



УСПЕХ Артема Оганова

17 апреля 2008 г., ежегодная Генеральная Ассамблея Европейского Союза Геонаук. В одной из аудиторий Международного Центра в Вене импозантный молодой человек читает лекцию об открытии новых минералов в мантии и ядре Земли, в том числе минералов, обнаруженных на глубинах, которые можно смоделировать пока только на компьютере. Его имя – **Артем Оганов**, а повод для лекции – вручение медали 2007 г. Европейского минералогического общества за превосходные исследования (<http://www.univie.ac.at/Mineralogie/EMU/medal.htm>).

энергии – это топливо машин будущего. Мы уже предложили несколько интересных материалов. А нашим методом заинтересовались в таких компаниях, как «Интел», «Форд» и «Дженерал Моторс». К сожалению, из России никаких запросов пока не поступало.

ТрВ: Почему было так сложно предсказать структуру минерала, и в чем отличие алгоритма USPEX от ранее используемых алгоритмов? Каковы у него ограничения?

АО: Сложность связана с тем, что существует астрономически большое (строго говоря, бесконечное) число гипотетических структур для каждого соединения. Проверка устойчивости каждого из них совершенно нереальна. Многие группы пытались перебрать все структуры с малым числом атомов (в этом случае число структур не так велико, но риск пропустить стабильную структуру высок). Был предложен и ряд других, более

этого слоя необходимо для построения моделей динамики и эволюции Земли. Свойства слоя D'', изученные сейсмологами еще в 1950-е годы, оказались очень необычными и никак не находили разумного объяснения. В 1998-1999 гг. наш соотечественник Игорь Сидорин, в то время аспирант в Калифорнийском Технологическом Институте (затем, к огромному сожалению, отошедший от науки), предположил и обосновал, что эти аномалии обусловлены каким-то доселе не известным фазовым переходом в мантийных минералах.

Но свойства этого перехода, извлеченные Сидориным, были довольно странными, а уверенность в устойчивости перовскитовой формы MgSiO₃ (минерала, составляющего около 75% объема нижней мантии, или почти 40% объема всей Земли) слишком велика – в результате большинство исследователей проигнорировали эти работы. Открытие постперовскита,

на глубинах 1070, 1200, 1800 км реально существуют, хотя их природа неизвестна и они не так резко и повсеместно выражены, как разрывы на глубинах 410 и 670 км. Подходящие структурные переходы пока не известны (предлагалось несколько гипотез – переходы в SiO₂ или CaSiO₃, но они оказались несостоятельными). В подходящем диапазоне давлений/глубин обнаружен спиновый переход примесей атомов железа в главных нижнемантийных минералах, MgO и MgSiO₃. Но этот переход, по видимому, главный и не может обуславливать сейсмические разрывы. Возможно, решение следует искать в химических реакциях: распад или образование новых соединений может стать ключом к разгадке сейсмических границ Винника.

О ядре. За прошедшие несколько лет произошли огромные изменения нашего понимания ядра Земли. И вновь они связаны с нашими соотечественниками, живущими за границей. В 2003 г. Анатолий Белоножко из Уппсальского Университета (Швеция) предсказал новую фазу железа в условиях внутреннего ядра. Позже, в 2007-08 гг., он же показал, что свойства этой фазы хорошо соответствуют известным свойствам ядра, а сама эта фаза была экспериментально обнаружена в 2007 году Леонидом Дубровинским из Байройтского Университета (Германия) – хотя эксперимент и проводился при меньших давлениях и температурах, чем те, что существуют во внутреннем ядре. В том же 2007 году Аркадий Михайлушкин из Уппсальского Университета теоретически показал, что возможны и другие фазы железа и его сплавы во внутреннем ядре. Так что последнее слово о ядре еще не сказано.

Что же касается планет-гигантов и экзопланет, тут также огромный простор для исследований. Здесь мы сталкиваемся с совершенно другими мирами. Например, планетологам совершенно ясно, что в недрах Нептуна функционирует какой-то необычный механизм генерирования теплоты, не связанный с радиоактивным распадом. В 1981г. американский исследователь Марвин Росс предположил, что под давлением метан (один из главных компонентов Нептуна) разлагается на водород и алмаз. Тяжелый алмаз под действием силы тяжести падает внутрь этой жидкой планеты (приводя к скоплению огромных масс алмаза в недрах Нептуна) – так вот

гравитационная энергия падения частиц алмаза и есть тот самый источник тепла, согласно Россу. Эта идея была исследована итальянским теоретиком Анчелотто, а сейчас этим занялся и я. К сожалению, оказывается, что образование алмаза термодинамически невыгодно, и вопрос о происхождении тепла на Нептуне остается открытым. Есть и много других столь же увлекательных загадок.

ТрВ: Ну и, наконец, серия околонаучных вопросов. Вы окончили кафедру кристаллографии геологического факультета МГУ в 1997 г., после чего сразу же уехали в Англию, где получили Ph.D., а сейчас на постоянной основе работаете в Швейцарии. В чем кроется главная составляющая успеха Артема Оганова, в базовом образовании в Alma Mater или последующей учебе и работе за рубежом?

АО: Я очень благодарен судьбе за то, что так оптимально сложилась моя профессиональная жизнь: в России хорошее школьное и университетское образование, в Англии идеально делать аспирантуру, а в Швейцарии хорошо работать и жить.

ТрВ: В 2006 году Вы получили звание профессора МГУ. Что это, дань признания со стороны родного факультета или же возврат ему «долгов», т.е. накладывает ли это звание какие-либо обязательства по чтению лекций?

АО: Думаю, что это и то, и другое. Конечно, быть профессором МГУ почетно. Особенно для того, кто там учился. Но это еще и возможность внести хоть какую-то лепту в дело возрождения МГУ и российской науки. Время от времени я читаю лекции, а мои статьи теперь подписаны двумя адресами – швейцарским и российским.

ТрВ: В прессе звучат разные суждения о состоянии науки в России – от официозных, озвучиваемых, например, руководством РАН, что всё в порядке и едва ли не единственной проблемой является её недофинансирование, до апокалипсических, что разрушение науки уже достигло точки невозврата, когда никакие вливания денег не смогут изменить ситуацию к лучшему. Что Вы думаете по этому поводу?

АО: Мне кажется, правда посередине. В последние 3-4 года в нашей науке произошли большие изменения в лучшую сторону. Но было бы полной несуррицией говорить, что в российской науке все хорошо. Кстати, все положительные изменения происходят пока что только за счет увеличенного финансирования, закупки приборов и т.д. Я думаю, вливание денег поможет – поможет еще не уехавшим и не умершим талантливым российским ученым хорошо работать, даст стимул молодежи идти в науку.

Но этого совсем не достаточно, надо менять систему, вернуть уехавших российских ученых. Надо привлечь в Россию лучших иностранных ученых – так, как это делают все развитые страны, а сейчас начал и Китай. Так, как это делала Россия при Екатерине II и даже при

За свои 30 с небольшим лет Артем Оганов стал одним из самых известных, наиболее цитируемых минералогов-теоретиков мира. В частности, его совместная статья с японским экспериментатором Шигеаки Оно [1] о постперовскитовой минеральной фазе и природе слоя D'', находящегося на земных глубинах свыше 2.5 тыс. км от поверхности, за неполные четыре года (по данным Web of Science) была процитирована 177 раз. В 2006 г. им совместно с Колином Глассом был описан новый метод, названный USPEX (Universal Structure Predictor: Evolutionary Xtallography) [2], позволяющий рассчитывать структуру минерала для заданных температуры и давления исходя только из химического состава. Об этом методе, постперовскитовой фазе и некоторых околонаучных вопросах «Троицкий вариант» беседует с ведущим научным сотрудником Швейцарского Федерального Технологического Института в Цюрихе и профессором МГУ Артемом Огановым.

ТрВ: Аббревиатура USPEX имеет явное созвучие со словом «успех». Что это, просто красивое сочетание букв, или под этим кроется какой-то особый смысл? Какова краткая история разработки этого алгоритма расчета?

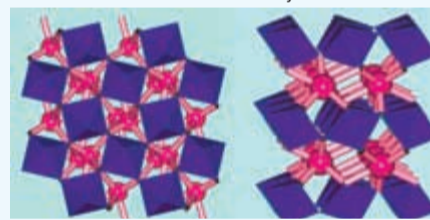
АО: Изобретение этого метода было большим успехом, поскольку большинство моих коллег не верило в то, что принципиально важная задача предсказания стабильной структуры исходя только из её состава вообще решаема. Люди бились десятилетиями над тем, чтобы решить эту задачу, но успехи были скромны. Я и мой аспирант Колин Гласс взялись за эту задачу 4 года назад. Бились целый год безуспешно и перед тем, как закрыть этот проект, решили попробовать последнюю пару идей. К нашему изумлению, эти идеи сработали. После этого путь дальнейшей разработки метода был уже ясен. Конечно, это был USPEX – или УДАЧА. Аббревиатура для метода родилась сразу же – тут и шутка, и невяная пропаганда русского языка. Теперь полимра знает, что по-русски значит «успех».

ТрВ: Если USPEX позволяет предсказать структуру минерала только по химической формуле, при любых значениях температуры и давления, с практически гарантированным, достоверным результатом, то это открывает просто невероятные горизонты в синтезе новых веществ с совершенно новыми свойствами. Просто «кидай» набор элементов в «топку» компьютера и смотри, что получится. Это уже реалии сегодняшнего дня или всё же перспективы далекого будущего?

АО: Вы правы, возможности метода велики, и его потенциал для изобретения новых материалов весьма велик. Но в науке не бывает «палочки-выручалочки», расчеты с помощью любого нового метода требуют не только значительного компьютерного времени, но и хорошей подготовки и усилий. Зато цель – получение новых материалов – вполне оправдывает такие усилия. В области материаловедения мы пытаемся прийти к новым сверхтвердым (в идеале – тверже алмаза) и сверхпроводящим материалам, недавно начали изучение новых материалов для водородной

Наша справка: Мантия Земли – обширный регион, простирающийся с подкорковых глубин (прим.: на континентах средняя толщина коры составляет около 40 км) до ядра, расположенного на глубинах почти в 2.9 тыс км. Верхняя часть мантии сложена преимущественно перидотитом (прим.: от устаревшего названия оливина – перидот) – горной породой, состоящей из оливина, ромбического и моноклинного пироксена (а также некоторого количества других минералов, например граната). С ростом давления эти минералы претерпевают структурные перестройки с резким увеличением плотности. Второй по распространенности мантийный минерал – ромбический пироксен MgSiO₃, – начиная с глубин 410 км, претерпевает серию структурных перестроек и в конечном итоге на глубине 660 км приобретает структуру перовскита – минерала, имеющего формулу CaTiO₃ и кристаллизующегося во многих щелочных магмах вблизи к поверхности Земли. Магнезиальный перовскит, или, на сленге геофизиков, – просто перовскит, устойчив почти до самого ядра Земли.

В 2004 году Артемом Огановым было теоретически предсказано, что при давлениях порядка 130 гигапаскаль перовскит преобразуется в новую кристаллическую фазу (см. рисунок), получившую название постперовскит, которую Шигеаки Оно экспериментально синтезировал в лаборатории. Практически одновременно постперовскит был также синтезирован в Токийском университете [6]. Перовскит и постперовскит составляют почти 75% всей мантии глубже 650 км.



Структуры перовскита (слева) и постперовскита (справа). Красными шарами показаны атомы магния, а положение атомов кислорода вокруг атомов кремния – синими октаэдрами (http://archiv.ethlife.ethz.ch/articles/tages/D2_Schicht1.html).

Основное ограничение нашего метода – это число атомов в ячейке; он работает надежно и быстро для систем, содержащих до ~100 атомов в ячейке – намного больше, чем в других методах. Я и мой постдок Андрей Ляхов, талантливый молодой физик из Украины, сейчас разрабатываем методы, которые могут позволить увеличить этот порог во много раз.

ТрВ: «Постперовскит» сегодня на слуху у многих, хотелось бы узнать в двух словах, в чем заключается важность этой минеральной фазы для геофизики.

АО: В самой нижней части мантии Земли, на границе с ядром, есть странный слой D''. Это тот самый слой, через который тепло ядра переходит в мантию, где зарождаются мантийные плюмы. Понимание

последовавшее в 2004 г., с удивительной точностью подтвердило предсказание Сидорина и дало простое объяснение практически всем аномалиям (ТрВ – см. график динамики цитирований статей И. Сидорина).

ТрВ: Итак, слой D'' получил свое объяснение за счет фазового перехода перовскит/постперовскит, некоторые другие сейсмические разрывы мантии Земли также объясняются изменением структуры минералов при увеличении давления, напрямую зависящего от глубины. Однако существуют дискутируемые сейсмические разрывы; в частности, Лев Винник из ИФЗ РАН пишет о разрывах на глубинах 1070, 1200, 1800 км. Можно ли ожидать, что и они окажутся связанными с изменением структуры каких-нибудь минералов? Опять же условия в ядре Земли пока не могут быть воспроизведены в лабораторном эксперименте. Иными словами, следует ли ожидать громких открытий для Земли, или же наиболее интересные вещи кроются в других планетах, например в газовых гигантах?

АО: Лев Винник, пожалуй, самый известный наш сейсмолог, и за его работами я внимательно слежу. Надо признать, что сейсмические разрывы

гам совершенно ясно, что в недрах Нептуна функционирует какой-то необычный механизм генерирования теплоты, не связанный с радиоактивным распадом. В 1981г. американский исследователь Марвин Росс предположил, что под давлением метан (один из главных компонентов Нептуна) разлагается на водород и алмаз. Тяжелый алмаз под действием силы тяжести падает внутрь этой жидкой планеты (приводя к скоплению огромных масс алмаза в недрах Нептуна) – так вот

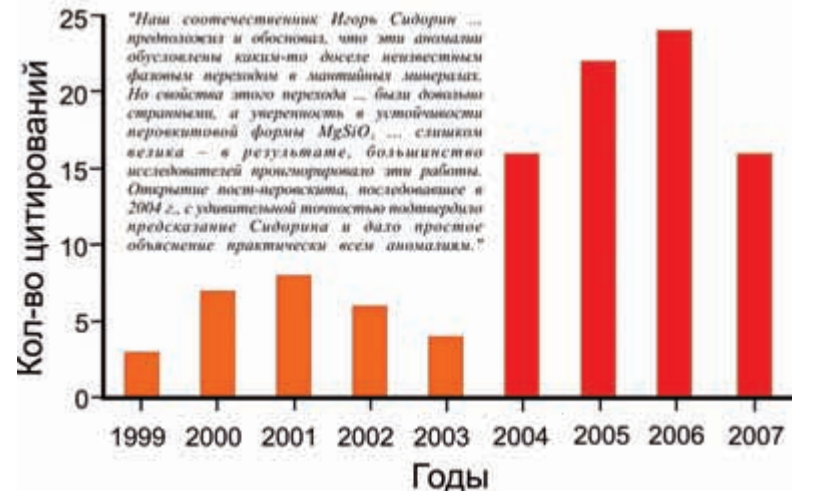


Рис. Динамика цитирования статей Сидорина и др. [3-5], до (оранжевые столбцы) и после (красные столбцы) открытия постперовскитовой фазы.

тиранах вроде Анны Иоанновны и Сталина, который, кстати говоря, привлек немало американских инженеров к мегапроектам вроде Магнитогорска и ДнепротЭСа. Швейцарец Леонард Эйлер (1707-1783) и австриец Пауль Эренфест (1880-1933) были российскими подданными: Эйлер умер в России, а Эренфеста с его русскими женой и детьми прогнала революция.

Вообще, наука по определению должна быть открытой – изоляционизм есть худший яд для науки. Но привлечь свою молодежь, своих эмигрировавших ученых и иностранных ученых только большой зарплатой не удастся. Одна из наших проблем в том, что в России слишком много «организаторов науки», функция которых часто сводится к тому, чтобы быть камнем на шее ученых (эффективность организаторской деятельности, судя по результатам, очень часто никуда не годится). Надо дать ученым свободу творить без давления чиновников и «организаторов науки», а чтобы эти уважаемые лица не обижались, для нового поколения ученых было бы хорошо устроить новые научные центры, где такая свобода была бы возможна вне досягаемости от «организаторов» (лучше всего вдалеке от столиц с их дорогим жильем и суетой).

Академия наук тоже переживает не лучшие времена, и это не удивительно – критерии и процедура выборов в Академию далеки от науки. Вспомните «золотой век» советской науки, когда в 26 лет Лев Ландау стал доктором наук без защиты, профессором в 27 лет и академиком в 38 лет. А теперь посмотрите на нынешнего всемирно признанного гения Григория Перельмана, у которого нет никаких подобных отличий. Похоже, никому нет дела не до Перельмана – до науки. Пока что науку используют в целях саморекламы – это уже неплохо, но лишь настоящий энтузиазм способен поднять ее. Не знаю, дождемся ли мы правильных шагов от государства, но я верю в восстановление нашей науки. Вопрос только в том, каковы будут ее функции – превращение России в интеллектуальную и технологическую Мекку или же подпитка иностранных научных «мекк» новыми кадрами.

Вопросы «Троицкого варианта» задавал Алексей Иванов

Литература:

- Oganov A.R., Ono S. Theoretical and experimental evidence for a post-perovskite phase of MgSiO₃ in Earth's D" layer // Nature. 2004. No. 430. P. 445-448.
- Oganov A.R., Glass C.W. Crystal structure prediction using evolutionary algorithms: principles and applications // J. Chem. Phys. 2006. No. 124, art. 244704.
- Sidorin I., Gurnis M., Helmberger D.V. et al. Interpreting D" seismic structure using synthetic waveforms computed from dynamic models // Earth and planetary science letters. 1998. V. 163. P. 31-41.
- Sidorin I., Gurnis M., Helmberger D.V. Dynamics of a phase change at the base of the mantle consistent with seismological observations // Journal of Geophysical Research. 1999. V. 104, B7. P. 15005-15023.
- Sidorin I., Gurnis M., Helmberger D.V. Evidence for a ubiquitous seismic discontinuity at the base of the mantle // Science. 1999. V. 286. P. 1326-1331.
- Murakami M., Hirose K., Sata N., et al. Phase transition of MgSiO₃ perovskite in the deep lower mantle // Science. 2004. V. 304. P. 855-858.



Алексей Куприянов, кандидат биологических наук, преподаватель Санкт-Петербургского филиала Высшей школы экономики, историк науки, журналист, автор многих статей научной тематики информационно-политического портала «Полит.Ру»:

Тяжелое наследие старого порядка: Академия наук как придворный институт раннего Нового Времени

Петербурге петровского времени. Что за организацию пытались там создать? На какие модели опирались составители проекта?

К началу XVIII века в Европе имелось два принципиально различных типа учреждений, именовавших себя академиями. И те, и другие получили свое название в честь платоновской академии, и те, и другие – в пику католическим университетам, доставшимся в наследство от средневековой Европы.

Учреждения первого типа были высшими учебными заведениями, открытыми в протестантских землях после Реформации, частично на базе захваченных католических университетов, структуру которых они имитировали. В состав наиболее крупных из них входило четыре классических факультета: общеобразовательный философский (бывший факультет искусств) и три факультета для подготовки к «профессиям»: медицинский, юридический и протестантского богословия. Многие из крупных и известных протестантских академий (например, Лейденская, Упсальская, Геттингенская) сохранились и до наших дней (и по сей час в их латинском наименовании сохранилось слово «академия», хотя на национальных языках их давно называют университетами).

Учреждения второго типа начали формироваться при монарших дворах. Сначала в итальянских государствах, потом – во Франции и Империи. Эти маленькие придворные академии наук, сложившиеся в условиях старого порядка в XVII-XVIII веках, выражали другие функциональные потребности того времени. Они обеспечивали двор научно-технической экспертизой, присматривая за монаршим садом, зверинцем, музеем и библиотекой, составляя календари, давая заключения по вопросу о том, кому следует выдать патент, как устроить фейерверк по какому-нибудь торжественному случаю, где следует установить громотводы, кому присудить премию за решение конкурсной задачи и т. п.

Станным образом Академия наук и художеств в Санкт-Петербурге должна была сочетать функции тех и других, а по возможности и кое-какие еще. Например, с самого начала было положено завети при академии университет и гимназию, и, хотя с академическим университетом дело так и не пошло, гимназия с грехом пополам дожила до конца XVIII века. В целом такая маленькая придворная Академия наук (число одновременно действующих профессорско-академиков не превышало в XVIII веке полутора десятков) вполне соответствовала задачам своего времени. Она исправно обеспечивала двор

одами, фейерверками, показательными диспутами по торжественным случаям и мелкой научно-технической экспертизой. В качестве побочного продукта – издавала академический журнал на латинском языке, а также городскую газету и много чего еще, поскольку в её состав входила одна из крупнейших светских типографий России. В состав Академии входили и всевозможные мастерские. По мере сил помогала в попытках сделать страну хотя бы немного более управляемой. Необъятная Сибирь была опутана сетью маршрутов академических экспедиций, пытавшихся инвентаризовать естественные богатства Российской короны.

Не надо, однако, забывать, что это было другое время и другая наука. Ситуация несколько изменилась в течение XIX – начала XX века с появлением зачатков университетской системы (к революции 1917 г. Россия подошла с десятком университетов – примерно вдвое меньше, чем в Германии того времени), однако качественный скачок был еще впереди. Количество людей, вовлеченных в производство научного знания, перевалило за два десятка и теперь измерялось немногими сотнями человек, но старая система управления этим немногочисленным хозяйством все еще работала, отвечая скромным научным запросам государства.

Перелом наступил на рубеже 1920-1930-х годов, когда начался взрывной рост численности научных работников и научных учреждений, в том числе и подведомственных Академии наук, в 1934 г. переведенной в Москву. В это же время АН СССР на долгие годы приобретает полную автономию: ранее подведомственная Наркомпросу (что соответствовало традициям царской России), она переходит в 1933 г. в непосредственное подчинение Совнаркома, а далее – Совмина, фактически став сама себе Министрством науки. К началу Второй мировой войны численность АН СССР выросла в разы: 119 академиков и 182 члена-корреспондента, около 200 учреждений, более десяти тысяч сотрудников.

По образу и подобию АН СССР была создана целая сеть отраслевых академий (ВАСХНИЛ, АМН СССР и др.), а затем – сеть региональных отделений. Счет научных работников в целом по стране шел уже на десятки тысяч. Эта армия была расквартирована по разросшейся системе невиданных ранее научно-исследовательских институтов АН СССР, научным станциям и лабораториям, отраслевым НИИ, в меньшей степени – вузам (к 1939 г. – 1557 учреждений). К концу войны, несмотря на все лишения и потери, их число перевалило за 2000.

В плане управления наукой это привело к централизации и выстраиванию иерархических властных отношений в рамках кампании, заложившей основы советского академического разделения труда. Одно-временная борьба с «дублированием тематик» и «мелкотемьем», проводившаяся под лозунгами экономии средств на исследования, привела к тому, что научные направления были аккуратно распределены между НИИ АН СССР и многочисленными отраслевыми НИИ.

В некоторых областях это приводило к сверхцентрализации, когда за какое-либо направление отвечал единственный на всю страну институт. В этой ситуации достаточно было занять ключевую управленческую позицию, и под той оказывалась целая властная пирамида, которая, как по команде, готова была развернуться за новым лидером. Собственно, одним из побочных эффектов этой системы организации науки и стала лысенковщина. Достаточно было в несколько ходов поменять Вавилова на Лысенко и слегка надавить – и вся генетика на долгие годы пошла под откос. Да и уцелела она, кстати, в полуподполье благодаря тем же замечательным структурным особенностям – в неподвластных Лысенко сегментах; например, под эгидой атомного проекта генетики могли относительно спокойно работать все тревожные годы.

Сама академия, на мой взгляд, окончательно перестала быть местом производства знаний и даже организации экспертизы. Все это ушло в те места, где идет реальная работа, – в академические и отраслевые НИИ. За собственно АН остались только функции организации показательных идеологических кампаний (зачахшая в 1950-е) и так называемого планирования в области науки. Планирование науки – это учтивое название для происходящего на не вполне прозрачных основаниях дележа некоторой части «научного» бюджета и процедуры утверждения плановых тем исследований в подведомственных АН институтах и отчетов по ним.

Мы, собственно, и поныне живем в системе, основные структурные особенности которой сложились в 1930-1960-е годы. Она немножко покосилась и подразболталась, но не стала от этого эффективнее в отношении управления процессами производства знаний, а ввиду перехода страны от плановой экономики к рыночной еще и несколько оторвалась от реальной социальной практики.

Такой системы академий, с такой степенью централизации власти и контроля за финансовыми потоками, нет более нигде в мире (даже на постсоветском пространстве эта модель значительно утра-

тила позиции). Призрачным утешением может послужить то, что кое-где хотя бы придворные академии сохранились в близком к прежнему объему (и с близкими функциями – разве что вопрос об одах и фейерверках утратил прежнюю остроту), например в Швеции. Однако не надо забывать, что масштабы Швеции – не масштабы России. Все население этой маленькой северной страны меньше, чем население Москвы, а наши полмиллиона научных работников просто не смогли бы найти там работу – их на порядок больше, чем тех, кто вовлечен в R&D в Швеции. В России XXI века не годятся организационные решения образца XVII-XVIII вв. в масштабе 25:1. Сталинская сверхцентрализованная академия, ослабленная постперестроечным хаосом, вряд ли может выжить в стране, в которой больше нет плановой экономики. Тут нужно что-то другое.

Даже в XVIII веке не вся наука была сосредоточена в Академии, но тогда можно было хотя бы сказать, что науку действительно движут вперед те 10-15 академиков, которые состоят в штате. Ныне, в начале XXI века, подобное утверждение нельзя было бы признать верным. Науку движет вперед уже не РАН как таковая, даже с ее более чем четырьмя сотнями действительных членов и более чем шестью – членов-корреспондентов. Науку движут полмиллиона научных работников. Возможно, они делают это не лучшим образом, но если ориентироваться на передовые отряды, то подсчет количества цитирований показывает, что академики не сильно выделяются на общем фоне. Ликвидация РАН или её радикальная реорганизация не означает закрытия научно-исследовательских институтов, в которых и идет реальная работа.

Вопрос о том, как именно будет выглядеть российская наука без Академии (по крайней мере без сталинской Академии), остается пока открытым. Ответ на него явно находится за рамками этой заметки. Бесспорно, ориентироваться при этом надо на страны сопоставимого масштаба с опытом организации науки в рыночных условиях. Следует отметить, что ни в одной из них, даже при сохранении некоторых реликтов старого порядка, Академия наук не играет той роли, которую она пытается играть в постсоветской России, ни в одной из них в принципе нет ничего подобного.

Точно так же бесспорно, что система организации науки при научном сообществе такого масштаба должна быть децентрализованна, а каналы финансирования диверсифицированы. При российских финансовых возможностях вряд ли получится слепо копировать систему организации науки США, да и институциональная инерция не позволит сделать этого в одночасье. Вместе с тем некоторые шаги по оздоровлению обстановки относительно недороги и не потребуют большой крови. Например, усиление национальных научных ассоциаций и передача им центральных научных журналов могли бы значительно помочь делу и не потребовали бы больших дополнительных вложений.