо залежей щепы и обрезков на дне, слои досок в метры толщиной на берегах островов (рис.3). Ковер гнилых досок, устилающий дно губы в этих местах, достаточно безжизнен, из обычной беломорской макрофауны на нем селятся только немногочисленные асцидии.

В это-то царство затонувшей древесины и попали лимнории. В Ковдской губе до 1936 г. их действительно не было. В начале XX в. (вплоть до 1934 г.) Ковдскую губу подробно обследовали экспедиции Юрьевского, а позже — Воронежского университета под руководством К.К.Сент-Илера [3—5]*, в которых участвовала и И.В.Бухалова — один из авторов находки лимнорий в 1936 г. и заметки в «Природе» [2]. В 1922 г. окрестности о.Еловец в Горелой губе** (и стоящего на нем Шведского лесопильного завода) обследовала и экспедиция Дер-

гина [1]. Крайне сомнительно, чтобы все они не заметили изопод-древоточцев, считавшихся (да и бывших!) весьма опасными вредителями, портящими деревянные сооружения причалов и корпуса деревянных судов. В 1936 г. рачки еще не успели широко распространиться, и предпринятые в 1939 г. специальные поиски не выявили их в Горелой губе, где на дне тоже было много дерева и была подходящая для лимнорий соленость. Отсутствовали они и в Старцевой губе, но там на дне практически нет затонувших досок. Кроме того, в те годы рачки встречались в Ковдской губе только на глубинах, превышающих 7—9 м, и не приближались к поверхности.

Дело в том, что до 1955 г. выпадающая в губу р.Ковда очень сильно распресняла (местами до 0.2‰) поверхностные воды внутреннего рейда, соленость которых составляла в среднем 3—5‰ и нигде не превышала 6.3‰ [6]. При этом в придонных слоях воды соленость приближалась к нормальной беломорской (~23‰), в которой и обитала лимнория.

Однако в 1955 г. при строительстве Князегубской ГЭС реку перекрыли плотиной и большую часть воды направили в море через канал в Княжой, что привело к обмелению реки и заметному осолонению вод Ковдской губы: до 16, местами — до 21‰ в поверхностных слоях воды внутреннего рейда [7]. Несомненно, это должно было сказаться на вертикальном распределении лимнорий в Ковдской губе. Кроме того (даже при незначительной скорости горизонтального распространения лимнорий), за 70 лет, прошедших со времен их первого обнаружения на внутреннем рейде Ковдской губы, лимнории могли освоить в ней и другие места скопления затонувшей древесины.

Как обстоят дела с лимнией в Ковдской губе в наши дни? На этот вопрос попытались ответить участники летней практики лицейского биокласса 520-й школы г.Москвы под руководством Г.А.Соколовой***, проходя-

*** Активное участие в сборе материала, помимо авторов заметки, принимали ученики биокласса Д.Д.Жарова, Д.Ф.Мачулкина, М.Б.Чертова.



Рис.3. Берег моря в районе бывшего лесозавода на о.Овечьем (внутренний рейд Ковдской губы).

Фото Г.М.Виноградова

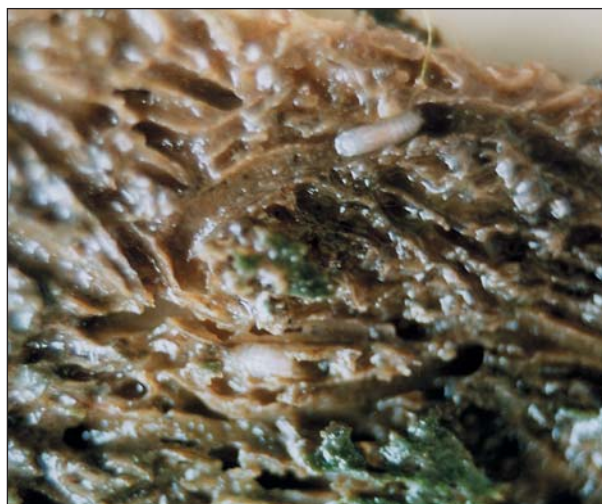


Рис.4. Поверхность поднятой со дна доски, изъеденной лимнориями.

Фото И.А.Кобзуевой

шей в Ковдской губе. Начиная с 80-х годов ручной драгировкой с карбасов был собран обширный бентосный материал, позволяющий оценить состояние донных биоценозов и выявить возможные изменения, произошедшие со времен работ К.К.Сент-Илера. Ранее мы уже описывали (в том числе и в «Природе») состояние донных сообществ внутренней части Ковдской губы, включая мелководный Ягодный порог, Горелую губу и полузамкнутое Канское море [7–9], и внешних частей губы [9].

Во время работ 2000 г. выяснилось, что лимнория уже освоила Горелую губу вплоть до ее кутовой части [4], т.е. удалилась от места своего появления более чем на 7 км. В Старцевой губе ее по-прежнему не обнаружили, а в районе внутреннего рейда, на подходах к местам бывших лесозаводов, она, конечно, весьма многочисленна. Вблизи старых брошенных причалов лимнория была всюду, где есть скопления досок на дне; однако в сторону от них рачки не распространяются. В августе 2005 г. у тех же причалов с весельных лодок «кошкой» подняли ряд

досок с глубины 0.5–4 м, что позволило оценить вертикальное распространение лимнорий. На всех досках, поднятых с глубины 1.5 м и более, имелись древоточцы (рис.4), на меньшей же глубине их не было. Значит, после прекращения опреснения верхних слоев губы рачки поднялись с глубин 7–9 м до нижней границы приливно-отливной зоны и освоили мелкие узкие проливы между островами, замусоренные большим количеством щепы и обрезков досок. В доски, лежащие у самого берега и сосяхающие в отлив, лимнории не проникают, хотя на урезе воды периодически попадались деревянные обломки с древоточцами, вероятно, вынесенные водой из верхней сублиторали.

Плотность поселений лимнории в зараженных досках — порядка 20 особей на 10 см² доски. Рачки активно размножаются, так что, помимо взрослых пятимиллиметровых особей, в досках много молодежи. Интересно, что проточенные лимнорией ходы во всех образцах идут на глубину не более 5–7 мм, т.е. прогрызены в подгнивших слоях дерева и не затрагивают неповрежден-

ную смолистую древесину центра досок. Однако тем самым рачки облегчают доступ воды к этим слоям и, вероятно, ускоряют их последующее гниение.

Таким образом, лимнория, ранее считавшаяся опасным вредителем, сегодня очищает дно Ковдской губы от следов деятельности лесозаводов, т.е. эти зачастую весьма неприятные для человека рачки в данном районе приносят несомненную пользу. Хотя, конечно, теперь, когда соленость уже не запирает лимнорий на 10- и более метровых глубинах, ни одно прибрежное деревянное сооружение в Ковдской губе не гарантировано от их атаки. С другой стороны, после исчезновения лесозаводов подобных сооружений в Ковдской губе практически и не осталось.

Кроме губ Пирья и Ковдской, лимнория в Кандалакшском заливе успела проникнуть так же и в Порью-губу в водах Кандалакшского заповедника [10]. В ней рачки были найдены на глубине 5.5 м при солености 23,8‰. Порья-губа — ближайшая соседка Пирья-губы, расположенная на том же Терском берегу чуть ближе к куту Кандалакшского залива. ■

Литература

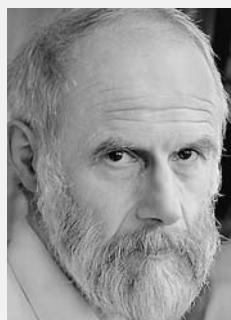
1. Дерюгин К.М. // Исследования морей СССР. 1928. Вып.7–8. С.1–511.
2. Бухалова В.И., Дмитриев А.П. Дреготочец лимнория в Белом море // Природа. 1944. №5–6. С.119–120.
3. Сент-Илер К.К. Отчет об экскурсии на Белое море студентов-естественников Юрьевского университета летом 1908 года. Юрьев, 1908. (Повторено: Уч. зап. Имп. Юрьевского у-та. 1909. Т.17. №3. С.1–67.)
4. Сент-Илер К.К. Отчет об экскурсии студентов-естественников Императорского Юрьевского университета на Белое море летом 1911-го года. Юрьев, 1911. (Повторено: Уч. зап. Имп. Юрьевского у-та. 1912. Т.20. №2. С.1–24.)
5. Сент-Илер К.К. // Труды Воронежского гос. у-та. 1935. Т.8. Вып.3. Отд. зоол. С.6–26.
6. Бухалова В.И. // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1949. №2. С.218–223.
7. Виноградов Г.М., Кобузева И.А., Сорокина О.С. и др. Современное состояние донных сообществ Ковдской губы Белого моря. 1. Канское море и Горелая губа // Состав и структура морского донного населения: сборник научных трудов. М., 2001. С.110–117.
8. Виноградов Г.М., Калякин М.В., Кобузева И.А., Кутрянова Е.А. Белое море, Ягодный порог... // Природа. 2001. №8. С.37–42.
9. Виноградов Г.М., Кобузева И.А. // Труды Беломорской биостанции МГУ. 2005. Т.10.
10. Гришанков А.В., Нинбург Е.А., Шкляревич Г.А. // Флора и фауна заповедников. 2000. Вып.83. С.1–74.

Два полюса холода под снежным покровом Евразии

А.В.Алфимов, Д.И.Берман

Когда обсуждают условия жизни обитателей почвы (а их бесчисленное множество), в первую очередь рассматривают два климатических показателя: обеспеченность теплом и влагой. Споры нет, это очень важные характеристики, они существенны не только для почвоведения и экологии, но и для земледелия, а потому неплохо изучены. Однако в нашей стране, где почва зимой промерзает как минимум на 20–30 см [1], а в зоне вечной мерзлоты сезонное промерзание даже смыкается с многолетнемерзлыми горизонтами, беспозвоночным почвенным животным разных видов приходится переносить отрицательные температуры. Между тем об условиях, которые складываются в почвах зимой, мы знаем так же немного, как и о способности почвенных организмов их переносить.

Единственная характеристика, которая может быть использована для экологической интерпретации, — температура почвы. Она измеряется на всей территории бывшего Советского Союза много лет (что позволяет оценить климатическую норму) с помощью вытяжных термометров. Эти ртутные приборы опускают в скважину, откуда вытягивают для снятия отсчета. Чтобы не нарушить при этом естественный покров (летом травяной, а зимой



Аркадий Васильевич Алфимов, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биоценологии Института биологических проблем Севера ДВО РАН (Магадан). Область научных интересов — современный и палеоклимат, микроклимат почвенного яруса экосистем северо-востока Азии.



Даниил Иосифович Берман, кандидат биологических наук, заведующий той же лабораторией. Область научных интересов — адаптивная стратегия северных организмов, биогеография Берингии.

снежный), для наблюдателей устанавливают приподнятые над землей мостики, ведущие к месту установки термометров. При снятии отсчета температура массивного резервуара остается неизменной, поскольку отсчеты снимают быстро. Однако полученная таким способом характеристика для экологических исследований малопригодна: измерения вытяжными термометрами ведутся только на самых крупных метеостанциях (их немного), на глубинах не меньше 20 см. Между тем большая часть обитателей почв зимует в верхних нескольких сантиметрах почв.

Кроме того, измерения температур почв проводят восемь раз в сутки, что не гарантирует регистрацию экстремумов. Поэтому вытяжные термометры плохо описывают самую главную характеристику холодного сезона, которая может быть критичной для почвенной биоты, — минимальные температуры.

Даже в самом полном климатическом справочнике СССР [2] приводятся зимние минимумы лишь для температуры воздуха и поверхности почвы, измеряемые на специальной площадке, снег с которой регулярно смета-

ется веником. Понятно, что использовать эти сведения для оценки условий в почве природных биотопов нельзя, поскольку температуры даже самых верхних слоев почвы под снегом и без него сильно различаются. Поэтому экологами приходится самостоятельно изучать поле температур почв под снегом в том районе, где они работают. В число таких исследований входили и наши — в одном из самых холодных регионов страны — в верховьях Колымы [3, 4]. Однако результаты работ, основанных на коротких рядах наблюдений, порой в весьма специфических биотопах, плохо сравнимы, и, складывая эту мозаику, трудно представить распределение минимальных температур почв на большой территории. Между тем, имея дело с видами, занимающими обширные ареалы, без такой картины, хотя бы схематичной, не обойтись.

Построение картосхемы

Чтобы получить представление о распределении минимальных температур верхних слоев почв под снегом для всей территории бывшего СССР, мы использовали давно и хорошо известные номограммы А.М.Шульгина [1, 4]. По данным пятилетних наблюдений в окрестностях Барнаула он выявил связь минимальных температур воздуха и почвы на глубине узла кущения пшеницы (2–3 см) с высотой снега. Еще в 1960 г. по данным 600 метеостанций Шульгин построил схему распределения таких температур почв для земледельческих районов СССР. Конечно, с той поры разработаны более точные методы расчета температуры почвы под снегом [5, 6 и др.]. Однако все они дополнительно тре-

буют учета теплофизических свойств снега и напочвенного покрова, температур воздуха за предыдущий период и других характеристик, сведения о которых получить вряд ли возможно для более чем 2000 метеостанций, чьи данные мы использовали.

Итак, для расчета минимальной температуры почвы надо знать высоту снега и минимальную температуру воздуха. Из большого набора характеристик, описывающих эти параметры климата за каждый зимний месяц, мы использовали две — средний из абсолютных минимумов температур воздуха и среднюю высоту снега по данным съемок. Первая, как следует из названия, это наиболее вероятный предел падения температур воздуха в том или ином месяце. Вторая выбрана нами как более надежная по сравнению с высотой снега по постоянной рейке, которая описывает высоту снега в той части метеоплощадки, где расположены уже упомянутые нами вытяжные термометры. Известно, что снегосъемки проводятся на двух типах местности — «в поле» и «в лесу». Для корректного сравнения полученных значений по всей рассматриваемой территории, где велика доля безлесных ландшафтов — тундр и степей, — мы рассчитывали температуры почвы «в поле».

Далее, чтобы представить результаты расчетов на картосхемах, нужно было экстраполировать вычисленные для каждой метеостанции минимумы на окрестности и интерполировать их между соседними метеостанциями. При экстраполяции пришлось пренебречь тем, что в окрестностях метеостанции и высота снега, и минимальные температуры воздуха, а значит, и минимумы в почвах изменяются, порой весьма значительно. Особенно

велики эти изменения в горах, а также в открытых ландшафтах — степях и тундрах, где одна или даже обе исходные характеристики распределены очень неравномерно. Принятое допущение привело к появлению множества мелких контуров, что говорит о частом варьировании полученных нами характеристик в таких районах, как тундры арктического побережья, степи и лесостепи Приамурья, юга Западной Сибири и ряда других. Интерполяция полученных значений между метеостанциями проводилась с учетом прежде всего рельефа и распределения высот снежного покрова.

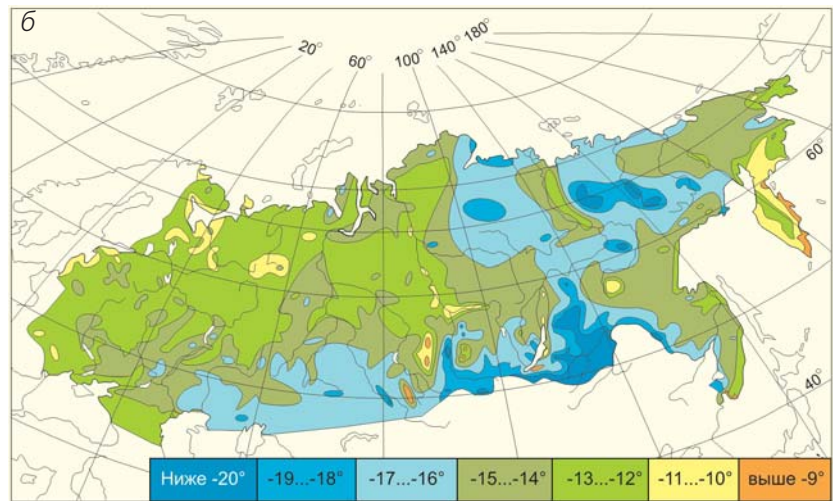
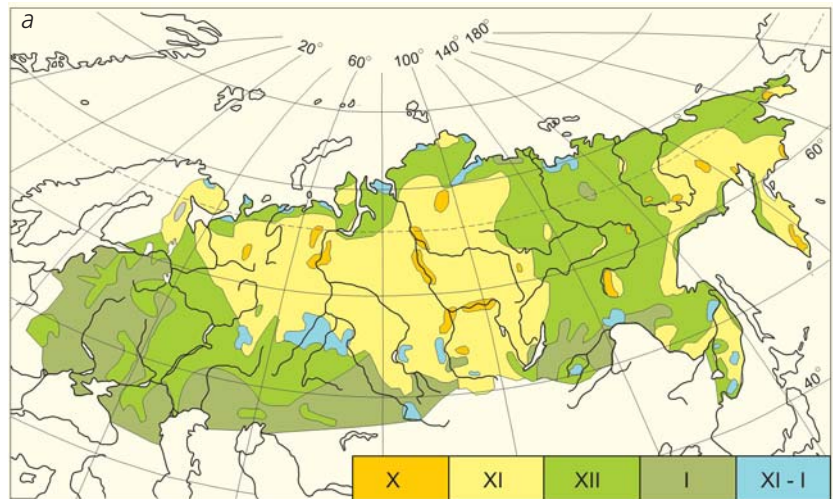
Сдвиг во времени

Полученные результаты представлены здесь на двух схемах: время наступления минимальных температур почвы и сами значения этой величины. Особенности распределения времени наступления минимумов мы рассмотрим в первую очередь, не только потому, что одинаковые температуры, отмеченные в конце осеннего похолодания или в результате медленного охлаждения в течение всей зимы, по-разному действуют на зимующие организмы. Расчеты показали, что различие в сроках наступления минимальных температур почвы во многом определяет их величину. Если минимальные температуры воздуха на всей рассматриваемой территории регистрируются в январе и лишь в части приморских районов — в феврале, то в почве эти даты смещены к началу холодного сезона и их разброс во времени много шире — с октября по январь. Действительно, там, где снега много — на Камчатке, в низовьях Оби, на Среднем Енисее, самые глубокие похолодания с пе-

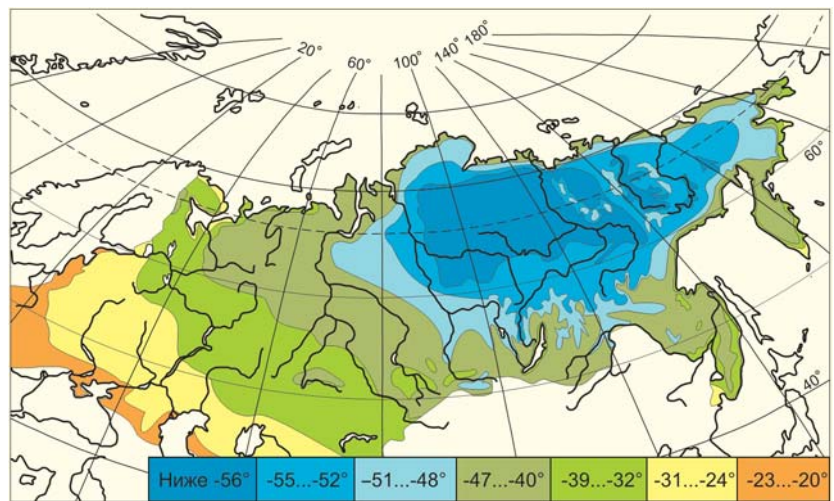
риодом 1–2 сут, которые отмечаются в декабре-январе и формируют сезонный экстремум в воздухе, не успевают проникнуть через 40–50 см снега. Температуры почвы в этом случае зависят от температур воздуха, осредненных за больший период, а значит, не таких низких. В результате сезонный минимум в верхнем слое почвы здесь должен наступать раньше — в конце октября — ноябре, когда снежный покров еще тонок, а температуры воздуха не столь низки. Там, где снежный покров невелик в течение всей зимы, будь то из-за сухости климата, как в Забайкалье, или частых оттепелей, как на западе европейской части России, температуры в верхнем слое почвы и в воздухе изменяются синхронно и минимумы в почве должны наступать в январе. В таких уже упомянутых районах, как Приамурье, юг Западной Сибири, побережье Северного Ледовитого и Тихого океанов, где в открытых ландшафтах высота снега изменчива, время наступления минимальных температур почв варьирует с ноября по январь. В этот период в почве могут формироваться одинаково низкие температуры, нередко при разных соотношениях температуры воздуха и высоты снега. Таким образом, снег не только сохраняет тепло в почве, но и смещает даты наступления сезонного минимума на более ранние сроки.

Полюса почвенного холода

Очевидно, что распределение минимальных температур почв сильно отличается от привычной картины январских изотерм воздуха, хотя и в том, и в другом случае четко видны географические зональность и сек-



Время наступления (а) и распределение (б) годовых минимумов температуры почвы на глубине 3 см.



Распределение средних из абсолютных годовых минимумов температур воздуха (по Агроклиматическому атласу мира [11]).

торность, т.е. закономерное изменение температур при движении с юга на север и с запада на восток. Зональность в распределении минимальных температур почв демонстрирует хорошо выраженную инверсию. Изменение температур почв с широтой — результат убывания температур воздуха с юга на север и высоты снега с севера на юг. Уменьшение высоты снега действует на минимальные температуры почвы сильнее, поэтому на юге рассматриваемой территории они, как правило, на 4–5°C ниже, чем на той же долготе на севере. Исключением служат самые восточные и западные регионы, где влияние Тихого и Атлантического океанов нивелирует широтные изменения минимальных температур почв.

Секторность в распределении минимальных температур почв отчетливой заметна на юге территории. В зоне тундры, которая вытянута вдоль побережья Северного Ледовитого океана, и в тайге, от западной границы бывшего СССР до Енисея, падение температур воздуха сопровождается ростом высоты снега, поэтому минимумы в почве убывают всего на 2–3°C (от –10...–11 до –13...–14°C). Южнее климат более континентален, снега одинаково мало и в донских, и в тувинских степях, поэтому минимальные температуры почвы на тех же рубежах падают вдвое (от –9...–10 до –18...–19°C). Между 110 и 120° в.д. минимальные температуры почвы понижаются во всех зонах до –17...–23°C, при этом северная часть холодного сектора распространяется на восток до верховьев Яны и Индигирки. Действие в этом секторе зонального градиента формирует второй — южный «полюс холода». Из расчетов следует, что в районе Верхо-

янска и Оймякона минимумы в верхнем слое почв под снегом средней для этих мест высоты (25–35 см) опускаются до –20...–21°C, а в долинах Забайкалья, где снега в январе всего 5–10 см, они должны падать до –22...–23°C. Конечно, в бассейнах Яны и Индигирки условия на малоснежных участках много жестче, чем в Забайкалье: на северо-востоке Якутии верхний слой почвы может охлаждаться до –45...–50°C при среднемесячных температурах –30...–35°C [3, 4], тогда как в Забайкалье, даже при полном бесснежье, соответствующие значения едва ли могут быть ниже –25...–27 и –19...–21°C. Далее к востоку вплоть до побережья Тихого океана минимальные температуры почвы вновь возрастают.

Кроме зональности и секторности, выявляются особенности распределения минимальных температур почв более крупного — регионального масштаба. Обращают на себя внимание мягкие условия многоснежной зимы на востоке Камчатки, где сезонный минимум температур в верхних сантиметрах почвы в 4–6 раз выше, чем в воздухе (–4...–6 и ниже –24°C соответственно). Для сравнения, на другом краю страны, на побережье Балтики, частые оттепели съедают снег, и эти же значения различаются всего вдвое: –10 и –20°C. В малоснежных тундрах на побережье Северного Ледовитого и Тихого океанов минимальные температуры верхних слоев почвы, как правило, понижаются на 2–3°C. Скорее всего, экстремумы в этих районах еще ниже, так как сильные ветры не только сдувают, но и уплотняют снег, увеличивая его теплопроводность [6], однако принятый метод расчета это обстоятельство не учитывает. Выделяются «теплые»

горные системы — Верхоянский и Баргузинский хребты, Хамар-Дабан, Кузнецкий Алату и другие. Обилие снега на их наветренных склонах в сочетании с развитием инверсий ведет к подъему минимальных температур почвы на 8–10°C. Напротив, дефицит осадков в ветровой тени к востоку от Уральского хребта, Салаирского кряжа и в других местах понижают минимальные температуры почв.

В лесу и в поле

К сожалению, в своих построениях из-за недостатка исходных данных мы не могли учесть изменения минимальных температур почв более крупного масштаба, зависящие в основном от неравномерного распределения снега в ландшафте. Единственное исключение — влияние леса. Здесь характер залегания снега зависит не только от климатических параметров, действие которых мы можем рассматривать, но и от ярусности, сомкнутости крон и других свойств леса, которые очень трудно учесть при таком масштабе анализа. Роль же этих свойств столь велика, что даже вклад ветра и осадков — важнейших факторов, формирующих различие снежного покрова в поле и в лесу, не всегда очевиден. Сколь либо заметная связь между скоростью ветра и разностью минимальных температур почвы в поле и лесу выявляется лишь на севере Западной Сибири и в Приамурье. Корреляция количества твердых осадков с этой разностью — только на юге Западной Сибири. Поэтому наша оценка влияния леса основана на данных исключительно тех станций, где высота снега измерялась и «в лесу», и «в поле» (их 350,

и распределены станции по территории достаточно равномерно).

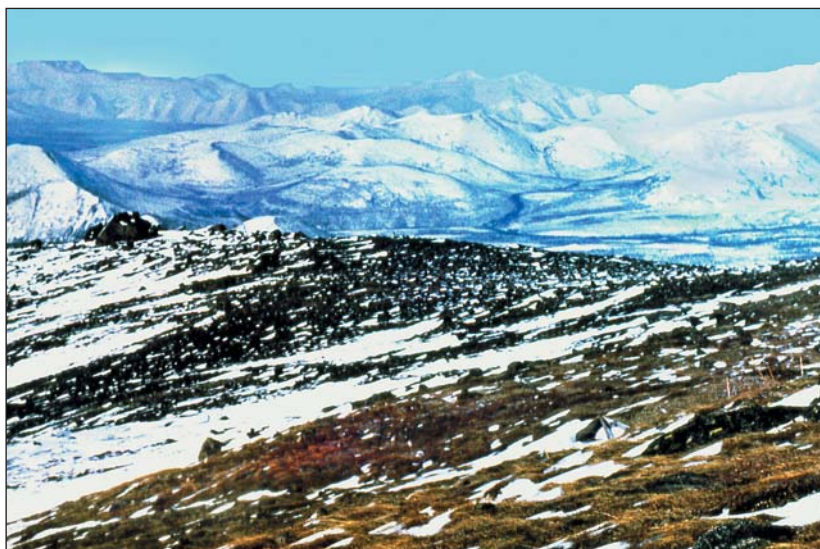
Основное различие между режимом накопления снега в лесу и в поле состоит в том, что в лесу высота снега растет более плавно и реже уменьшается в течение зимы за счет сдувания, испарения, таяния и т.п. Поэтому понятно, что наибольших различий высота снега в лесу и в поле достигает в феврале-марте, в период максимального снегонакопления. Однако анализ показал, что в лесу сезонный минимум температур приповерхностного слоя почв наступает много раньше этого момента: на 90% метеостанций он отмечается до января, а на 60% — в октябре-ноябре. В результате в среднем для всех 350 станций минимальные температуры почвы в лесу выше, чем в поле, всего на $1.3 \pm 0.1^\circ\text{C}$, а сами различия, в зависимости от особенностей леса, колеблются от -2 до $+6^\circ\text{C}$. Каких-либо закономерностей в их географическом распределении не обнаружено, в большинстве регионов отмечен весь спектр значений. Лишь в относительно мягком климате запада и юго-запада бывшего СССР различия минимальных температур почвы в поле и в лесу не превышают $1-2^\circ\text{C}$, причем и здесь в лесу может быть как теплее, так и холоднее, чем в поле.

Микроклиматические вариации

Попробуем оценить, насколько могут менять нарисованную картину микроклиматические вариации минимальных температур почвы. С самыми холодными биотопами разобраться довольно просто. Понятно, что в любом регионе ими будут малоснежные участки, которые



Снежные надувы в горах.



Места, с которых снег сдувается.

Фото А.В.Алфимова

никак не могут быть холоднее воздуха. Так, в континентальной Субарктике в верхних сантиметрах почв таких выделов минимума выше, чем в воздухе, обычно на $5-8^\circ\text{C}$ [3, 4]. В районах, где зима не так холодна, количество осадков и высота снега, а с ними и разница сравнимых температур растет до $10-15^\circ\text{C}$. Дальнейший рост температуры воздуха вызывает оттепели, поэтому высота снега, а с ней и разница между сезонными миниму-

мами температур воздуха и верхних сантиметров почв холодных биотопов вновь падает до $5-6^\circ\text{C}$ [1].

Второй край микроклиматического диапазона определить сложнее: самые теплые биотопы расположены обычно в обводненных понижениях рельефа под мощным снегом, что делает связь температур почвы и воздуха очень слабой. В зоне мерзлоты это гидрогенные талики, привязанные к берегам рек и выходам подземных вод.



Залив Одян весной. На заднем плане покрытые снегом горы.

Фото А.В.Андреева

В самых холодных районах северо-востока Азии в пределах таликов нам не удалось найти мест, где минимальные температуры в верхних сантиметрах почвы были бы выше -10°C [3, 4]. Вне зоны мерзлоты наличие снега гарантирует, что минимумы в верхнем слое почвы не могут быть выше 0°C . Таким образом, в холодных регионах микроклиматический диапазон минимумов температур в верхнем слое почвы достигает $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ (от -10 до $-45\text{--}50^{\circ}\text{C}$); в более теплых он почти вдвое уже (от 0 до -20°C), но в любом случае он шире, чем весь показанный на рисунке макроклиматический интервал этой величины. Сказанное, однако, не обесценивает проделанную работу, ибо биотопы, расположенные на теплом и холодном краях распределения, занимают небольшие площади, тогда как на схемах отражены характерные для каждой территории условия.

Отношение почвенной биоты

Из картосхемы, казалось бы, следует, что для зимую-

щих в верхнем слое почвы организмов Прикаспийская низменность хуже Таймыра, восточная Чукотка неотличима от Приазовских степей, а Корьякское нагорье от Балтийского побережья, ну а в «диких степях Забайкалья» несладко придется не только легендарному бродяге. Наиболее важное в этом перечне обстоятельство — сходство режимов выхолаживания на мерзлотных и немерзлотных территориях. Оно возникает, когда при глубине сезонного промерзания более $25\text{--}30$ см (минимального значения даже для самых теплых районов с устойчивым снежным покровом) незамерзшие слои почв не оказывают ощутимого влияния на термическую приповерхностных горизонтов [7].

Понятно, что приведенное выше сопоставление разных регионов достаточно условно еще и потому, что невозможно корректно сравнить между собой некие усредненные организмы, зимующие вблизи поверхности почвы в местностях, удаленных друг от друга на громадные расстояния. Холодоустойчивость — час-

то свойственный виду признак, и исследовать сотни видов беспозвоночных животных для выяснения успешности зимовки нецелесообразно. Однако мы знаем, что обитатели почв ежегодно выживают и в реликтовых островных степях Якутии, и в фаунистически богатых степях Забайкалья после очень холодных зим, и в этом — свидетельство способности переносить низкие температуры и, в известных пределах, — безразличие к ним.

Но есть и такие, кто, обитая вблизи поверхности, жестко зависит от температуры. Ради одного из них, дождевого червя *Dendrobaena octaedra*, живущего в подстилке и испытывающего все экстремумы погоды, и была первоначально составлена обсуждаемая картосхема минимальных температур. Мы искали ответ на вопрос: почему этот дождевой червь, распространённый в основном в лесах и тундрах Европы, переваливает Урал, живет в Западной Сибири, но далее на восток по природным ландшафтам не идет? Оказалось, что червь переносит лишь -14°C , и восточная граница его ареала четко совпадает с изотермой -14°C [8]. Сейчас эта схема весьма успешно применяется для анализа распространения еще десятка видов дождевых червей европейской части России и Сибири. Главный вывод состоит в том, что резкое обеднение фауны дождевых червей Северной Азии даже по сравнению с небогатой фауной Европейской России связано не с плейстоцен-голоценовой историей, а с неспособностью подавляющего большинства этих животных в любом возрасте, за исключением эмбрионального, противостоять низким температурам.

Вечная мерзлота и почвенная биота

В статье неслучайно часто употребляется ключевое словосочетание «приповерхностный слой почвы». Дело в том, что термическая ситуация в более глубоких горизонтах почв и грунтов может существенно отличаться от представленной на картах-схемах. На северном же и на южном «полюсе почвенного холода» она различается радикально. На севере повсеместна (кроме таликов) вечная мерзлота, на юге почвы и грунты хотя и промерзают более чем на метр, но глубже этой отметки сохраняют положительные температуры круглый год. Для животных, не переносящих замерзания, или же недостаточно холодоустойчивых, но способных строить глубокие гнезда, это принципиально меняет условия существования. Показательны в этом отношении муравьи, разные виды которых проявляют как сильную зависимость, так и полную независимость от минимальных температур в приповерхностных горизонтах почв [9].

На севере подавляющая часть видов муравьев ютится

в занимающих незначительную часть территории разного рода глубоко протаивающих биотопах, в которых можно в буквальном смысле поглубже закопаться и таким путем уйти от низких зимних температур. И только три вида (*Camponotus беркулеанус*, *Leptothorax acervorum*, *L. muscorum*), будучи в состоянии без ущерба перенести охлаждение до -40°C , могут себе позволить зимовать в первых 5–10 см почвы в зональных мерзлотных биотопах. На юге у муравьев появляется возможность повсеместно строить земляные гнезда, достаточно глубокие для комфортной по температурам зимовки. Как результат, например, в горных степях Курайской котловины на юго-востоке Алтая, несмотря на низкие ($-18...-19^{\circ}\text{C}$) температуры приповерхностных слоев почв, муравьи нескольких родов абсолютно доминируют (120–140 особей на 1 м^2) среди почвенной и обитающей на поверхности мезофауны (суммарно 164–270 особей на 1 м^2 , т.е. от 50 до 73% населения). В реликтовых же горных степях северо-восточной Якутии при близких минимальных тем-

пературах поверхностных горизонтов муравьи, обычно устраивающие глубокие гнезда, вообще отсутствуют из-за низких зимних температур и крайне малой влажности летом по всему профилю почв. Численность единственного здесь вида муравья *L. muscorum* ничтожна — менее 1.5 особей на 1 м^2 , что составляет лишь чуть больше процента от численности всего почвенного населения [10]. Таким образом, из-за вечной мерзлоты северный и южный «полюса почвенного холода» оказываются весьма различны по экологической значимости.

* * *

Мы представили лишь первую попытку столь широкомасштабного анализа, которая нуждается в дальнейшем уточнении в первую очередь методов расчета и учета мезо- и микроклиматической изменчивости минимальных температур почвы. Однако и в настоящем виде схемы вполне могут служить основой для оценки влияния условий зимовки на существование многих видов почвенной фауны и растений. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 04-04-48187) и Дальневосточного отделения РАН (проекты 03-3-А-09-009 и К2006_РЗ_Гра_С06).

Литература

1. Шульгин А.М. Климат почв и его регулирование. Л., 1972.
2. Справочник по климату СССР. Л., 1965–1970. Вып.1–10, 12, 13, 17, 18, 20–27, 33. Ч.2, 4.
3. Алфимов А.В. Термический режим верхних слоев почвы в основных экосистемах пояса редколесий бассейна Верхней Колымы // Пояс редколесий верховий Колымы (район строительства Колымской ГЭС). Владивосток, 1985. С.9–29.
4. Шульгин А.М. // Вестн. сельскохоз. науки. 1960. №3. С.109–115.
5. Осокин Н.И., Жидков В.А., Самойлов Р.С., Сосновский А.В. // Мат. гляц. иссл. 2000. Вып.89. С.209–212.
6. Павлов А.В. Теплофизика ландшафтов. Новосибирск, 1979.
7. Алфимов А.В. // Почвоведение. 2005. №4. С.438–445.
8. Берман Д.И., Мещерякова Е.И., Алфимов А.В., Лейрих А.Н. // Зоол. журнал. 2002. №10. С.1–12.
9. Берман Д.И. Как зимуют муравьи на Колыме? // Природа. 2006. №3. С.34–45.
10. Берман Д.И. Беспозвоночные животные // Холодные степи Северо-Восточной Азии. Магадан, 2001. С.96–161.
11. Агроклиматический атлас мира / Ред. И.А.Гольцберг. М.; Л., 1972.

Новый тип нестабильных атомных ядер — η -мезонные ядра

Г.А.Сокол, А.А.Комар

Для современного читателя привычно утверждение, что атомные ядра построены из протонов и нейтронов. Общее название для этих частиц — нуклоны (от англ. nucleus) — как раз и отражает тот факт, что они являются составными частями ядер.

Действительно, все атомные ядра, естественно встречающиеся в природе, как стабильные, так и нестабильные (альфа- и бета-распадные ядра и изомеры), состоят из протонов и нейтронов. Однако при воздействии на обычные атомные ядра элементарных частиц, разогнанных до больших энергий, могут возникать нестабильные ядра другой природы, с другими составными элементами. С существованием таких ядер ученые столкнулись по мере развития исследований в физике элементарных частиц.

Нестандартные «кирпичики»

Первым примером стали так называемые гиперядра. В них один из нуклонов заменен на гиперон. Гиперо-



Гарри Арсентьевич Сокол, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник отдела физики высоких энергий Физического института им.П.Н.Лебедева РАН. Область научных интересов — физика электромагнитных взаимодействий, методика экспериментов на ускорителях.



Астон Антонович Комар, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией электронов высоких энергий того же института. Область научных интересов — физика элементарных частиц, процессы сильного и слабого взаимодействия, свойства симметрии в физике частиц. Член редколлегии журнала «Природа».

ны — частицы из того же семейства тяжелых частиц, называемых барионами, что и протон с нейтроном. Но в отличие от последних гипероны обладают особым квантовым числом — «странностью». Гипероны были открыты в начале 50-х годов 20-го столетия, сначала в экспериментах с космическими лучами, а затем и на ускорителях. Они несколько тяжелее нуклонов; самый легкий из них — лямбда (Λ)-гиперон — имеет массу $m_\Lambda = 1116$ МэВ. Именно включение Λ -гиперона в состав ядра было впервые замечено при использовании фотографических эмульсий в качестве детектора в экспериментах с космическими лучами [1]. Исследование гиперядер в дальнейшем было продолжено. Среди более поздних работ этого направления стоит отметить обнаружение случаев включе-

ния в состав ядер заряженных сигма (Σ)-гиперонов, подробное изучение свойств ядра гипергелия ${}^{\Lambda}_2\text{He}$ ($2p + 2n + \Lambda$). Удалось установить существование ядра гипербериллия, в состав которого входят даже два Λ -гиперона: ${}^{\Lambda\Lambda}_{10}\text{Be}$ ($4p + 4n + 2\Lambda$).

Гипероны — нестабильные частицы, время их жизни $\sim 10^{-10}$ с. Например, для Λ -гиперона оно составляет $2,6 \cdot 10^{-10}$ с. Это значит, что за два-три таких временных интервала гиперон распадется и продукты его распада вылетят из ядра. Для случая Λ -гиперона одна из заметных мод (вариантов) распада такова: $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$ (π^- — пи-мезон). Появление продуктов распада гиперона (спустя некоторое время после взаимодействия ядра с посторонней частицей) и стало сигналом физикам, что они столкнулись с новым типом нестабильных ядер — гиперядрами. Для характерных ядерных времен, которые имеют масштаб одного ферми (10^{-13} см), деленного на скорость света, т.е. $0,33 \cdot 10^{-23}$ с, времена $\sim 10^{-10}$ с — очень большие, и столь «долгоживущие» частицы легко регистрируются современными методами.

Следует обратить внимание еще на одно обстоятельство. Чтобы образовавшийся в процессе взаимодействия гиперон (обычно медленный) удерживался в ядре, он должен испытывать достаточно сильное взаимодействие с нуклонами. Факты свидетельствовали, что это условие выполнено. В ходе дальнейшего развития физики частиц, когда стала проясняться природа сильного взаимодействия, наличие связи гиперонов с нуклонами (и возникновение гиперядер) перестало удивлять. Исследования показали, что и нуклоны, и гипероны, и более тяжелые барионные образования имеют сходную внутреннюю структуру. Все они являются составными системами, построенными как различные комбинации из трех более простых элементарных частиц — кварков. Данные современного эксперимента позволяют говорить о существовании в природе шести типов кварков. Их обозначают u, d, s, c, b, t — в порядке возрастания их масс; u и d — обычные кварки, у s -кварка есть дополнительная характеристика — «странность», у c -кварка — «очарование», а b - и t -кварки для дальнейшего нам не понадобятся. Спины всех кварков равны $1/2$.

Протон состоит из двух u - и одного d -кварка: $p = (uud)$, нейтрон, наоборот, — из одного первого и двух вторых: $n = (udd)$, а лямбда-гиперон $\Lambda = (uds)$. Видно, что гиперон отличается от нейтрона лишь заменой одного из обычных кварков (u, d) на странный кварк s . Все кварки взаимодействуют между собой особыми глюонными силами (за счет обмена глюонами), которые лежат в основе сильных взаимодействий. Они

обеспечивают устойчивое существование протона и нейтрона, они же скрепляют нуклоны в ядре. Замена одного кварка в Λ -гипероне по сравнению с нейтроном не столь радикальна, чтобы повлиять серьезно на межчастичные взаимодействия. Поэтому и неудивительно, что гиперон может удерживаться в ядре, хотя некоторое ослабление сил взаимодействия происходит.

На основе такого более широкого представления о происхождении сильного взаимодействия можно размышлять о включении в состав ядра и других кварковых образований помимо гиперонов. С открытием c -кварка («очарованного» кварка) и элементарных частиц, построенных с его участием, возникли соображения о возможном существовании еще более сложных ядер — суперядер. Предполагается, что в суперядре один из протонов заменен на барион с участием c -кварка: лямбда- c -барион $\Lambda_c^+ = (udc)$. Масса Λ_c^+ равна 2285 МэВ, так что суперядро будет примерно на 1 ГэВ тяжелее аналогичных гиперядер. Время жизни Λ_c^+ порядка $2 \cdot 10^{-13}$ с, и такие ядра вполне можно наблюдать, например по распаду $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda + \pi^+$. Правда, реально суперядра пока не обнаружены. Впрочем, вероятность их образования, рассчитанная на основании имеющихся данных по сечениям рождения «очарованных» барионов, должна быть достаточно малой.

Однако можно размышлять не только о включении необычных барионов в состав ядра. Не меньший интерес для изучения тонких деталей взаимодействия различных частиц, способных к сильным взаимодействиям (их общее название — адроны), могут представлять ядра, в состав которых входят мезоны, являющиеся частицами небарионной природы. Мезоны, представители второй важной группы из числа адронов, в отличие от барионов построены не из трех субъединиц (кварков), а из двух субъединиц (кварка и антикварка) или их комбинаций. И тут мы подходим к основной теме статьи.

Первые наметки

Эта(η)-мезон — это та частица, которая будет героем данного повествования. Кварковая структура η -мезона следующая:

$$\eta = (u\bar{u} + d\bar{d} - 2s\bar{s})/\sqrt{6}.$$

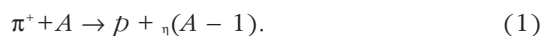
Эта-мезон — нейтральная частица. Его масса составляет 548 МэВ, время жизни $5 \cdot 10^{-19}$ с. Такое время жизни, хотя и малое, все же на четыре порядка больше, чем ядерные времена (см. выше), и в этом плане достаточное, чтобы зафиксировать существование

частицы внутри ядра. Самый главный вопрос: достаточны ли силы взаимодействия η -мезона с нуклонами, чтобы удержать его внутри ядра в течение времени его жизни?

Указание на то, что это возможно, пришло из экспериментов по рождению η -мезона в реакциях типа $\pi + N \rightarrow \eta + N$; $\gamma + N \rightarrow \eta + N$ (здесь N — обозначение любого из нуклонов, γ — фотон). Рождающиеся η -мезоны взаимодействуют с нуклонами в конечном состоянии, и из получаемых данных можно извлечь сведения о характере этого взаимодействия. Информацию о нем несет амплитуда рассеяния процесса $\eta + N \rightarrow \eta + N$, которая в пределе нулевой кинетической энергии η -мезона позволяет определить так называемую длину рассеяния* $a(\eta N)$. Дело в том, что знак этой величины обратен знаку потенциала взаимодействия частиц η и N . Если имеет место притяжение (знак потенциала отрицателен), то знак $a(\eta N)$ должен быть положительным. Именно такой вывод можно было сделать при первых обработках данных по ηN -рассеянию в 1986 г. Хотя в дальнейшем в абсолютное значение $a(\eta N)$ вносились изменения (более поздний анализ дал величины, в два-три раза большие первоначальных), но знак всегда получался положительным.

Собственно, в 1986 г. и возникло предположение о существовании η -мезонных ядер, а сам термин « η -мезонные ядра» был введен в работе [1] Л.Лиу и К.Хайдером, проведенным необходимым теоретический анализ, который показал, что условия существования η -мезонных ядер могут реализоваться для ядер с атомным числом $A \geq 11$. Возникновение η -мезонных ядер при $A < 11$ теоретически тоже допустимо, но при значениях $a(\eta N)$ больших, чем те, которые были найдены экспериментально ко времени написания работы [1].

В работе [1] были предложены и первые схемы экспериментов: рекомендовалось искать связанные η -мезон—ядро-системы с помощью монохроматических пучков π^+ -мезонов. Рассматривалось образование η -мезонных ядер в реакции



Предполагалось, что протоны возникают в элементарном процессе образования η -мезона на ядерном нуклоне (нейтроне) в зарядово-обменной реакции в условиях практически безотдачной кинематики, т.е. при энергии π -мезона, при которой η -мезон в ла-

бораторной системе образуется с очень малой (практически нулевой) кинетической энергией и, таким образом, «замещает» собою нейтрон в ядре. Последний преобразуется в протон и вылетает из ядра под сравнительно малыми углами относительно направления исходного пучка:



Конкретно в качестве мишени было предложено использовать ядро ${}^{16}\text{O}$ и π -мезонный пучок с импульсом 740 МэВ/с. Детальный анализ кинематики и динамики выбивания протона из p -оболочки ядра ${}^{16}\text{O}$ показал, что протоны с наибольшей вероятностью должны были бы вылетать под углом $\Theta = 15^\circ$. При этом угле согласно расчетам ожидалось возникновение пика в распределении по энергиям выбиваемых протонов, соответствующего кинетической энергии протонов 185 МэВ. Ширина пика Γ_p была оценена в 10 МэВ, что в соответствии с рассуждениями авторов как раз должно было отвечать ширине образующегося уровня η -ядра. Появление такого узкого пика протонов, по мнению Лиу и Хайдера, и должно было служить характерным признаком образования η -ядер.

Сразу же после опубликования работы [1] в Брукхейвене [2] и Лос-Аламосе [3] были предприняты попытки экспериментального поиска η -мезонных ядер с помощью критерия их образования, предложенного Лиу и Хайдером. Эксперименты проводились на пучке π^+ -мезонов с энергией, немного более высокой, чем требуют условия безотдачной кинематики для ядер мишеней ${}^7\text{Li}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{16}\text{O}$, ${}^{27}\text{Al}$. Эксперимент в Брукхейвене «не удался»: никакого пика в спектре протонов под углом $\Theta = 15^\circ$ обнаружено не было. Эксперимент же в Лос-Аламосе не был завершен. Авторы работ [2, 3] отрицательный результат объяснили рядом причин (сильным фоновым сопровождением, большой шириной уровня по сравнению с рассчитанной в [1], уходом от условия безотдачной кинематики, меньшей величиной сечения процесса (1)).

К этому можно добавить, что утверждение насчет узости пика в энергетическом спектре протонов, возникающих при образовании η -мезонного ядра, нельзя считать достаточно обоснованным. В этом рассмотрении не было учтено движение нуклонов внутри ядра-мишени (обычно называемое ферми-движением, так как состояние нуклонов в ядре близко к состоянию вырожденной ферми-системы), которое ведет к уширению энергетического спектра регистрируемых протонов. В итоге кинематический пик должен быть достаточно широким, порядка 30—50 МэВ, и поэтому он не был обнаружен.

* Волновая функция рассеянной частицы на больших расстояниях от точки рассеяния имеет вид $\Psi = f(\theta)\exp(ikr)/r$. Амплитуда $f(\theta)$ при малых энергиях перестает зависеть от угла рассеяния θ и импульса рассеянной частицы: $f \approx -a$, где a — длина рассеяния.

Отрицательный результат первых экспериментов по поиску η -мезонных ядер сформировал в значительной степени негативное отношение к реальности существования связанной системы η -мезона и ядра. Однако ряд более поздних работ, относящихся к исследованию реакций $d + p \rightarrow \eta + {}^3\text{He}$ и $d + d \rightarrow \eta + {}^4\text{He}$, определенно указывали на существование таких систем в промежуточной стадии реакции.

Путь к успеху

В 1991 г. появилась теоретическая работа А.И.Лебедева и В.И.Трясучева [4], в которой впервые рассматривалась возможность образования η -мезонных ядер под воздействием фотонных пучков в реакциях вида



В этой работе были рассчитаны полные сечения фоторождения η -мезонных ядер на ядрах ${}^{12}\text{C}$ и ${}^{16}\text{O}$. Полученные сечения имели резонансный характер — как следствие предположения, что процесс образования η -мезона идет через возбуждение $S_{11}(1535)$ -резонанса с последующим его распадом в ядре на нуклон и собственно мезон:



Здесь необходимы некоторые пояснения, которые важны для дальнейшего. $S_{11}(1535)$ — спектроскопическое обозначение возбужденного состояния нуклона («резонанс») со спином $1/2$ (а также изотопическим спином $1/2$), который имеет массу 1535 МэВ. Этот резонанс важен для данного обсуждения, потому что в 50% случаев он распадается по каналу $\eta + N$, т.е. его возбуждение озна-

чает, что возрастает вероятность появления η -мезона внутри ядра. И хотя использование фотонных пучков вместо π -мезонных примерно в 100 раз понижает сечение рождения η -мезонов в ядре, оно имеет и ряд преимуществ: в частности, γ -квант взаимодействует практически со всеми нуклонами ядра, в то время как π -мезоны эффективно взаимодействуют только с нуклонами, расположенными на его поверхности. По расчетам, проведенным в [4], полное сечение образования η -ядра на ${}^{16}\text{O}$ в максимуме достигает величины ~ 1 мкб (рис.1). Такая величина сечения, хоть и не очень большая, тем не менее позволяла проводить разумные измерения. Поэтому в основу исследований по изучению η -мезонных ядер, предпринятых в Физическом институте им.П.Н.Лебедева (ФИАН), было положено предложение по использованию фотонных пучков, сформулированное в [4]. Этот подход в конечном счете и привел к успеху.

Очень важным моментом в работе [4] был учет существенной роли образования S_{11} -резонанса в процессе возникновения η -мезона в ядре. Это обстоятельство было более подробно рассмотрено в 1991 г. в [5]. Как видно из рис.1, сечение рождения η -мезона на ядрах ${}^{12}\text{C}$ и ${}^{16}\text{O}$ при бомбардировке фотонами достигает максимума (связанного с образованием S_{11} -резонанса) при энергиях фотонов в диапазоне $750\text{--}800$ МэВ, что очень близко к порогу рождения η -мезона на отдельном нуклоне (~ 710 МэВ). Масса резонанса S_{11} , равная 1535 МэВ, лишь немного превышает совокупную массу η -мезона и нуклона (1487 МэВ). Резонанс S_{11} как нестабильная система характеризуется некоторым разбросом по энергиям продуктов его распада, который называется шириной. Для S_{11} она при-

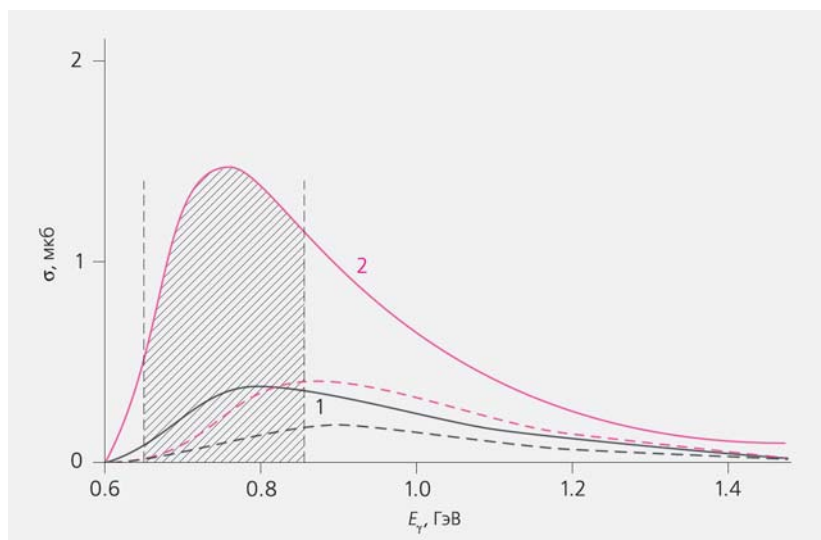


Рис.1. Зависимость полных сечений фоторождения η -ядер на углероде (1) и кислороде (2): штриховые линии — реакция на s -оболочечных нуклонах; сплошные линии — реакция на p -оболочечных нуклонах. Вертикальными штриховыми линиями выделена область сечения реакции в интервале энергий $\Delta E_\gamma = 850\text{--}650$ МэВ.

мерно равна 150 МэВ, и нет ничего удивительного в том, что родившийся η -мезон в совокупности с нуклоном, оказавшись в резонансной полосе S_{11} , с большой вероятностью захватывается в резонанс, т.е. есть становится как бы частью возбужденного нуклона S_{11} .

Это происходит за времена, близкие к ядерным, $\sim 10^{-23}$ с. Через сопоставимое время S_{11} -резонанс, находясь внутри ядра (он движется очень медленно), снова распадается на $\eta + N$. Кинетическая энергия образующегося η -мезона при этом очень мала (~ 30 МэВ), фактически она лежит внутри резонансного пика. Поэтому есть большая вероятность, что η -мезон останется в ядре и поглотится нуклоном. И тогда снова образуется «резонанс» S_{11} . Так возникает цепочка переходов

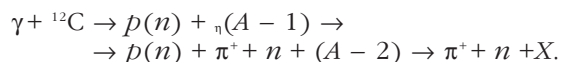


По оценкам, таких переходов может быть три—пять, может быть, даже больше (см. рис.2). Они увеличивают время жизни η -мезонов в ядре (примерно до 10^{-22} с), что облегчает наблюдение такого ядра. Собственное время жизни η -мезона ($5 \cdot 10^{-19}$ с) для столь быстрых переходов несущественно: он ведет себя как стабильная частица. Цепочка переходов завершается распадом резонанса S_{11} на π -мезон и нуклон. Энергия этого распада достаточно велика (~ 450 МэВ), и распадные частицы вылетают из ядра. Поскольку S_{11} -резонанс практически покоится в ядре, π -мезон и нуклон будут вылетать в противоположные стороны (под углом 180°). Можно считать, что появление (πN)-пар с энергиями, соответствующими распаду $S_{11}(1535)$ -резонанса, и направлениями движения, коррелированными по углу разлета $\Theta_{\pi N} \approx 180^\circ$, и есть основное свидетельство («сигнатура») образования η -мезонного ядра.

Изложенные соображения помогли продумать постановку эксперимента по поиску η -мезонных ядер на электронном синхротроне ФИАН «Пахра» ($E_{\text{max}} \sim 1$ ГэВ).

Подготовка к его проведению была начата в 1994 г. Для эксперимента использовалось тормозное излучение пучка электронов для двух предельных энергий $E_{\gamma\text{max}} = 650$ МэВ и $E_{\gamma\text{max}} = 850$ МэВ. В качестве мишени было выбрано ядро ^{12}C .

При реализации эксперимента по поиску η -ядер основное внимание было уделено созданию такого триггера реакции (алгоритма запуска регистрирующей электроники), который позволял бы выделить процесс образования η -ядер, характеризующийся малым сечением, из громадного фона других событий. Для этой цели предполагалось использовать все возможные корреляции регистрируемых частиц: временную (наличие совпадений), энергетическую и угловую. В соответствии со сказанным выше предполагалось следующее развитие процесса (рис.2)



Через X обозначены все частицы, нерегистрируемые аппаратурой. Иначе говоря, аппаратура была нацелена на обнаружение (π^+n)-пары. Регистрация осуществлялась сцинтилляционными спектрометрами по времени пролета методом, описанным в [5]. Важно отметить, что в отличие от зарубежных исследований по поиску η -ядер, упомянутых выше, в планируемой постановке эксперимента была учтена возможная эволюция медленных η -мезонов, рождаемых γ -квантами в ядре, ведущая к созданию в ядре новых образований с заданной массой — $S_{11}(1535)$ -резонансов (рис.3). Именно регистрация распадов S_{11} -резонансов могла бы стать сви-

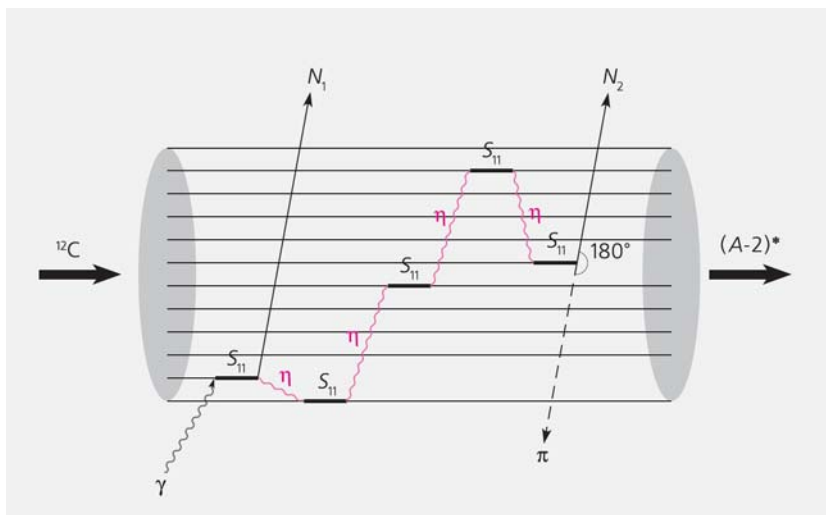
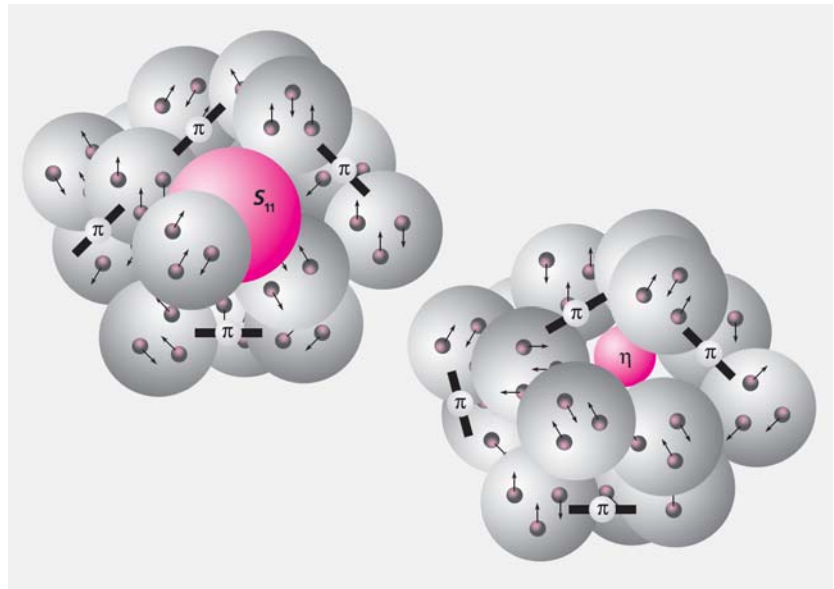


Рис.2. Схема образования η -мезонного ядра в γA -реакции, его эволюция и распад по ($N\pi$)-каналу.

Рис.3. Два состояния η -мезонного ядра: с η -мезоном в ядре (справа) или $S_{11}(1535)$ -нуклонным резонансом внутри ядра (слева). Оба состояния переходят друг в друга за время $\Delta\tau \approx 0.8 \cdot 10^{-23}$ с вследствие процесса $\eta N \rightarrow S_{11} \rightarrow \eta N$.



детельством в пользу существования η -ядер. Из возможных вариантов распада $S_{11}(1535)$ -резонанса в (πN) -систему была выбрана мода распада, содержащая нейтрон, с целью максимально увеличить выход реакции, поскольку регистрация нейтрона позволяла использовать достаточно «толстую» (~ 4 г/см²) мишень.

Эксперимент удался!

Измерения проводились для двух вариантов различных расположений π -мезонного и нейтронного спектрометров (рис.4) вокруг мишени и для двух вышеупомянутых максимальных значений энергий фотонов.

Для $E_{\text{ymax}} = 650$ МэВ (ниже порога рождения η -мезона) были выбраны две позиции: во-

первых, позиция «калибровка». При этом спектрометры располагались под углами $\langle\Theta_{\pi}\rangle = \langle\Theta_n\rangle = 50^\circ$ по разные стороны от γ -пучка. В этой позиции в основном регистрировался процесс фоторождения π^+ -мезонов на ядре ^{12}C (точнее, канал с вылетом (πN) -пары в конечном состоянии). Данная геометрия была использована для калибровки аппаратуры. Во-вторых, позиция «фон», когда спектрометры располагались под углами $\langle\Theta_{\pi}\rangle = \langle\Theta_n\rangle = 90^\circ$ по отношению к γ -пучку (т.е. под углом 180° относительно друг друга). В этом случае регистрация π^+ -мезонов была практически исключена, так как они вылетают преимущественно в направлении движения исходных фотонов (в переднюю полусферу). Эта позиция задавала фон, измеряемый установкой.

Для $E_{\text{ymax}} = 850$ МэВ (несколько выше порога рождения η -мезона) была определена по-

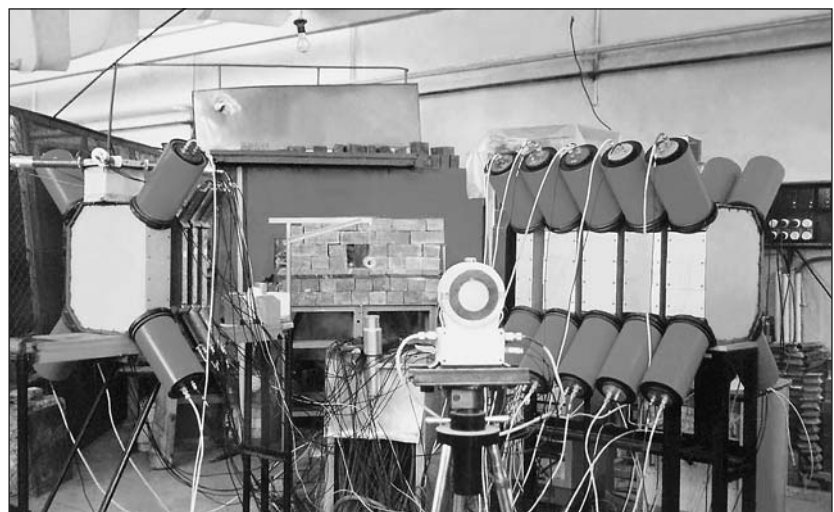


Рис.4. Спектрометры для регистрации процесса образования η -ядер (ФИАН).

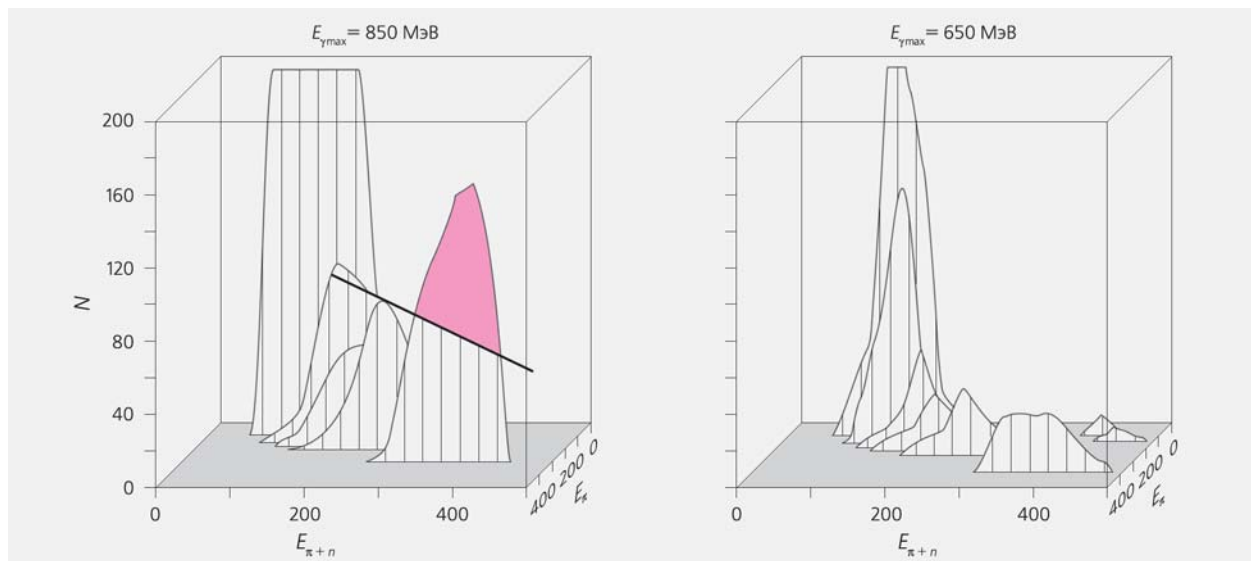


Рис.5. Двумерные спектры по энергии E_n и $E_{\pi+n}$ (в МэВ) для позиции «фон» ($E_{\gamma\max} = 650$ МэВ) (справа) и позиции «эффект» ($E_{\gamma\max} = 850$ МэВ) (слева). При энергии $E_{\gamma\max} = 850$ МэВ цветом отмечены события, выделяющиеся над фоном и отвечающие распаду резонанса S_{11} .

зиция «эффект + фон». Сохранилось расположение спектрометров $\langle \Theta_n \rangle = \langle \Theta_{\pi} \rangle = 90^\circ$ (при котором измерялся фон) и дополнительно могли регистрироваться события от распада образовавшегося в ядре $S_{11}(1535)$, если η -мезонные ядра существуют.

Установка состояла из двух сцинтилляционных спектрометров, работавших от одного «стартового» сигнала для измерения времени пролета регистрируемых частиц. Работа установки была автоматизирована путем использования персональных компьютеров и блоков ядерной электроники. Установка обладала высокими техническими характеристиками: точность измерения координаты частицы составляла ± 1.5 см, точность измерения времени — ± 0.05 нс. Эти характеристики в совокупности обеспечивали погрешность в определении энергии частиц не хуже 15 МэВ.

Первые результаты эксперимента были опубликованы в 1999 г. [6], затем последовали публикации 2000—2001 гг. [7,8]. Наиболее полное представление о полученных результатах дает рис.5. На нем приведено двумерное изображение спектров: по одной шкале — по суммарной энергии (π^+n) -пары, по другой шкале — по энергии π^+ -мезонов при двух энергиях фотонов 650 и 850 МэВ. Четко видны наличие пика в области суммарной кинетической энергии $E_{\pi+n} \sim 450$ МэВ и смещение E_{π} в область более высоких энергий при $E_{\gamma\max} = 850$ МэВ (см. выше). Эти эффекты отсутствуют при $E_{\gamma\max} = 650$ МэВ. В совокупности данные факты служат прямым доказательством того,

что при энергиях выше порога рождения η -мезона в ядре возникает $S_{11}(1535)$ -резонанс.

На рис.6 представлено одномерное распределение по суммарной энергии $E_{\pi} + E_n$ при $E_{\gamma\max} = 850$ МэВ. Для сравнения на этом же рисунке показано аналогичное распределение для распада свободного (не входящего в ядро,

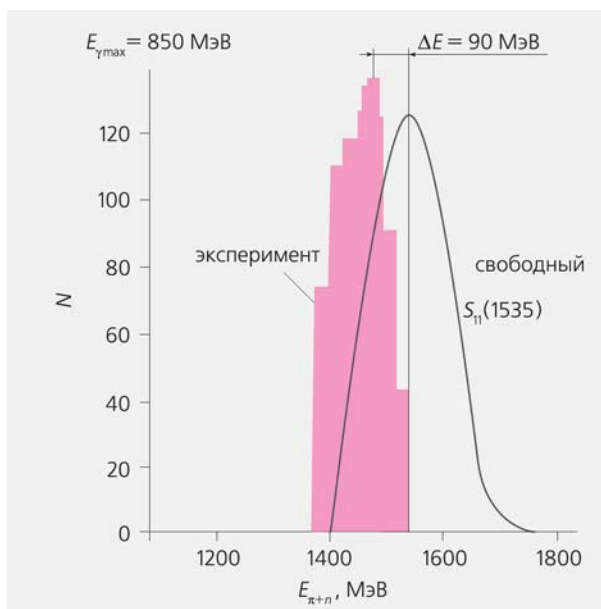


Рис.6. Экспериментальное распределение по суммарной энергии (π^+n) -пар частиц — продуктов распада $S_{11}(1535)$ -резонанса внутри η -ядра — в сравнении с распределением продуктов распада свободного $S_{11}(1535)$ -резонанса.

живущего самостоятельно) $S_{11}(1535)$ -резонанса. Сдвиг влево максимума экспериментального распределения по сравнению с положением максимума для распада свободного $S_{11}(1535)$ равен $\Delta E = E_{\max}(\text{своб.}S_{11}) - E_{\max}(\text{связ.}S_{11}) = (90 \pm 15)$ МэВ, а сдвиг по сравнению со значением суммы масс нуклона и η -мезона составляет $\Delta E(\text{ядерн.}) = (40 \pm 15)$ МэВ. Здесь мы сталкиваемся с очень интересным обстоятельством: пребывание в ядре понижает эффективную массу резонанса S_{11} и как бы стабилизирует его по отношению к распаду $S_{11} \rightarrow \eta + N$. Сдвиг ΔE прямо демонстрирует влияние ядерной материи на характеристики (массу) S_{11} -резонанса.

До 2003 г. экспериментальные результаты по обнаружению η -мезонных ядер в фотореакциях, полученные в ФИАНе, были единственными в литературе. В конце 2003 г. появилась работа по наблюдению связанного состояния η -мезона и ядра в реакции $\gamma + {}^3\text{He} \rightarrow \rightarrow {}^3_\eta\text{He} \rightarrow \pi^0 + p + X$, выполненная в Майнце (Германия). В эксперименте использовался подход к идентификации η -ядер, предложенный в ФИАНе.

Таким образом, можно говорить о постепенном становлении нового интересного направления исследований в мезон-ядерной физике средних энергий — физике η -мезонных ядер. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 94-02-03324, 96-02-17103, 99-02-18224, 02-02-16519.

Литература

1. Liu L.C., Haider Q. // Phys. Rev. C. 1986. V.34. №5. P.1845—1854.
2. Chrien R.E., Bart S., Pile P. et al. // Phys. Rev. Lett. 1988. V.60. №25. P.2595—2598.
3. Lieb B., Liu L.C. // LA-11670-PR. LAMPF Progress Report. 1988.
4. Lebedev A.I., Tryasuchev V.A. // J. Phys. G. Nucl. 1991. V.17. №8. P.1197—1202.
5. Сокол Г.А., Трясучев В.А. // Sov. Physics — Lebedev Institute Report. 1991. №4. P.21—24.
6. Sokol G.A., Aibergenov T.A., Kravtsov A.V. et al. // Fizika B. Zagreb. 1999. V.8. №1. P.85—90.
7. Сокол Г.А., Айбергенев Т.А., Кольцов А.В. и др. // Элементарные частицы и атомные ядра (Письма ЭЧАЯ). 2000. №5 (102). С.71—95.
8. Sokol G.A., Pavlyuchenko L.N. // arXiv: nucl-ex/0111020.2001. P.1—9.

Франция предъявила права собственности на судно «Griffon», найденное недавно на дне озера Мичиган (США). Корабль, затонувший в 1679 г., был построен первооткрывателем Луизианы Р.Р.Кавелье де Ла Салем и стал первым европейским судном, изготовленным специально для навигации по Великим озерам. Теперь французские и американские археологи ждут судебного решения.
Sciences et Avenir. 2005. №705. P.36 (Франция).

В августе 2005 г. животный мир Франции серьезно пострадал от браконьеров. В Южных Альпах королевские орлы отравились приманками со стрихнином или цианидами, предназначенными для уничтожения волков; жертвами та-

кой практики орлы оказываются на протяжении нескольких последних лет. А за две недели до открытия сезона охоты, 15 августа, в разгар периода гнездования, сотня охотников-браконьеров устроила массовый отстрел уток и лысух в болотах Камарга на юге Франции. Эти действия подрывают работу различных объединений по защите природы.
Terre Sauvage. 2005. №210. P.13 (Франция).

Дж.Донлэн (J.Donlan; Корнелльский университет, США) отстаивает идею реинтродукции слона, льва, верблюда, гепарда и лошади в гигантские природоохранные парки Северной Америки. По его мнению, это позволило бы восстановить там утраченное биоразнооб-

разие. Действительно, очень близкие родственники названных животных населяли Северную Америку еще 13 тыс. лет назад, а их исчезновение повлекло за собой обеднение флоры и фауны. Реинтродукция слона, например, уменьшила бы сокращение площадей прерий, ныне зарастающих лесами.
Science et Vie. 2005. №1057. P.40 (Франция).

На северо-востоке Китая найдены ископаемые остатки двух птеродактилей, возраст которых определен в 120 млн лет. Морфологически они близки формам, известным по находкам в Англии и Франции.
Sciences et Avenir. 2005. №705. P.18 (Франция).



Вторая молодость известного явления

Д.А.Леменовский, Г.П.Брусова, В.В.Тимофеев, С.А.Юрин,
В.Н.Баграташвили, В.К.Попов

Иногда бывает, что какое-либо научное открытие совершено, но остается не востребовавшимся, о нем попросту забывают. К счастью, чаще открытое явление становится известным, его включают во все справочники и учебники, начинают использовать в практических целях. Но иногда применение сильно задерживается. Так случилось с четвертым агрегатным состоянием вещества — оно целых полтора столетия представляло только чисто научный интерес. Даже газовый закон Авогадро, не понятый современниками, ждал своего практического использования гораздо меньше — 50 лет.

Агрегатные состояния вещества

Еще в глубокой древности люди знали о трех агрегатных состояниях вещества — твердом, жидком и газообразном. С развитием науки стало понятно, что при изменении температуры или давления одно из состояний может переходить в другое,

причем эти переходы, как правило, обратимы. Считается, что современный образованный человек имеет достаточные представления о самих состояниях и об их взаимных переходах. Однако существуют еще два агрегатных состояния — плазма и сверхкритические флюиды, находясь в которых вещества обладают специфическими свойствами и о которых большинство людей, кроме узких специалистов, мало что знает. Здесь речь пойдет о сверхкритических флюидах.

Впервые вещества в сверхкритическом состоянии наблюдал в 1822 г. французский физик Ш.Каньяр де ла Тур. Решив выяснить, происходит ли что-нибудь с жидкостями, нагреваемыми в наглухо закрытом металлическом шаре, он ввел в изучаемую среду простейший датчик — небольшой камешек. Нагревая и потряхивая шар, французский физик установил, что звук, издаваемый камешком при столкновении со стенкой шара, в некий момент резко меняется — становится глуше и заметно слабее. Для каждой жидкости такое изменение наступало при строго определенной температуре, которую стали име-

новать точкой Каньяра де ла Тура (сейчас в учебниках и справочниках эту точку называют критической). Однако что именно происходило с жидкостью в этой точке, некоторое время было неясно. К сожалению, сейчас почти никто не связывает имя Каньяра де ла Тура с важнейшим физическим явлением, которое он наблюдал в 1822 г. Но Каньяра де ла Тура все же знают мореплаватели по названию корабельной сирены, поскольку ее конструкцию предложил именно он. Видимо, биохимикам он тоже знаком как человек, первым предположивший (в 1836 г.), что при спиртовом брожении превращение сахаров в спирт и CO_2 происходит с участием дрожжей.

Настоящий интерес к новому явлению возник лишь в 1869 г. после экспериментов ирландского физико-химика Т.Эндрюса, исследовавшего свойства CO_2 при изменении температуры и давления. Этот газ легко сжижался при повышении давления, а поскольку опыты проводились в толстостенных стеклянных трубках, можно было видеть, что в них происходит. А происходило вот что: при 31°C и 73 атм граница (мениск), разделяющая жид-



Дмитрий Анатольевич Леменовский (первый слева), доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией координационных металлоорганических соединений химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Круг научных интересов включает органическую, металлоорганическую и супрамолекулярную химию, металлокомплексный катализ, реакции в сверхкритических средах.

Галина Павловна Брусова, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии того же факультета. Научные интересы — синтез органических лигандов и металлоорганических комплексов, физико-химические методы исследования.

Вадим Валентинович Тимофеев, кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры физической химии того же факультета. Научные интересы связаны с кинетикой химических реакций, физико-химией озона, спектроскопией органических соединений.



Сергей Анатольевич Юрин (первый слева), аспирант того же факультета. Занимается изучением превращений органических веществ и их озонированием в сверхкритических средах, физико-химическими методами исследования.

Виктор Николаевич Баграташвили, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Института проблем лазерных и информационных технологий РАН. Научные интересы: лазерные фотохимия и медицина, фотохимия сверхкритических сред, создание биоразлагаемых минеральных материалов.

Владимир Карпович Попов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же института. Научные интересы связаны с фотохимией сверхкритических сред, созданием современных синтетических биоматериалов, фотофизикой, лазерными фотохимией и медициной.

кий и газообразный диоксид углерода, исчезала, весь объем равномерно заполнялся молочно-белой опалесцирующей жидкостью. Дальнейшее повышение температуры совершенно меняло картину — жидкость быстро становилась прозрачной и очень подвижной, в ней постоянно перетекали струи, напоминающие потоки теплого воздуха над нагретой поверхностью. Последующее повышение температуры и давления не вызывало видимых изменений. Точка, в которой происходит такой переход, была названа критической, а состояние вещества — сверхкритическим. По существу это новое агрегатное состояние вещества. Для него был предложен и используется до сих пор специальный термин — сверхкритический флюид (с англ. fluid — жидкость, жидкий, текучий), обозначаемое в литературе аббревиатурой СКФ.

Область существования сверхкритического флюида начинается в критической точке (рис.1), которая характеризуется температурой ($T_{кр}$), давлением ($P_{кр}$) и объемом $V_{кр}$.

Когда была выявлена критическая точка, стало понятно, почему некоторые газы, например водород, азот, кислород, долгое время не удавалось получить в жидком виде за счет повышения давления (из-за этого их долгое время называли перманентными газами). Поскольку область существования жидкой фазы расположена перед линией критической температуры (см. рис.1), для сжижения какого-либо газа его необходимо вначале охладить до температуры ниже критической. У таких газов, как CO_2 или Cl_2 , критическая температура довольно высокая (31 и 144°C, соответственно), поэтому их можно сжимать при комнатной температуре, лишь повы-

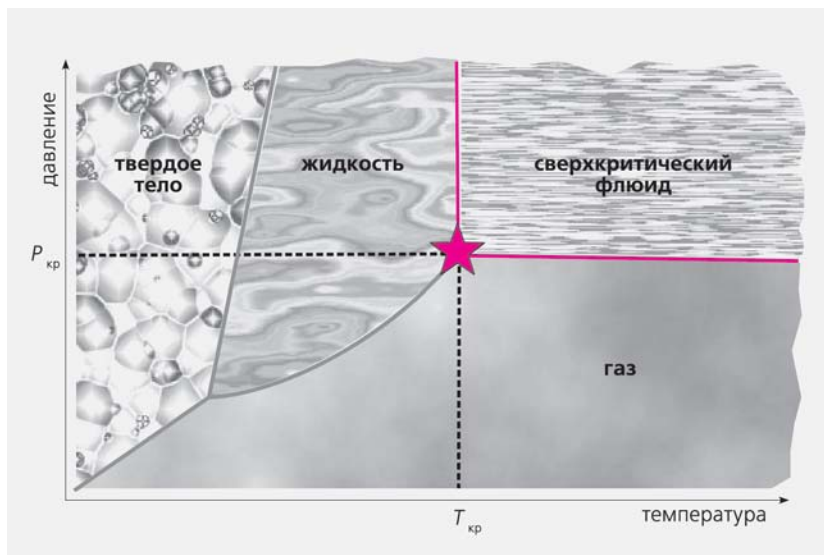


Рис. 1. Фазовые переходы вещества в зависимости от температуры и давления.

шая давление. Другое дело водород, кислород и азот с их низкими критическими температурами (соответственно: -239.9 , -118.4 , -147°C). Перед сжижением этих газов их необходимо вначале охладить до температуры ниже критической и только затем повышать давление. Итак, необходимость смещения от критической точки в сторону низких температур позволила решить ряд важных технологических задач, но исследования самого сверхкритического состояния долгое время находилось на периферии большой науки.

Постепенно изучение сверхкритических флюидов привело к обнаружению у них весьма необычного сочетания свойств: низкой плотности (к примеру, плотность воды в форме СКФ в три раза ниже, чем в обычных условиях), малой вязкости и низкой звукопроводности (последнее и помогло Каньяру де ла Туру обнаружить это явление). Кроме того, сверхкритические флюиды обладают высокой проникающей способностью (у них высок коэффициент диффу-

зии). Установлено также, что флюиды представляют собой нечто среднее между жидкостью и газом. Они могут сжиматься как газы и, в то же время, подобно жидкостям способны растворять твердые вещества, причем их растворяющая способность резко возрастает при повышении давления.

Оказалось, что большинство жидких и газообразных веществ может находиться в сверхкритическом состоянии, важно лишь, чтобы вещество не разлагалось при критической температуре. К середине 80-х годов 20-го столетия справочники содержали сведения о критических параметрах сотен неорганических и органических веществ, но все еще не было ясно, как можно применить столь удивительные свойства СКФ.

«Сверхкритический» бум

С конца 80-х годов XX в., когда общий уровень развития индустрии позволил создавать установки, рабо-

тающие под высоким давлением, началось триумфальное шествие сверхкритических технологий. Лидером среди флюидов стал CO_2 , поскольку он обладает целым комплексом преимуществ: сравнительно легко переводится в сверхкритическое состояние (напомним: 31°C и 73 атм), доступен, дешев, нетоксичен, негорюч, экологически безопасен и хорошо растворяет большой спектр органических соединений.

Неудивительно поэтому, что химики-технологи стали внедрять СКФ в практику. Основное направление, которое начало бурно развиваться, — это экстракция. По сравнению с традиционными методами, предусматривающими применение обычных растворителей, возможности, которые дает использование флюидов, просто ошеломляют. Например, для извлечения из кофейных зерен кофеина, применяемого в фармакологии, их без предварительного измельчения, прямо в мешках, помещают в автоклав, подают в него газообразный CO_2 , создают необходимое для возникновения флюида давление и через некоторое время сливают сверхкритический диоксид углерода в открытую емкость. В ней, при атмосферном давлении, CO_2 превращается в газ, а экстрагированный кофеин остается в чистом виде. О такой экстракции химики-технологи могли только мечтать! Все это результат сочетания исключительной растворяющей способности и высокого коэффициента диффузии СКФ.

Фармацевтическая промышленность первой обратилась к технологии, в которой используются сверхкритические флюиды. И это вполне объяснимо, поскольку с их помощью удастся наиболее полно выделять из

растительных и животных продуктов эфирные масла, витамины, алкалоиды, фитонциды, сохраняя неизменным состав извлекаемых веществ и не принося в него примесей. Очень простой стала стадия отгонки экстрагирующего растворителя и последующая его очистка для повторных циклов. Появились даже фирмы, специализирующиеся на производстве витаминов, стероидов и других препаратов только по новой технологии.

Применение СКФ оказалось весьма успешным для очистки от загрязнений электронных схем в процессе их производства, так как на них не остается никаких следов очищающего растворителя. Сейчас разрабатываются проекты установок для химической чистки одежды с использованием сверхкритических флюидов.

С помощью СКФ можно эффективно освободить полимеры от примесей непрореагировавшего мономера и инициатора полимеризации. Кроме того, флюиды незаменимы для введения в массу полимера красителей, стабилизаторов, а также различных модификаторов.

При всеобщем лавинообразном увлечении экстракцией химии не забыли о своих «синтетических» интересах — использовать СКФ в качестве реакционной среды. Прежде всего исследователей привлекла исключительная способность сверхкритических флюидов растворять газы. Например, для водорода и азота, растворяемых в таких средах, удается достичь концентраций в 10–20 раз более высоких, чем в обычных растворителях. Первыми синтезами, осуществленными в сверхкритических средах, стали процессы гидрирования (рис.2). Опубликованные в литературе результаты по каталитическому гидри-

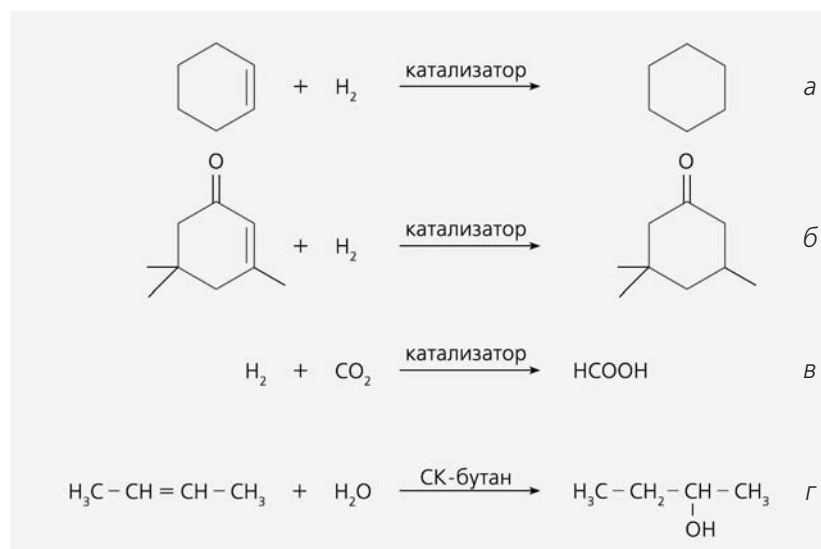


Рис.2. Примеры некоторых органических реакций, осуществленных в сверхкритических средах.

рованию органических соединений (см. рис.2,а,б) в сверхкритическом CO_2 , свидетельствуют о необычайно высокой эффективности новой методики: существенно снизилась температура процесса, резко возросла скорость реакции, а в некоторых случаях проявилась отчетливая селективность — затрагивались только определенные двойные связи (см. рис.2,б). Разработан также эффективный способ каталитического гидрирования в сверхкритическом CO_2 , приводящий к образованию муравьиной кислоты (рис.2,в).

Помимо гидрирования осуществлены и доведены до промышленного внедрения некоторые другие процессы, например, получение бутанола-2 присоединением воды к бутену-2 в сверхкритическом бутане (рис.2,г).

Иная среда — иные продукты реакции

Мы тоже использовали сверхкритические среды и сначала сосредоточили внимание на таких процессах

органического синтеза, которые ранее в СК-средах не проводились. Конкретной целью нашей работы стали реакции окисления органических соединений озонем в среде сверхкритического углекислого газа.

Озон как самостоятельное соединение известен человечеству с 1840 г. Этот газ используют сейчас во многих промышленных процессах, однако как избирательно действующий реагент озон до сих пор не применяется. На пути его использования в органическом синтезе все время стоит чрезмерная реакционная способность и плохая управляемость его реакций.

Мы решили экспериментально проверить, пригоден ли озон в качестве окислителя с управляемой реакционной способностью для синтезов в СК-средах. Подобные исследования никогда не проводились. Единственный окислительный процесс в сверхкритическом CO_2 , серьезно изученный до нас, это синтез алкенокислов, которые образуются из алкенов

за счет окисления молекулярным кислородом в присутствии металлсодержащих катализаторов.

Для выполнения любых синтезов в сверхкритической среде обычная лабораторная техника неприменима, поэтому мы сконструировали специальную установку. Она представляла собой реактор объемом около 100 см³, рассчитанный на рабочее давление вплоть до 200 атм и оснащенный системой устройств, позволяющих дозировать реагенты и управлять протекающей реакцией.

Продукты реакции мы изучали традиционными спектральными методами, которые обычно применяют химики-синтики: ЯМР, ИК- и УФ-спектроскопией, масс-спектрометрией, а также хромато-масс-спектрометрией.

Вначале мы исследовали несложные органические системы и уже на таком простом соединении, как димер циклопентадиена (он обычно образуется при хранении циклопентадиена; рис.3,а,б),

обнаружили отчетливое различие при переходе от обычных органических растворителей к сверхкритическому CO₂. Димер интересен тем, что содержит две неэквивалентные двойные связи, каждая из которых потенциально способна окисляться.

При проведении реакции в обычном растворителе — хлороформе (метанол был введен в качестве сореагента) — окисление озоном идет с образованием диальдегида (см. рис.3,в), причем затрагивается только одна двойная связь. В сверхкритическом CO₂ окислению подвергается как та же связь, так и другая. В результате образуются совсем иные продукты: монометилвые эфиры дикарбоновых кислот (см. рис.3,г,д), причем каждое из этих соединений представляет собой смесь изомеров, у которых гидроксид- и метоксигруппы меняются местами. Судя по соотношению продуктов, в сверхкритическом CO₂ реакционноспособной оказывается и та двойная связь димера, которая

в обычных условиях почти не реагирует.

Реакционная система обгоняет фантазию экспериментатора

На следующем этапе мы выбрали в качестве объекта *o*-изопропениланилин — ароматическое соединение, содержащее олефиновый фрагмент (группу с двойной связью) и аминогруппу (рис.4). Поскольку эти группы заметно различаются свойствами, мы хотели узнать, какая из них более подвержена окислению. Естественно, мы провели одну и ту же реакцию, меняя только реакционную среду, чтобы оценить то своеобразие, которое вносит сверхкритический CO₂.

К этому времени мы уже понимали, что переход к необычной реакционной среде таит в себе сюрпризы, однако оригинальность и неожиданность полученных результатов превзошли все, что мог заранее предположить химик-синтетик.

Если в среде обычных органических растворителей озон окислял только двойную связь в изопропенильной группе, переводя ее в кетонную (см. рис.4,а), то в сверхкритическом CO₂ направление реакции менялось принципиально: изопропенильная группа оказалась незатронутой, в реакции участвовала только аминогруппа (см. рис.4,б). До проведения экспериментов можно было бы с определенной долей уверенности предполагать, что аминогруппа окислится до нитрогруппы —NO₂, но образование изоцианатной группы —N=C=O оказалось совершенно неожиданным.

Оригинальность реакции заключалась в том, что среда — сверхкритический углекислый газ — участвует во

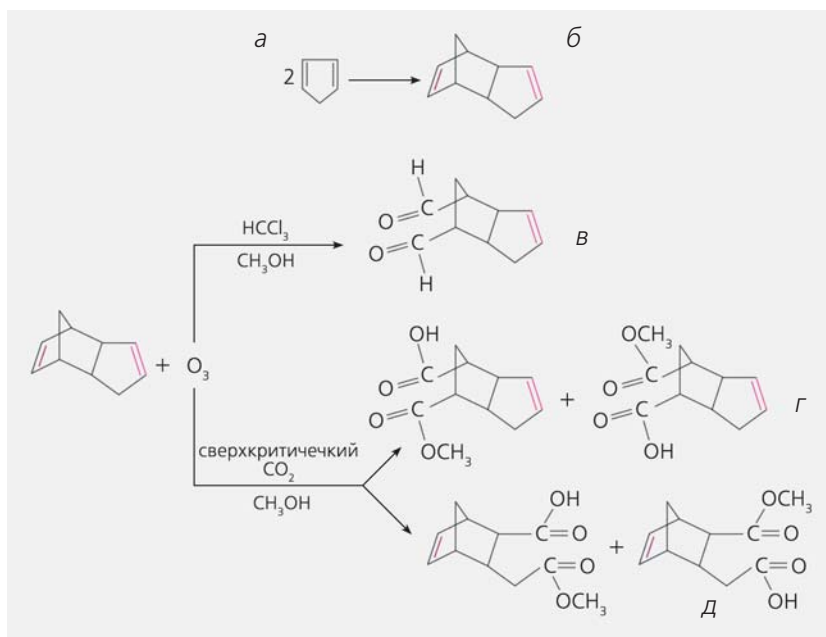


Рис.3. Окисление диолефина в обычном растворителе и в сверхкритическом CO₂.

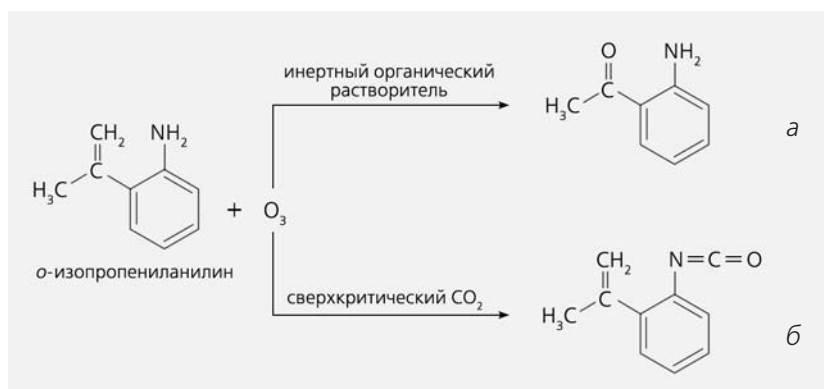


Рис.4. Окисление *o*-изопропениланилина в обычном растворителе и в сверхкритическом CO_2 .

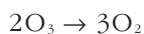
взаимодействии, он служит источником фрагмента $-C=O$ в изоцианатной группе.

Этот эксперимент весьма привлекателен, потому что открывает неизвестный ранее путь получения ароматических изоцианатов, причем в исключительно мягких условиях (традиционный способ их получения фосгенированием аминов экологически небезопасен и осуществляется при $170-180^\circ C$). Интерес к этому процессу продиктован тем, что ароматические изоцианаты представляют собой очень ценный продукт современной химической промышленности, и любой новый способ их синтеза сразу становится объектом внимательного изучения со стороны технологов. Сейчас мы продолжаем обширные исследования в этом направлении и надеемся, что удастся существенно увеличить эффективность и значительно упростить методику таких превращений.

Повышаем концентрацию озона

Проводя эксперименты, мы заметили, что сверхкритические технологии таят в себе еще одну интересную возможность. Здесь уже упоминалось, что СК-среды об-

ладают высочайшей способностью растворять газы. А это совпадает с естественным желанием каждого химика-синтетика повысить концентрацию реагентов, чтобы ускорить реакцию. Однако озон — реагент особый, в отличие от водорода, используемого для гидрирования, он крайне нестабилен и при повышении концентрации легко диспропорционирует по общей схеме:



Например, если замороженный до твердого состояния озон постепенно нагреть выше точки плавления ($T_{пл} = 80.6 K$), произойдет взрыв из-за энергично протекающего разложения по цепному механизму. Вследствие нестабильности озона не удастся достичь его высокой концентрации ни в газовой фазе, ни в органических растворителях.

Нам удалось установить, что использование сверхкритического CO_2 позволяет варьировать концентрацию озона в широком диапазоне, изменяя его парциальное давление в системе. Чтобы определить предельные концентрации озона в сверхкритическом CO_2 , оценить границы стабильности этого окислителя и очертить ту область, в которой можно без-

опасно с ним экспериментировать, мы спроектировали и изготовили из кварца специальную оптическую ячейку переменного объема, рассчитанную на высокие давления. В такой кварцевой ячейке мы спектрально контролировали изменение концентрации озона, растворенного в сверхкритическом CO_2 (в УФ-спектре озон дает интенсивную полосу поглощения в диапазоне $200-300 nm$).

Таким способом нам удалось изучить кинетику разложения озона в интервале температур $298-324 K$. Оказалось, что сверхкритический CO_2 эффективно тормозит процесс разложения O_3 ; вероятность соударений двух молекул озона, приводящих к распаду, резко снижается, поскольку основная доля приходится на соударения молекул O_3 и CO_2 . Интересно, что с ростом давления CO_2 скорость термического разложения озона падает. Благодаря этому удается получить недостижимую ранее парциальную концентрацию озона, что позволяет ощутимо интенсифицировать окислительную реакцию.

Основное ощущение, которое у нас постепенно сложилось в процессе этой работы, таково: сверхкритические технологии не только расширяют возможности синтетической химии, но и в буквальном смысле открывают новые неизвестные ранее горизонты — реакции, протекающие в сверхкритических условиях, часто не имеют ничего общего с реакциями в обычных условиях.

Другие флюиды

Должны заметить, что, несмотря на неоспоримое лидерство CO_2 в мире сверхкритических технологий,

постепенно начинают входить в практику некоторые другие флюиды. Сверхкритический ксенон ($t_{кр} = 16.6^\circ\text{C}$, $p_{кр} = 58$ атм) представляет собой абсолютно инертный растворитель, и потому химиков он привлекает как реакционная среда для получения нестабильных соединений (чаще всего металлоорганических), для которых CO_2 служит потенциальным реагентом. Однако ксенон весьма дорогой газ, и потому его широкого применения вряд ли стоит ожидать.

Для извлечения животных жиров и растительных масел из природного сырья более подходит сверхкритический пропан ($t_{кр} = 96.8^\circ\text{C}$, $p_{кр} = 42$ атм), поскольку он лучше растворяет указанные соединения, нежели СК- CO_2 . Но и пропан не лишен недостатков — он легко воспламеняется, к тому же критическая температура его сравнительно высока.

Одно из самых распространенных и экологически безвредных веществ — вода, но перевести ее в сверхкритическое состояние довольно трудно, так как параметры критической точки очень велики: $t_{кр} = 374^\circ\text{C}$, $p_{кр} = 220$ атм. Современные технологии позволяют создавать установки, отвечающие таким требованиям, но работать в этих диапазонах температуры и давления все же сложно. Зато сверхкритическая вода растворяет почти все

органические соединения (которые не разлагаются при указанной температуре). При добавлении в нее кислорода вода становится мощнейшей окислительной средой: любые органические соединения за несколько минут превращаются в H_2O и CO_2 . В настоящее время химики исследуют возможность перерабатывать таким способом бытовые отходы, прежде всего — пластиковую тару, например, бутылки из-под газированных напитков. Сжигание такой тары неприемлемо, ведь при этом возникают токсичные летучие вещества. В будущем намечено разработать установки для уничтожения запасов химического оружия с помощью сверхкритической воды.

Несмотря на неоспоримые достоинства современных сверхкритических технологий, они все же обладают (с точки зрения химиков-синтетиков) одним недостатком — для перехода в состояние флюида необходимы десятки атмосфер. Однако следует принять во внимание, что далеко не все возможности исчерпаны. Химики получены и исследованы миллионы соединений. Не затерялось ли среди них какое-то вещество, которое в сверхкритическом состоянии будет обладать такими свойствами, что сумеет затмить все известные на сегодня флюиды? Но не исключено, что это будет совсем но-

вое, никому пока не известное соединение.

В заключение подчеркнем, что все обсуждения мы вели с позиции сравнения сверхкритических сред с жидкими и газообразными. Так же и с технологиями. Исследователи, используя уже осознанные преимущества СК-сред, пока пытаются приспособить и перенести в них те технологические процессы, которые сейчас осуществляются в газообразной и жидкой средах. Это естественная стадия в становлении любой новой отрасли. Однако положение меняется очень быстро, уже формируются полноценные и совершенно оригинальные СК-технологии, не имеющие ничего общего с тем, что привычно сегодня. И эти технологии начинают давать новые вещества и материалы, недоступные для традиционных производств. Такие, например, как наноразмерные материалы для электроники и оптики, новые лекарственные формы и материалы медицинского назначения.

Кроме того, эти необычные технологии отвечают требованиям «зеленой химии». Той химии, которая как по способу производства, так и по результату не вредит окружающей среде. Имеется в виду, прежде всего, миниатюризация производств, безотходность технологий, сбережение ресурсов и энергии. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты: 03-02-16662, 03-03-32566, 04-02-16933).

Текли реки из Байкала



Г.Ф.Уфимцев, А.А.Щетников

С самого начала изучения Байкала многие естествоиспытатели обратили внимание на молодой морфологический облик истока Ангары. Каменистое, а вернее скальное дно реки, Шаманский останец на ее середине — внешние и в общем обманчивые свидетели молодости Ангарской прорези. В истоке Ангары нет речных террас, а русло реки занимает все днище долины. Эти особенности невольно вызывают вопрос — а не находился ли ранее исток воды из озера в другом месте?

Пра-Манзурка и манзурский аллювий

В середине прошлого столетия в Западном Прибайкалье была обнаружена система древних долин [1]. Наиболее протяженная из них, пра-Манзурская, начинается от устья р.Голоустной на Байкале и открывается на севере в долину р.Лены у пос.Качуг. Днище палеодолины сложено мощной толщей речных отложений характерного облика, называемых манзурским аллювием. Это русловые, с косою слоистостью гравелистые пески и мелкие галечники светло-



Геннадий Феодосьевич Уфимцев, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кабинетом неотектоники и геоморфологии Института земной коры СО РАН (Иркутск). Область научных интересов — неотектоника, региональная и теоретическая геоморфология. Наш постоянный автор.



Александр Александрович Щетников, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник того же кабинета. Занимается геоморфологией, новейшей тектоникой, Байкальской рифтовой зоной. Неоднократно печатался в «Природе».

серого («белесого») цвета с ржавой побелостью и натечками гидроокислов железа. Мощность манзурского аллювия достигает обычно многих десятков метров. Он залегает в погребенных днищах современных долин, на пологих бортах (террасовалах), вершинах междуречий или в расположенных высоко над руслами современных рек седловинах [2]. Вблизи устья р.Голоустной, где долина пра-Манзурки

открывается в Байкал, на мысе Роговик остатки манзурского аллювия встречаются прямо над берегом озера, на крутом сбросовом уступе. Скорее всего, это говорит о том, что начало древней долины ранее располагалось восточнее и было срезано и опущено по зоне Обручевского сброса.

Возраст манзурского аллювия определялся как среднеэоплейстоценовый (нижний эоплейстоцен современ-

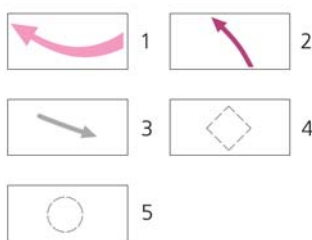
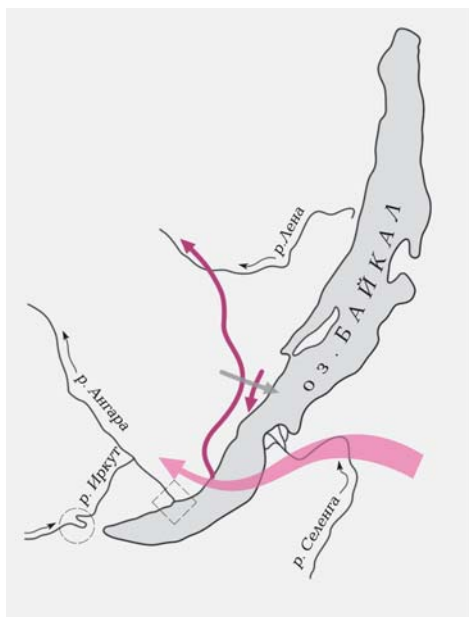


Схема палеодолин и направлений стока в Байкальском регионе. 1 — сток из Забайкалья в юрское время; 2 — палеодолины манзурского времени и направления стока в них; 3 — доманзурские древние долины; 4 — район истока Ангары; 5 — Зыркузунская петля Иркуты.

ной общей, стратиграфической шкалы), и, следовательно, датировка ленского направления стока из Байкала — более 1 млн лет назад. А исток Ангары из Байкала и енисейское направление стока моложе. Ангарская прорезь сформировалась примерно 60 тыс. лет назад. Такая оценка ее возраста подтверждает-

ся и биологическими данными. У обоих берегов Ангары в ее истоке обитают разные популяции рачков гаммарид (*Eulimnogammarus cyaneus*), разделение которых, по мнению ученых, как раз произошло в это время.

Таким образом, в геологической истории водного стока из Байкала существует

разрыв между 60 тыс. и 1 млн лет тому назад — ситуация, практически невыносимая для палеогеографов, которые должны заполнять «текущий» геологический период событиями!

И тогда вновь обратились к некоторым предположениям, высказанным еще в середине XIX в. Г.Н.Бакшевичем, П.А.Кропоткиным, Н.Г.Меглицким и др. путешественниками.

Иркут и Ангара

Река Иркут, дренирующая Тункинский рифт (как западное продолжение Байкальского), течет в целом в сторону юго-западного окончания озера, но, не доходя 20 км до него, резко сворачивает и прорезает Олхинское плоскогорье узкой долиной (морфологически еще более молодой, нежели исток Ангары) и уходит на север, где впадает в Ангару. Ущелье имеет в плане вид петли (Зыркузунская петля Иркуты), выработанной в зоне Главного Саянского разлома, и русло реки полностью занимает его днище [3].

Изучение Зыркузунского ущелья помогло получить ряд палеогеографических представлений, позволяющих заполнить все интервалы четвертичной истории стока из Байкала. В равной мере можно предположить, что ущелье — новообразованное, и ранее Иркут впадал в Байкал, а впоследствии был перехвачен рекой, пропильшей поднятую окраину Олхинского плоскогорья. Либо наоборот, сток из Байкала в бассейн Енисея до образования Ангарской прорези шел через Зыркузунскую петлю Иркуты.

Сейчас установить геологическими методами, как происходил сток Иркуты, практически нельзя. В соста-



Кистеневский разрез манзурского аллювия на правом берегу р.Лены ниже пос.Качуг.

Фото авторов

ве галечного материала нет характерных пород, дающих возможность определить направление сноса. Кроме того, узкая долина Иркут в Зыркузунской петле просто не в состоянии вместить (или принять) речной поток, эквивалентный Ангаре в ее истоке (в этом можно убедиться, сравнив фотографии их долин). К этому стоит добавить, что Лена ниже пос. Качуг (где в нее впадала вытекавшая из Байкала пра-Манзурка), даже входя в область высокого плато (ниже пос. Жигалово), имеет спокойное течение. Порой кажется, что это старица, вложенная в крутые берега. В форме долины Лены здесь ощущается выработка ее в прошлом более мощным водотоком, нежели современная Лена, и более мощным, нежели выработавшим долину Иркут в Зыркузунской петле [4].

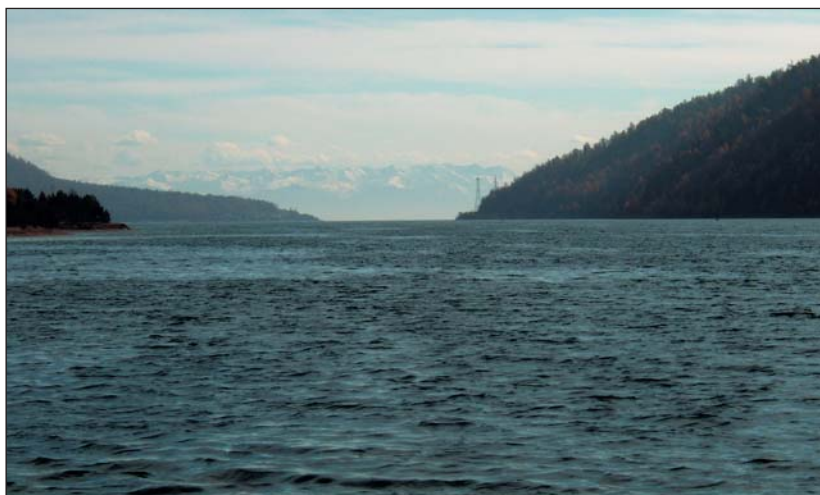
Эти особенности долин главных рек вблизи западного берега Байкала подтверждают то, что в своих палеогеографических реконструкциях мы должны опираться не только на геологические материалы (к тому же четвертичные отложения здесь изучены слабо), но и широко использовать геоморфологические данные.

Так, русло Иркут в месте его поворота на север отстоит от Байкала на 20 км и располагается на 150 м выше уровня воды в озере. Если Иркут впадал в Байкал, уклон его русла должен быть в два раза больше, нежели сейчас в Зыркузунской петле. В этих условиях «убежать» от Байкала, подобно Ангаре, у него не было никаких возможностей. Заметим, кстати, что исток Ангары — следствие опускания блока Лиственичного залива [5]. В выработке Ангарской прорези главную роль сыграло обрушение блока на борту рифта с образованием характерной угло-



Зыркузунская петля Иркут в Олхинском плоскогорье не может вместить поток, эквивалентный Ангаре.

Фото О.В.Луниной



Исток Ангары и Лиственичный залив Байкала.

Здесь и далее фото авторов

ватой («вырубленной») формы открытого залива типа шерм, распространенных на берегах Красного моря. Геотермические исследования глубокой скважины, пройденной в Лиственичном заливе, показали, что это крупное тектоническое событие могло произойти в геологическом отношении совсем недавно — несколько десятков тысяч лет назад.

Сток же из Байкала по долине Иркут требует поднятия озера соответственно на 150 м. При таком уровне воды по всему периметру кот-

ловины должны оставаться высокие озерные террасы. На Байкале есть террасы (подмытые конусы выноса в устьях рек не берутся в расчет), но они локальные. Самые высокие (более 200 м) с редкой галькой и валунами на абразионных площадках распространены на Ушканьих о-вах (надводном выступе подводного Академического хребта), где их лестница состоит из 10 ступеней. Высокие байкальские террасы есть и на п-ове Святой Нос. Средней высоты и низкие озерные террасы встречаются



Спокойно течет Лена, прорезая antecedентной долиной Лено-Ангарское плато ниже пос.Жигалово.

ся на о.Ольхон и у северного окончания Байкала. И везде они локальные, свидетельствующие о подвижках тектонических блоков на борту и в днище рифта.

Если поднять уровень Байкала на 150 м, можно получить этакий разлапистый амебоподобный водоем. Между тем и Байкальский грабен, и родственные ему рифты Восточной Африки вмещают в себя озера правильной, т.е. предельной и идеальной для данных тектонических условий формы. И лишь озеро-болото Бангвеулу имеет сложную конфигурацию. Оно расположено на равнине, и его можно образно назвать незаконнорожденным элементом («тектоническим бастардом») Восточно-Африканской рифтовой системы.

Итак, геоморфологические особенности территории вдоль западного побережья Байкала накладывают достаточно жесткие ограничения на палеогеографические реконструкции водного стока из озера. Реально можно говорить лишь о молодом енисейском и более раннем ленском направлениях стока.

И снова пра-Манзурка

Вновь обратимся к ленскому направлению стока, к долине пра-Манзурки и толще заполняющего ее днище аллювия. Эта толща, как показали исследования конца минувшего столетия, обладает литологическими и стратиграфическими особенностями. В составе манзурского аллювия много хорошо окатанной и полированной гальки «вишневого» комплекса — обломков яшмоидов и мезозойских эффузивов Западного Забайкалья. Данный материал поступил в юрские предгорные впадины Забайкалья, проделав путь более 400 км, в то время, когда Байкала еще не существовало, а пра-Селенга достигала окраины Сибирской платформы. В неогене и эоплейстоцене юрские отложения были на значительной территории размыты, а галька перемещалась пра-Манзуркой и ее притоками. Теперь и манзурский аллювий, и обломки пород «вишневого» комплекса передвигаются в противоположном направлении, к Байкалу. В

результате многократного перемыва и долгого прерывистого путешествия галька отполировалась и стала более мелкой.

Но еще более интересна другая особенность манзурского аллювия — полихронное образование. Детальными палинологическими (спорово-пыльцевой анализ) исследованиями с сопутствующими термолюминесцентными датировками удалось установить, что манзурский аллювий включает в себя пять возрастных горизонтов, и время его формирования охватывает интервал от среднего плиоцена до позднего плейстоцена. Самая молодая датировка манзурского аллювия из Кистеневского разреза на берегу Лены ниже пос.Качуг составляет 78 тыс. лет. Это сокращает временной разрыв между существованием ленского и ангарского направлений стока из Байкала до 15—20 тыс. лет — число малозначительное даже для четвертичного периода! И практически исчезает неясность в геологической летописи водного стока из Байкала.

Что же обусловило прекращение стока байкальских вод в бассейн Лены по долине пра-Манзурки? Обычное объяснение — вздымание Приморского хребта, сопровождающего Байкальский рифт с запада, привело к разрыву стока из озера по пра-Манзурке. Но, странное дело, это же поднятие, похоже, не помешало или даже стимулировало сток в Байкал по менее протяженным долинам маловодных рек (Анги, Сармы), а некоторые из них использовали древнюю долину и следовали в озеро навстречу прежнему стоку пра-Манзурки (Бугульдейка и Голоустная). Крупный поток был остановлен, а более мелкие реки прорвались во встречном направлении в Байкал?



Долина пра-Манзурки у дер.Косая Степь в подошве западного склона Приморского хребта.

Явление достаточно странное, не правда ли? И это заставляет продолжать поиск.

В послеманзурское время, в позднем плейстоцене общему поднятию и сопутствующему ему эрозионному врезу подвергся не только Приморский хребет на западном побережье Байкала, но и южная часть Сибирской платформы, и горы Восточной Сибири в целом. При этом Лена, потерявшая сток из Байкала, продолжала прорезать протяженной долиной высокое Ангаро-Ленское плато, и каких-либо особых перестроек речной сети там не наблюдалось.

Судя по особенностям залегания манзурского аллювия, и перед его формированием, и между образованием отдельных горизонтов также происходили эрозионные врезы, сопутствующие под-



Галька мезозойских эффузивов Забайкалья (слева) поступила в Приангарье в среднеюрское время, при перемыве попала в манзурский аллювий и приобрела природную полировку. Справа — галька тех же пород из низовьев Селенги.

нятиям. Но при этом ленское направление стока из Байкала не прерывалось. В отложениях самого молодого и самого дальнего вниз по течению Лены Кистеневского разреза манзурского аллювия довольно обычна галька

пород «вишневого» комплекса. Это, видимо, важный показатель, поскольку в других долинах, выполненных манзурским аллювием, но не связанных с пра-Манзуркой, галек из пород «вишневого» комплекса нет.

Обращает на себя внимание рисунок речной сети на юго-восточной окраине южного выступа Сибирской платформы, ее Иркутского амфитеатра. И верховья реки Лены, и крупный ее приток Киренга, и приток Киренги, Ханда сначала направляются на юг, затем резко поворачивают на север и уходят из области предгорного понижения в высокое плато. Точно так же на юг сначала текут в предгорном понижении наиболее крупные западные притоки Байкала, затем прорезающие Приморский хребет, — Рытая, Сарма, Анга, Бугульдейка и Голоустная. На юг в области предгорного понижения текут также правый приток Ангары Куда и ее приток Мурин [6].

В этой особенности рисунка речной сети, видимо, заключено свидетельство существования общего (цокольного) перекаса земной поверхности на юг, возможно, представляющего собой южное крыло волн общего эпейрогенического поднятия, охватившего значительные пространства как гор, так и равнин юга Восточной Сибири. Подобный перекас мог сыграть «роковую» роль в прекращении стока из Байкала в бассейн Лены. Он оказался встречным направлением пра-Манзурки, стимулировал переориентировку водотоков в южном направлении и, скорее всего, совпал с опусканием блока Лиственичного залива, способству-

ющим разрыву фронта гор и образованию прорези в истоке Ангары.

Другие реки Байкала

Рассказывая о реках, выходящих из Байкала, нельзя не упомянуть о древних долинах. Показательно в этом отношении Приольхонье — треугольной формы тектоническая ступень Байкальского рифта, ограниченная Приольхонской и Приморской ветвями Обручевского сброса. Вблизи устьев рек Таловки и Бугульдейки и далее на северо-восток до долины р.Анги в понижении под уступом Приморского сброса обнаружены разрезы манзурского аллювия среднечетвертичного возраста. Палеодолина протягивается субпараллельно берегу Байкала более чем на 30 км. Манзурский аллювий здесь имеет мощность более 10 м и составлен слоями и линзами с косою слойчатостью, причем их мощность достигает 1.5 м. Это явное свидетельство существования в прошлом полноводной реки. Но в составе гальки аллювия присутствуют и слабо окатанные обломки местных пород. По-видимому, они перенесены не издалека и были быстро захоронены. Обломки пород «вишневого» комплекса здесь отсутствуют. Палеодолина располагается на высоте 110 м над Байкалом и открывается в него в устье

р.Бугульдейки. Ее левые притоки направлялись со стороны озера. Сейчас их верховья срезаны уступом Приморского сброса. Все это говорит об ином в прошлом положении береговой зоны Байкала.

Другая, более древняя палеодолина расположена в районе мыса Крестовского и приурочена к неогеновой поверхности выравнивания. В ее перевальной седловине и на педименте обнаружена рассеянная на поверхности и в покровных отложениях окатанная галька пород, слагающих западный склон Приморского хребта и окраину Сибирской платформы. Палеорека здесь текла в восточном направлении в сторону Байкала и пересекала участок теперешнего Приморского хребта. Таким образом, в Приольхонье существуют следы минимум двух разновозрастных палеодолин, пересекающих друг друга крест-накрест.

* * *

Сейчас можно говорить о том, что проблема смены во времени стока байкальских вод в разные речные бассейны не столь замысловата и сложна, как нам представлялось. Введение же в анализ геоморфологических материалов делает ее решение более конкретным, позволяет отделить «мыслимое» от «немыслимого». Но при этом возникают новые вопросы и проблемы, требующие новых решений. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 03-05-64898 и 05-05-64173) и Совета по грантам Президента РФ (проект МК-1520.2005.5).

Литература

1. *Логачев Н.А., Ломоносова Т.К., Климанова В.М.* Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М., 1974.
2. Манзурский аллювий (материалы по геологии и палеогеографии) / Ред. Г.Ф.Уфимцев. Иркутск, 1995.
3. *Уфимцев Г.Ф., Щетников А.А.* Тункинский рифт // *Природа*. 2003. №8. С.43—49.
4. *Щетников А.А., Уфимцев Г.Ф., Сквитина Т.М.* // *География и природные ресурсы*. 1997. №4. С.86—95.
5. *Сизых В.И., Сизых В.И., Сизых Ю.И.* Исток Ангары // *Природа*. 2003. №12. С.53—58.
6. *Мац В.Д., Фуджи Ш., Машико К. и др.* // *Геология и геофизика*. 2002. Т.43. №2. С.142—154.

Из биографии лекарственных трав: синюха и дягиль

А.А.Нариманов,

кандидат биологических наук

Институт теоретической и экспериментальной биофизики
Пушино Московской обл.

Издrevле человек пытался с помощью растeний избавляться от страданий, причиняемых ему разными заболеваниями. За 2—3 тыс. лет до н.э. было известно о целебном действии многих растений, которые не утратили медицинского значения и поныне. В медицине сейчас в основном применяются растения, отобранные из общей массы многовековым народным опытом. Изучение целебных трав, которыми пользовались народные врачеватели, приводит к открытию новых страниц в «биографии» растения, медицинский арсенал обогащается ценными лекарственными препаратами. Но зачастую этот потенциальный источник новых и интересных для медицины открытий остается в забвении, и только стечение обстоятельств приводит к официальному признанию того или иного «народного» растения. Такое счастье, к примеру, выпало на долю синюхи голубой.

О целебных свойствах синюхи голубой, или лазурной (*Polemonium coeruleum*), знали еще в средние века. Так, армянский естествоиспытатель

и врач XV в. Амирдовлат Амасиаци писал: «Это — растение, листья которого похожи на листья руты. Но они немного длиннее. А на верхушке находятся черные семена. <...> Если сок ее корня выпить с вином, то поможет при болезни бедра, язвах кишечника, уплотнении селезенки и звериных укусах. А если корень выпить с водой, то поможет при задержке мочи и болезни седалищного нерва. Если же корень повесить на шею, то поможет при укусе скорпиона. А если корень разжевать, то поможет при зубной боли».

В русской народной медицине издавна используют отвар, настой и настойку корней синюхи для лечения бронхитов, туберкулеза легких, язвы желудка, нервно-психических расстройств, коклюша, дизентерии, малярии, эпилепсии и ряда других заболеваний.

Сегодня многие из древних рекомендаций вызовут только улыбку, но не все.

Официальная медицина открыла синюху лишь в начале 30-х годов прошлого столетия. В те годы в нашу страну прекратился импорт сенегги — североамериканского растения, содержащего сапонины, которые обычно



Синюха голубая во всей красе.
Здесь и далее фото автора

применяются в качестве отхаркивающего средства при простудных заболеваниях. Ученые взялись за поиски отечественных заменителей импортного лекарственного сырья и открыли их в... синюхе голубой. Оказалось, в ее корневищах и корнях содержится до 30% сапонинов. Именно поэтому ей



Дягиль лекарственный в пору цветения.

Травы полевые. Среди них найдутся и лекарственные.

рые врачевали народные целители. Выяснилось также, что на сердечно-сосудистую систему синюха действует в 10 раз эффективнее валерианы, а препараты малотоксичны и не вызывают побочных явлений.

В начале 90-х годов в нашей лаборатории было выявлено еще одно свойство синюхи — противоопухолевая активность.

На ряде линий культивируемых раковых клеток экстракт синюхи не только тормозил или прекращал их деление, но и вызывал гибель. В последовавших затем совместных с сотрудниками Российского онкологического центра РАМН экспериментах на мышах проявились выраженные противоопухолевые свойства синюхи при раке кожи, легких, молочной

и присвоили статус лекарственного растения и перевели в привилегированную группу. В дальнейшем в синюхе были обнаружены эфирные масла, органические кислоты, смолы и фено-

лы, в том числе флавоноиды и кумарины. А проведенные медико-биологические испытания отваров и настоев синюхи подтвердили правомочность их применения против заболеваний, кото-

железы. Наиболее сильное воздействие экстракт оказывал на рак молочной железы, значительно тормозя рост новообразования, а в некоторых случаях переводя опухоль в ремиссию. Результаты испытаний сулили пополнение списка противораковых препаратов. Однако из-за плачевного финансового состояния, в котором очутилась и по сию пору находится наука, превращение экстракта в препарат из синюхи лазурной стало лишь голубой мечтой...

А теперь еще об одном, незаслуженно забытом растении. Некогда оно пользовалось большой известностью в медицине, на что указывает, в частности, его название — *Archangelica officinalis*. Это дягиль лекарственный, высокое, до 2.5 м растение, образующее заросли на берегах рек. Его необыкновенно крупные зонтики усеяны многочисленными белыми цветками. Довольно мощные корневища и корни содержат до 1% эфирного масла, применяемого в парфюмерии и ликеро-водочном производстве.

Корень дягиля в 17-м столетии заготавливали для нужд царской аптеки и армии. Тогда заготовками ведал Аптекарский приказ — государственный орган, руководивший всем медицинским делом. В бумагах приказа имеется запись от 6 июня 1657 г.: «...велено в Серпухове на Оке и в Серпуховском уезде набрать дягильного корня десять возов».

Сведения о дягиле содержатся в записках выдающегося врача XVIII в. Н.М.Амбодика-Максимовича: «Корень дягилев свежий имеет запах пряный, благовонный, приятный, вкус крепкий, пряный, ароматический; во рту разжеванный сперва кажется сладковатым, но скоро потом ощущается неприятным,

острым и разгорячительным. <...> производит жар на языке и в челюстях, и властно как нечто жжет. <...> Сей корень, внутрь принят будучи, раздражает мягких частей волоконцы, укрепляет желудок; сопротивляется яду, и для того пользует в гниющих лихорадках, а особливо в цинготной болезни; сверх того разводит мокроты, производит легкую испарину <...> притом гонит мочу, открывает оставившееся месячное кровотечение, утоляет колотье в животе с режью и судорогами сопряженное, пособствует в одышке и членорасслаблении».

Дягиль пользовался особым почетом у медиков XVIII в. и более поздних времен — при чуме, эпидемии которой охватывали обширные территории. Предохраняясь от страшного заболевания, корень дягиля жевали, вымоченный в уксусе нюхали, пили, сухим порошком посыпали одежду. Из множества перепробованных растений для борьбы с болезнью, уносившей многие тысячи жизней, за дягилем укрепилась репутация профилактического противочумного средства.

Жители Исландии, Швеции, Финляндии и сейчас употребляют дягилев корень: кожуру корней варят в молоке или пекут в золе и в таком виде используют при простудных заболеваниях. В этих странах считают, что корень дягиля способствует продлению молодости, обеспечивая долготелетие.

Ныне о дягиле все реже упоминают отечественные справочники по лекарственным растениям, а, похоже, напрасно.

Весьма интересные данные получены нами при использовании экстракта корней дягиля в радиобиологических исследованиях. Оказалось, что дягиль в сочетании с гаульником болотным

(*Ledum palustre*) способен защитить организм от летального действия ионизирующей γ -радиации. Эти исследования проводились на мышках-самцах, которым перед облучением вводили смесь приготовленных экстрактов. Через 30 дней в подопытной группе осталось в живых 70% мышей, в то время как в контрольной — чуть больше 10%. Затем самцов обеих групп скрестили с необлученными самками, и в результате выяснилось, что незащищенные от облучения самцы полностью утратили репродуктивную способность, а защищенные не только сохранили ее, но и оказались более плодовитыми. От 11 из 12 экспериментальных самцов получили полноценное потомство, причем в пометах в среднем было 10 мышат. Стоит отметить, что при скрещивании необлученных животных рождалось в среднем семь детенышей и в приплоде сохранялось численное равенство полов, а в помете опытной группы в 2.3 раза увеличилось количество самок. Первое поколение мышей от самцов, защищенных от смертельных доз радиации, оказалось более устойчивым к ионизирующему излучению.

В поисках чудодейственного лекарства взор исследователей устремляется чаще в заморские дали. Между тем в отечественной флоре больше 10 тыс. видов растений дожидаются, когда на них обратят должное внимание. Еще знаменитый Парацельс выступал против применения чужестранных лекарств, считая, что от них мало проку. Перебороть болезнь, говорил он, поможет только то природное средство, которое находится в привычной для больного среде обитания. А оно там непременно есть. И это средство надо только поискать. ■

Шестнадцатый клад из Старой Рязани

А.В.Чернецов,

доктор исторических наук
Институт археологии РАН
Москва

31 июля 2005 г. на Старорязанском городище — мертвом городе на месте бывшей столицы Великого княжества Рязанского — был обнаружен замечательный клад высокохудожественных ювелирных изделий, сокрытый жителями города в связи с драматическими событиями декабря 1237 г.

Это уже 16-я по счету находка подобных драгоценностей на памятнике (причем здесь упоминаются только учтенные, попавшие в руки ученых предметы; сколько было других, случайно обнаруженных на городище, площадка которого столетиями использовалась под пашню, мы не знаем — они утрачены безвозвратно). Что же это за археологический памятник, буквально «набитый» великолепными находками, и что именно было найдено в полевой сезон 2005 г.?

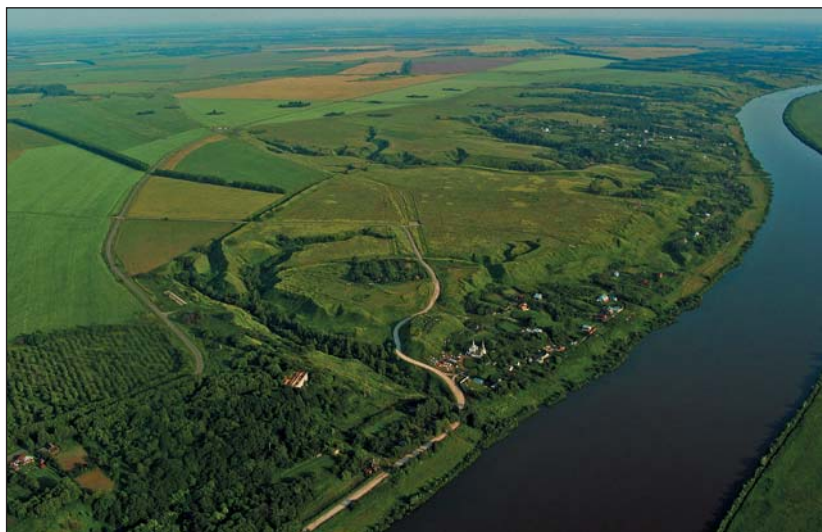
* * *

Старая Рязань первоначально не называлась «старой» — будучи столицей Рязанской земли, она так и называлась «Рязань», а современный город Рязань (древний Переяславль Рязанский) попросту «присвоил» себе древнее имя. Старая Рязань стала первым стольным го-

родом Руси, взятым полчищами Батыя. Захват Рязани монголо-татарами потряс воображение современников; вокруг этого события слагались легенды, эпические сказания. Однако теперь, вероятно, большинство думает, что речь идет о нынешней Рязани, а не о древнем городе, располагавшемся в 60 км к юго-востоку от своего «тезки».

Старая Рязань, в отличие от таких стольных городов Средневековой Руси, как Киев, Чернигов, Новгород, Ростов или Смоленск, была более молодым образованием, она

возникла на рубеже X—XI вв. Вместе с тем это был важнейший военно-политический и культурный центр, столица огромного княжества, по территории значительно большего, чем нынешняя Рязанская область. В это княжество входила южная часть современной Московской области (в частности, г. Коломна), на западе — часть Тульской области, а на юге оно простиралось вплоть до Верхнего Дона и бассейна реки Воронеж. Размеры крупных политических образований, на которые первоначально распалась так называемая «импе-



Старорязанское городище с высоты птичьего полета. Вид с севера, на переднем плане — древнейшая часть города.

Фото А.Л.Серебрякова

рия Рюриковичей», не соответствуют обывательским представлениям о «феодальной раздробленности». Некоторые историки считают возможным называть их «полугосударствами». Во всяком случае, земли-княжения XII—XIII вв., и Рязанское княжество в том числе, по своим размерам не уступают многим западноевропейским королевствам того времени.

Почему Старая Рязань оказалась первой жертвой монголов? Ответ на этот вопрос довольно прост. Монгольские завоеватели располагали значительной разведывательной информацией и знали, что сильнейшим военно-политическим образованием на Руси в те времена было Владимиро-Суздальское княжество, а не такие центры, как Киев, Чернигов, Галич. Поэтому первый удар был направлен сюда. Кратчайший же путь на Владимир из степей шел через рязанские земли. Великие рязанские князья направили своих послов во Владимир с просьбой о помощи. Но владимирцы отвечали, что предполагают бороться с врагом самостоятельно. Чем эта история закончилась и для Рязани, и для Владимира — известно.

Монголы подошли к Рязани уже после разгрома основного рязанского воинства на границах княжества; тем не менее горожане оборонялись целых пять дней. В результате город подвергся такому разгрому, от которого он уже не смог оправиться. В этом одна из особенностей Старой Рязани. В самом деле: монголы взяли и сожгли не только Рязань, но и Киев, Чернигов, Владимир и многие другие стольные города. Но все они смогли возродиться после вражеского нашествия. И только Старая Рязань превратилась в мертвый город, своеобразную стену плача.



Клад 2005 г. в процессе расчистки (вверху) и в полном составе.

Паника и суматоха, связанные со взятием города неприятелем, неизбежно вызвали стремление спрятать и сохранить наиболее ценное имущество. Но в дальнейшем владельцы были убиты или угнаны в плен, и тайна спрятанных ими сокровищ осталась неузнанной. Масштаб нашествия определил и количественный масштаб подобных находок — во многих городах они насчитываются десятками. Больше всего кладов было найдено в номинальной столице Русской земли — Киеве. Есть они в Чернигове, Владимире, есть

и в сравнительно небольших городах того времени — в Твери и Москве. На втором месте сразу после Киева по количеству найденных кладов стоит Старая Рязань.

Первый (и самый богатый) из старорязанских кладов был найден при дорожном строительстве в 1822 г. Теперь он хранится на почетном месте в Оружейной палате Московского Кремля. Именно эта находка привела к тому, что Старая Рязань оказалась первым древнерусским городом, где были в том же году проведены — еще очень несовершенные —

археологические исследования. Немаловажно, что уже в следующем, 1823 г., об этих исследованиях и о кладе была опубликована иллюстрированная книга [1]: в те годы, когда в обществе ощущался патриотический подъем, связанный с победой над Наполеоном, когда выходила пользовавшаяся исключительным читательским успехом многотомная «История государства Российского» Н.М.Карамзина, темп культурной жизни был несколько иным, чем в наше время, когда публикации сильно запаздывают по отношению к находкам и раскопкам.

Первые научные публикации о старорязанских находках принадлежали отнюдь не каким-то второсортным фигурам на интеллектуальном небосклоне своего времени. Автор первой книги о рязанских древностях и кладе 1822 г. — К.Ф.Калайдович (1792—1832) — справедливо считается одним из «колумбов российской истории». Это был блестящий знаток средневековых рукописей; консультировал Н.М.Карамзина, публиковал и комментировал памятники народной поэзии. Книга Калайдовича вызвала, однако, серьезные критические замечания основателя археологического изучения славянских древностей в России, энтузиаста полевых разведочных исследований Зоряна Доленги-Ходаковского (1784—1825). Под этим вычурным псевдонимом скрывается во многом таинственная фигура А.Чарноцкого. По-видимому, та же книга Калайдовича вызвала целую серию заметок А.С.Грибоедова по локализации ряда древних топонимов на территории Рязанского княжества и по генеалогии рязанских и муромских князей. Еще один известный автор, писавший о знаменитом кладе 1822 г., — отец изве-

стной красавицы, воспетой А.С.Пушкиным, президент Императорской Академии художеств А.Н.Оленин [2] — один из первых исследователей, занимавшийся вещественными памятниками русской старины.

В 1832 г., когда на городище крестьяне откопали несколько каменных саркофогов на месте руин древнего храма, сюда был направлен академик Ф.Г.Солнцев, штатный иллюстратор многочисленных изданий, посвященных отечественным древностям. В 1834 г. на том же месте начинает раскопки купеческий сын Д.П.Тихомиров. Скромное положение на социальной лестнице не мешало ему провести полевые исследования на неплохом для того времени уровне. Более того, Тихомиров понимал, что результаты раскопок необходимо оперативно публиковать, и оставил потомкам несколько книг и множество статей [3]. Во второй половине XIX в. Старую Рязань изучали, как правило, члены созданной в то время Рязанской ученой архивной комиссии.

В самом конце столетия на городище появился известный российский археолог, рязанский уроженец В.А.Городцов (1860—1945). Начав свой путь как дилетант-любитель (он служил тогда офицером привилегированного гренадерского полка), Городцов вырос в крупнейшего ученого, воспитавшего несколько поколений учеников (в том числе почти всех «отцов-основателей» советской археологии). Он был неутомимым полевым исследователем, ведя разведки на огромных территориях. Вместе с тем это был передовой исследователь, сразу оценивший типологический метод О.Монтелиуса и ставший его страстным пропагандистом. Этому, начинавшему самоуч-

кой, ученому удалось систематизировать и распределить по периодам огромную массу южнорусских курганных погребений эпохи энеолита—бронзы, т.е. сделать неоспоримый, фундаментальный вклад в науку. Предвосхищая позднейший интерес к истории повседневности, Городцов разрабатывал проблематику бытовой археологии. В первые годы советской власти он попытался сформулировать модель «марксистской археологии», но потерпел неудачу и надолго оказался в опале. Только к концу своей жизни он возвращается к преподавательской деятельности в Московском университете...

В Старой Рязани Городцов появился в 1895 г., причем тогда он занимался только обмерами древних укреплений, раскопок не вел, кроме небольших зачисток обнажений культурного слоя, где были выявлены, в частности, древнерусские печи — объекты, на которые здесь ранее внимания не обращали. Судьба снова привела Городцова в Старую Рязань уже спустя 30 лет, в 1926 г. На этот раз им были проведены значительные раскопки, однако сам ученый считал их всего лишь рекогносцировочными и планировал развернуть здесь более крупные работы. Однако обстоятельства сложились так, что полевой сезон 1926 г. в Старой Рязани для него оказался единственным — получить необходимое финансирование не удалось [4].

Сразу после Великой Отечественной войны, в 1945 г., на памятнике возобновляются исследования под руководством крупного советского археолога А.Л.Монгайта (1915—1974). Это был необычайно эрудированный исследователь, специалист в области истории науки, автор двух томов, посвященных архео-

логии Западной Европы и ряда увлекательных научно-популярных книг и статей. Монгайт пришел на памятник хорошо подготовленным — еще во время войны он начал работу над диссертацией, посвященной Старой Рязани. Естественно, в то время не могло быть и речи о раскопках, и молодой ученый тщательно собирал опубликованные и архивные материалы, изучал музейные коллекции. Работы в Старой Рязани 1945—1950 гг., ставшие по существу началом современного, подлинно научного исследования Старой Рязани, отражены в его известной монографии [5]. В дальнейшем Монгайт переключается на изучение древностей Рязанской земли в целом, но в 1966 г. вновь возвращается на Старую Рязань. В это время археологи переходят к исследованию городища большими площадями, что позволяет оконтуривать городские усадьбы.

Новые раскопки сразу же увенчались блестящими находками — кладами 1966, 1967, 1968 и 1970 гг. С 1970 г. руководство экспедицией переходит к В.П.Даркевичу, прекрасному знатоку средневекового прикладного искусства (не только древнерусского, но и западноевропейского, византийского и восточного). Этот этап исследований продолжался до 1979 г.; его итоги отражены в монографии [6] и других публикациях [7]. После того как Даркевич обнаружил в 1992 г. очередной замечательный клад золотых изделий, появилась необходимость возобновить работы на этом памятнике.

Клады на Старой Рязани находили как при случайных обстоятельствах, так и в ходе научных раскопок. Среди находок 60—70-х годов прошлого века встречались подлинные шедевры ювелирного дела. В 1979 г. археологи

обнаружили сразу три клада; еще один, только что упомянутый, был найден в 1992 г. в ходе очень небольших охранных раскопок на склоне площадки, которому угрожало обрушение. Клады 1822 и 1992 гг. включали значительное число изделий из золота; все остальные клады Старой Рязани содержат изделия из серебра, зачастую исключительно тонкой работы.

Находка 1992 г. напомнила о том, что степень изученности Старорязанского городища далека от исчерпывающей. В самом деле — к тому времени было исследовано всего около 5% укрепленной площади памятника, а в средневековый город входил еще и обширный неукрепленный посад, который практически оставался совершенно неизученным. Стало ясно, что необходимо вернуться к исследованиям памятника, и с 1994 г. их возглавил автор этой статьи [8].

Археологи — не кладоискатели; поиск кладов — не главное направление их деятельности. Перед исследователями стоял ряд задач: уточнить даты основания города и заселения его отдельных участков, определить последовательность напластований и их связь с этапами перестроек городских укреплений; реконструировать планировку города в целом и отдельных усадеб и т.п. Вместе с тем находки изделий из драгоценных металлов — обычное дело при изучении древних богатых городов, и мы неоднократно обнаруживали по одной вещи, в том числе очень изящные, тонко обработанные; встречались и небольшие золотые изделия. Часть из них найдена в самых неожиданных на первый взгляд местах — например, на древних помойках (недаром профессионалы говорят, что помойка — счастье для археолога).

К сожалению, поисками сокровищ на городище занимаются не только профессионалы. Любители-поисковики, или, проще сказать, грабители, нередко посещают городище. В последнее время они стали широко использовать новшества технического прогресса — металлоискатели. Археологи тоже прибегают к геофизике при исследовании памятников. Но у грабителей есть важное преимущество — их ничто не интересует, кроме вещей, имеющих рыночную стоимость. Поэтому грабитель, услышав писк металлоискателя и копнув один раз лопатой, делает малюсенькую «закопушку». Убедившись, что прибор среагировал, скажем, на гвоздь, грабитель идет дальше. Профессионал же не может оставлять подобных ямок, ведущих к разрушению культурного слоя. Если археолог начал копать, то он по инструкции обязан раскрыть значительную площадь, установить археологический контекст участка. Кроме того, финансовые возможности заставляют археологов искать дешевую рабочую силу (обычно студентов-практикантов) и, следовательно, ограничены летними каникулами, а грабители работают в период наиболее эффективного использования металлоискателей, т.е. ранней весной, когда еще нет травы.

Любители-поисковики наносят значительный ущерб культурному слою памятников. Найденные ими вещи, как правило, быстро теряют свои паспорта, а ведь только точное знание места находки и археологического контекста придает ей научную ценность. Думается, важнейшие памятники, такие как Старая Рязань, должны иметь охрану. Поскольку вся территория памятника является заповедником и принадлежит Рязанскому музею, все «ра-



Клад, найденный в 2002 г. (внизу — серебряные перстни).

боты» любителей-поисковиков здесь являются грабительскими, воровством.

В 2002 г. сотрудники экспедиции узнали о находке на Старорязанском городище в ходе незаконных раскопок двух кладов ювелирных изделий. Один из них был, к счастью, изъят сотрудниками ФСБ и передан в Рязанский историко-архитектурный музей-заповедник, а другой, по-видимому, безвозвратно утрачен. Нам удалось установить место находки одного из этих кладов. Поскольку подобные вещи могли хранить-

ся только на богатых усадьбах, решили вскрыть здесь большую площадь (ранее этот участок не считался перспективным). В результате было найдено несколько мелких деталей ювелирных украшений, не увиденных невнимательными грабителями. В 2005 г. сотрудник экспедиции И.Ю.Стрикалов обнаружил очередной след грабительской деятельности на довольно большой площади (клады, находимые в верхнем слое, как правило, были растащены пахотой на значительное расстояние). Здесь

был заложен раскоп, причем удалось дособрать довольно много обломков ювелирных украшений, пропущенных грабителями (еще один их грех: даже не могут взять весь комплекс целиком!). Культурный слой в этом месте городища невелик, однако в так называемом «материке» (напластования, лишенные следов человеческой деятельности) вырыты многочисленные ямы.

В одной из таких ям (по-видимому, располагавшейся в наземном жилище и связанной с печью) и был найден еще один, второй на этой усадьбе, клад. От грабителей его уберегло то, что он лежал слишком глубоко (метр с небольшим), где металлоискатель уже малоэффективен. Любопытно, что клад был сокрыт не в самой глубокой части ямы, а примерно на середине ее глубины в специально отрытом небольшом подбойчике-пещерке.

Клад лежал компактной кучкой. По-видимому, он был



спрятан в кожаной сумке, фрагменты которой сохранились. В отличие от кладов, найденных близко к поверхности, он не был ни поврежден плугом, ни растащен, и мы можем быть совершенно уверены, что это именно тот полный комплект вещей, который был положен сюда в 1237 г.

Какие же вещи оказались в составе клада? Это украшения, связанные с головным убором и ожерельем. Ожерелье состояло из девяти крупных (до 4 см) серебряных бусин с зернью (мелкими напаянными шариками), трех круглых медальонов, украшенных гравировкой и чернью, и двух сравнительно простых подвесок с растительными мотивами. Все три медальона несут на себе изображения так называемого процветшего креста. Снизу от подножия крестов вверх устремляются извивающиеся побеги. Этот мотив обозначал в свое время, что орудие казни — крест — чудесным образом оказывается животворящим деревом жизни. Мотив креста как древа жизни усиливается появлением у его основания изображений двух птиц. Пара птиц по сторонам древа или растительного мотива — распространенная в христианском искусстве идеограмма рая. Любопытно сопоставить между собой эти медальоны.



Предполагаемый состав ожерелья, включавшего три медальона с процветшим крестом.

Один из медальонов, что побольше, — очевидно, центральный и сделан главным мастером. «Превосходство» его над двумя другими отразилось и в том, что только он украшен еще и позолотой. Золочению подверглась кайма по краю медальона и сам крест. Мастер очень выразительно изображает птиц и растительные побеги. Мелкие детали (например, лапы птиц) отмечены особой артистической эскизностью. Очертания фигур и побегов округлые, плавные, сами птицы выглядят весьма улитанными. Похоже, почерк этого мастера уже встречался на изделиях из находок в Старой Рязани.

Второй медальон с крестом и птицами резко отлича-

ется от первого по стилю. Рисунки побегов как будто тот же, но сами они стали узкими и какими-то «жестковатыми», менее плавными. Особенно заметна разница в манере двух мастеров при сравнении изображений птиц. В данном случае это какие-то довольно уродливые заморыши. Столь значительные стилистические отличия между вещами из одного комплекса украшений, явно выполненных одновременно, свидетельствуют, что и в Средние века ювелиры имели возможность проявить свою индивидуальность.

Третий медальон тоже не несет изображение процветшего креста; птиц в данном случае нет, зато появились очень необычные дополнительные



Колт с изображением грифона (диаметр 7.7 см) и колоколовидные рясны с привесками (высота колокольчика 4.6 см, длина цепочки 15 см).

Вести из экспедиций детали. Это четыре довольно примитивные человеческие личины — две по сторонам креста, одна у его подножия и одна — сверху, причем последняя перевернута головой книзу. Значение этих личинок пока трудно поддается истолкованию. Возможно, это олицетворение четырех ветров, символизирующих четыре стороны света, в направлении которых распространялась проповедь Евангелия. Необычно не только наличие этих человеческих личинок; сам крест осложнен редкими особенностями: главная, наиболее широкая его перекладина имеет по концам изгибы книзу; в районе подножия креста представлены сильно стилизованные растительные мотивы (типа геральдической лилии). Окончательная интерпретация этих интереснейших изображений — дело будущего.

Три замечательных медальона — наиболее своеобразные находки из старорязанского клада 2005 г. Остальные вещи имеют те или иные близкие аналогии среди более ранних находок.

Обнаруженный в кладе головной убор включает два чевачеобразных колта, украшенных изображениями грифонов и чернью. Колты подвешивались на двойных наборах серебряных колодочек; сохранились даже остатки ткани и веревочек, которыми все это закреплялось. К височной части головного убора крепились колоколовидные рясны с длинными цепочками и привесками. В отличие от некоторых других предметов, эти рясны находились в прекрасном состоянии: они сохранили свой блеск в момент их обнаружения, а подвески позванивали, очевидно, точно так же, как в XIII в. Помимо рясен, в состав клада входили более 30 трехбусинных колец и полуколец; на серебряных бусинах, закрепленных на этих кольцах, представлены три разновидности орнамента. Полукольца могли украшать своеобразный валик, помещавшийся надо лбом; кольца же обычно целыми связками подвешивались к вискам. Все это разнообразное убранство довольно трудно было

бы надеть одной женщине — у ее висков должны были находиться в одно и то же время и колты с двойными низкими колодочек, и колоколовидные рясны, и наборы трехбусинных колец. Теоретически такое нагромождение возможно, но представляется все-таки маловероятным. Скорее всего, перед нами драгоценности, предназначенные нескольким лицам или же одному, но носившему их попеременно. Обращает на себя внимание еще одна особенность клада: судя по богатству ювелирных изделий, в нем должны были бы находиться и другие украшения, такие как перстни и браслеты. Видимо, в состав клада попало не все, что принадлежало его владельцу.

Естественно вернуться к вопросу: где и кем изготавливались подобные сокровища, кому они принадлежали?

Если в 2005 г. на Старой Рязани был найден 16-й учтенный клад, а между тем раскопано всего 6% укрепленной площади, то это вовсе не значит, что мы должны делать из этого слишком прямолиней-

ные выводы. Дело в том, что до 70-х годов прошлого столетия включительно городище распахивалось, и, следовательно, большое количество ценностей (и значительное число неучтенных находок), зарытых неглубоко, уже были выявлены благодаря этому обстоятельству.

16 кладов — это не 16 богатейших владельцев сокровищ. Как показывают материалы Старой Рязани, ее обитатели сознательно рассредоточивали имевшиеся у них ценности. На «усадебной воеводы» было найдено четыре клада, в одном из них содержались золотые изделия (а таких в Старой Рязани вообще только два), в другом — наиболее художественные (в частности, знаменитый браслет с изображением гусляра). По-видимому, все это принадлежало одному владельцу. В подполье жилища около Спасского собора обнаружены два небольших клада и отдельно лежащая драгоценная серебряная чаша — все это также, вероятно, было собственностью одного человека. Скорее всего, это касается и нашей находки 2005 г.: клад, найденный грабителями в вышележащих слоях, явно принадлежал владельцу той же усадьбы.

Клады батыева времени содержат главным образом женские украшения. Однако, судя всему, распоряжались ими мужчины-дворовладельцы. Отсутствие в составе кладов культовых предметов из ризниц храмов и монастырей, по-видимому, связано с тем, что сокрытие кладов в условиях чужеземного нашествия было делом частной инициативы и касалось исключительно личной (семейной) собственности. Церковные ценности, очевидно, в подобных обстоятельствах полностью или практически доставались захватчикам. Показательно, что

в Новгороде Великом, не подвергшемся монголо-татарскому разгрому (и где, соответственно, нет кладов, подобных старорязанским), в ризнице Софийского собора сохранилась значительная серия ранних ювелирных изделий литургического назначения.

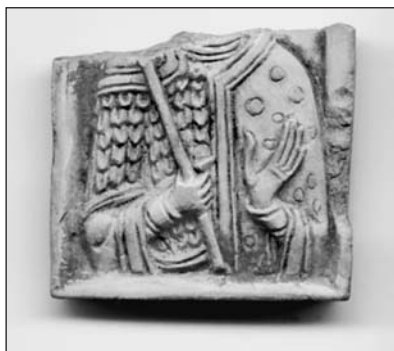
Судя по исключительному богатству (прежде всего по трудозатратам на отдельное изделие), клады должны были принадлежать скорее князьям, чем боярам (последние первоначально мало отличались по зажиточности от богатых горожан). Род рязанских князей был весьма многочислен; вполне возможно, что Старой Рязанью совместно владела группа князей — практика, известная позднее в Московском и Рязанском княжествах. В 1237 г. в Старой Рязани, помимо великокняжеской семьи, находилась вдовствующая княгиня и, вполне вероятно также, — представители младших ответвлений княжеского рода.

В «Повести о Николе Зарайском» в связи с рассказом о взятии Старой Рязани монголами сообщается, что «все узорочье нарочитое богатство рязанское и сродников их киевское и черниговское поимаша», «и все узорочье в казне черниговской и рязанской взято» [9. С.292, 295, 313, 316, 334, 335, 337, 373,

375, 385, 389]. Эти сообщения трудно объяснить, если они не заимствованы из ранних источников (поскольку неясно, в чьих интересах мог быть подобный вымысел). Но в таком случае следует полагать, что в Старой Рязани были сосредоточены богатства не только одних рязанских князей, но также черниговских и, возможно, киевских.

Безусловно, в процессе сокрытия старорязанских кладов играли роль не только представители княжеского рода, но и обслуживавшие их ювелиры, у которых могли временно находиться подобные ценности, их могли прятать ключники и иные княжеские чиновники, а также грабители, похитившие сокровища в суматохе, связанной с захватом города монголами.

Обилие в Старой Рязани кладов с профессионально изготовленными ювелирными изделиями ставит вопросы о том, являлись ли они изделиями местных мастеров и где находились соответствующие мастерские. Отметим, что в кладе 1822 г. присутствует византийская перегородчатая эмаль с пространной греческой надписью, что, скорее всего, свидетельствует о том, что не все вещи в составе кладов были изготовлены на месте. И все же



Обломок византийской каменной иконки (2,7×2,8 см) с изображением святого воина. На обратной ее стороне — следы использования в качестве литейной формы.



Бронзовая матрица для тиснения ювелирных изделий с изображением «полета Александра Македонского». Этот популярный мотив средневекового искусства здесь явно деградировал (отсутствуют колесница или корзина «воздухоплавателя» и, главное, — крылья у фантастических грифонов).

наиболее вероятно, что большинство мастеров были русскими, работавшими в Старой Рязани. При этом необходимо учитывать, что в Средние века мастера могли быть «бродячими» (известен древнерусский мастер Максим, литейные формочки с подписью которого найдены в Киеве и захолустном Серенске, расположенном в Калужской области).

Найденные на Старорязанском городище в 2004 г. две каменные иконки (одна, резная, несомненно сделана византийским мастером) имеют на обороте следы использования их в качестве литейных форм. Это редкая особенность и, скорее всего, местная. Следует отметить, что в Средневековой Руси изготовление резных каменных иконок было связано с обслу-

живанием верхушки общества; художественная резьба по камню и кости обыкновенно совмещалась с ремеслом ювелира. Особенности рассматриваемых иконок свидетельствуют о том, что в старорязанской мастерской мог работать византийский ремесленник. Найденные на Северном городище две крупные матрицы для тиснения серебряной или золотой фольги (одна из них с мотивом, наделенным несомненной державной символикой — «полет Александра Македонского») указывают на то, что где-то поблизости находилась ювелирная ремесленная мастерская, обслуживавшая княжеский двор.

Очередной клад из Старой Рязани, с его изысканностью и пышностью, еще раз демонстрирует нам суетность и наивный оптимизм древнерусской правящей элиты, ярко запечатленный в самый момент трагической катастрофы. Несбыточные надежды еще раз покрасоваться в своем драгоценном уборе, резко контрастирующие с горестными судьбами побежденных, придают этим находкам особый, пряный аромат живой жизни с ее тщеславием и обыденщиной, которые волею судеб парадоксальным образом совпали с масштабной поступью великих исторических событий. ■

Литература

1. *Калайдович К.Ф.* Письма к А.Ф. Малиновскому об археологических изысканиях в Рязанской губернии с рисунками найденных там в 1822 г. древностей. М., 1823.
2. *Оленин А.Н.* Рязанские русские древности или известие о старинных и богатых великокняжеских или царских убранствах, найденных в 1822 г. близ села Старая Рязань. СПб., 1831.
3. *Тихомиров Д.* Исторические сведения об археологических исследованиях в Старой Рязани. М., 1844.
4. *Даркевич В.П.* Раскопки В.А. Городцова в Старой Рязани // Проблемы изучения древних культур Евразии. М., 1991.
5. *Монгайт А.Л.* Старая Рязань // Материалы и исследования по археологии СССР. М., 1955. №49.
6. *Даркевич В.П., Борисевич Г.В.* Древняя столица Рязанской земли. М., 1995.
7. *Даркевич В.П.* Древняя Рязань // Природа. 1993. 36. С.30—47.
8. Великое княжество Рязанское: историко-археологические исследования и материалы / Отв. А.В.Чернецов. М., 2005.
9. *Лихачев Д.С.* Повести о Николе Зарайском. Тексты // Труды отдела древнерусской литературы. М.; Л., 1949. Т.VII.

ДИАЛОГ О СИСТЕМАТИКЕ

Надежда Мандельштам и Любищев

Эпистолярный диалог о систематике Александра Александровича Любищева и Надежды Яковлевны Мандельштам состоялся более полувека назад. Однако он интересен не только с точки зрения истории, но вполне сохраняет свою общенаучную и культурную актуальность. Вначале несколько слов о соприкосновении судеб авторов и о том времени, когда происходил диалог.

Н.Я.Мандельштам (1900—1981) хорошо известна двухтомником своих воспоминаний, написанных в 1969—1972 гг. Десятилетия они ходили в СССР в самиздате и впервые были опубликованы (как тогда водилось) парижским издательством «УМСА-Пресс». Глубина осмысления исторических событий и проникновения в тайники поэтического творчества, живость и метафорическая яркость языка, естественная и нередко намеренная страстность суждений — все это поставило книгу, выходящую за рамки воспоминаний, в ряд самых замечательных произведений русской литературы» конца XX в.

После ареста в 1938 г. и гибели в концлагере гениального поэта Осипа Мандельштама жизнь его жены Надежды Яковлевны — подлинный гражданский подвиг, победа духа над материей. В безысходности и неприкаянности, нищете и затравленности она сумела сохранить для русской и мировой культуры творчество поэта: *«Я таскала за собой в чемодане груды прозы, перекладывая ее грудями языковедческих записок к диссертации, чтобы безграмотные стукачи не поняли, что к чему, и не стащили то, что требуется... До 1956 года я все помнила наизусть — и прозу, и стихи. Для того, чтобы не забывать, надо каждый день твердить какие-нибудь куски»* [1].

Надежда Яковлевна была не только верной спутницей и помощницей в жизни мужа-гения. Ей самой от природы достались многие таланты. В публикуемых ниже заметках она впервые предстает перед нами как профессиональный лингвист и филолог. Надежда Яковлевна прекрасно владела общеевропейскими языками, а «чтобы читать и чтобы состоялся разговор» — знала более 20 языков. С 40-х годов преподавала английский язык и основы языкознания в разных пединститутах страны. В конце 1952 г., работая в Ульяновском пе-

динституте (кафедрой зоологии там же руководил А.А.Любищев), подготовила языковедческую диссертацию. Однако в 1953 г. началась очередная «охота на ведьм», над Н.Я.Мандельштам в одночасье устроили постыдное судилище (о нем рассказано в мемуарах) — и уволили. Лишь благодаря отчаянному заступничеству Любищева и замечательного историка гебраиста И.Д.Амусина (он в те годы работал в том же пединституте) ей милостиво предложили «путевку в Читу» — преподавать английский в забайкальском пединституте. После Читы последовали Чебоксары, затем Псков, и лишь в начале 60-х удалось обосноваться в Москве. Кухня в однокомнатной квартирке Надежды Яковлевны в Черемушках стала Меккой для интеллигенции.

Волею судеб А.А.Любищев и Н.Я.Мандельштам оказались вместе в провинциальном Ульяновске. Их сблизила не только естественная в тогдашних условиях тяга друг к другу «хранителей тайны и веры». Нити мойр тянулись назад на десятилетия. У них оказался общий друг, биолог и систематик, человек возвышенной культуры Борис Сергеевич Кузин. Он переводил с латыни Горация и Катулла, писал стихи, был заморожен музыкой («орбита Баха»). Его оригинальные и глубокие размышления о принципах систематики и его дискуссии с другом Любищевым публиковались в «Природе» [2]. Эссе Кузина с описанием случайной и прямо-таки фантастической встречи летом 1930 г. в Армении с боготворимым поэтом Мандельштамом можно перечитывать много раз. Это и прекрасная проза, и подтверждение максимы: *случай ненадежен, но щедр!*

Встреча поэта и натуралиста оказалась животворно-взрывной для обоих. К Осипу Мандельштаму вернулась способность писать стихи, утраченная дотоле после травли со стороны советской власти. *«Когда я спал без облика и склада / Я дружкой был как выстрелом разбужен.»* У Мандельштама не только ожил поэтический дар, но возник глубокий интерес к проблемам биологии и эволюции, к творчеству великих натуралистов и систематиков (*«Ламарк, Бюффон и Линней окрасили мою зрелость»*), к истокам жарких споров 20—30-х годов между ламаркистами и дарвинистами. Вот откуда мы встречаем у Мандельштама превос-



Н.Я.Мандельштам. 1923 г. (из архива Ю.Л.Фрейдина).



Б.С.Кузин. Середина 30-х годов.

Фото предоставлены
Мандельштамовским обществом

ходное художественно-научное описание морфогенеза листа настурции. *«Он похож также на кремневую стрелу из палеолита. Но силовое напряжение, бушующее вокруг листа, преобразует его сначала в фигуру о пяти сегментах. Линии пещерного наконечника получают дуговую растяжку... Но в дальнейшем силовое поле резко меняет свою игру и гонит форму к геометрическому пределу, к многоугольнику... Растение — это звук, извлеченный палочкой терменвокса, воркующий в перенасыщенной волновыми процессами сфере. Растение в мире — это событие, а не скучное бородатое развитие».* Это описание рождения формы сродни возникшей со времен Гёте и К.Бэра идеалистической морфологии или типологического подхода к систематике. Несомненно, данный круг идей был знаком и его жене.

В начале 30-х годов, в период творческого подъема, Мандельштам написал свой гениальный «Разговор о Данте» (впервые опубликован лишь в 1967 г.) и шедевр о Ламарке. Здесь вечные в биологии споры о путях формообразования и эволюции спрессованы, трансформированы поэтом в образной художественной форме. В первой же строфе упоминается классификационная система Ламарка — «лестница существ»:

*Если все живое лишь помарка
За короткий выморочный день,
На подвижной лестнице Ламарка
Я займу последнюю ступень.*

«Короткий выморочный день» — это метафора дарвиновского естественного отбора и борьбы за существование. Ведь по Дарвину, почти все различия между нынешними и прежде живущими орга-

низмами есть результат адаптации к среде в ходе выморочного процесса отбора («помарка»). В его теории не было идеи об уровнях организации живых существ, о прогрессе. Ламарк же как активный фактор эволюции выделял активность организмов, порыв к жизни (на современном языке это можно назвать «генетическим поиском» [3]). Он постулировал закономерное повышение в ходе эволюции уровня организации и впервые подразделил животных на два основных типа — позвоночных и беспозвоночных. По словам поэта, Ламарк чувствовал синкопы эволюционного ряда — *«он сказал, природа вся в разломах».* Действительно, в природотворчестве нередки прыжки, салтыции, как синкопы в симфонии, когда одна тема вдруг резко обрывается и неожиданно возникает совершенно новая.

Над соотношением проблем эволюции, формообразования и систематики Любищев размышлял всю жизнь. Его основное кредо — относительная независимость этих трех аспектов описания разнообразия живых форм, важность номотетических факторов (законов) в морфологии, возможность построения комбинативных систем наряду или в противовес исторической системе в виде эволюционных деревьев (из них потом многие приходится пустить на дрова, замечал А.А.). Его статьи на эту тему, начиная с 1923 г., собраны в отдельной книге [4]. Летом 1952 г. Любищев сделал набросок общей теории классификации в биологии и дал ее прочитать Надежде Яковлевне. В теории лингвистики, к которой она была причастна, проблема эволюции языков и классификации их разнообразия всегда вызывала споры. Такова предыстория диалога.

Диалог состоялся в 1952 г., и в нем ощущается дыхание времени — упоминание об учении Н.Я.Марра (1864—1934). Его взгляды сначала были вознесены до советского мифа, а затем вдруг неожиданно-негаданно низвергнуты с пьедестала статьей Сталина в «Правде» в июне 1950 г. О событиях тех лет и феерической личности Марра можно прочесть в интересной книге Алпатов [5], которая читается, как печальный детектив. Марр считал, что историческое развитие языков идет от множества к единству. Языки возникают независимо друг от друга, однако эволюционируют по единым законам, проходя сходные стадии, но с разной скоростью, определяемой уровнем экономического развития. Будучи исследовате-

лем и признанным знатоком кавказских языков, Марр объяснял языковое многообразие скрещением возникающих языков с кавказскими как самыми древними (яфетическими, по имени Иафета, одного из сыновей библейского Ноя, заброшенного волнами потопа на Кавказ). Grimасы времени были таковы, что статья Сталина способствовала возвращению здравого смысла и снятию запретов на сравнительно-исторический метод в систематике языков [5].

© Голубовский М.Д.,

доктор биологических наук

Институт истории естествознания и техники РАН

Санкт-Петербург

Литература

1. *Мандельштам Н.Я.* Воспоминания. Кн.1, 2. Париж, 1970, 1972.
2. *Кузин Б.С.* Упадок систематики (I. Система, эволюция, мультимодация) // *Природа*. 1992. №5. С.80—88.
3. *Чайковский Ю.В.* Эволюция. М., 2003.
4. *Любичев А.А.* Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М., 1982.
5. *Алпатов В.М.* История одного мифа: Марр и марризм. М., 2004.

Возможна ли общая систематика для разнородных явлений?*

Логические основания

Н.Я.Мандельштам

Иерархия

В языкознании изначально действует иерархический признак: вся борьба с Марром** велась за точность и обоснованность сравне-

* Из архива М.Д.Голубовского. Публикуется впервые.

** Николай Яковлевич Марр (1864/65—1934), востоковед, лингвист, академик АН СССР (член Петербургской академии наук с 1912 г.), автор яфетической теории (новое учение о языке), научно малообоснованной и принципиально недоказуемой.

© Голубовский М.Д., 2006

ния. Положения антимарристов:

1) Сравнение допустимо только в пределах родственных языков. Если бы допустить, что все слова мировых языков разбросаны, выброшены из своих языков и расползлись по земле, как насекомые, тогда, возможно, стал бы вопрос о пригодности иерархического принципа;

2) Но сейчас этот вопрос отпадает — к отдельным словам (вне генетически связанного целого) у нас нет ника-

кого подхода (а может ли быть?). Так, например, в германских языках, которые по своей структуре (основной словарный фонд, грамматика) принадлежат к индоевропейским изначально (т.е. с древнейших памятников), есть 35—40% слов неизвестного происхождения. История этих слов, всех вместе и каждого в отдельности, для нас начинается как история посторонней (не иерархической) примеси в индоевропейском теле. У нас нет

ключа к их внутренней форме (значения слова — т.е. его ассоциативная связь с предметом внешнего мира или предметом мысли). Предполагают, что эти слова — результат доисторического скрещивания с носителями неиндоевропейской речи (теория субстрата). Эта теория вызвала бешенство марристов, она вызывает бешенство и сейчас, так как нам бы хотелось доказать национальную целостность языков даже в области словаря. Зачем?

Возможность общей систематики для явлений природы и явлений общественных, как язык, для меня сомнительна. Любой организм имеет самодовлеющее существование и вне своей системы — особенно это относится к не социальным типам. В языке каждый элемент существует только в системе. Горсть слов или предложений, чьи предки и братья нам неизвестны, — для нас мертва, у нас нет к ней никакого ключа. Чтобы узнать что-либо о языке, мы должны знать его звучание, чтобы найти его родственников (поставить его в иерархический ряд). Исходя из сравнения с родственником, мы выберем корни слов, словообразовательные элементы и формативы, сравним схожие корни, чтобы найти основное значение, и, применив законы об изменении значений (очень плохо разработанные) и о переходах слов из одной категории в другую (конверсия частей речи), прочтем тексты. Каждое предложение будет отпечатком системы целого, т.е. разрозненные слова, даже поставленные в иерархический ряд, если будут найдены прямые их предки, не раскроются вне отпечатка своей системы предложения.

Иначе говоря, слова, формы слова и т.п., существуют

только в системе: в иерархии родственных языков, в живой системе одного из родственных языков определенной эпохи. Отдельные элементы языка (отдельные формы слова) имеют самостоятельную историю, как любой индивид, но эта история обуславливается системой конкретного языка в целом. Всякая случайность развития ограничена действием аналогии, т.е. развитие отдельного всегда подчинено принципам целого, и иерархия — через исторически утвердившуюся аналогию — цементирует отдельное в целое.

Есть ли у биологического вида подобная целостность? Есть ли здесь общие принципы сравнения (соизмеримость?). Что сравнивать с организмом: целый язык или элемент языка (слово)? Что сравнивать с видом — семью языков, отдельный язык?

1) Части организма связаны между собой биологической связью. Нарушение этой связи — уничтожение организма. Части языка свободно отсекаются и заменяются посторонними (огромные слои словаря, отдельные слова). Силы сцепления организма и языка не имеют между собой ничего общего. Организмы, скрещиваясь, дают, очевидно, особое, отдельное. Языки, скрещиваясь, сохраняют свою историческую принадлежность (при свободе замены частей).

2) Отношение к иерархии не обладает чертами соизмеримости. Отдельный организм биологически (я не говорю об истории социальных животных) своей историей отрывается от рода и существует вне системы одновременно с ним существующих организмов, принадлежащих иерархически к одному стволу. Каждый элемент языка существует только в системе целого.

3) Сцепление представителей рода в природе и в языке несоизмеримо. Если язык рассматривать в целом как классифицируемую единицу и искать общие признаки систематики для классификации языков и явлений органической природы, мы тоже не найдем признаков соизмеримости. В языке — его сыпучесть, т.е. способность к замене одних частей другими при силе сцепления (система), делает законы формообразования принципиально отличными от законов органического мира.

Формообразование в языке обусловлено:

а) биологией человека — производство звуков;

б) биологической обработкой звуков при произнесении комплекса;

в) социально выработанным представлением о гармонии;

г) социально выработанными произносительными навыками.

Устойчивость фонетических привычек такова, что индоевропейские племена, разошедшиеся в эпоху позднего неолита, провели в период V—X вв. одни и те же процессы (например, палатализацию задних звуков), которая совершенно биологически не обязательна. Фонетическое формообразование (признак доказательств родства языков) лишено биологических, социальных, логических обоснований.

Функция языка, общение, осуществляется при любом типе формообразования. Отсюда получается своеобразное противоречие. Упомянутая мною иерархическая устойчивость привычек идет рука об руку с огромными темпами формообразования и полной их неожиданностью. (Если бы у нас не было древних памятников английского языка, — у нас не

было бы оснований считать его индоевропейским языком — таковой он только иерархически).

<...> В любой форме (фонетической) мы можем выразить одно и то же содержание (на разных языках). Слово — это знак социального значения, и свою социальную функцию оно осуществляет только через ассоциацию (слуховую) с мысленным образом. Т.е. история звучащей формы в языке не имеет никаких, ни логических, ни, в сущности, биологических обоснований (именно поэтому она показательна для иерархии). Можно ли это применить с такой категоричностью к форме в органическом мире? Если приспособление к среде и к условиям жизни — не все в истории биологического рода, все же их роль неизбежна в жизни живого.

Принцип классификации языка — установление его потерянного предка по лишнему логическим обоснований звучанию элементов. Ряд признаков (а-б-в-г-д-е-ж-з-л-м...) в языке немислим, потому что определительны только точные соответствия гармоний, сводимых к прогармонии.

Методические основания

Сравнительная ценность разных признаков, очевидно, — самое существенное в систематике, будь она генетической или описательной. В биологии вопрос будет, очевидно, стоять так: сходство каких органов должно служить доказательством общности рода.

В языке есть точно установленный принцип: дока-

зательством родства (единством ряда) служит только то, что не связано с мышлением, только то, что не имеет значения. Т.е. функция в речи формы, общих значений и т.п. не является доказательством родства. Доказательством родства являются только те звуковые комплексы, которые служат словоизменению; гармонии в образовании грамматических рядов (хорошо — лучше, я — мне), составление из слов различных корней и, наконец, атематические корни, т.е. слова, присоединяющие окончание без промежуточного гласного или согласного звука. Иначе говоря, система доказательств строго формальна и сводится к фонетическим привычкам. Это дало возможность марристам спекулировать в течение 20 лет (отрыв языка от его функции — передачи мысли! отрыв языка от мышления!).

Но слову можно придать другое значение согласно нуждам общества. Грамматическая форма (например, падеж) может взять на себя выполнение новых функций (настоящее время употребляется в значении будущего). Внешнее сходство значимой части слова (корня) ничего не означает (слово может быть заимствовано — именно потому, что нужно ввести новое понятие, или сходство может быть случайной омонимией). Единство того, что ничего не значит, что случайно, так как зависит только от привычки, а потому не имеет логического объяснения, — доказательно, если оно сводимо путем весьма точных манипуляций к единному звучанию, доказывает родство, служит признаком систематики.

Другой тип классификации — это деление слов на разряды внутри одного языка (деление на части речи). Здесь действуют три типа признаков: морфологические, т.е. строение слова; семантические — значение слова; наконец, главные, синтаксические, — по функции. Здесь учитывается конверсия, т.е. переход из одной части речи в другую. Но в языке ясно только крайнее, — и движущаяся масса живой речи всегда кишит переходными иерархическими формами. «На неровной поверхности наших языков» самых разных эпох и действует основной закон — неравномерности развития. Гораздо труднее найти точный признак классификации для аморфных языков, где слово не изменяет своей формы. Но этим признаком, когда он будет найден, будет гармония формообразования, а не функции и не мысли.

Наша филогения строится только в пределах рода или семейства, и это — единственная ее твердая часть. Чуть доходит до смысловых элементов, например при делении слов на части речи и еще больше в синтаксисе, — языкознание не имеет твердых принципов классификации, и эта часть не научна, произвольна.

Недостаток генетической части классификации — недостаточность изучения комплексных признаков, влияния ассимиляций, аналогии и т.д. Поэтому многое, что будет сведено, еще стоит порознь. В основу изучения исторического изменения звуков не положена еще ни физика, ни биология (артикуляция), поэтому измененные констатируются, но не объясняются и т.д.

По поводу записки Н.Я.Мандельштам*

А.А.Любищев

В записке ясно видны два недоразумения.

1) С первым уже согласилась Н.Я.: для нее иерархический и генетический оказались синонимами, хотя это вовсе не одно и то же. Иерархия может быть не генеалогической (всякая иерархия, построенная по формально логическому принципу), и генеалогия может быть не иерархической (при ретикулярном происхождении и при параллелизме в развитии). Последнее лучше всего пояснить на примере генеалогических деревьев значительных родов. Генеалогическое дерево строится по нисходящему принципу: берется пращур рода и от него последовательными полифуркациями доходят до современных представителей. Но можно строить генеалогическое дерево и по восходящему принципу: брать интересующего нас по тем или иным основаниям современника и от него последовательными бифуркациями восходить к родителям, дедам, прадедам и т.д. с целью выяснить всех предков данного индивида.

Почему могут быть применимы такие два противоположные принципа? Потому что генеалогия (истинная) каждого человека не иерархическая, а ретикулярная (сетчатая), ибо партеногенез у человека отсутствует, и подлинная генеалогия имела бы вид чрезвычайно сложной сети. Так как изобразить

такую сеть чрезвычайно трудно, и кроме того, в нашем обществе считается более важным отец, а не мать, то и создается искусственная иерархическая генеалогия. Есть данные, что и у организмов (видов) во многих случаях благодаря гибридизации и симбиогенезу генеалогия носит ретикулярный, а не иерархический характер. При «скрещивании» языков ретикулярный подход возможен и в языкознании.

2) Само название замечаний: «Возможна ли общая систематика» также основано на недоразумении, в чем я в значительной степени виновен. Я употребил термин «систематика» не как обычно, в смысле системы тех или иных элементов, а в смысле общего учения о системе. Правильнее было бы назвать не «общая систематика», а «общая системология». Общая систематика самых разнородных объектов, конечно, невозможна, а общее учение о системе, в зачатке уже существует, начиная с Аристотеля, составляя часть формальной логики. <...>

Однако целый ряд фактов из разных областей знания (периодическая система Менделеева, закон гомологических рядов в биологии и проч.) заставляют считать, что иерархическая форма системы не единственно возможная. Следует ли из этого, что всякое изучение новых форм системы должно идти изолированно в разных науках или же взаимное ознакомление может быть полез-

ным? Для логиков совершенно ясно, что общая систематика возможна: например, в логике Зигварта имеется глава «систематика», где он разбирает влияние учения Дарвина на общее понятие о виде, роде и проч. То же у старшего Милля — есть глава «о природе классификаций». Спор, следовательно, может быть лишь о том, возможно ли одному человеку охватить эту сторону самых разнообразных наук.

И вот, устранив эти два недоразумения, можно, мне кажется, показать, что Вы догматически накладываете недопустимые ограничения. Например: *«сравнение возможно только в пределах родственных языков», «филогения строится только в пределах рода или семейства», или «чуть доходит до смысловых элементов — напр. при делении слов на части речи, и еще больше в синтаксисе — языкознание не имеет твердых принципов классификации, и эта часть ненаучна, произвольна».*

Я бы согласился с Вами, если бы Вы сказали: пока лишь мы имеем разработанные методы классификации только в пределах рода и семейства <...>. Но Вы сами ставите запрет и на дальнейшее. Положение в биологии аналогичное: был момент, когда строили филогению всего животного и растительного мира. Это привело к массе противоречий и сейчас может считаться ненаучным. Сейчас стали относиться

* Текст публикуется в сокращении.

строже и доказанными филогении могут считаться, если они основаны на палеонтологическом материале (да и то не бесспорно). <...>

Проблема классификации сохраняет свое значение независимо от филогении. К примеру, тип членистоногих останется типом, хотя сейчас все данные говорят, что этот тип не имеет единого происхождения. Сравнение возможно и между типами, не родственными между собой. Сейчас почти никто не считает, что позвоночные произошли от кольчатых червей, как думали раньше, а тем более — от моллюсков. Но наш покойный академик Заварзин сделал интересные работы по сравнению нервной системы позвоночных, членистоногих и моллюсков. Нельзя поэтому отождествлять «сравнение» и «установление филогенетических связей».

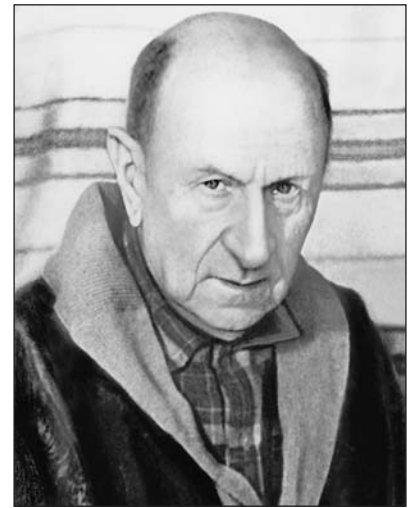
Сравнение в области биологии может иметь различное значение и различную цель: в одних случаях — установление филогении, т.е. родственных отношений между организмами. В других случаях — установление законов развития организмов, что осуществляется путем сравнения заведомо не родственных генетически организмов. Эти законы развития лучше всего было бы установить, если бы мы имели организмы, заведомо имеющие совершенно независимое происхождение — например, организмы, развившиеся на разных планетах. Пока это недоступно проверке. <...>

И в языкознании мы имеем параллельные точки зрения: (1) сравнение с целью выяснить генезис языка и (2) выяснение внутренних законов развития языка. Кажется, наши лингвисты только после статьи Сталина стали наперебой отыскивать внут-

ренние законы развития языка. Но в Вашей заметке намек на такие законы ясно показан: индоевропейские племена, разошедшиеся в эпоху позднего палеолита, провели в эпоху 5—10 века одни и те же процессы (палатализацию задних звуков). Процесс палатализации проходит параллельно, следовательно, не является доказательством того, что был какой-то праязык, производивший палатализацию звуков.

Для биологии ценность лингвистических законов развития велика потому, что мы видим явления не случайные, а закономерные, но лишённые всяких биологических, социальных и логических обоснований. Защитники номогенеза в биологии (теория Л.С.Берга) и утверждают на основании многочисленных фактов, что и в биологии имеются законы развития, лишённые приспособительного значения. Противники их, ортодоксальные дарвинисты, опираясь на многочисленные факты другой категории (где развитие подчинено целесообразности) говорят, что утверждение о существовании законов развития, лишённых биологических обоснований, — мистика, обскурантизм, поповщина и прочая более или менее вежливая матерщина. В утверждении «внутренних законов развития» в языкознании биология получает мощную общеметодологическую поддержку.

Большое недоумение у меня вызывает Ваше замечание об объяснении 35—40% слов неизвестного происхождения в германских языках, принадлежащих изначально к индоевропейским. Вы считаете это посторонней примесью — «полагают, что это результат доисторического скрещивания с носителями неиндоевропейской речи (теория субстрата).



А.А.Любищев.

Фото из архива «Природы»

Эта теория вызывала бешенство марристов. Она вызывает бешенство и сейчас, так как нам бы хотелось доказать национальную целостность языков даже в области словаря (зачем?).

Мне неясно следующее. 1. По теории субстрата («буржуазной») очевидно, наряду с индоевропейским языком были какие-то с ним генетически не связанные языки, иначе говоря, язык у человека произошел полифилетически, но тогда почему это вызвало бешенство марристов? 2. Какое иное объяснение предлагают «бешеные» лингвисты всех мастей? 3. Существуют ли не бешеные лингвисты или буквально все взбесились? Но совершенно ясно, что бешенство — не аргумент. Бешенство в науке допустимо только тогда, когда оказывается доказанным, что в науку проникли торгующие наукой. <...>

В противоположность Вашим упоминаниям о внутренних законах развития языка, приводящих к параллельным изменениям языков, Вы указываете и на наличие полной неожиданности в формоизменениях. При чем иллюстрируете это англ-

лийским языком: «Если бы у нас не было древних памятников английского языка, не было бы оснований считать его индоевропейским языком — это индоевропейский язык только иерархически (т.е. по генезису)». Это утверждение меня прямо потрясло.... Вы, по моему, переплюнули самого Марра. Кроме того, являются ли изменения, произошедшие за историческое время, так «неожиданны» — я не касаюсь влияния норманнов, а лишь кассонской основы языка.

Мне представляется, что эволюция английского языка характеризуется тенденцией к образованию аморфного языка. Я не знаю, в какой степени Вы разделяете теорию об эволюции языков в направлении аморфный — агглютинативный — флексивный — и в какой мере эта теория связана с именем Марра. Но Ваши слова о невозможности отнесения английского языка к индоевропейским при отсутствии древних памятников толкую таким образом. Индоевропейские языки все флексивные, аморфные к ним не относятся. Английский язык относится сюда только потому, что он вторично аморфный язык.

Явления первичной простоты и вторичного упрощения широко известны в биологии. Например, есть первично и вторично бескрылые насекомые, первично безногие (ланцетник, миноги) и вторично безногие позвоночные (угри, змеи). Но для выяснения вторичности или первичности такого признака вовсе не обязательно привлекать палеонтологические данные. Сравнительно-анатомическим путем этот вопрос решается совершенно бесспорно. Никому в голову никогда не приходило считать, что змеи — первично безногие позвоночные.

Поэтому монополия палеонтологии и в филологии — обязательное привлечение древних памятников — кажется мне преувеличением.

Далее, не является ли стремление к аморфности некоторым общим законом развития всех языков? Мне лично теория перехода первично аморфных в агглютинативные и флексивные очень нравится. Но, может быть, ее нужно дополнить теорией падения сложности грамматики, законом упрощения грамматики. Мои размышления над теми языками, которые я знаю, привели к следующим соображениям. Во-первых, число падежей уменьшается с развитием языка, а не увеличивается. Многие языки, видимо, сохранили довольно примитивную грамматику. Говорят, у некоторых кавказских, у финского и др. имеется, кажется, до 20 падежей. В русском языке число падежей раньше было больше. Я еще учил звательный падеж, сейчас уже исчезнувший. Остались и следы направительного падежа (долой, домой). Но все-таки у нас осталось шесть падежей. А у западноевропейских языков всего четыре, которые исчезли в английском языке. <...>

Если имеются внутренние законы развития языков, чем же объясняется, что одни языки застыли на стадии аморфной (если признать, что аморфность китайского языка первичная), а другие, проделав все полагающиеся стадии, дошли до вторичной аморфности? Представьте себе — и в этом заключается интерес к сравнению филологии и биологии! — совершенно аналогичный вопрос задают ортодоксальные дарвинисты биологам, защищающим внутренние импульсы в развитии организмов (эндогенез) и закономерность развития (нотогенез).

Марр, насколько я понимаю, пытался объяснить филологию классовыми влияниями. Ортодоксальные же дарвинисты (и вообще биологи, отрицающие внутренние импульсы развития) остановку на той или иной стадии объясняют внешними факторами, борьбой за существование и проч. — и этим аналогичны Марру.

Мне думается, что такая остановка гипотетически объясняется следующими обстоятельствами, причем процессы идут довольно аналогично и в биологии, и в языке, и вообще во всяком изменении.

1. Наличие внутренних законов развития и внутренних импульсов развития не означает фатализма, и очень часто для пробуждения импульса к развитию или деятельности требуется внешний толчок. <...>

2. Как у организмов признаки высокой организации совмещаются с признаками низкой организации, так и в языках: некоторые особенности языка могут быть прогрессивны, другие консервативны.

3. Появление письменности и литературы может происходить на разных стадиях развития языка. Так как письменность может быть заимствована, то она стабилизирует язык с теми особенностями, которые оказались в момент возникновения письменности.

То обстоятельство, что я имел в виду общую системологию, а не общую систематику каких бы то ни было явлений, позволило бы сразу отвести те возражения, что нельзя сравнивать организм с языком. Я этого и не думаю делать. Я только полагаю, что могут быть общие приемы для классификации языков и организмов и сходные проблемы систематики языков и организмов. Тем не ме-

нее, существование аналогий у разнородных явлений хотя и не обязательно, но возможно и, по-моему, допустимо некоторые такие аналогии искать. Некоторые различия между языком и организмом Вами сформулированы не точно. Приведу примеры.

«Любой организм имеет самодовлеющее существование и вне своей системы... В языке каждый элемент существует только в системе. Горсть слов или предложений какого-либо языка, чьи предки и братья нам неизвестны — для нас мертва, у нас нет к ней никакого ключа». В этом противополжении вы имплицитно отвечаете сами на другой вопрос — что сравнивать с организмом: целый язык или элемент языка (слово). Конечно, сравнивать организм со словом совершенно бессмысленно. Организм по своей сложности настолько превосходит слово, что сравнение бессмысленно. Следовательно, если сравнивать, то можно сравнивать только с языком. Но тогда само собой разумеется, что элементы организма (клетки) гораздо больше зависят от всего организма, чем элементы языка от языка в целом... <...>

«Части организма связаны между собой биологической связью: нарушение этой связи — уничтожение организма. Части языка свободно отсекаются и заменяются посторонними (огромные слои словаря, отдельные слова и т.д.)» Ни то, ни другое положение не может претендовать на абсолютную верность. Многие организмы можно рассечь на части или даже протереть сквозь сито, и из них вновь восстанавливаются организмы. Особенно любопытный случай существования части организма в другой системе — использование стрекательных клеток полипов

моллюсками и некоторыми червями, поедающими полипов: стрекательные клетки проходят по печеночным отросткам в эпителий и там выполняют ту же функцию, которую выполняли в породившем их организме.

Что касается филологии, то цитированное положение противоречит ранее высказанному, что каждый элемент языка существует только в системе целого. Ограничение справедливости его заключается в том, что новые слова, даже заимствованные из иностранного языка (телеграф, телефон), должны не просто войти, а как-то ассимилироваться и приспособиться к строю нового языка. Насильственное внедрение новых слов может нарушить гармонию исторически сложившегося языка. Поэтому сейчас идет спор, что в русском языке нужно склонять такие слова, как пальто, депо.

«Сила сцепления частей организма и языка не имеет между собой ничего общего. Организмы, скрещиваясь, дают очевидно особое, отдельное. Языки, скрещиваясь, сохраняют свою иерархическую (т.е. генетическую) принадлежность». Здесь можно указать следующее. Если понимать под скрещиванием то, что обычно понимается в узком смысле, т.е. результат полового процесса, то тогда термин «скрещивание» в филологии вообще неприменим. Если же термин понимать в широком смысле, как стойкое соединение генетически неоднородных элементов, то тогда и в биологии придется рассматривать дело шире. Т.е. под скрещиванием подразумевать не только половую гибридизацию, но и вегетативную и явления симбиогенеза — образование новых форм путем симбиоза, как у лишайников. <...>

Но сейчас имеется огромное число случаев неравноправного «скрещивания»: мы имеем простейших и многих червей, содержащих зеленые водоросли. От этого данные простейшие и черви совершенно не потеряли связи с общими группами простейших и червей. У многих насекомых имеются обязательные симбионты. Например, у термитов особые многожгутиковые биченосцы, нигде кроме кишечника термитов не встречающиеся и выполняющие важную функцию по усвоению клетчатки. Однако насекомые строятся в систему с игнорированием этих обязательных элементов организма насекомых. Тогда оказывается, что разница между организмами и языком в этом отношении только количественная. У организмов имеются все переходы от равноправного скрещивания до крайних степеней неравноправного <...>. В языках же имеются, видимо, только неравноправные скрещивания. Хотя, конечно, это уже вопрос филологов решить, всегда ли это так. Язык, произошедший скрещиванием, наиболее близким к равноправному, — английский язык, несмотря на огромную примесь языков романского корня, остается все-таки языком германской группы.

«...> История звучащей формы в языке не имеет никаких ни логических, ни в сущности биологических оснований (именно поэтому она показательна для иерархии, иначе для генеалогии)». Эта антитеза означает, что, по Вашему мнению, в языке нет никакой связи между смыслом слова и его звучанием. В биологии же имеется, как теперь любят говорить, единство формы и функции. И то, и другое неверно, хотя количественная разница, конечно, есть.

Даже среди самых простых слов есть, мне думается, много имеющих смысл, например, все звукоподражательные: мычит, блеет, жужжит, звенит. А сложные слова, как правило, образуются со смыслом: медведь, берлога, телеграф, телефон. Таким образом, на основе некоторого комплекса слов, по звучанию своему не имеющих никакого смысла, создается обширный комплекс вполне осмысленных слов. Здесь, видимо, Вы в «бешенстве» против Марра, придававшего смысл всем без исключения звучаниям, впали в противоположную крайность. Следует помнить, что бешенство, как и невежество, не аргумент.

С другой стороны, связь формы и функции у животных вовсе не так велика, как обычно думают. Еще Дарвин в свое время указывал, что наиболее важное значение в систематике крупных групп имеют признаки, лишенные функционального значения. И это сейчас подтвердилось. Основными признаками для крупнейших подразделений являются: характер дробления яйца, судьба бластопора, способ закладки зародышевых листков и проч. Но и в малых подразделениях имеют значение признаки, которым совершенно невозможно приписать какое-либо адаптивное значение. Например, 10 или 11 члеников усиков, точки на надкрыльях жуков, расположенные правильными рядами или в беспорядке и т.д. Наконец, в биологии широко применяется принцип смены функций, когда тот же орган принимает совсем новую функцию: плавательный пузырь рыб превращается в легкое, задние крылья мух превращаются в жужжальца и т.д. Напротив, признаки, слишком тесно показывающие связь формы и функции (об-

текаемая форма тела у всех активных пловцов), являются классическим результатами конвергенции, т.е. независимого возникновения сходства, а не тесного родства.

Общее положение, которое мы можем извлечь из истории наук, заключается в том, что если при наличии плодотворного принципа, претендующего на универсальность, имеется какой-то «остаток», этому принципу не поддающийся, то всегда возможно, что на базе этого «остатка» родится новый научный принцип, отрицающий господствующий в настоящее время. Поэтому полезно наряду с признаками, используемыми в настоящее время для систематики, охватить мысленно все возможное разнообразие признаков. Признаком же вообще можно назвать всякое свойство изучаемого предмета, и в каждом предмете число признаков будет бесконечно. <...>

Однако изучение таким способом организма будет, конечно, бессмысленным, так как форма организмов, даже у амебы, не бывает совершенно хаотичной, а всегда имеется более или менее правильный закономерный вид. Поэтому для характеристики формы большей частью требуется сравнительно немного «признаков». Если бы удалось дать математическую характеристику формы организма (что иногда удается сделать у радиолярий, медуз, раковин моллюсков), то количество признаков формы будет равно количеству параметров математического уравнения геометрической формы.

Точно так же в языке. Элементарными эмпирическим признаками языка будут его слова во всех изменениях. А дальше уже возникают признаки, полученные на основе

обобщения. Во-первых, правила склонения и спряжения позволяют выделить закономерности изменения слов и дать общую формулу этих изменений, подобную общей формуле геометрического тела. То же — с суффиксами, префиксами и проч. Далее, правила синтаксиса устанавливают закономерности расположения слов во фразе. Для аморфных языков отпадает, очевидно, первая категория обобщенных признаков для характеристики языков. Если систематика вовсе не обязательно совпадает с генеалогией, то не может быть запрета к тому, чтобы привлечь для классификации (фактически так и делается) смысловой характер слова. <...>

Сопоставляя таким образом языки, мы сможем их классифицировать независимо от их структуры. Чем более количество признаков захватит классификация, тем она естественнее. Биологи в большинстве (как, вероятно, и лингвисты) начинают вопить: «но такая классификация ненаучна, она лишена всякого причинного основания, только генетическая классификация может считаться научной». Вот тут-то полезно опять обратиться к истории наук. И здесь общая системология может оказаться полезной. Развитие системы в филологии и биологии обнаруживает значительный параллелизм, на что обратил внимание и Дарвин. В его время только иерархическая система мыслилась как возможная. Проведя параллель между биологией и лингвистикой (в обеих иерархия трактуется как генеалогия), он, со свойственной ему объективностью, указал: «правда, такая же систематика существует и в химии, но там она имеет какое-то иное, не генетическое объяснение». <...>

Огромное значение Дарвина далеко за пределами биологии заключается в том, что генетический принцип внедрился в самые разнообразные области науки. Но как часто бывает, из законного и плодотворного принципа он превратился в монополиста на научность, и в этой форме играет не положительную, а отрицательную роль. Я знаю, что в петрографии, где тот же принцип происхождения считался единственно научным принципом классификации, сейчас начинается протест против его монопольного значения. И поскольку эволюционный подход родился в биологии, биология имеет право сказать по отношению к его безраздельному господству в других науках: «я тебя породил, я тебя и убью, а если не убью, то ограничу». Как уже было сказа-

но, Дарвин совершенно не виновен в монопольном его применении.

Вот в этом-то и заключается обоснование разрабатываемой мной общей системологии. Науки не отгорожены друг от друга китайской стеной, и связи становятся все более тесными. При узкой специализации принцип, часто ложный, родившийся в одной области и затем перешедший в другую, возвращается к месту своего рождения как завоеватель (подобно Магомету, возвратившемуся из Медины в Мекку) и производит соответственное вредное влияние. Поясню примером. Мальтузианство родилось в социологии, его без критики заимствовал Дарвин и распространил на биологию. Откуда оно снова, вместе с триумфом Дарвина, обязанным не мальтузианству, а идее эво-

люции, вернулось в социологию в форме социалдарвинизма (по-новому, фашизма) со штампом «точной науки», «закона Дарвина» (в глазах многих наивных людей вроде французского писателя Клода Фаррера). Таких примеров можно привести много.

Надеюсь, сейчас для Вас станет более ясным допустимость и желательность «общей системологии». Я очень благодарен за Ваши замечания. Они наиболее содержательны из всех, полученных мной от моих друзей, наводят на много новых мыслей, показывают мне недостатки моего изложения и опровергают мнение нашего общего друга Б.С.Кузина, что с женщинами нельзя говорить о серьезных предметах.

Ульяновск

23 августа 1952 г.

Комментарий к диалогу

О роли классификации и систематики. Установление естественных границ в окружающем мире — начало любого творчества, в особенности научного. С разнообразием изучаемых объектов имеют дело многие ветви знания — астрономия, геология, химия, культурология и социология, психология и лингвистика. Достаточно напомнить, какую важную роль в познании имели и имеют законы и система Кеплера в астрономии, Периодическая система Менделеева в химии, система Е.С.Федорова в кристаллографии, таблицы геохронологии от кембрия до четвертичного периода, созданные геологами и палеонтологами в короткий период 1822—1841 гг. (Р.Мэрчисон, А.Седжвик).

Хорошая система — это событие в науке, концептуальное открытие, новое видение гармонии в хаосе фактов. И напротив, плохая классификация, особенно в социальной сфере, имеет пагубные последствия. Напри-

мер, деление наций на арийские и неарийские, «всесильное учение» о делении общества на базис и надстройку и на три класса. Герберт Уэллс, приехав в сентябре 1920 г. в Россию и встретившись с Лениным, был просто поражен, насколько большевики уверовали в марксову схему. Все это «сплошная чепуха», — резко заявил он в «Россия во мгле». «Я позволил себе прочесть им небольшую лекцию о том, что на Западе нет многочисленного “классово сознательного пролетариата”, разъяснив, что в Англии имеется по меньшей мере 200 различных классов». Уэллс знал о сложности систематики. Недалом в 30-е годы он вместе с известным эволюционистом Дж.Хаксли выпустил многотомную энциклопедию биологии. И возникает мысль шальная — а что если именно порочная классификация обеспечила революции успех? Ведь при разбиении социума хотя бы на шесть—восемь классов большеви-

кам вряд ли удалось бы замутить умы масс, сделав из порочной классификации руководство к разрушительным действиям.

Но вернемся к биологии. *«Систематика есть одновременно фундамент и венец биологии, ее начало и ее конец... Без систематики мы никогда не поймем жизнь в ее изумительном многообразии, возникшем в результате долгой эволюции»*, — таково мнение патриарха современной ботаники академика А.Л.Тахтаджяна.

Фундамент биологии был заложен гением К.Линнеем (1707—1778), который разработал иерархическую систему классификации. Каждый вид получал унифицированную, на едином для всех языке (латыни) бинарную номинацию — название рода и собственно вида, а также однозначное место в системе классов, отрядов и родов. Хотя границы и объемы таксонов непрерывно пересматриваются, линнеевская символика остается незабываемой уже более 2.5 веков.

Линней не только разработал принципы и методы систематики, но и единолично классифицировал тысячи видов растений и животных. Свою «Систему природы» он дополнял и усовершенствовал десятилетиями (13 изданий). Растения были подразделены на 24 класса и 116 отрядов, а животные — на шесть классов (млекопитающие, птицы, амфибии, рыбы, черви и насекомые), три из которых, как пишет Н.Н.Воронцов, и ныне рассматриваются примерно в том же объеме.

Линней верил, что ему удалось разгадать план, по которому Творец создавал мир живых организмов «в продвижении от простого к сложному, от малого ко многому... сколько есть ныне отрядов» [1]. Однако в то, что и как создавала Природа ниже отрядов, Творец, согласно представлению Линнея, не вмешивался. Дарвин расширил таксономические рамки творчества Природы. В последних словах «Происхождения видов» сказано, что Творец (Creator) лишь изначально «вдохнул жизнь в одну или несколько форм», а все остальное происходило по законам Роста и Репродукции, Наследственности, Изменчивости и Естественного Отбора. Заглавные буквы и порядок факторов по значению или силе их действия указаны Дарвином в заключительной фразе его книги. С этим подходом согласится, видимо, большинство биологов. Однако случилось так, что последний из факторов затмил все остальные, и дарвинизм стал синонимичен селектогенезу — учению о ведущей роли отбора в появлении разнообразия форм.

Идущая от Дарвина генеалогическая (генетическая) классификация основана на построении эволюционных древ. Неявно под-

разумеается, что предком каждого нового вида (таксона) должен быть какой-либо один вид (монофилия). Но это отнюдь не всегда. Эволюция царства эукариот мыслится ныне как цепь эволюционных синкоп — возникновение резко отличных от прошлых таксонов за счет симбиогенеза. Любимцев постоянно приводил пример лишайников — как появление таксона высокого ранга за счет симбиоза грибов и водорослей. Система многих видовых полиплоидных комплексов у растений предстает в виде многоузурчатой сети, нежели в виде одностволового древа. Отсюда идет предупреждение известного эволюциониста Н.Н.Воронцова, что поиски гипотетических промежуточных форм *«зачастую напоминают поиски “философского камня”*. *Чем тщательнее исследуется историческое развитие (филогенез) той или иной группы, тем менее картина взаимного расположения филогенетических линий напоминает древо»* [1. С.513]. В какой степени это заключение применимо к исторической лингвистике, к надеждам обнаружить исходный (ностратический) праязык человечества?

Биология и лингвистика: параллели и взаимные уроки. Лингвисты с сожалением и удивлением отмечают, что одно из достоинств биологии — созданная Линнеем строгая систематика объектов — до сих пор не было воплощено в лингвистике. Предложено два подхода классифицировать с единых принципов все разнообразие живых и вымерших языков, причем так, чтобы с этой системой можно было работать в Интернете [2]. В системе «**Этнолог**» (Etnologue: Languages of the World) не выделяется никаких таксонов; языки и диалекты группируются по 228 странам мира и установленным языковым семьям; обозначения даны на английском языке. «Этнолог» номинирует более 6700 языков, дает описание языковой ситуации в каждой стране и включает 112 карт (www.sil.org/ethnologue). В рамках этой системы сегодня работают около 6 тыс. сотрудников.

Альтернативную, подобную линнеевской, систему языков, реестр «Лингвосфера», создал лингвист из Великобритании Дэвид Долби. Она имеет три основных уровня классификации: на верхнем выделены сектора и зоны (по географии и языковым семьям), на среднем — отряды—звенья—ячейки, на нижнем — внешние, внутренние языки и диалекты. На среднем и нижнем уровнях классификация имеет вид иерархии, для степени сходства использованы данные лингвостатистических методов. Реестр учитывает более около 13800 «внутренних языков» и более 8800 их диалектов (www.linguasphere.org).

Развитие биологии и лингвистики шло параллельно, со взаимными влияниями и пересечением идей методов со времен Гёте (1740—1832). Он предложил термин **морфология** для анализа составных частей органов в биологии и для реконструирования исходного типа (архетипа). Морфологию слов и словоформ изучает грамматика, раздел лингвистики. Ныне предложены основы эволюционной грамматики в биологии.

Кювье (1769—1832) развил методы сравнительной анатомии и создал теорию корреляций, согласно которой все части организма взаимно подогнаны друг к другу и соподчинены в едином целом. По отдельным ископаемым частям Кювье блистательно реконструировал строение целого вымершего животного. Восприняв эти идеи и методы, лингвисты стали относиться к языку как к организму. «Они признали, что язык подвержен изменению и изменение одних элементов влияет на другие части системы» [3]. Закрепилась идея, что зная одни элементы языка, можно реконструировать и вымершие языки [4].

Современник Гёте и Кювье Август Шлегель (1767—1845) предложил в 1818 г. типологическую классификацию языков на три основных типа — изолирующие или аморфные, флексивные и агглютинативные. Открытие в эти же годы индоевропейской семьи языков и принципов соотнесения к ней внешне далеких языков (санскрит, латынь, греческий) стали фундаментом исторической лингвистики [3]. В этих открытиях ведущая роль принадлежит немецкому лингвисту Якобу Гримму (1785—1863). В обыденной жизни он вместе со своим младшим братом более известен как собиратель сказок, в числе которых знаменитая «Красная шапочка». Я.Гримм сформулировал правила или законы, по которым звуки преобразуются или трансформируются в разных европейских языках и обозначаются другими буквами. Надежда Яковлевна вспоминает, что изложение этих законов студентам ей ставили в вину на судилище в Ульяновске в 1953 г., подобно тому, как вскоре против Любищева было организовано преследование за признание законов Менделя.

По удивительному совпадению, практически в те же годы, когда Любищев и Н.Я.Мандельштам вели диалог о систематике, в биологии и лингвистике были сделаны два открытия, во многом определившие теорию и практику этих наук и приведшие к еще более тесному межнаучному скрещению понятий и методов. Это открытие генетического кода в биологии и метода глуттохронологии в лингвистике. Четыре основания ДНК стали именоваться как *буквы* генетического

алфавита, набор букв в гене как *слово*, а линейная последовательность оснований ДНК как *текст*. Семантика текста основана на выделении особых знаков *генетической пунктуации*, которые отделяют один ген (одно слово) от другого. Генетический язык по типологической классификации оказался флексивным, как и большинство индоевропейских (за исключением явно аморфного английского).

Добавление к корневой основе определено гена префиксов в виде сложной промоторной зоны или же в виде встраивания мобильных элементов меняет генную семантику. В тексте ДНК обнаружались и такие языковые конструкции, как *палиндромы*. Известны озорные палиндромы молекулярного биолога Б.Гольдшейна НЕ ГНИ ПАПИН (МАМИН) ГЕН или ИЗРЕДКА ТАК ДЕРЗИ. В текстах ДНК оказалось множество палиндромов, и они отнюдь не забава. Палиндромы связаны с вполне определенной генетической семантикой. В областях палиндромов линейная последовательность ДНК изгибается, создаются пространственные структуры типа спижек. Они ведут себя иначе, чем отдельный текст, опознаются особыми ферментами как дополнительные к основному тексту семантические единицы.

За 50 лет мы так привыкли к лингво-генетическим описаниям и представлениям, к понятию кода, что уже трудно представить, сколь новыми и необычными были эти идеи в момент их зарождения. Физику Георгию Гамову, предположившему, что тройка оснований в четыре буквы кодирует 20 аминокислотных слов, Национальная академия наук США (куда его в 1953 г. избрали), решительным образом не рекомендовала публиковать в трудах Академии статью «Возможное математическое соотношение между ДНК и белками». Сегодня это школьная грамота. Историки науки считают, что статья Гамова «привела в движение какие-то неведомые ему подводные течения, возбудила силы, о которых он и не подозревал» [5]. Что это за таинственные силы, — осталось неизвестным. Вариант ответа можно найти у Любищева. Предшественника Менделеева Ньюлендса, делавшего доклад о возможной периодической системе элементов, председатель собрания ехидно спросил, не пробовал ли автор классифицировать элементы по их начальной буквам. Если подобный председатель был в 1954 г. во главе редакции трудов Академии наук США, его реакция на статью Гамова предсказуема.

В своих заметках Любищев предложил использовать для классификации языков математический анализ «*сравнения звучаний од-*

номысленных слов... Сопоставляя таким образом языки, мы можем их классифицировать независимо от их структуры». Он заподозрил, что этот подход уже кем-то затронут среди последователей школы Р.Фишера. И угадал! В начале 1950-х годов американский лингвист Морис Сводеш предложил метод глоттохронологии на основе лексико-статистического сопоставления двух или более языков. В языковой группе выделяется базовый, или коровый, словарь из 100 или 200 слов и оценивается степень сохранения лексического звучания на данном промежутке времени. В случае индоевропейских языков оказалось, что языки, разделенные 1000 лет назад, сохраняют до 86% сходства звучаний в базовом словаре. При 60% сходства время разделения составляет около 1700 лет. Зная процент сходства, можно определить время дивергенции языков. Так, для разных пар балто-славянских языков были получены (в процентах) следующие степени близости: русский—украинский — 86; русский—польский — 77; русский—болгарский — 74; русский—латышский — 45; русский—литовский — 47. Границы применения этого метода для разных языковых семей все время уточняются [3, 4].

Аналогично глоттохронологии, в эволюционной биологии развились методы гено-систематики и геномики — сопоставление сходства и различия разных текстов ДНК. Наконец, за последние 10 лет появилось гиб-

ридное направление, названное археогенетика или палеогенетика [6]. В его рамках сопоставляются языковой и этнокультурный статус человеческих популяций с изменчивостью митохондриальных генов (материнская передача) и изменчивостью маркеров Y-хромосомы, которая определяет пол и передается неизменной от отцов к сыновьям.

И после дискуссии о систематике Любищев и Надежда Яковлевна Мандельштам вели дружественные эпистолярные диалоги на разные темы науки и культуры, избегая при этом «звериной серьезности». Стиль — это человек, поэтому закончу началом из одного письма Любищева к Надежде Яковлевне в 1955 г.

«Вы меня послали к черту за то, что я до сих пор не реагировал на присылку записок Осипа Эмильевича по поводу натуралистов, в частности Дарвина. Я бы не возражал от знакомства с чертом, так как люблю говорить с умными людьми независимо от их моральных качеств, а если судить по Фаусту, то Мефистофель там самая умная персона (сравните с дурацким хором ангелов в прологе). Но старая техника вызова черта утрачена, а адреса вы не сообщаете, поэтому воспользоваться Вашей любезной путевкой не в состоянии» [7].■

© Голубовский М.Д.,

доктор биологических наук

Институт истории естествознания и техники РАН

Санкт-Петербург

Литература

1. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М., 1999.
2. Коряков Ю.Б., Майсак Т.А. Систематика языков мира и база данных в Интернете (www.dialog-21.ru).
3. *Lehman*. Historical Linguistics: an introduction. N.Y., 1995.
4. The Cambridge Encyclopedia of Language. Cambridge, 2000.
5. Френкель В.Я., Чернин А.Д. Гамов в Новом свете // Российская научная эмиграция. Двадцать портретов. М., 2001.
6. Renfrew C. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2001. V.98. №9. P.4830—4832.
7. Любищев А.А. // Звезда. 1999. №12.

Новости науки

Астрофизика

Еще один гамма-всплеск совпал со сверхновой

Среди возможных объяснений природы гамма-всплесков длительностью порядка минуты и более ныне лидирует гипотеза об их связи со вспышками сверхновых. К несчастью, до сих пор надежно наблюдать гамма-всплеск одновременно со вспышкой сверхновой ученым удалось лишь однажды — в апреле 1998 г., хотя менее уверенные совпадения наблюдались и после этого¹. И вот — новое совпадение.

Космический гамма-телескоп «Swift» (НАСА) зафиксировал всплеск жесткого излучения GRB 060218 в созвездии Овна 18 февраля 2006 г. Менее чем через 3 мин были определены координаты всплеска: вспомогательный УФ-телескоп аппарата «Swift» навелся на нужную точку и обнаружил затухающее послесвечение². Вскоре к его наблюдениям подключились телескопы по всему миру.

С самого начала стало ясно, что всплеск необычен. Прежде всего, он длился около 30 мин, т.е. в 100 раз дольше, чем обычные длинные гамма-всплески. Некоторые ученые высказывали предположение, что это и не гамма-всплеск вовсе, а послесвечение какого-то другого объекта, расположенного внутри Млечного Пути. Но последующие наблюдения на многочисленных наземных телескопах позволили связать это послесвечение с небольшой галактикой, удаленной от нас на 470 млн св. лет. Такое расстояние слишком велико, чтобы на нем в этом диа-

пазоне можно было разглядеть что-то кроме гамма-всплеска. И все же GRB 060218 оказался намного ближе почти всех остальных всплесков, за исключением одного, о котором речь пойдет ниже.

Новый поворот в исследовании этого всплеска относится к 21 февраля 2006 г., когда А.Содерберг (A.Soderberg; Калифорнийский технологический институт, США) и ее коллеги с помощью 8.1-метрового телескопа «Gemini-South» (Чили) обнаружили сверхновую SN 2006aj, координаты которой в пределах точности совпали с координатами гамма-всплеска. К этому времени свет сверхновой уже затмил затухающее послесвечение гамма-всплеска.

Как уже отмечено, наблюдать сверхновую одновременно с гамма-всплеском удалось лишь однажды — 25 апреля 1998 г., когда всплеск, обнаруженный италодатским спутником «Верро-SAX», наложился на вспышку сверхновой SN 1998bw. Их совпадение стало одним из решающих доказательств в пользу того, что длинные гамма-всплески связаны со сверхновыми. Всплеск 18 февраля 2006 г. — новое свидетельство в пользу той же гипотезы.

У обоих событий много общего. Во-первых, апрельский всплеск тоже был очень близко расположен, точнее, еще более близко — расстояние до него составило всего 120 млн. св. лет. Во-вторых, оба события оказались довольно «тусклыми» по сравнению с другими длинными гамма-всплесками — их энергия в 10—100 раз уступает энергии большинства наблюдавшихся явлений (несмотря на большую длительность февральского события 2006 г.). Если бы подобные взрывы

произошли на расстоянии в миллиарды световых лет, наблюдать их было бы невозможно. Это открытие заставляет предположить, что мощные всплески, наблюдаемые практически по всей Вселенной, представляют собой лишь «верхушку айсберга». На самом же деле существует более многочисленное население всплесков низкой светимости, которые удается заметить, только если они происходят относительно близко.

Согласно распространенной модели, длинные гамма-всплески наблюдаются, когда ядро массивной звезды коллапсирует, образуя черную дыру или нейтронную звезду. Падающее вещество звезды закручивается в аккреционный диск вокруг коллапсара. При этом магнитное поле фокусирует часть вещества диска в два противоположно направленных джета, бьющих вдоль оси вращения с околосветовой скоростью. Гамма-излучение генерируется ударными волнами внутри джетов, а сама звезда взрывается как сверхновая типа Ib или Ic. Эти типы вспышек характеризуются отсутствием линий водорода в спектре сверхновой, видимо, потому, что богатые водородом внешние слои были сорваны звездным ветром, предшествовавшим взрыву. Сверхновые SN 1998bw и SN 2006aj относятся к типу Ic, что согласуется с моделью коллапсара.

Но остается без ответа важный вопрос: почему некоторые сверхновые типа Ib или Ic сопровождаются гамма-всплесками, а другие — нет? Ключ к решению вопроса, по-видимому, дает механизм вращения: если до коллапса звезда вращалась с высокой скоростью, то в момент взрыва часть ее энергии вращения могла каким-то образом передаться джетам, обусло-

¹ Гамма-всплески — взрывы сверхновых? // Природа. 2003. №7. С.76.

² <http://arxiv.org/abs/astro-ph/0603686>

вив возникновение яркого гамма-всплеска. Предшественниками слабосветящихся гамма-всплесков, подобных событиям апреля 1998 г. и февраля 2006 г., могли быть медленно вращавшиеся звезды, у которых большая часть энергии коллапса ушла на вспышку сверхновой.

© Вибе Д.З.,

доктор физико-математических наук
Москва

Астрономия

Как выбросить миллион звезд?

Шаровые звездные скопления (ШЗС) — старейшие обитатели Млечного Пути. В научно-популярной литературе их иногда называют реликтами эпохи образования галактик. Изучение ШЗС позволяет получить уникальную информацию о том, какие звезды образовывались в нашей и других звездных системах многие миллиарды лет назад. Однако на протяжении этого времени некоторые скопления подвергались приливным возмущениям со стороны Галактики, которые могли существенно исказить первоначальную картину распределения звезд ШЗС по параметрам. Любые попытки восстановить картину звездообразования в давнюю эпоху формирования этих скоплений будут неудачными, если мы не сможем разделить чисто эволюционные изменения параметров звездного населения ШЗС и изменения, «индуцированные» взаимодействием с гравитационным полем Млечного Пути.

Шаровые скопления движутся по вытянутому эллиптическим орбитам, периодически проходя через густонаселенные области Галактики. Подойдя слишком близко к внутренней плотной части Млечного Пути, шаровое скопление испытывает ее возмущающее влияние и начинает терять звезды. Под воздействием приливных сил из скопления в первую очередь выбрасываются наименее массивные объекты, что приводит к их

относительному дефициту. С течением времени функция распределения звезд скопления по массам, изначально сильно возрастающая в области малых масс, становится плоской, а число звезд в скоплении постепенно сокращается (заканчивается этот процесс полным разрушением скопления).

Обнаружить недостаток маломассивных звезд, вызванный приливными силами Млечного Пути, астрономам удалось уже у нескольких скоплений. Однако для более подробного исследования функции масс в ШЗС было желательно обзавестись «эталонным» скоплением, в котором распределение звезд по массам не подвергалось воздействию Галактики. Где Марки (G.de Marchi; Европейское космическое агентство) и его коллеги решили, что таким эталоном вполне может стать шаровое скопление NGC 6218. Его галактическая орбита определена с большими погрешностями, однако даже в рамках этих погрешностей она пролегает далеко от центра Галактики, сводя возможное воздействие приливных сил к минимуму.

Скопление NGC 6218 (M 12), расположенное в созвездии Змееносца на расстоянии в 23 тыс. св. лет от Земли, содержит порядка 200 тыс. звезд, большая часть которых имеет массу от 20 до 80% от массы Солнца. Де Марки и его коллеги с помощью многорежимного приемника излучения FORS1, установленного на телескопе VLT, измерили яркости и цвета свыше 16 тыс. звезд скопления со звездной величиной до 25^m. Поскольку расстояние до скопления известно, видимую звездную величину можно перевести в истинную и построить функцию распределения звезд скопления по светимости. Уже это распределение в NGC 6218 оказалось необычно плоским, причем и на периферии скопления, а не только в его ядре, где недостаток тусклых маломассивных звезд может быть обусловлен динамическими эффектами, связанными с большой звездной плотностью.

По известной зависимости масса—светимость авторы работы

преобразовали распределение звезд по светимостям в распределение по массам. По Галактике в целом и в большинстве звездных скоплений самыми многочисленными являются маломассивные звезды. Однако в скоплении NGC 6218 все оказалось не так. На его периферии относительная доля звезд по числу не зависит от массы, а в ядре массивные звезды и вовсе доминируют над маломассивными. «Скопление удивительным образом лишено маленьких звезд, — отмечает де Марки. — На каждую звезду с массой 1 M_{\odot} мы ожидали найти почти четыре звезды с вдвое меньшей массой. Наши наблюдения показывают, что на самом деле в целом по скоплению количество звезд различных масс примерно одно и то же».

В других подобных шаровых скоплениях, исследованных той же группой, функция масс имеет вполне ожидаемый вид, возрастая с убыванием массы. Известные же скопления с дефицитом маломассивных звезд — NGC 6712 и Pal 5 — совершенно очевидно испытывали на себе действие приливных сил Галактики, причем в последнем случае выброшенные из скопления звезды удаётся наблюдать непосредственно. С чем же может быть связано неожиданно плоское распределение звезд по массам в NGC 6218?

Можно, конечно, предположить, что такое ШЗС уже родилось необычным. Однако авторы работы предпочитают другое объяснение: куда более вероятно, что исследователи просто в корне неправильно представляют себе галактическую орбиту NGC 6218. Прежние оценки указывали, что это ШЗС никогда не приближается не только к центру, но даже к плоскости Галактики ближе чем на несколько килопарсеков. Однако если учесть самые современные данные, то может оказаться, что орбита NGC 6218 очень нерегулярна и в прошлом иногда проходила на расстоянии всего 600 пк от центра Галактики. Такое тесное сближение не могло пройти для скопления бесследно. По оценкам де Марки и его коллег,

NGC 6218 потеряло в четыре раза больше звезд, чем имеет сейчас, т.е. выбросило в гало Млечного Пути почти 1 млн светил. Процесс такой потери был, вероятно, постепенным. Если же он случился одномоментно, то завершился уже очень давно, так как в структуре скопления какие-либо признаки динамической катастрофы отсутствуют.

<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0512024>

Физика. Химия

«Умные» нанопокрывтия

На международной конференции, состоявшейся в 2005 г. в Берлине, специалисты рассказывали о последних достижениях нанотехнологий при изготовлении покрытий с новыми свойствами. Пример таких материалов — уже производимые лаки с наполнителем из наночастиц, сочетающие свойственную неорганическим кристаллам устойчивость к появлению царапин с гибкостью органических пластиков. Исследователи предложили заглянуть в будущее этой области наноприменений.

Важнейшая задача индустрии покрытий — борьба с коррозией. Сейчас кислород к поверхности металла проникает даже сквозь самые лучшие защитные слои. Разрушение начинается в микроскопических трещинах или раковинах, появляющихся при износе. Специалисты работают над материалами, наночастицы которых при активном окислении дефектных мест высвобождали бы ионы, подавляющие коррозию, а затем, после залечивания поверхности, прекращали бы высвобождение до следующей «атаки». Но коррозию «опознают» так называемые врожденно проводящие полимеры, а углеродные цепи, по которым текут заряды (как в микрочипах по проводникам), сами способствуют коррозии, если условия не контролируются. Конструирование «умных» покрытий, которые сохраняли бы защитные свойства в непредсказуемых условиях, — непростая задача.

Весьма актуально и создание наноматериалов, препятствующих распространению пламени. Они широко используются с 1970 г., однако более 90% смертельных случаев на пожарах связаны не с огнем, а с отравлением ядовитыми газами. К сожалению, многие из них выделяются именно огнезащитными покрытиями, так что поиск альтернативы составам, содержащим эпоксидные смолы или акрилаты, помог бы сохранить жизни людей. Сейчас создаются замедляющие возгорание покрытия с наночастицами оксидов алюминия и кремния. Малый размер частиц позволяет вводить их в водные суспензии, а не в токсичные органические соединения. Остается решить проблему относительно высокой (~100°C) температуры, необходимой для нанесения такого защитного слоя: покрывать им можно пока только металлы, но не стены внутри помещений, где это особенно нужно.

Другой подход — создание материала, способного подавлять огонь. Уже испытывается эластомер с керамическим наполнителем, при комнатной температуре выглядящий как обычный лак, а при возгорании мгновенно вспенивающийся. Исследователи покрыли им деревянную лестницу и подожгли ее, поддерживая температуру 900°C в течение получаса. После этого ступени лестницы остались весьма прочными (выдержали нагрузку 100 кг).

Еще одна область применения нанопокрывтий — борьба с бактериями. Специалисты по молекулярной биологии разработали защитное покрытие против биологического и химического оружия. Это биореактивный пластик с белками-наполнителями — ферментами и антителами, — которые обеззараживают поверхность, как только на нее попадают яды или патогены. Проблема, однако, состоит в том, что белки функционируют только внутри организма. Тем не менее уже установлено, что в материале, задерживающем воду (например, полиуретане), 60% ферментов остаются активными

на протяжении 20 недель. Из такого материала можно создать самоочищающуюся камеру, внутри которой человек будет в полной безопасности; можно нанести его на внешнюю поверхность защитной оболочки или построить с его помощью укрытие с системой, предупреждающей о начале невидимой атаки.

Антимикробные покрытия могут найти применение в операционных, а также в производстве медицинских инструментов, например зондов, которые должны длительно оставаться в теле человека. Главное препятствие сейчас — высокая стоимость антибактериальных нанопокрывтий. Однако можно надеяться, что в скором будущем с этим недостатком удастся справиться.

Science. 2005. V.309. № 5733. P.376–377 (США); http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_18/index.htm

Химия

«Бумага» из двухслойных нанотрубок

Открытые недавно двухслойные углеродные нанотрубки представляют собой гексагональные графитоподобные двумерные структуры, образующие вложенные друг в друга полые цилиндры. Они обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые до конца еще не исследованы. В первую очередь это объясняется тем, что существующие методы синтеза позволяют получать лишь очень небольшие количества данного вещества, к тому же сильно загрязненного частицами металлического катализатора, графитовыми наночастицами и нанотрубками других модификаций.

Преодолеть эти трудности удалось недавно группе специалистов из Японии, Мексики и США¹. Они разработали наиболее эффективный метод синтеза вещества — химическое осаждение паров с применением катализаторов на основе молибдена и железа. Смесь

¹ Endo M, Muramatsu H. // Nature. 2005. V.433. P.476.

Ag и CH_4 (в отношении 1:1) в течение 10 мин прокачивали через запыленный катализаторами реактор при температуре 875°C. Затем полученный материал обрабатывали на протяжении 10 ч при температуре 100°C 18%-м раствором соляной кислоты для удаления частиц катализаторов, после чего 30 мин обдували горячим (500°C) воздухом, чтобы избавиться от однослойных нанотрубок (они химически более активны, чем двуслойные) и частиц аморфного углерода.

После осаждения на фильтре получили бумагоподобный материал черного цвета с повышенной гибкостью, который, судя по результатам исследования с помощью просвечивающего электронного микроскопа, примерно на 95% состоит из двухслойных нанотрубок, объединенных в жгуты. Анализ спектров комбинационного рассеяния синтезированного вещества показал, что в нем присутствуют две группы таких трубок: в одной отношении внутреннего диаметра к внешнему составляет примерно 0.77:1.43, а в другой — 0.90:1.60.

http://perst.isssph.kiae.ru/Inform/perst/5_04/index.htm

Зоология

Симбионты оказались паразитами

Волокно (*Burbugus*) — два вида африканских скворцов, называемых еще буйволовыми скворцами, — широко известны своей необычной кормовой специализацией. Эти птицы находят в тесных симбиотических (взаимовыгодных) взаимоотношениях с крупными африканскими копытными, от слонов до бородавочников. Постоянно сопровождая пасущиеся стада, они выклеивают из толстой шкуры своих хозяев клещей и кровососущих насекомых и, кроме того, предупреждают травоядных об опасности, поднимая крик в случае приближения хищника. Однако в последнее время все больше накапливается наблюдений, которые по-

казывают, будто эти птицы, наряду со своей обычной диетой, могут пить кровь из ран животных, выступая, таким образом, в роли паразитов.

Подробно исследовать этот вопрос взялась группа ученых из Зоопарка г.Цюриха во главе с А.Мак-Эллиготом¹. В одном из обширных загонов этого зоопарка, демонстрирующего посетителям африканскую саванну, содержались вместе несколько черных носорогов (*Diceros bicornis*) и группа красноклювых волоклоев (*Berytbrorhynchos*). Несмотря на то, что эти птицы получали корм в избытке, большую часть времени хотя бы одну из них можно было видеть на одном из носорогов. Больше половины времени, проводимого на спинах толстокожих гигантов, волоклои занимались не чем иным, как пили кровь из небольших ранок, сделанных по преимуществу ими самими. Хотя носороги подчас предпринимали попытки согнать птиц, существенных результатов достичь им не удавалось.

Не исключено, что в природе волоклои меньше времени уделяют паразитическому способу существования, так как копытные там в избытке заражены разнообразными насекомыми, служащими пищей птицам. Для более точных сведений требуются дальнейшие наблюдения в природе. Но совершенно не исключено, что взаимоотношения волоклоев с копытными окажутся вовсе не симбиотическими, как это подчас рисуется во многих учебниках по экологии, а паразитическими.

© Опаев А.С.
Москва

Орнитология. Биоакустика

Трепещущие крылья рождают мелодию

Самцы многих видов птиц семейства манакиновых (Pipridae), обитателей тропических лесов на западных склонах Анд в Колумбии и на северо-западе Эквадора, мо-

¹ McElligot A. // Zoo Biology. 2004. V.23. №4. P.347—354.

гут производить механические звуки взмахами крыльев с сильно видоизмененными перьями. Этими звуками они привлекают самок в период токования. Считается, что морфологические изменения перьев развились у самцов под действием полового отбора — самки предпочитают самцов, наиболее выразительно исполняющих брачные танцы и песни, стараясь этим привлечь к себе внимание самок. Однако у разных видов манакинов эти особенности развились независимо и сильно разнятся по морфологии «звучащих» перьев и способу извлечения звуков взмахами крыльев. Но самый необычный способ характерен для одного из этих видов — *Machaeropterus deliciosus*: только он может производить не просто шум, а громкие мелодичные звуки.

Механизм извлечения таких звуков раскрыла орнитолог К.Боствик (K.Bostwick; Корнелльский университет, США) с помощью одновременной аудио- и видеозаписи токования манакина. Во время ритуальной демонстрации птица поднимает крылья над спиной и затем начинает очень быстро трясти ими вперед и назад, делая более 100 движений в секунду (типичная частота взмахов крыльями у колибри вдвое меньше, всего 50 раз в секунду). На одном из перьев имеется жесткий заостренный кончик, на соседнем — ряд поперечных гребней, расположенных друг от друга вдоль осевой линии пера (подобие стиральной доски). Жесткий кончик пера, поочередно задевая эти гребни, колеблется со звуковой частотой, издавая мелодичные звуки. Кончик касается каждого гребня дважды: сначала — когда перья сталкиваются, а затем — когда они вновь разъединяются. Это качающееся движение порождает 14 колебаний жесткого кончика пера за один цикл «трепетания» крыльями, что при частоте трепетаний 100 раз в секунду генерирует звук с частотой 1400 Гц на основной гармонике.

Такая биомеханика звукообразования — ребристая пластина-терка и скользящая по ней вибрирующая пластина — хорошо известна у многих насекомых, например у цикад, но никогда прежде не наблюдалась у позвоночных. По мнению Боствик, этот пример подчеркивает, насколько мощным формообразующим фактором может служить половой отбор.

Science. 2005. V.309. №5735. P.736. (США)

Микробиология

Метанотрофные бактерии — симбионты сфагнома

В глобальном цикле метана, второго по значимости (после CO₂) парникового газа атмосферы, важную роль играют болота. Именно здесь в анаэробных условиях обитают бактерии-метаногены, образующие CH₄ как побочный продукт окислительно-восстановительных реакций. Однако далеко не весь этот газ поступает в атмосферу. Часть его используют (для энергетических нужд, а также как источник углерода) другие бактерии — метанотрофы, которые существуют за счет окисления метана, сопровождающегося образованием углекислого газа: CH₄ + O₂ = CO₂ + H₂O. Поскольку для этой реакции необходим кислород, метанотрофы обитают в аэробной зоне водоемов и болот — над тем горизонтом, где сосредоточены метаногены.

Группа голландских исследователей под руководством А.А.Рагубарсинга (А.А.Raghoebarsing; Университет г.Неймеген) недавно обнаружила, что метанооксилюющей активностью обладает сфагновый мох *Sphagnum cuspidatum*, значительная часть которого погружена в воду. Однако другие виды сфагнома (*S.magellanicum* и *S.papillosum*), произрастающие в более сухих местах, таким свойством не обладали. Оказалось, что метан окисляют метанотрофы, которые присутствуют в бесцветных, лишенных хлорофилла, клетках листочков мха, находящихся под водой. В этих клетках (их на-

зывают гиалиновыми), пронизанных порами и наполненных водой, метанотрофные бактерии образуют скопления, хорошо различимые в световом микроскопе. Поскольку метанотрофы нуждаются в кислороде, возникло предположение, что они его получают непосредственно от сфагнома, вырабатывающего кислород в ходе фотосинтеза, подобно всем другим зеленым растениям. Метан поступает из окружающей растительной болотной воды (метаногены там обычно весьма активны), а выделяющийся углекислый газ, видимо, используется самим мхом.

Эксперименты с непосредственной оценкой включения в метаболизм CO₂, меченого стабильным изотопом ¹³C (а в других опытах — меченого тем же изотопом CH₄), показали, что примерно 15% углерода, связанного сфагнумом в процессе фотосинтеза, происходит из метана, который ранее окислили симбиотические метанотрофные бактерии.

Nature. 2005. V.436. P.1153–1156. (Великобритания)

Физиология

Дыхание растений не зависит от их размера

В 1932 г. М.Клейбер¹, проанализировав множество данных по скорости дыхания (как показателя интенсивности метаболизма) *R* птиц и млекопитающих, пришел к выводу, что эта величина растет пропорционально массе тела *W* в степени 3/4: $R \sim W^{0.75}$. Иными словами, крупным животным хотя и требуется больше энергии, чем мелким, но в расчете на единицу массы они расходуют ее меньше. Затем это правило было подтверждено А.Хеммингсеном на очень большой выборке организмов, включавшей также холоднокровных животных и одноклеточных². И хотя на графиках, построенных в логарифмических координатах, линия регрессии *R* по *W* для теп-

¹ Kleiber M. // Hilgardia. 1932. V.6. P.315–353.

² Hemmingsten A.M. // Rep. Steno Meml. Hosp. Nordisk nst. Lab. 1960. V.9. P.6–110.

локровных располагалась выше линии, характерной для холоднокровных (к примеру, какой-нибудь небольшой зверек потребляет в 20–30 раз больше энергии, чем такого же размера ящерица), наклон ее оставался неизменным, равным 3/4.

Немногочисленные данные по дыханию целых растений вроде бы также укладывались в эту зависимость, а вера в универсальность показателя 3/4 особенно укрепилась после публикации в 1997 г. работы Дж.Веста, Дж.Брауна и Б.Энквиста³. Они предложили математическую модель, объяснявшую появление показателя 3/4 через фрактальную структуру распределительных систем организмов: кровеносной у позвоночных животных, трахейной у насекомых или системы сосудистых пучков у высших растений. Правда, модель Веста подвергалась серьезной критике (например, польскими исследователями⁴). Некоторые авторы вообще полагали, что показатель 3/4 определен с большой ошибкой, а на самом деле скорость дыхания должна изменяться пропорционально массе тела в степени 2/3, как следует из соотношения площади поверхности и величины объема. Последняя точка зрения высказывалась уже очень давно, но, увы, анализ совокупностей эмпирических данных свидетельствует, что по крайней мере для животных показатель степени гораздо ближе к 3/4, чем к 2/3.

На фоне этих, казалось бы, устоявшихся представлений настоящей сенсацией стали данные по дыханию растений, полученные недавно П.Райхом из отдела лесных ресурсов Университета Миннесоты (Сант-Пол, США) совместно с коллегами из двух других университетов США, а также Института дендрологии Польской академии наук (Корник, Польша)⁵.

³ West G.B., Brown J.H., Enquist B.J. // Science. 1997. V.276. P.122–126.

⁴ Kozłowski J., Konarzewski M. // Funct. Ecol. 2004. V.18. P.283–289.

⁵ Reich P.B., Tjoelker M.G., Machado J.-L., Oleksyn J. // Nature. 2006. V.439. P.457–461.

Интенсивность дыхания оценивалась по выделению CO_2 в темное время суток, а объектами служили целые растения 43 видов, различающиеся по сухой массе на шесть порядков. Все растения были многолетними, среди них четыре вида древесных (два голосеменных и два покрытосеменных). Всего в опытах использовано около 500 растений: часть их выращена в теплице, а часть взята из природной среды.

В логарифмических координатах множество точек, отражающих связь дыхания растений с их размерами (сухой массой), разбилось на две совокупности, характеризующиеся одинаковым наклоном линий регрессии, но различающиеся пересечением с осью ординат. Одна отвечала растениям, выращенным в теплице, а другая — взятым из естественной среды обитания. Самое интересное, что наклон обеих линий регрессии значимо не отличался от единицы, т.е. дыхание растений росло прямо пропорционально их массе. Но в расчете на единицу массы крупные растения дышали с той же интенсивностью, что и мелкие.

Еще более любопытное заключение сделали Райх с соавторами, когда от массы растений перешли к общему количеству азота в растениях (подчеркнем, содержание азота определялось непосредственно в этом же исследовании). Эффект оказался просто потрясающим — все точки легли на одну линию, наклон которой значимо не отличался от единицы. Очевидно, что в естественной среде растениям часто не хватает азота, и отсюда менее интенсивная их жизнедеятельность, в том числе и скорость дыхания.

Авторы подчеркивают, что не рассматривают свои результаты как дезавуирующие теоретические построения Веста и его коллег. Не исключено, что у животных и растений зависимость дыхания от массы тела действительно отличается. У растений нет процессов, аналогичных тем, что происходят в капиллярах крове-

носной системы животных. А у животных нет расположенных по периферии органов, аналогичных листьям, — мест, где происходит интенсивный обмен с атмосферой, где идет как фотосинтез, так и дыхание.

© Гиляров А.М.,
доктор биологических наук
Москва

Сейсмология

Землетрясения в Балтике — неучтенный фактор риска

В бывшем СССР и России накоплен серьезный опыт сейсмического районирования и оценки опасности высокосейсмичных территорий. В меньшей степени это относится к регионам платформенным, а тем более — к акваториям в их пределах. Балтика в целом, как и ее восточная часть, к сожалению, практически выпали из рассмотрения специалистов. Такая недоработка особенно отчетливо обнаружилась после возникновения и изучения Калининградского землетрясения 21 сентября 2004 г. с магнитудой $M = 4.9$ и интенсивностью $I = 6.5$.

К важнейшим его чертам относятся: обширнейшая область ощутимых сотрясений ($R \approx 600\text{—}800$ км), их мультиплетный характер и сопровождающие это событие деструктивные проявления как на прилегающей суше, так и над очагами в акватории. Подобные признаки были характерны и для землетрясений XX в. — Скандинавского 1904 г. ($M = 7.1$, $I = 8$), Осмуссаарского 1976 г. ($M = 4.7$, $I = 7$). Между тем на существующей Карте сейсмического районирования России (ОСР-97) прибалтийские территории показаны с бальностью $I \leq 5$ и возможным превышением на 1% за сотни—тысячи лет.

Целенаправленный поиск и обработка сведений о прошлых землетрясениях в регионе позволили обнаружить около 20 тектонических событий с 5—7-балльным поверхностным эффектом в Восточной Балтике за послед-

ние 700 лет. Уже на данной стадии исследования выделяются очаговые зоны Нарвская, Таллиннская, Осмуссаарская, Венспилская, Самбийская, Лебская, где выявлены повторные события, из которых отдельные достигали, вероятно, интенсивности 7—8 баллов.

Преимущественное расположение эпицентров у берегов не должно вводить в заблуждение относительно сейсмичности дна акватории. Выявление очагов землетрясений в акватории — это вопрос времени и точности регистрации. Помимо собственно сотрясений, опасность могут представлять обнаруживаемые в ряде случаев сопровождающие их явления, такие как подводные и береговые оползни; разрывы и нарушения связности водонасыщенных грунтов на дне и берегах; залповые и фонтанирующие выбросы флюидов со дна; цунами и цунамиподобные явления. При перспективных разработках в области безопасности важно иметь в виду, что каждое последующее сейсмическое событие в регионе оказывалось до сих пор неожиданным по месту и силе, что определенно свидетельствует о невнимании к предыдущим землетрясениям и недостаточном знании закономерностей сеймотектонического развития региона.

Как показали Восьмые геофизические чтения им.В.В.Федынского (Москва, 2—4 марта 2006 г.), слабая изученность всего комплекса неблагоприятных проявлений в Балтийском регионе (и не только во времени, но и в пространстве), а главное — невнимание к полученным недавно данным со стороны специалистов и административных структур, ответственных за составление и реализацию крупных национальных и транснациональных проектов, абсолютно недопустимо ни с точки зрения безопасности, ни с точки зрения экономики.

© Никонов А.А.,
доктор геолого-
минералогических наук
Москва

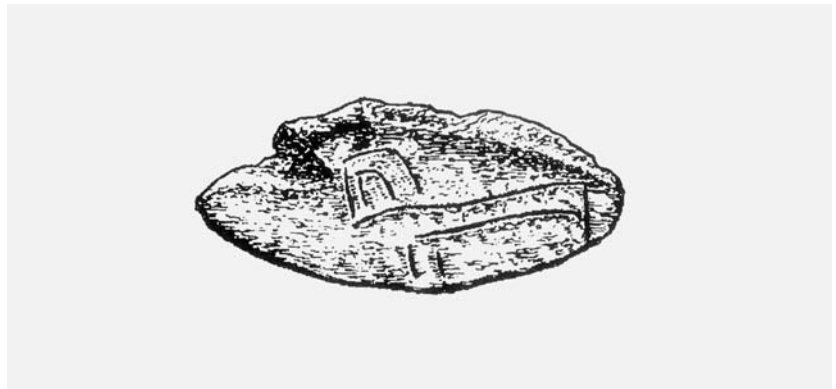
Предметы промысловой магии из святилища Кучерла

В Горном Алтае археологам известен уникальный комплекс — святилище Кучерла-1 (Куйлю), в котором выявлено сочетание разновременных петроглифов и связанных с ними многослойных культурных напластований¹. Недавно при камеральной обработке археологических материалов этого комплекса внимание В.И.Молодина (Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск) привлекли два оригинальных предмета, которые были найдены в третьем слое святилища, относящемся к эпохе раннего железного века; в этом же слое было обнаружено более 30 тыс. обломков костей и рогов различных животных.

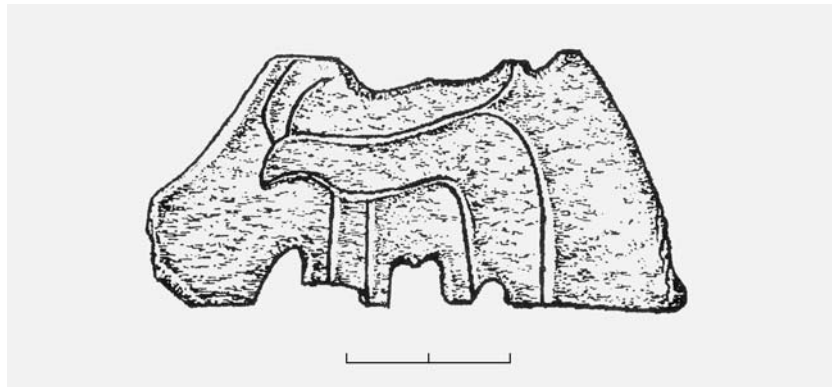
Автор изучил два небольших фрагмента костей, на которых выгравированы изображения горного козла. Одному из фрагментов придана форма овала. Рисунок нанесен на вогнутую поверхность рога и скорее всего выполнен металлическим предметом. Изображение отличается предельной схематичностью и условностью, пропорции тела не соблюдены, голова не проработана, прямыми штрихами показаны пара передних ног и одна задняя. О том, что на изделии представлен именно горный козел, а не какое-либо иное животное, свидетельствуют рога, переданные условно, однако воспринимаемые вполне однозначно.

Более интересно второе изделие, также выполненное на небольшом фрагменте рога. На плоской и слегка шлифованной поверхности нанесена толстой гравировальной линией фигура. Хотя изображение достаточно схематично, тем не менее присутствуют все основные дета-

¹ См., напр.: Деревянко А.П., Молодин В.И. // Проблемы хронологии и периодизации археологических памятников Южной Сибири. Барнаул, 1991.



Овальный фрагмент рога (5,5×2,3 см) с предельно условным изображением горного козла.



Фрагмент рога с нанесенным на него эскизом будущей скульптуры животного.

ли зверя. По мнению Молодина, на этом фрагменте кости представлен эскизный набросок, по которому древний мастер намеревался изготовить скульптуру. Видны начальные стадии этой работы: выполнив эскиз, мастер стал обрабатывать заготовку по контуру, высверливая и вырезая ножом ненужные части исходного материала. Однако по непонятной причине он оставил начатую работу и совершил обряд жертвоприношения, поместив это не вполне законченное произведение под стеной с петроглифами.

Горный козел — излюбленный объект охоты обитателей Горного Алтая. Семантический смысл святилища на р.Кучерла, по-видимому, связан с промысловой магией, истоки которой уходят в глубокую древность, а ее проявления сохра-

нились у многих аборигенных народов, и по сей день населяющих Сибирь. Вместе с тем находки в жертвенниках, которые сопутствуют наскальным рисункам животных, их же скульптурных изображений — явление нечастое и, несомненно, отражает какие-то конкретные обряды.

Раскопки третьего слоя культурного комплекса на р.Кучерла позволяют полагать, что суть мистерий, производимых рядом с наскальными изображениями, сводилась не только к нанесению рисунков и жертвоприношениям, но и к проведению ритуальной трапезы, о чем свидетельствует обилие костей животных и каменных очагов.

Сборник докладов международной конференции «Мир наскального искусства». М., 2005. С.186–189.

Забвение

«Я сделался чудесным травознайкою...»

А.К.Сытин,

кандидат биологических наук

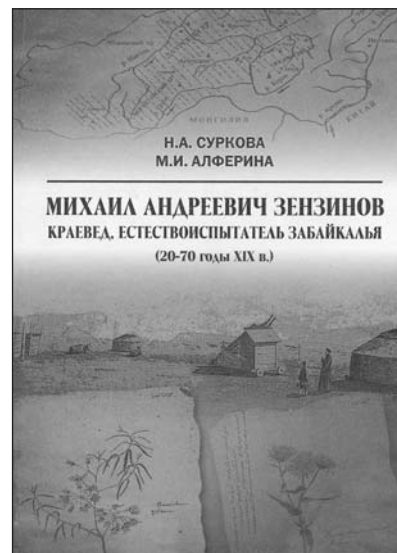
Ботанический институт им.В.Л.Комарова РАН
Санкт-Петербург

В биографо-библиографическом словаре С.Ю.Липшица «Русские ботаники» М.А.Зензинову посвящена целая страница [1]. Ботаник и краевед из Нерчинска, сборы растений которого хранятся в гербарии Ботанического института им.В.Л.Комарова РАН и Лесной академии в Петербурге, он также был корреспондентом Ф.Б.Фишера и К.И.Мейера, ведущих петербургских ботаников, и автором 18 ботанических работ. Однако даты жизни, равно как и биографические сведения, отсутствуют, и даже инициалы неверны.

Скудные сведения о Михаиле Андреевиче Зензинове (1805—1873) восполняет новая книга, опубликованная в Бурятии. Она хорошо издана — твердый переплет, цветные иллюстрации, справочный аппарат, включающий библиографию самого Зензинова (55 названий), списки источников, именной указатель (а точнее — аннотированный список персоналий) дополнен алфавитным перечнем фамилий со ссылками на текст, имеются указатели растений, животных и географических названий. Словом, авторы и издатели в пол-

ной мере обладают культурой, необходимой для публикации серьезного труда по истории науки и общества. Оба социальных института находят отражение в книге, создавая фон для героя повествования.

Купеческий род Зензиновых был богат, но Михаил Андреевич, человек весьма самобытный, обуреваемый страстью к познанию, не преуспел в коммерции. Капитал, оставленный в наследство вдове, составлял всего семь рублей. Казалось бы, и научное наследие Зензинова обратилось в пепел. В 1878 г., спустя пять лет после его кончины, собранные им коллекции растений и насекомых, манускрипты, свезенные на берег Нерчи, были сожжены вместе с делами нерчинского архива. Но детские впечатления о рукописях и гербарии деда, хранившихся в московском доме Зензиновых, сохранили воспоминания внука, впоследствии эмигранта, профессора Иллинойского университета В.М.Зензинова, и, по предположению авторов, они и составили основу личного фонда Зензинова в отделе рукописей Российской Государственной библиотеки.



Н.А.Суркова, М.И.Алферина. МИХАИЛ АНДРЕЕВИЧ ЗЕНЗИНОВ. КРАЕВЕД, ЕСТЕСТВОИСПЫТАТЕЛЬ ЗАБАЙКАЛЬЯ (20—70 годы XIX в.).

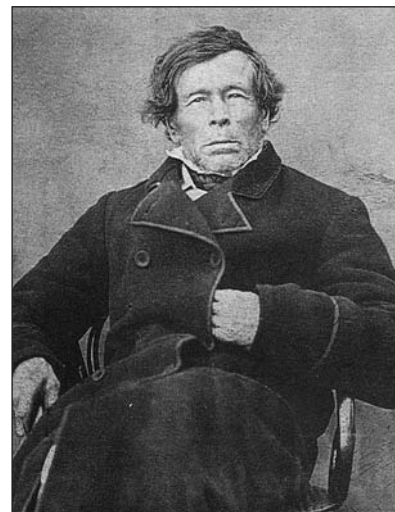
Улан-Удэ: Издательско-полиграфический комплекс ГОУ ВСГАКИ, 2004. 255 с.

Собранные по крупицам фрагменты рукописей вскрывают пласт самобытной культуры купеческого сословия Восточной Сибири, весьма отличной от нравов московского Замоскворечья, и это является важным достоинством книги. Деятельность Зензинова была посвящена ботанике и востоковедению, двум весьма утонченным родам интеллектуальной деятельности. Пример самовоспитания его как исследователя показывает, как споро могут преодолевать русские люди дистанцию, отделяющую первобытное полукрестьянское сознание от многовекового опыта европейской образованности. Страсть к познанию Зензинова была лишена честолюбия — член-корреспондент Географического и Вольного Экономического обществ, почетный гражданин города Нерчинска, автор более 60 статей подписывался псевдонимами «Ононский Пастух» и «Пастух-Даурец».

Интересы Михаила Зензинова касались сельского хозяйства, этнографии, но более всего медицины и ботаники. «Я сделался чудесным травознакою, изучаю тибетскую медицину, коею руководствуются ламы», — писал он декабристу Дмитрию Иринаруховичу Завалишину [1. С.145]. Зензинов руководствовался высокой целью — создать руководство по древней восточной медицине на русском языке, чему способствовали и знание им монгольского языка и даурской флоры. Оригинальные рисунки растений, воспроизведенные в книге, свидетельствуют о точности руки

и зоркости даровитого самоучки. Успешная практика Зензинова, стремившегося к наведению мостов между Востоком и Западом, доказывает плодотворность личной инициативы.

Уникальность ситуации определялась географией империи — близость Кяхты открывала дорогу в Китай, Забайкалье же было не только местом ссылки, но и поселения вольнолюбивых диссидентов. Задолго до ссылки декабристов в Нерчинске в 1780—1783 гг. жил Эрик Лаксман — блестящий натуралист, но строптивый человек, академическая карьера которого закончилась бегством из Петербурга со стрельбой и погоней. В 1772 г. природу Забайкалья изучал профессор П.С.Паллас, который неоднократно бывал в Чите. В этой связи необходимо упомянуть о деятельности чиновника читинской администрации Власова. «Друг и корреспондент Палласа, который и сам был обязан Власову за правильность сведений. У Власова был отличный ботанический сад местных растений края. Поэтому в его семействе были очень распространены ботанические сведения», — пишет о свойственнике Завалишин [2. С.349]. Его теща, дочь Власова — С.И.Смолянинова, — была крестницей Палласа. По-видимому, духовное влияние знаменитого ученого — восприемника и друга семейства, привносили любовь к истине и нерасторжимые с нею либеральные идеи в круг читинской интеллигенции. Сочувствуя ссылке женам декабристов,



М.А.Зензинов.

Смолянинова оказывала тайное посредничество в переписке, за что провела две недели под домашним арестом [2. С.366]. В переписке Завалишина и Зензинова Смолянинова упомянута по семейным обстоятельствам, из чего становится ясно, что узлы родства в этой среде определялись не столько сословными предрассудками, сколь душевными склонностями. Теме «декабристы и ботаника» посвящен один из последних томов «Научного наследства» [3]. Таким образом, утопии, завещанные эпохой Просвещения, имели свойство воплощаться на русской почве. Семена, посеянные ею, обладают большой жизнеспособностью, и сроки всхожести их измеряются веками, о чем свидетельствует и книга о замечательном краеведе Забайкалья. Ею открывается серия «Нерчинское купечество», вып.1; надеемся, что продолжение следует. ■

Р
о
с
с
е
т
с
к
и
е

Литература

1. Литвищ С.Ю. Русские ботаники. М., 1950. Т.3. С.368.
2. Дмитрий Иринарухович Завалишин. Воспоминания. М., 2003.
3. Естественнаучное наследие декабриста П.И.Борисова / Сост. О.А.Александровская, К.С.Куйбышева, В.К.Рахилин, Н.И.Сафонова. Научное наследство. Т.29. М., 2002.

Математика. Механика

С.М.Айзикович, В.М.Александров, А.В.Белоконь и др.
 КОНТАКТНЫЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ ДЛЯ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 240 с.

Контакт — это основной метод приложения нагрузок к деформируемому телу; кроме того, концентрация напряжений в зоне контакта часто инициирует разрушение материала, поэтому в механике деформируемого твердого тела контактные задачи считаются главными. Аналитические решения могут быть получены только для очень ограниченного класса контактных задач, а значит, важно развивать численные и численно-аналитические методы их решения.

Особое значение в настоящее время имеют контактные задачи для неоднородных сред, так как непрерывное изменение механических свойств по одной из координат характерно для многих тел, что связано с условиями их создания и эксплуатации.

Книга посвящена разработке и обоснованию новых эффективных математических методов, позволяющих решать статистические контактные задачи теории упругости для неоднородных сред.

Результаты, полученные в работе, дают возможность делать расчеты и определять параметры контактного взаимодействия функционально-градиентных материалов и могут быть использованы как в непосредственных инженерных расчетах, так и при оценке эффективности прямых численных методов.

Издание рассчитано на научных и инженерно-технических работников, специалистов в области машиностроения, приборостроения и других отраслей современной техники,

а также для преподавателей и студентов, изучающих область механики деформируемого твердого тела.

Геоморфология

С.С.Черноморец. СЕЛЕВЫЕ ОЧАГИ ДО И ПОСЛЕ КАТАСТРОФ. М.: Научный мир, 2005. 184 с.

Катастрофические селевые потоки приводят к радикальному изменению строения днищ горных долин. Отсутствие исследований изменений рельефа после селевых катастроф нередко способствовало тому, что природные процессы, обычно предшествующие очередному экстремальному событию, оставались незамеченными, и катастрофа снова происходила неожиданно.

В книге разработана концепция четырехстадийных циклов катастрофического селеформирования. Дело в том, что в первые годы после катастрофы происходят очень значительные преобразования очагов, когда перемещается большое количество рыхлого материала. Поэтому разработан способ расчетов объема селевой массы, прошедшей через каждое сечение русла в течение всего селя. Выявлены особенности ледово-водно-каменных селей по сравнению с другими типами селевых потоков. Предложена система новых показателей для характеристики селевых объектов. Прослежена адаптация рельефа к новым условиям после крупных селей. Приведены методика и результаты мониторинга селевых очагов в реальном времени и с помощью повторных съемок. Показана динамика рельефа до и после селевых катастроф на Центральном Кавказе.

Автор книги — геоморфолог, кандидат географических наук. Изучал последствия двух крупнейших природных ката-

строф последних лет — Герхожанской (2000) в Кабардино-Балкарии и Геналдонской (2002) в Северной Осетии, а также занимался мониторингом состояния селевых очагов в других долинах.

География

К.С.Померанец. ТРИ ВЕКА ПЕТЕРБУРГСКИХ НАВОДНЕНИЙ. СПб.: Искусство—СПб., 2005. 214 с. (Из сер. «Три века Петербурга».)

Наводнения — самые грозные стихийные бедствия в Петербурге. Это едва ли не первая научная проблема отечественной гидрометеорологии, прошедшая все стадии исследований — от визуальных наблюдений, описаний, измерений и накопления фактов до раскрытия причин этого явления и его прогноза на основе математической теории.

Автор книги — Ким Семенович Померанец, кандидат географических наук, — более 30 лет занимается изучением природы наводнений. В своем исследовании он рассматривает проблему этого грозного стихийного бедствия в самых разных аспектах: причины возникновения и механизм развития наводнений, их статистика и прогнозирование, защита от потопов. Самая объемная глава посвящена памятным петербургским наводнениям. Основу ее составляют описания очевидцев, документальные и мемуарные источники; в ней передана историческая атмосфера, воспроизведены неповторимые черты быта, языка каждой эпохи. В других главах рассматриваются научно-технические аспекты: статистика наводнений, их характер, причины возникновения, механизм развития, вопросы прогнозирования и защиты. Отдельная глава посвящена изображению наводне-

ний в художественной прозе и поэзии. Заключительная часть содержит краткую характеристику морских наводнений на побережьях Европы и других континентов. Представлена разнообразная наглядная информация — фотографии, графики, схемы, статистические таблицы.

Издание предназначено для широкого круга читателей — учащейся молодежи, туристов, экскурсоводов и всех, кто интересуется природой, географией, историей Петербурга. Книга отмечена дипломом Анциферовского комитета за популяризацию.

История науки

П.Н.Зырянов. АДМИРАЛ КОЛЧАК, ВЕРХОВНЫЙ ПРАВИТЕЛЬ РОССИИ. М.: Молодая гвардия, 2006. 637 с. (Из сер. «Жизнь замечательных людей».)

Александр Васильевич Колчак (1874—1920) прожил бурную и насыщенную событиями жизнь. Он был участником трех арктических экспедиций, защищал Порт-Артур, во время Первой мировой войны командовал Черноморским флотом. В разгар Гражданской войны возглавил «белое» государство, объединившее Сибирь, юг и север России и боровшееся против большевиков. На этом посту он потерпел поражение и погиб.

Фамилия Колчак турецкого происхождения. В переводе на русский язык она означает «боевая рукавица» — соединенная со стальной пластиной, такая рукавица защищала правую руку, а левая прикрывалась щитом. Основатель рода Колчаков, Илиас-паша Колчак, был комендантом турецкой крепости Хотин. В 1739 г. при Анне Иоанновне хотинский гарнизон сдался русской армии, а Колчак-паша отдал свою саблю.

Имя Колчак долго волновало Россию. Теперь, когда наступает время единения и согласия, необходимо вернуться к этой загадочной и трагической фигуре. Адмирал имел сложное мировоззрение. Большое влияние на него оказала японская философия с догматом самоотречения. В то же время это был человек действия. В книге он показан со всеми своими поисками, разочарованиями и ошибками, что не умаляет его мужества, стойкости, искренней преданности России, чьи интересы он ставил выше интересов своего режима и личной судьбы.

Автор, известный историк, попытался воссоздать подлинный образ Колчака, осмыслив большой массив исследований и документальных источников.

История науки

В.Л.Гинзбург. О СВЕРХПРОВОДИМОСТИ И СВЕРХТЕКУЧЕСТИ. АВТОБИОГРАФИЯ: Сборник статей и выступлений. М.: Физматлит, 2006. 228 с.

В 2003 г. автору этого сборника была присуждена Нобелевская премия по физике «за пионерский вклад в теорию сверхпроводников и сверхтекучих жидкостей». В издании опубликованы: Нобелевская лекция Виталия Лазаревича Гинзбурга, прочитанная им в Стокгольме 8 декабря 2003 г., статьи, освещающие его деятельность в области сверхпроводимости и сверхтекучести, а также включена основополагающая работа В.Л.Гинзбурга и Л.Д.Ландау «К теории сверхпроводимости». Книгу завершают автобиография, написанная по просьбе Нобелевского фонда («нобелевская» автобиография), и статья «Опыт научной автобиографии», дающая представление о научных работах автора и в других областях физики.

Издание предназначено для физиков — преподавателей средней и высшей школы, студентов и научных работников, а также для историков науки.

История науки

А.И.Еремеева. ИСТОРИЯ МЕТЕОРИТИКИ. ИСТОКИ. РОЖДЕНИЕ. СТАНОВЛЕНИЕ. Науч. ред. Г.М.Идлис. Дубна: Феникс+, 2006. 896 с.

Эта книга — результат долгой работы автора с архивами. На большом историческом материале анализируется история рождения и становления новой науки — метеоритики, разрешившей тысячелетнюю загадку «огненных шаров», «падающих звезд», «небесных камней» и вызвавшей революционную смену картины мира в минералогии, метеорологии и астрономии. Дается краткий обзор формирования метеоритной астрономии, зарождавшейся в недрах метеоритной концепции Э.Хладни и выделившейся в самостоятельную науку.

С уникальной полнотой и детальностью в книге представлен важный период в развитии естествознания, вся история первого российского метеорита Палласово Железо, сыгравшего ключевую роль в истории рождения новой науки; описана судьба самого Хладни, совершившего, по мнению автора книги, локальную научную революцию. В новом свете представлены многие события истории астрономии и минералогии, выяснены некоторые забытые имена и расставлены приоритеты. В заключительной главе автор, оттолкнувшись от истории метеоритики, развивает общий взгляд на концепцию научных революций и предлагает свое видение. Работа дает богатейший справочный материал для будущих исследователей истории науки.

Лугинины и Ветлужский край

Т.Н.Смирнова

Краеведческий музей г.Шарья (Костромская обл.)

Г.И.Любина,

кандидат исторических наук

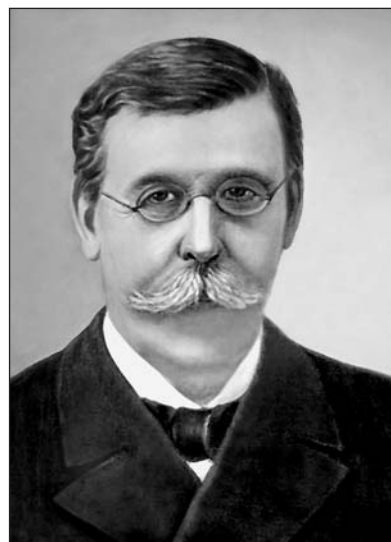
*Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН
Москва*

Имя известного химика Владимира Федоровича Лугинина (1834—1911) навсегда связано с историей Московского университета. Здесь в 80—90-е годы XIX в. он подготовил целую группу отечественных химиков, создал в 1892 г. первую в России термическую лабораторию. В 1897 г. ученый подарил университету библиотеку научной и художественной литературы, уникальную по подбору редких изданий, в 1903 г. передал оборудование своей лаборатории, едва ли не лучшее в Европе [1]. Менее известна работа Лугинина-земца. В 1789 г. его прадед, Максим Илларионович Лугинин, приобрел у князя Н.В.Репнина лесное имение с селами Рождественское и Николо-Шанга в 240 тыс. десятин земли, одну седьмую часть Ветлужского уезда Костромской губернии.

В начале XIX в. это был «глухой угол» России, малонаселенный, удаленный от крупных городов и дорог. Леса кормили местных крестьян и составляли основу экономического благополучия тамошних помещиков. Особенность лугининского хозяйства состояла в том, что здесь производили ленысырец для ткацкой фабрики села Алешино близ Тулы.

Ради производства льна и приобретались когда-то «лесные дачи» Лугининых. Истинным богатством их стал ценный строевой и поделочный лес, росший здесь в изобилии. Удобным было и местоположение сел — рядом проходил торговый тракт от Великого Устюга до Нижнего Новгорода, особенно многолюдный во время Нижегородской ярмарки. Основные торговые артерии — полноводные Ветлуга и Унжа, левые притоки Волги в верхнем ее течении, судоходные на всем протяжении вплоть до впадения в Волгу в районе городов Козмодемьянск и Макарьев, центров ежегодных лесных ярмарок, что позволяло сплавливать лес и мелкий лесной товар (деготь, дрова, тес, рожи). Ветлуга и Унжа занимали первое место по вывозу строевого леса и дров в уезде.

Всерьез обустройством ветлужских владений занялся Федор Николаевич Лугинин (1805—1884), отец Владимира Лугинина. Выпускник Московской школы колонновожатых, готовившей военных топографов для Генерального Штаба, в 1822 г. был отправлен на съемки в Бессарабскую губернию. Там, в Кишиневе, прапорщик Лугинин встречался со ссыльным А.С.Пушкиным. Федор Николаевич участво-



В.Ф.Лугинин. Портрет кисти шарьинского художника Вл.Крюкова.

вал в русско-турецкой войне (1827—1828) и в подавлении польского восстания 1830 г., был награжден орденами «за храбрость» [2]. В 1834 г. вышел в отставку в чине подполковника, женился на дочери сенатора П.С.Полуденского Варваре Петровне. Семья жила в Москве. Вскоре появились на свет Владимир, Святослав, Юрий и Мария. Вместе со старшими детьми Лугинин дважды выезжал за границу, где семья жила года по три. Последняя поездка завершилась в 1847 г. разрывом между родителями, стар-

шие дети остались с отцом. Федор Николаевич сначала жил в Москве, а когда подросли сыновья — в Петербурге, временами наведываясь в свои ветлужские владения, близко участвуя в делах их управления.

Федор Николаевич вступил во владение имением в 1823 г. и был рачительным хозяином. Он составил топографическую карту своих владений и согласно плану эксплуатировал лесные богатства, устроив дело так, чтобы не дать им превратиться в «притоны всякого лесного расхищения» (порубки, хищение луба и бересты) и уберечь от пожаров. Однако разрешал крестьянам в разумных пределах заготавливать бревна, заниматься бортничеством, собирать лыко, что уже давным-давно было запрещено у соседей. Но его нельзя было назвать «добрым барином». Ленъ, инертность, вороватость встречали решительный отпор со стороны хозяина. Он довольно скупко содержал своих уже взрослых сыновей, мало тратил на себя лично, зато жертвовал большие деньги на дела благотворительности.

О семье Лугининых шла добрая слава: в их владениях не знали ужасов крепостничества. Но хозяева Рождественского были слишком умны и совестливы, чтобы не замечать ужасающих условий, в которых жили и работали их крестьяне.

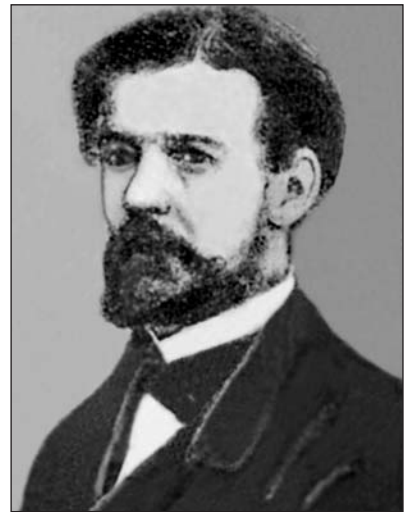
С приходом зимы, по первопутку начинался лесоповал и вывоз леса. Лесорубы жили в маленьких бревенчатых избушках «зимницах», наскоро сколоченных из сырого леса. В этих примитивных жилищах без окон, с лазом вместо двери, с топкой по-черному они коротали вечера после изнурительной дневной работы, иногда месяцами не видя семью. Не легче были условия весеннего лесоспла-

ва — бессменная работа по пояс в воде в любую погоду и короткий отдых у костра в холодную и часто еще ненастную пору ранней весны. В крестьянских семьях свирепствовали туберкулез, легочные, кожные и глазные заболевания, жители целых деревень повально страдали от сифилиса.

В таких условиях начинали свою просветительскую и благотворительную деятельность Лугинины. Их целью было посылить улучшить материальное положение крестьян, разбудить их сознание. Грандиозных и утопичных проектов не было, но шла планомерная работа на протяжении жизни двух поколений семьи, проводимая с завидным терпением и постоянством.

С начала 60-х годов сыновья подхватили эстафету благотворительной деятельности отца. Первым в Рождественском появился Святослав, в прошлом выпускник Михайловского артиллерийского училища. Он прожил короткую жизнь (умер от скоротечной чахотки в Ницце в апреле 1866 г.), но в истории земского движения оставил яркий след. Он участвовал в строительстве прогимназии в Ветлуге, уговорил крестьян нескольких волостей устраивать школы, создал склад для продажи народных книжек в своем имении, готовил издание карты Ветлужского уезда, тщательно изучил опыт местного самоуправления в странах Западной Европы, для чего неоднократно выезжал за границу.

Святослав Федорович выбирался мировым посредником, губернским гласным, председателем Ветлужского земского собрания, а с 1862 г. и до самой смерти оставался предводителем местного дворянства. Всероссийскую известность принесла ему пуб-



Святослав Лугинин.

ликация статей в русской периодической печати о земских учреждениях Бельгии, об охране леса и более всего почин в создании первой в России Рождественской ссудной кассы (этот факт был отмечен в отчете министерства финансов) и первого местного статистического общества в Ветлуге.

Вскоре после смерти Святослава в Рождественское приехал его младший брат Юрий. Выпускник Николаевского училища гвардейских юнкеров, поручик лейб-гвардии Финляндского полка, он в мае 1866 г. срочно уволился со службы «по домашним обстоятельствам» [4]. Спустя год он скончался от тифа, ухаживая за больными в отцовской больнице.

Владимир Федорович Лугинин стал единственным наследником громадного состояния. Закончив Михайловскую артиллерийскую академию, успев поучаствовать в Крымской войне и получить боевые ордена за проявленное мужество, он не захотел продолжать блестяще начатую военную карьеру. В 1861 г. в чине подпоручика Лугинин отказался от должности помощника уче-

Встречи с забытыми



Ю.Ф.Лугинин с женой
Е.Э.Бартельсон.

Встречи с забытым

ного секретаря артиллерийского отделения Военно-ученого комитета и вышел в отставку [5]. Следующие шесть лет он посвятил завершению научного образования и самостоятельным исследованиям в лабораториях западных ученых. Там же близко сошелся с А.И.Герценом, встретился с М.А.Бакуниным и с радикально настроенной русской молодежью из Гейдельбергского университета, чем вызвал неудовольствие правительства. Лишь благодаря энергичным хлопотам отца в 1867 г. он смог вернуться на родину, лето провел в Рождественском и уже осенью следующего года выехал за границу для лечения. С тех пор его жизнь раздвоилась между Россией и Западом, и так длилось до конца 80-х годов. Но даже находясь за границей, Лугинин не оставлял дела попечительства.

С чего начинали Лугинины-благотворители? Их заботило здоровье крестьян. В 1830 г., когда Федор Николаевич основал больницу в Рождественском, он взял на

себя все расходы по строительству и обустройству, по содержанию обслуживающего персонала и аптеки. Больница оказывала помощь жителям Рождественской и Николо-Шангской областей. Будни сельских медиков становились особенно напряженными, когда острые инфекционные заболевания перерастали в эпидемии.

В 1872 г. здесь боролись с эпидемией брюшного тифа, а два года спустя многие волости Ветлужского уезда были охвачены эпидемией оспы. Рождественская и соседняя Гагаринская больницы, где в течение многих лет велось оспопрививание местного населения, составляли приятное исключение. В 1893—1894 гг. силами сотрудников Рождественской больницы — фельдшеров Р.А.Иванчева и И.П.Виноградова, врача А.П.Лаговского — удалось подавить эпидемию тифозной горячки. Лугинин и Христорождественское приходское братство выдавали пособия выздоравливающим для улучшения их питания.

Заслугой сельских медиков стало то, что они приучали крестьян обращаться за медицинской помощью. Делалось это не столько за счет дорогого стационарного лечения (в последние десятилетия Рождественская больница ежегодно принимала 750—800 человек), сколько путем амбулаторных посещений — от 10—11 тыс. в 1893 г. до 15.7 тыс. в 1902-м [6].

Лугинин вникал во все подробности повседневного быта больницы, не исключая приобретение железных кроватей, столь понравившихся ему при посещении Ветлужской земской больницы. Он взял на себя все расходы, связанные с ее содержанием, и постарался обеспечить ее будущее. В 1901 г. он вложил в Государствен-

ный банк неприкосновенный капитал в 200 тыс. рублей. Этот капитал вместе с процентами должен был отойти Ветлужскому земству для содержания больницы. Земство получило землю со зданием больницы и другими постройками, а также школу в Рождественском.

1 августа 1875 г. по инициативе Федора Николаевича открылась больница в Николо-Шанге. Помещик построил дом и дал деньги на содержание четырех коек, еще столько же финансировались волостью, земство платило фельдшеру и поставило медикаменты и инструменты. Больница приняла в стационаре 52 человека и почти 3 тыс. проходящих больных. Курировал больницу земский врач А.И.Баскаков, лечил фельдшер П.А.Софийский, хозяйственные дела вел доверенный Лугинина из села Дороватово.

Ежегодно Владимир Федорович Лугинин отпускал значительные суммы на содержание больницы и готов был увеличить число коек, взяв на себя половину расходов на их содержание, с каждым годом увеличивались ассигнования земства. В конце XIX в. больница обслуживала не только местных крестьян, но и мещан Ветлуги, Вологодской и Вятской губерний, правда, с пришлых больных брали деньги за лечение.

Вступление Федора Николаевича во владение Рождественским в 1823 г. ознаменовалось открытием здесь школы, где с середины 50-х годов обучение вел старый священник Яков Тихомиров. После его смерти в 1871 г. занятия в школе прекратились. Тогда было построено новое здание для Рождественского народного училища. Теперь уже Владимир Федорович Лугинин стал его попечителем, он расходовал на училище ежегодно 2 тыс. руб.

Постепенно число детей, ходивших в школу, росло. Особенно динамичным был период с середины 70-х годов до начала 80-х: тогда число учащихся увеличилось почти вдвое и дальше оставалось почти неизменным. В 1896 г. школа имела 148 учеников. Курс со свидетельством прослушал 21 человек, и, тем не менее, по оценке Ветлужского земского собрания, процент окончивших обучение в Рождественском и земских школах был выше, чем в церковно-приходских.

Народная школа для мальчиков в Николо-Шанге была создана еще Федором Николаевичем Лугининым в 1861 г. и полностью содержалась за счет помещика. Он нанял для школы двух учителей, которым платил небольшое жалование. В 1911 г. в Николо-Шанге было уже шесть земских школ.

С началом земской реформы в 1864 г. благотворительная деятельность Лугининых вышла за пределы их частных владений. Организационный опыт этого семейства, их энергия и инициатива, всегдашняя готовность жертвовать на дела народного просвещения и медицины пригодились земскому движению. Особенно активно работал Владимир Федорович: время его управления Рождественским совпало с расцветом земского движения. Вплоть до конца 80-х годов он бывал в ветлужских владениях наездами по делам своего лесного хозяйства и всегда посещал собрания земства. Тогда же Лугинин стал приезжать в Рождественское вместе с семьей на лето.

Отец и сын Лугинины не раз выбирались гласными Ветлужского земского собрания, которое назначалось не реже, чем раз в год. Роль органа местного самоуправления выполняла управа. Роль гласных, выборных де-



Экспозиция «Лугининской комнаты».

путатов уездного земского собрания, была достаточно весомой. Они познакомились с отчетами управы, утверждали сметы расходов на год, выбирали мировых судей.

Гласный Лугинин был участником многих земских начинаний. Если ему случалось отсутствовать, то чаще всего из-за необходимости лечиться за границей. Несмотря ни на что, от него исходило много предложений: о приобретении для крестьян высококачественных семян льна, преобразовании системы обучения в сельских школах, создании токарных мастерских и др.

В 1895 г. Лугинин вошел в состав комиссии по строи-

тельству небольшого завода по сухой перегонке дерева. Он же предложил обратиться к директору Московского технического училища Рудневу с просьбой составить смету и план проекта в Министерство земледелия.

В конце 90-х годов земство было озабочено строительством северной железной дороги от Костромы на Ветлугу. В 1895 г. Лугинин вошел в состав комиссии по обеспечению экономического быта населения при строительстве дороги. В конце 80-х Владимир Федорович Лугинин принял на себя звание попечителя женской школы в Ветлуге с ежегодным взносом 200 руб.

серебром. В 1889 г. его же выбрали почетным попечителем Костромской губернской гимназии. Попечительство с 1896 г. над школой с. Майтихино Ветлужского уезда имело для крестьян благоприятные последствия: в 1901 г. Лугинин дал средства на строительство храма, а годом позже на ремонт школы.

Нелады со здоровьем подталкивали к переселению за границу. Врачи и семья настаивали, но сам Лугинин медлил: его увлекала преподавательская работа в Московском университете. Возможность внезапного отъез-

да за границу существовала с конца 90-х годов. Завершая свою деятельность в России, Лугинин сделал щедрые дары Московскому университету и ветлужскому земству. Благодарное земство послало ему, почетному гражданину Ветлуги с 1888 г., адрес и выделило 500 руб. на изготовление фамильных портретов. По желанию Лугинина деньги были пересланы в Петербург, где художнику был заказан его портрет.

Революция национализировала имение Лугининых, тем самым лишив его настоящего хозяина. Время и пожары довершили разрушение.

О былом великолепии лишь отдаленно напоминает усадебный парк. Добрая память о делах хозяев усадьбы живет в рассказах старожилов, которые законно считают Лугининых гордостью Ветлужского края.

Село Рождественское находится слишком далеко от избитых туристских маршрутов, местные предприниматели еще слабы для финансирования такого затратного и бесприбыльного проекта, как спасение исторического парка. Доживет ли он до нового хозяина, просвещенного предпринимателя и мецената? ■

Литература

1. Соловьев Ю.И., Старосельский П.И. Владимир Федорович Лугинин. 1834—1911. М., 1963; Меркулов А.В. Братья Лугинины, пионеры кредитной кооперации и первый кредитный кооператив в России. М., 1918.
2. РГВИА. Ф.489. Оп.1. №7071. Л.534—535.
3. Русский биографический словарь / Ред. А.А.Половцев. СПб., 1914. Т.10. С.710—711; СПб. ведомости. 1866 (5 апр.). №90. С.3.
4. РГВИА. Ф.400. Оп.9. №581. Л.2.
5. РГВИА. Ф.401. Оп.8. №574. Л.1—12; №564. Л.192—197.
6. Отчет Ветлужской уездной земской управы за 1875 г. Кострома. 1876. С.198; Отчет... за 1894 г. Кострома. 1895. С.289; Сборник постановлений Ветлужского уездного земского собрания очередной сессии 1902 г. Ветлуга, 1903. С.493.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.05.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1389
Набрано и сверстано в редакции

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