

**НАУЧНЫЕ СБОРЫ**

# Физическая мезомеханика: вчера, сегодня, завтра

В томском Институте физики прочности и материаловедения СО РАН прошёл Международный семинар «Физическая мезомеханика материалов — мультидисциплинарная наука XXI века». Семинар был приурочен к 80-летию юбилею основателя этого научного направления академика В.Е. Панина.

Торжественный повод определил цель семинара — анализ современного состояния перспективного научного направления физической мезомеханики материалов во всех его аспектах и междисциплинарных приложениях и, конечно, обсуждение новых целей, задач.

Как и положено, семинар открыл юбилер — академик В.Е. Панин. В докладе «Физическая мезомеханика и неравновесная термодинамика деформируемого твёрдого тела как иерархически организованной системы» Виктор Евгеньевич концептуально обобщил фундаментальные результаты современных работ по проблемам многоуровневого моделирования, основы методологии описания пластической деформации и разрушения твёрдых тел как иерархически организованных систем, перспективные задачи многоуровневого описания гетерогенных сред различной природы.

— Пятьдесят лет учёные всего мира пытались объединить два подхода — подход механики на макроуровне и подход физики на микроуровне, — и создать единую науку. Все попытки оказались безуспешными, — говорит Виктор Евгеньевич. — Заслуга нашего коллектива в том, что мы первыми стали развивать концепцию структурных уровней деформации, то есть учитывать существование иерархии взаимосвязанных разномасштабных промежуточных уровней деформации внутри твёрдого тела. Особенности этой иерархической самоорганизации определяют поведение твёрдых тел в различных полях внешних воздействий. Законы этой самоорганизации надо изучать и на основе получаемых знаний строить новую мультидисциплинарную науку — «физическую мезомеханику» — многоуровневую теорию процессов, протекающих в иерархически организованных средах в различных полях внешних воздействий (механических, тепловых, электромагнитных, радиационных и др.).

Концепция структурно-масштабных уровней деформируемого твёрдого тела, выдвинутая ещё в 1982 году, в настоящее время получила общее признание. Но на современном этапе, по словам академика В.Е. Панина, учёты лишь размерных факторов уже не удовлетворяет задачи описания сложных процессов, происходящих в деформируемом твёрдом теле. Огромную роль в этих процессах играет термодинамическое состояние материала.

— Например, к таким неравновесным системам, как наноструктурные материалы, нельзя применить те концептуальные подходы и методы моделирования, которые традиционно используются для равновесных материалов.

Последовавшие доклады крупных специалистов в области прочности, материаловедения и механики из Томска, Москвы, Новосибирска, Перми, а также представителей США, Германии и Белоруссии послужили прекрасной иллюстрацией этой теории, детально обосновав её предметные аспекты и достижения.

Доклад, посвященный моделям мезомеханики усталостного разрушения на мезо- и наномасштабных уровнях, которые могут использоваться при конструировании материалов для ракетной техники, работающей в условиях экстремальных нагрузок и температур, прочитал профессор Майкл Питер Внук (Университет штата Висконсин, г. Милуоки, США), научный консультант NASA.

Доклад академика И.Г. Горячевой (Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, г. Москва) «Моделирование трещинового взаимодействия поверхностей на разных масштабных уровнях» был посвящен вопросам контактного взаимодействия твёрдых тел, в котором большую роль играют масштабные неоднородности поверхностных слоёв.

О результатах совместных исследований, на основе которых учёными двух институтов был сформирован новый подход к конструированию композиционных материалов, рассказал чл.-корр. РАН Б.Д. Аннин (Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН) — «Особенности пластического деформирования композитов на металлической и полимерной основе с оптимизацией их структуры и состава».

С докладом «Многоуровневое моделирование гетерогенных сред в рамках дискретного подхода. Метод подвижных клеточных автоматов» выступил директор ИФПМ СО РАН проф. С.Г. Псахье. Сергей Григорьевич



представил развернутое сообщение о содержании одного из перспективных методов физической мезомеханики — метода «подвижных клеточных автоматов», и мультидисциплинарных возможностях, которые он предоставляет для описания поведения различных сред на разных масштабных уровнях в рамках единого подхода — от наноструктур до структур земной коры или, например, пылевой плазмы в космическом пространстве.

О фундаментальных исследованиях с использованием многоуровневых подходов рассказали профессор О.Б. Наймарк (Институт механики сплошных сред УрО РАН) — «Структурно-скейлинговые переходы в мезоскопических системах с дефектами»; профессор П.В. Макаров (ИФПМ СО РАН) — «Самоорганизованная критичность нагружаемых материалов и перспективы прогноза разрушения»; д.ф.-м.н. Ю.В. Гриняев (ИФПМ СО РАН) — «Фазовое пространство деформируемых твёрдых тел».

Завершил семинар «круглый стол» по мультидисциплинарным приложениям физической мезомеханики. Помимо инженерных и технологических приложений в области материаловедения, в том числе медицинского, здесь были представлены области применения многоуровневых подходов физической мезомеханики, казалось бы, совсем специфические и далекие от физики прочности и пластичности — от исследования биологических клеточных систем до поведения тектонических плит земной коры.

Открыл «круглый стол» академик РАН Л.Е. Панин, директор Института биохимии СО РАН. Брат юбиляра, Лев Евгеньевич рассказал о том, как подходы физической мезомеханики используются для описания процессов массопереноса через биологические наномембраны, представляющие собой не что иное, как жидкие кристаллы.

— Сотрудничество ИБХ СО РАН и ИФПМ СО РАН сложилось давно. Дело в том, что физическая мезомеханика сегодня выходит на междисциплинарный уровень, а её подходы имеют важное приложение и в биологических науках. Для нас было большим открытием, что структурные переходы, изучаемые в твёрдых телах, протекают по тому же сценарию, что и в жидких кристаллах биологических мембран. Такая постановка вопроса позволяет по-новому взглянуть на эти физико-химические процессы и, в перспективе, даже изменить представления о функциях целой клетки, в которой есть свои иерархические уровни организации и происходят непрерывные процессы фазовых переходов, — такое заключение сделал академик РАН Л.Е. Панин.

Применение многоуровневых подходов к процессам геодинамики раскрыл профессор Б.П. Сибиряков (Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН) — «Катастрофические явления в блочных средах».

— По отношению к природным и технологическим катастрофам человек сегодня так же беспомощен, как и тысячу лет назад. Физическую мезомеханику материалов интересуют небольшие масштабы, нас — мегаскопические. Хотя очень много общего между тем и другим, — пояснил Борис Петрович.

О различных инженерных приложениях мезомеханики, технологиях и новых материалах, разработанных на основе этого фунда-

ментального подхода рассказали чл.-корр. НАН Белоруссии А.В. Белый (Физико-технический институт НАН Белоруссии) — «Пластическая деформация и разрушение поверхностно упрочнённых материалов»; профессор А.И. Лотков (ИФПМ СО РАН) — «Наноструктурные и наноразмерные материалы для биологии и медицины»; профессор А.Д. Кортаев (Томский государственный университет) — «Концепция наноструктурирования и направления синтеза перспективных сверхтвёрдых покрытий».

Кроме того, в рамках «круглого стола» был проведен рабочий семинар по неразрушающим методам контроля на основе подхода физической мезомеханики. Провел этот семинар профессор Шрайбер (Дрезден, Германия).

Каждый из докладов, представленных на «круглом столе», вызывал широкую дискуссию, свидетельствующую о большом интересе специалистов к междисциплинарным, интеграционным возможностям направления физической мезомеханики.

— Я всегда привожу в качестве примера высказывание директора Курчатовского института М.В. Ковальчука о том, что узкая специализация, характерная для науки XX века, закончилась. XXI век ставит перед учёными мультидисциплинарные задачи, для решения которых за одним столом будут сидеть и физики, и механики, и химики, и математики, и информатики, обязательно биологи и медики — они должны обмениваться результатами, обогащать друг друга знаниями, — подчеркивает академик В.Е. Панин.

Как продемонстрировал семинар, физическая мезомеханика уже сегодня развивается как мультидисциплинарная наука. С одной стороны, многоуровневые подходы оказываются востребованными в самых разных отраслях знания, вплоть до геологии, биологии и медицины. С другой стороны, сама физическая мезомеханика обогащается достижениями, полученными с использованием многоуровневых подходов в этих науках.

С проведением международного семинара совпало завершение комплексной проверки научной деятельности ИФПМ СО РАН. Таким образом, встреча учёных стала и своеобразным смотром фундаментальных и прикладных достижений института.

— У меня осталось самое высокое мнение об уровне научных исследований в институте, — поделилась с корреспондентом «НВС» руководитель экспертной комиссии по проведению комплексной проверки академик И.Г. Горячева. — Они проводятся комплексно, сконцентрированы на очень важной проблеме конструирования материалов нового поколения, «умных» материалов. В институте решается серьёзная фундаментальная задача разработки технологических методов придания материалам необходимых свойств. И все эти работы основываются на серьёзнейшей фундаментальной базе, которую составляет физическая мезомеханика.

По словам заместителя председателя комиссии чл.-корр. РАН Ю.А. Захарова (Кемеровский государственный университет), члены комиссии были единодушны в своем мнении.

— В системе официальных показателей

ИФПМ СО РАН — в числе лучших в Сибирском отделении, — пояснил Юрий Александрович. — Но институт силен и параметрами, которые находятся за пределами официальных. Здесь создана удивительно тёплая деловая атмосфера. Я всегда специально интересуюсь этой стороной дела, и все сотрудники, с которыми я общался, со всей искренностью говорили о комфортности работы в институте. Что определяет твердые, устойчивые позиции этого коллектива? С одной стороны, удивительно широкая гамма направлений исследований, которые удалось сформулировать в рамках единого подхода, единой методологии, если хотите — единой научной философии. С другой стороны, сочетание глубоких фундаментальных исследований с практикоориентированными усилиями по внедрению.

Серьёзную фундаментальную базу института отметил и член комиссии чл.-корр. РАН Б.Д. Аннин: «Те исследования, которые мы увидели при анализе итогов работы института, в частности, различные методы упрочнения материалов, основываются на фундаментальных подходах. Экспериментальные исследования, которые проводятся на современном оборудовании, позволяют раскрывать внутреннюю динамику процессов в твёрдых телах, предсказывать и управлять ими. Это целенаправленные работы на базе развитой теории».

Своими впечатлениями от очередного визита в Томск поделился гость из США, профессор Майкл Внук. По его словам, то, что делается в Томске, находится «впереди науки, frontline, опережая всех, включая американских учёных».

Институт физики прочности и материаловедения — просто прекрасная иллюстрация того, как в тайге, посреди леса возможно создать один из ведущих в мире центров науки. Главное — научная школа. Здесь работает целый ряд уникальных учёных. Если их перебросить на Запад, там они станут первыми. Но перебрасывать никого не надо. Надо обмениваться опытом, выполнять совместные исследования. Этому, в частности, способствует международный журнал «Physical Mesomechanics», издаваемый на английском языке крупным европейским издательством «Elsevier». Его подготовка и редактирование проводятся на базе ИФПМ СО РАН.

— Развивая методы и средства физической мезомеханики, сотрудники нашего института проводят моделирование и исследование самых разных сред и на разных структурно-масштабных уровнях: от наносистем до геологических структур. Как правило, эти исследования являются пионерными и уже получили международное признание. На этой основе мы разрабатываем материалы для ядерной энергетики, авиационной и космической техники, машиностроения, а теперь и для задач биологии и медицины, — говорит директор ИФПМ СО РАН профессор С.Г. Псахье, со своей стороны объясняя секрет успеха института. — Мультидисциплинарность мезомеханики — это не только и не столько работа на стыке наук или научных дисциплин. Это в значительной мере взаимопроникновение знаний, методов и моделей, что невозможно без интеграции с другими институтами и университетами, — добавляет он.

С уверенностью о будущем своего детища говорит и основатель Института физики прочности и материаловедения СО РАН академик В.Е. Панин: физическая мезомеханика как состоявшееся научное направление, обладающее большим междисциплинарным потенциалом, позволяет коллективу ставить перед собой новые стратегические цели — формирование крупных, прорывных проектов, основывающихся на фундаментальных достижениях учёных.

— На основе подхода мезомеханики в институте мы строим единый корабль, а не десяток отдельных лодок. Ещё 20 лет назад институт был арифметической суммой двух десятков лабораторий. Объединение коллектива в рамках общего подхода дало иное качество. Объединение же ИФПМ СО РАН с другими институтами для работы над общими проектами позволит рассчитывать на еще более высокий уровень достижений.

Пётр Каминский, г. Томск

На снимке: — проф. Б.П. Сибиряков, проф. П.В. Макаров, ак. РАН Л.Е. Панин, проф. С.Г. Псахье, ак. В.Е. Панин. Фото Владимира Бобрецова