

# Сибирские учёные приблизились к пониманию природы катастроф, или малый хаос — основа порядка

В конце июля на Алтае прошел XII Всероссийский семинар «Геодинамика. Геомеханика и геофизика», организатором которого выступил Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН. Всего прозвучало 35 докладов, участники съехались из Новосибирска, Томска, Москвы, Ханты-Мансийска, Семипалатинска, Красноярска.

Все доклады можно поделить на несколько тематических групп:

- новые факты;
- теоретическое предсказание новых явлений и объяснение процессов, которые не находили своего объяснения прежде;
- работы, связанные с безопасностью уникальных инженерных сооружений;
- взаимодействие физических полей различной природы для изучения динамики сейсмоопасных регионов.

В первой группе наибольший интерес слушателей вызвал коллективный доклад академика Н.Л. Добрецова, И.Ю. Кулакова и О.П. Полянского о строении вулканических аппаратов вулканов Камчатки. Кроме того, запомнился доклад В.Н. Носова относительно проявления следов геологических разломов в верхних слоях атмосферы. Этот доклад насыщен важными фактами, не имеющими пока научных объяснений.

Во второй группе участников особо заинтересовал доклад Б.П. Сибирякова о математическом описании процессов генерализации трещин, т.е. о формировании немногих или даже одной трещины из многих мелких разрывов, а также о появлении заметных нелинейных явлений при слабых колебаниях, что ранее считалось просто невозможным.

В этой тематической группе следует упомянуть ещё два доклада: Ю.П. Стефанова — о формировании сложных геологических структур квазипериодического характера под действием горизонтальных тектонических сил, и Б.И. Прилоуса — о решениях уравнений движения блочных сред в виде исключительно низких скоростей испаривания, которые наблюдаются в сравнительно недавно обнаруженном типе тектонической активности — так называемых «медленных землетрясениях», т.е. малых подвижках земной поверхности, увеличивающих в сейсмически опасных зонах напряжения, внезапное высвобождение которых может проявиться в разрушительных тектонических катаклизмах.

Из работ третьей группы, связанных с безопасностью уникальных инженерных сооружений, вызвал отклик доклад В.С. Селезнёва о возможностях современной сейсмологии для контроля безопасной эксплуатации зданий и сооружений. Кроме того, был отмечен доклад Ю.И. Колесникова и К.В. Федина о резонансных свойствах микросейсмических колебаний, которые связаны с устойчивостью как природных объектов, так и техногенных конструкций.

И, наконец, из докладов четвертой тематической группы стоит выделить коллективный доклад В.Д. Суворова, Ю.П. Стефанова, Е.В. Павлова, В.А. Кочнева — о влиянии сил тяжести и горизонтального сжатия на деформации земной коры, и доклад Н.Н. Неvedровой о взаимосвязи вариаций электропроводности и тектонического строения района Чуйского землетрясения 2003 года.

Мы попросили рассказать о семинаре одного из его постоянных участников, д.ф.-м.н. Б.П. Сибирякова:

— Наш семинар — ежегодный, он проводится уже в 12-й раз. Неформальный коллектив, душой которого был Сергей Васильевич Гольдин, и создал костяк семинара. Это геофизики, исследователи, которые занимались физикой прочности и физической мезомеханикой, горняки, занимающиеся проблемами разрушения, устойчивости и так далее.

Поначалу мы собирались в конференц-зале ИНГИГа, делали доклады, выезжали на полигон в Быстровку, иногда семинары проводились в Томске. Но в основном наши семинары проходили в Новосибирске. Когда С.В. Гольдина не стало, возник вопрос, что же будет с семинаром дальше. Мероприятие получило некоторую известность в научных кругах, к нам стали приезжать люди из Москвы, прежде всего из Института физики земли, из Института теории прогноза землетрясений, учёные из других стран.

И тогда академик Н.Л. Добрецов решил внести в семинар свежую струю, связанную с геологией. Кроме того, под ключом академика М.И. Эпов, внёсший дополнения, связанные с другими геофизическими методами, прежде всего с электродинамикой. Семинар расширился, мы стали собираться в основном на базе Института археологии у Денисовой пещеры.

Чем наш семинар отличается от других? Во-первых, тематикой и, во-вторых, своей фундаментальностью составляющей. Дело в том, что несмотря на развитую цивилизацию, современный человек в отношении природных и техногенных катастроф так же бессилён, как и на заре истории. Природа катастроф ему неизвестна.

Безусловно, не только мы исследуем строение Земли, мегаблоки, изучаем землетрясения, неустойчивости, связанные со всевозможными структурами — множество научных коллективов в мире занимаются подобными проблемами. Но наш семинар, в отличие от остальных научных коллективов, имеет уникальную особенность — мы рассматриваем все эти проблемы в едином ключе. Блочность сред признаётся всеми, но лишь наши исследователи признают это не только словесно, но и физико-математически.

Классический континуум говорит о том, что коллективные свойства среды и индивидуальные свойства частиц — это

одно и то же. Тот континуум, который в настоящее время построен у нас, показывает, что возможны модели, при которых коллективные и индивидуальные свойства различаются очень сильно. Это и есть новое, которое вносится в саму модель данного сложного пространства, где возможны внутренние движения. Математически это приводит к тому, что уравнение равновесия и движения становятся уравнениями не второго порядка, а бесконечного, поскольку у таких сред есть огромное число внутренних степеней свободы. И это не просто академические утверждения.

След за этим возникают очень важные теоретические предсказания, которые сейчас начинают подтверждаться на практике. Одно из них было сделано довольно давно, и оно заключается в том, что в блочных средах возможны очень низкоскоростные волны, которые ничего общего не имеют с волнами продольными и поперечными. Второе — даже очень слабые колебания могут в таких средах накапливаться и приводить к катастрофическим последствиям.

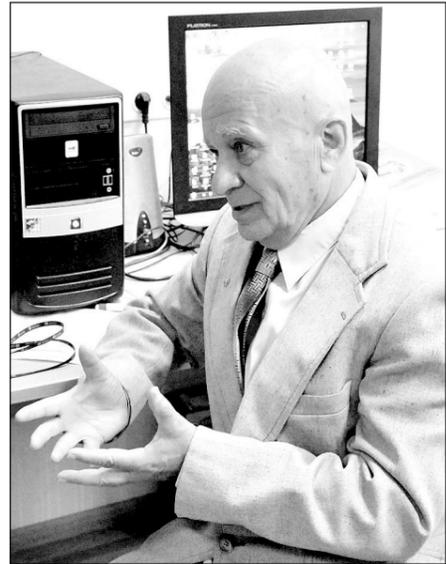
Раньше существовало два предрассуждения в отношении малых колебаний. Первое — считалось, что в малых колебаниях нет физических проблем, и второе — что эти колебания безобидны. Сейчас экспериментально подтверждено, что, например, такие малые колебания как приливные волны при движении Луны оказывают очень серьёзные воздействия на землетрясения 6—8 класса. Это подтверждено для 22 тысяч событий сотрудниками нашего института, в частности В.Ю. Тимофеевым, и является общепризнанным фактом. В результате чего был сделан вывод: малый хаос стабилизирует сложную систему, в том числе блочную среду. Поэтому малый хаос — наш друг, а состояния, когда хаоса нет, являются страшно опасными — в этом случае разрушения достигают катастрофических размеров.

Дело в том, что хаос действительно стабилизирует среду. И это относится не только к механике, но и к биологии, социальной сфере и так далее. Если бы, например, кровоток человека функционировал в идеальном «пруссском» порядке, любое нарушение, даже минимальное, имело бы катастрофические последствия. Когда идёт некоторое множество муравьёв, они представляют собой текущий ручей. Но сами муравьи, каждый из них, совершают в пределах общего потока исключительно сложные движения, в которых много случайностей. Классическая механика говорит о том, что каждый элемент этой реки (муравей) должен совершать движения, связанные только с этой рекой, с общим потоком. Дать большую степень свободы каждой структуре по отношению ко всему телу очень долго не удавалось. Но постепенно мы к этому приходим.

В последние годы возникло совершенно новое научное понятие — медленные землетрясения. Эти землетрясения происходят чрезвычайно медленно, период их колебаний — от четверти часа до часа, что сравнимо с колебаниями Земли как планеты. Очень трудно понять, что это такое, экспериментальные исследования в этой области только начались, но для нас эти процессы не были неожиданностью. Медленные процессы испаривания возможны только в блочных средах, и они точно существуют.

Мы впервые начинаем понимать глубинные причины катастроф, и основная их причина — это резкое несоответствие индивидуального поведения каких-то структур или частиц и объектов и поведения их в целом. Дело в том, что степеней свободы у тела очень мало, а у его внутренних частей — очень много. Это новый взгляд на вещи, который сформировался совсем недавно.

У всех катастроф есть определенный сценарий. Видимо, они все предваряют-



ся какими-то очень медленными волнами, которые не регистрируются, потому что такой аппаратуры пока не существует. Психологически учёные к этому не были готовы.

Есть ещё некоторые дополнительные моменты. Например, выясняется, что при малых колебаниях возникают нелинейные эффекты. Специалисты никак не могли этого понять: колебания малые, откуда же берется нелинейность? Это загадка, которой уже около 35 лет. Нелинейность — свойство только пористых и трещиноватых тел. А причина, оказывается, та же самая. Малые колебания — только в среднем малые, но есть достаточно число «горячих точек», где они могут сыграть ключевую роль.

Многие ученые пытаются сохранить классический континуум Коши и Пуассона, а все сложности, которые возникают, списать за счет очень сложных связей, которые называются уравнениями состояния. Наш семинар нередко демонстрирует оба подхода к проблеме, у нас собираются люди с разными взглядами, порой противоположными, но согласные в одном: поведение тел, обладающих внутренней структурой, совершенно непохоже на поведение аналогичных тел без этой внутренней структуры.

Первые работы на данную тему были, наверное, мои, хотя на словах это признавалось очень давно. Своим предшественником я бы назвал М.А. Садовского. Многие учёные рассуждали о блочности, об иерархичности строения среды, правда всё это только декларировалось, но не воплощалось ни в уравнения, ни в граничные условия, ни в какую либо другую обязательную для всех математическую машину.

Все уравнения пишутся по старым калькам. Данное противоречие связано с тем, что классическая механика сплошных сред не только создала очень много полезнейших вещей, но и имела громадные эстетические завоевания. Учёному трудно покинуть эту прекрасную область, чтобы ступить туда, где нет такой красоты. На самом деле, эстетические позиции учёных играют огромную роль в деле прогресса!

Мы подошли к этому открытию, как я уже говорил, около 10 лет назад, и оно было настолько невероятным, что об этом страшно было даже думать! На семинаре по мезомеханике в г. Байкальске наш германский коллега Шрайдер сказал буквально следующее: таких вещей не только говорить нельзя, но и думать о них надо запретить!

То, что мы предлагаем, доказать в точности нельзя, как нельзя доказать классическую гипотезу сплошности Коши. Её можно только принять или не принять. Гипотезу Коши давно приняли, и она дала множество прекрасных результатов. В новых воззрениях очень легко провратиться, и, может быть, то, что предложено сейчас, неудачно для каких-то направлений. Мы не уверены, что предложенная нами модель войдет в учебники. Пока. Но мы можем гарантировать уже сейчас, что классическая гипотеза континуума будет усовершенствована тем или иным способом, с учетом внутренней структуры тел.

Е. Садыкова, «НВС»  
Фото В. Новикова

## Гимн семинара

*Кто влюблен в науку  
И душой не стар,  
И не терпит скуку —  
К нам на семинар!*

*На Алтае Горном  
Вновь мы собрались,  
Чтоб трудам упорным  
Дать путевку в жизнь.*

*Здесь фундаментальность,  
Здесь идей простор.  
То ли — гениальность,  
То ли — просто вздор.*

*Пусть никто не знает  
Наших дел судьбы,  
Но ведь не бывает  
Счастья без борьбы.*

*И по скальным гротам  
К «Белой Бороде»  
Мы рвались к красотам,  
Ктоих нет нигде.*

*Потому что знает  
Всяк девиз святой —  
Истина шагает  
Вместе с красотой.*

*Кто-то нас покинул,  
Кто-то к нам пришёл,  
Горизонт раздвинул —  
Очень хорошо!*

*Так чего стоите?  
Новый сбор — стартуй!  
Трогайте, водитель,  
Прямо на Ануй!*