

А. Ю. Зубарев

О РЕГИОНАЛЬНОМ СЕМИНАРЕ ПО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГИДРОДИНАМИКЕ

В 1983 году при кафедре механики сплошных сред УрГУ (ныне кафедра математической физики) под руководством крупного ученого в области физической механики профессора Юрия Александровича Бувевича (1937–1998) начал работу региональный семинар по физико-химической гидродинамике.

Физико-химическая гидродинамика — междисциплинарная область науки, лежащая на стыке таких направлений, как механика сплошных сред, физическая химия, статистическая физика и ряда других. В отличие от “чистой” гидродинамики она включает в себя задачи, при исследовании которых главная проблема состоит не столько в решении уже известных уравнений, сколько в конструировании (и, конечно, в анализе) физико-математических моделей весьма сложных процессов. В качестве примера таких проблем можно привести задачи о химических реакциях в жидкостях, вовлеченных в гидродинамические течения, задачи о течении суспензий, эмульсий, пузырьковых жидкостей (включая кипящие), проблемы горения гетерогенных топлив и мн. др.

Естественно, тематика работы семинара и подбор докладов, особенно в первое время, определялись в основном научными интересами Ю.А.Бувевича, которые были очень широки. Поэтому очень разнообразны, подчас неожиданны были и темы сообщений. Однако если сгруппировать их по наиболее часто встречающимся направлениям, то можно выделить следующие.

Теория направленной кристаллизации бинарных и многокомпонентных растворов и расплавов. Направленная кристаллизация жидкости происходит, когда в ее объеме создается значительный перепад температур и возникает движущийся фронт, разделяющий жидкую и твердую фазы. Такие ситуации типичны для множества металлургических процессов, при сезонных промерзаниях грунтов, водоемов и т.д.

При теоретическом анализе движения фронта замерзания чистых жидкостей возникает хорошо известная задача Стефана, которая была поставлена еще в прошлом веке и до сих пор остается одной из сложных проблем математической физики. Для систем с примесями, с которыми и приходится иметь дело на практике, ситуация осложняется тем, что температура замерзания зависит от концентрации примеси на фронте фазового перехода. В свою очередь, примесь, как правило, “оттесняется” от твердой фазы движущимся фронтом и диффузионно распространяется в жидкой фазе. Комбинация тепловых и диффузионных процессов приводит к тому, что при

определенных условиях скорость распространения фронта становится осциллирующей функцией времени, а концентрация примеси в затвердевшей среде — периодической функцией координаты. Возникающая слоистость твердого материала может быть полезной или вредной для его технологических характеристик. Кроме того, плоская поверхность фронта замерзания часто становится неустойчивой — на ней образуются выступы, “дендриты”, имеющие сложную древовидную структуру. Возникновение таких дендритов сильно меняет ход замерзания расплава (раствора) и кардинально сказывается на физико-механических свойствах образующегося твердого материала.

Задачи, связанные с теоретическим анализом указанных и других особенностей замерзания жидкостей с примесями, регулярно докладывались и обсуждались на семинаре.

Фильтрация в деформируемых и трещиновато-пористых пластах. Интерес к этому направлению возник в связи с сотрудничеством кафедры механики сплошных сред с нефтяниками Тюменского региона. Задача сотрудников кафедры и специально созданной проблемной лаборатории состояла в разработке математических моделей фильтрации нефти в пластах знаменитой Баженовской свиты и в призабойных областях. Особенностью изучаемых пластов является то, что они состоят из системы пористых блоков, разделенных трещинами и щелями. Такая система напоминает сваленные в кучу куски губок. Основная масса нефти находится внутри “губок”, фильтрация в основном происходит по щелям. В ходе фильтрации возникают переток нефти из блоков в щели и деформирование (иногда схлапывание) щелей. Поэтому уравнения фильтрационного процесса в таких средах сильно отличаются от классических уравнений Дарси. Сотрудниками кафедры и проблемной лаборатории были предложены математические модели фильтрации нефти в трещиновато-пористых пластах и описан ряд технологически важных процессов в областях, примыкающих к нефтяным скважинам.

Все эти задачи регулярно обсуждались на заседаниях семинара. Стоит отметить, что на семинаре с докладами по проблемам математического моделирования фильтрационных процессов в связи с задачами нефтедобычи и мелиорации часто выступали специалисты из Тюмени, Уфы, Узбекистана и других регионов бывшего СССР.

Гидромеханика суспензий и эмульсий. При теоретическом описании течения суспензий, эмульсий и других дисперсных жидкостей возникают две взаимосвязанные задачи. Первая — вывод макроскопических уравнений течения таких систем (модифицированных уравнений Навье–Стокса), исходя из анализа гидродинамической обстановки вблизи частиц. Вторая — вычисление фигурирующих в этих уравнениях параметров, характеризую-

ющих макроскопические свойства изучаемых систем (например, вязкости) как функции от формы, размеров и концентрации частиц.

Об общенаучной важности таких задач свидетельствует то, что начало их исследованию было положено такими учеными, как Максвелл и Эйнштейн. Ими были развиты модели очень разреженных систем, в которых инородные частички (капельки) находятся очень далеко и друг с другом не взаимодействуют. Жизнь, однако, потребовала изучения свойств достаточно плотных систем, в которых взаимовлияние частиц весьма существенно. Юрием Александровичем был развит весьма общий и мощный метод решения подобных задач. Его сотрудники успешно использовали эту общую теорию для анализа многих конкретных ситуаций. Например, были исследованы важные для практики задачи о распространении тепла или примеси в среде с включениями, на поверхностях которых происходят физико-химические реакции, связанные с выделением (поглощением) тепла (примеси), задачи о сильно нестационарном распространении тепла в гетерогенных средах, о быстропеременных течениях суспензий. Анализ и обсуждению этих проблем было посвящено много заседаний семинара.

Статистическая физика коллоидов. Мелкодисперсные суспензии и коллоидные растворы очень широко распространены в природе и активно используются в современных технологиях. Мелкий размер частиц в этих системах придает им следующие важные особенности. Во-первых, частички оказываются вовлеченными в интенсивное броуновское движение, которое, в частности, препятствует их седиментации. Во-вторых, на масштабах порядка размера частицы существенно (а иногда очень сильно) проявляются силы молекулярного взаимодействия. Комбинация этих двух факторов приводит к образованию разнообразных, часто очень прочных структур, состоящих из коллоидных частиц. Такие структуры кардинально меняют макроскопические, в первую очередь гидродинамические, характеристики вещества.

Исследование структурно-фазовых превращений в коллоидах и их влияние на свойства этих систем с самого начала находилось в поле интересов сотрудников нашей кафедры. В конце 80-х годов на кафедре началось исследование магнитных коллоидов — систем, сочетающих высокий отклик на магнитное поле и текучесть. Отличительная их особенность — способность перестраивать свою внутреннюю структуру под действием весьма умеренных магнитных полей. Такая перестройка, сопровождающаяся возникновением цепочечных, капельных и других агрегатов, способна кардинально менять гидродинамические характеристики магнитных коллоидов. Это обстоятельство используется во многих современных технологиях и открывает перед исследователями широкое поле деятельности по изучению процессов структурообразования в магнитоколлоидных системах. Работы сотрудников

кафедры и их коллег из других городов России на эту тему были постоянно в списке докладов на семинаре.

Помимо перечисленных направлений на семинаре часто обсуждались различные проблемы теории горения, кипения, задачи биофизики, химической кинетики, теоретической металлургии и мн. др.

Долгие годы заседания семинара проходили еженедельно. Такому интенсивному ритму и большому числу желающих сделать доклад, способствовали высокая продуктивность школы Ю.А.Буевича и научный авторитет ее руководителя, привлекающий к нему специалистов не только из нашего города, но и из других регионов страны — Москвы, Минска, Тюмени, Башкирии, Средней Азии. Выступали на семинаре с докладами и ученые из Болгарии и Чехословакии.

На семинаре часто выступали с докладами не только сложившиеся специалисты, но также студенты и аспиранты, делающие первые шаги в науке. Атмосфера на заседаниях была очень заинтересованная. Слабые места докладываемой работы участники семинара выискивали довольно безжалостно, следуя призывам руководителя “раздеть докладчика”. Однако даже очень жесткая критика работы никогда не переходила границ корректного и доброжелательного отношения к коллеге. Надо отметить, что редко кто из сотрудников Ю.А.Буевича, для которых посещения и периодические выступления на семинаре были обязательны, просто “отбывал номер”. Активность участников всегда была очень высока.

Семинар явился неоценимой школой для учеников Ю.А.Буевича, среди которых более 10 докторов и около 30 кандидатов наук. Очень часто на его заседаниях проходили апробацию докторские и кандидатские диссертации, авторы которых хотя формально и не были сотрудниками Ю.А.Буевича, но хотели узнать его мнение об их работе и, конечно, получить отзыв.

В 1993 году Юрий Александрович переехал жить в США. Несколько лет после этого семинар активно работал. Сейчас его заседания приостановились, будем надеяться, временно. Многие постоянные и активные сотрудники былых лет живут сейчас вне Екатеринбурга, у некоторых поменялись интересы, да и жизнь изменилась весьма сильно. Но все принимавшие участие в работе семинара вспоминают это время с удовольствием, как время активного творческого поиска и горячего обсуждения результатов. В становлении школы физической механики в нашем городе семинар сыграл очень большую роль.

В декабре 1998 года Юрия Александровича не стало. Пусть эта заметка будет не только коротким рассказом о возглавлявшемся им семинаре, но и данью памяти учителю.