

**КИРДЯШКИН АНАТОЛИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ,
ЧЛЕН РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА ЖУРНАЛА
«ВЕСТНИК ЗАБАЙКАЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»**

Родился 20 мая 1937 г. в селе Разино Шемонаихинского района Восточно-Казахстанской области.

А. Г. Кирдяшкин – известный специалист в области теплофизики и ведущий ученый в области исследования конвекции в различных оболочках Земли – геодинамике. Научная деятельность имеет два взаимосвязанных этапа – период работы в Институте теплофизики СО АН СССР (1961–1982) и в Институте геологии и геофизики СО АН СССР (с 1982 г. по настоящее время в Институте геологии и минералогии СО РАН).

Основное направление работ в Институте теплофизики – исследование гидродинамики и теплообмена при тепловой гравитационной конвекции. Им проведены экспериментальные и теоретические исследования гидродинамики и теплообмена в условиях свободной конвекции в горизонтальных слоях при ламинарной ячеистой конвекции и при развитом турбулентном режиме. По результатам этих исследований в 1966 г. им защищена кандидатская диссертация (канд. техн. наук) «Трение и теплообмен при тепловой гравитационной конвекции и в поле центробежных сил».

Выполнен цикл работ по исследованию ламинарных течений и устойчивости в замкнутых слоях жидкости различной ориентации в условиях тепловой гравитационной конвекции. Экспериментально измерены осредненные поля скорости и температуры в турбулентном свободно-конвективном пограничном слое у отдельной вертикальной пластины в большом объеме и в плоском вертикальном слое жидкости, а также пространственно-временные корреляционные функции и энергетические спектры пульсации температуры в вязком подслое и во внешней части пограничного слоя. Эти эксперименты, до настоящего времени единственные по комплексному измерению температуры и скорости, позволили построить модель свободно-конвективного турбулентного пограничного слоя. В 1976 г. А. Г. Кирдяшкиным защищена диссертация на соискание степени доктора технических наук «Структура тепловых гравитационных течений вблизи поверхности теплообмена».

Результаты этих исследований имеют фундаментальный характер и находят разнообразные приложения в геодинамике. Предметом изучения геодинамики являются силы, возникающие в гравитационном поле Земли, и их проявление в различных ее оболочках. Геодинамика – относительно молодая область наук о Земле, включает изучение гидродинамики, тепло- и массообмена глубинных оболочек Земли в гравитационном поле, а также процессы тепломассообмена в различных геодинамических структурах. Геодинамические исследования требуют от специалиста знания процессов тепло- и массообмена в гравитационном поле, знания петрологии, геохимии и геофизики рассматриваемых геодинамических обстановок.

Начиная с 1982 г., А. Г. Кирдяшкин – старший научный сотрудник (в Институте геологии и геофизики СО АН СССР), далее – заведующий лабораторией Физического и химического моделирования геологических процессов Института геологии и минералогии СО РАН. В настоящее время является ведущим научным сотрудником указанной лаборатории. А. Г. Кирдяшкин продолжил исследования тепловой гравитационной конвекции в направлении геодинамических задач и роста кристаллов в земных условиях. Его работы на этом этапе научной деятельности посвящены решению ряда основных геодинамических задач, рассматриваемых современной мировой геологической наукой, таких как экспериментальное и теоретическое моделирование тепловой и гидродинамической структуры конвективных течений в астеносфере и нижней мантии; соотношение пространственных и временных масштабов верхне- и нижнemanтийных конвективных течений; теплофизический анализ генезиса и структуры трансформных разломов; моделирование тепло- и массообмена в астеносфере в окрестности осей срединно-океанических хребтов; выяснение тепловых и геодинамических условий существования и устойчивости зон субдукции; экспериментальное и теоретическое моделирование



мантийных термохимических плюмов, определение их тепловой структуры и гидродинамической и времени их существования. На основании полученных результатов теплофизического моделирования д-р. техн. наук А. Г. Кирдяшкиным совместно с академиком РАН Н. Л. Добрецовым построены базовые модели мантийной конвекции в задачах геодинамики.

По результатам экспериментального и теоретического моделирования тепловых гравитационных течений в верхней мантии Земли А. Г. Кирдяшкиным опубликована монография «Тепловые гравитационные течения и теплообмен в астеносфере» (Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1989. 81 с.), в которой на основании экспериментального и теоретического моделирования найдены поля скорости и температуры в астеносфере, тепловые потоки через литосферу, силы, приложенные к океанической литосфере. Установлено, что трансформные разломы возникают над опускными астеносферными потоками конвективных валов, которые существуют у охлаждаемой поверхности (кровли) литосферы и оси валов перпендикулярны осям срединно-океанического хребта. Показано, что толщина подъемного астеносферного течения у оси хребта составляет $1/4$ толщины астеносферы. Структура плоского астеносферного течения под океанической литосферой определяется в основном горизонтальным градиентом температуры.

Результаты работ по экспериментальному и теоретическому моделированию позволили установить условия существования, гидродинамическую и тепловую структуру двухслойной мантийной конвекции. На основании экспериментально полученных профилей скорости и температуры, а также картины течения в двухслойной системе жидкостей (когда толщина верхнего маловязкого слоя много меньше толщины нижнего высоковязкого) показано, что тепловая и гидродинамическая структура конвективных течений в нижней мантии соответствует структуре течения в отдельном горизонтальном слое, подогреваемом снизу. Также показано, что конвекция в верхней мантии происходит при наличии горизонтального градиента температуры, возникающего на границе раздела верхней и нижней мантии, где конвективные течения противоположно направлены. При известных в настоящее время теплофизических параметрах верхней и нижней мантии горизонтальные размеры конвективных ячеек в верхней (более тонкой и менее вязкой) равны горизонтальным размерам ячеек нижней мантии, а горизонтальные размеры ячеек в нижней мантии соизмеримы с ее толщиной. Обнаружена строгая корреляция восходящих и нисходящих потоков в верхней и нижней мантии, когда восходящие течения в верхнем слое расположены над подъемными течениями в нижнем, так же как опускные течения в нижнем слое расположены строго под опускными в верхнем. На основе экспериментальных результатов и теоретических расчетов с учетом петрологических «реперов» построено распределение температур в восходящих и нисходящих ветвях течений в верхней и нижней мантии; получены оценки максимальных скоростей этих течений – порядка 10 см/год в верхней мантии и 1...2 см/год в нижней мантии; уточнена общая схема коррелируемых восходящих и нисходящих потоков в верхней и нижней мантии.

Экспериментально и теоретически показана (совместно с А. А. Кирдяшкиным) правомерность моделирования мантийных течений на жидкостях со значениями критерия Прандтля Pr (отношения кинематической вязкости к коэффициенту температуропроводности), больших 45. Экспериментально определена граница турбулентного режима течения в горизонтальном слое при свободной конвекции, которая не зависит от Pr , начиная с $Pr = 45$, и характеризуется постоянным значением критерия Рэлея ($Ra = 10^6$), определяющего соотношение тепловых гравитационных сил и сил трения. Показано, что при известных на сегодня теплофизических параметрах нижней мантии (число Прандтля 10^{23}) режим нижнemanтийной конвекции – турбулентный. Найдены временные периоды высокочастотных турбулентных пульсаций конвективных движений в нижней мантии. Эти периоды составляют 450 млн лет и соответствуют периодичности крупнейшего геологического цикла «от Пангеи до Пангеи». Выяснено, что периоды низкочастотных тепловых пульсаций, связанные с перестройкой структуры конвективных ячеек в нижней мантии, соизмеримы с возрастом Земли.

Ученым проведено теоретическое и экспериментальное моделирование, возникающих при выплавлении канала в окружающем твердом кристаллическом массиве пород над локальным источником тепла. Термохимические плюмы формируются на границе ядро-мантия при наличии теплового потока из внешнего ядра в локализованной области поступления химиче-

ской добавки, поникающей температуру плавления нижней мантии до величины ниже температуры границы ядро-мантия. Происходит плавление мантийного вещества и подъем плюма вследствие плавления. Определена мощность теплового источника плюма в зависимости от его размеров, температуры и параметров расплава. Для случая предельного осредненно-стационарного режима течения в канале плюма, когда всё тепло отводится в окружающий массив, оценена предельная высота проплавления канала при постоянной мощности источника. Экспериментально показано, что для мантийных плюмов характерно наличие нестационарных свободно-конвективных течений в канале выплавления в режиме пограничного слоя. Экспериментально показано смещение потоков от одной стенки канала выплавления плюма к другой, в результате чего канал плюма представляет собой бегущую волну с винтовым вращением, с амплитудой отклонения от оси вращения порядка двух диаметров канала. Эти результаты подтверждаются на примере мантийных плюмов (Гавайского и Исландского в океанах). Оценено время подъёма плюма от границы ядро-мантии до земной поверхности в зависимости от вязкости плюмового расплава и мощности теплового источника, расположенного на ядро-мантийной границе. Это время составляет менее 5 млн лет, то есть установлено, что время подъёма термохимического плюма через мантию в геологическом масштабе незначительно. На основе лабораторного и теоретического моделирования рассмотрены геодинамические условия излияния расплава из канала плюма на поверхность. Также лабораторное моделирование термохимических плюмов показало, что при постоянной температуре плавления окружающего массива диаметр выплавленного канала плюма не изменяется с высотой. В том случае, когда поднимающийся плюм достигает «тугоплавкого» слоя, температура плавления которого выше, чем температура расплава в канале плюма, формируется грибообразная голова плюма.

Методами экспериментального и теоретического моделирования А. Г. Кирдяшкиным показано, что мантийные термохимические плюмы являются регуляторами теплового режима Земли. В зависимости от тепловой мощности мантийного плюма, передающейся от подошвы плюма, расположенной на ядро-мантийной границе, плюм при выходе на дневную поверхность проявляет себя по-разному: как алмазоносный плюм, как плюм, образующий грибообразную голову вблизи дневной поверхности, и ответственный за создание крупных интрузивных тел – батолитов, или как образующий крупные магматические провинции (КМП). Показано, что плюмы малой мощности, не вышедшие на дневную поверхность и остановившиеся на глубинах 100...150 км при их групповом расположении могут быть ответственными за образование крупных поднятий земной поверхности (горных хребтов и плато).

Одним из ключевых процессов в геодинамике является субдукция океанической литосферы. Моделирование зоны субдукции показало, что под зоной субдукции существуют нисходящие нижнемантийные течения, которые определяют общую структуру ячеистой конвекции в нижней мантии. Определены условия существования и устойчивости субдукции, основным регулятором которой является относительно маловязкий аккреционный клин. Найдены закономерности саморегулирования размеров клина при изменении скорости субдукции и силы давления между континентом (островной дугой) и опускающейся плитой.

На основе экспериментального и теоретического моделирования установлено, что угол наклона субдуцирующей литосферной плиты определяется соотношением горизонтальных градиентов температуры в океаническом и континентальном крыле субдукции. Оценены по величине силы, действующие в зоне субдукции, и коэффициент трения на границе субдуцирующей плиты с континентальным крылом субдукционной зоны и удельный тепловой поток от трения.

Помимо геодинамического моделирования А. Г. Кирдяшкиным выполнен большой цикл работ по экспериментальному и теоретическому моделированию тепло- и массообмена в процессах минералообразования: в ячейках высокого давления при росте алмаза, при гидротермальном синтезе минералов, при направленной кристаллизации в кристаллизаторах типа «лодочка» и «ампула» в поле периодически изменяющихся центробежных сил, а также предложена модель и получено решение задачи о тепломассообмене при формировании железомарганцевых конкреций на морском дне.

Результаты геодинамических исследований А. Г. Кирдяшкина опубликованы в монографии Н. Л. Добрецова и А. Г. Кирдяшкина «Глубинная геодинамика» (Новосибирск: Изд-во

СО РАН, НИЦ ОИГМ СО РАН, 1994. 299 с.). В книге представлены взаимосвязанные общей целью разделы: основы геодинамического моделирования; авторские результаты моделирования и их геодинамические приложения; рассмотрен ряд примеров конкретных геодинамических обстановок, хорошо согласующихся с данными теплофизического моделирования, и, как следствие, постановка новых задач в области геодинамики. Последовательно рассмотрены теплофизические модели процессов спрединга, рифтинга, субдукции. Переработанная и дополненная монография "Deep-Level Geodynamics" издана на английском языке в 1998 г. (A. A. Balkema, Rotterdam/Brookfield, 328 p.).

В 1997 г. за цикл трудов «Глубинная геодинамика» д-ру техн. наук, заведующему лабораторией А. Г. Кирдяшкину (в авторском коллективе) присуждена Государственная премия Российской Федерации в области науки и техники. В 2001 г. опубликована книга Добрецов Н. Л., Кирдяшкин А. Г., Кирдяшкин А. А. «Глубинная геодинамика», переработанная и дополненная (Новосибирск: Изд-во СО РАН: ГЕО. 409 с.).

В 2008 г. А. Г. Кирдяшкину присуждена Государственная награда Российской Федерации (удостоверение к Государственной награде Российской Федерации З № 201163) и присвоено почётное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

В 1991-2001 гг. А.Г. Кирдяшкин читал студентам геолого-геофизического факультета Новосибирского государственного университета курс лекций по геодинамике «Геодинамические процессы и их моделирование».

Работы А. Г. Кирдяшкина опубликованы в 155 статьях в ведущих международных и российских научных журналах.