**Подходы к анализу нелинейной динамики жидкостей**

Зубарев Николай Михайлович

Основная область моей научной деятельности - нелинейные явления в электрогидродинамике. Эти явления можно обнаружить, если наблюдать за поведением проводящей жидкости со свободной поверхностью во внешнем электрическом поле. На границе жидкости за конечное время формируются особенности - острия, играющие важную роль в последующей эволюции системы. Взаимодействие поля и индуцированных им зарядов на поверхности проводящих и диэлектрических жидкостей приводит к взрывному росту возмущений границы, формированию на ней особых точек.

Почему эти процессы нельзя отнести к линейным? Дело в том, что линейными процессами в задачах, связанных с описанием движения жидкостей со свободной поверхностью, считаются те, при которых амплитуда отклонения поверхности от плоской оказывается малой по сравнению с характерной длиной волны. Понятно, что для процесса формирования острий это условие не выполняется, и описывать его можно лишь в рамках нелинейных моделей. В настоящее время не существует общего подхода к решению нелинейных уравнений движения. Поэтому в нелинейной физике - в частности, в ее электрогидродинамических приложениях - остается значительное количество нерешенных задач, что делает это направление науки привлекательным для исследователей.

Требуются новые теоретические подходы к анализу нелинейной динамики жидкостей со свободной заряженной поверхностью, в частности методы построения сингулярных решений уравнений электрогидродинамики, ответственных за коллапс электрокапиллярных волн. К моим основным научным результатам за последние три года, закладывающим основу развиваемой теории, я бы отнес следующие.

Мне удалось найти приближенные автомодельные решения уравнений электрогидродинамики, ответственные за фундаментальный процесс формирования на заряженной поверхности жидкостей конических острий - динамических конусов Тейлора. Установлен характер поведения напряженности электрического поля, скорости движения жидкости и кривизны ее поверхности на заключительных стадиях процесса. Определено критическое значение диэлектрической проницаемости среды, превышение которого необходимо для реализации автомодельного сценария коллапса электрокапиллярных волн.

Я исследовал динамику развития неустойчивости свободной поверхности жидкого гелия, заряженной локализованными над ней электронами. Оказалось, что в случае, когда заряд полностью экранирует электрическое поле над поверхностью, а его величина существенно превышает пороговое для неустойчивости значение, асимптотическое поведение системы описывается хорошо известными уравнениями трехмерного лапласовского роста. Их интегрируемость в плоской геометрии позволила описать эволюцию границы вплоть до формирования на ней особенностей - точек заострения, в которых бесконечными оказываются напряженность электрического поля, скорость движения жидкости и кривизна ее поверхности. Получены точные решения задачи о профиле электрокапиллярной волны на границе жидкого гелия.

Мне удалось найти достаточные интегральные критерии взрывной неустойчивости поверхности проводящих и диэлектрических жидкостей в околокритическом электрическом поле, когда основным нелинейным взаимодействием является взаимодействие трех электрокапиллярных волн, образующих гексагональную структуру. Эти критерии представляют собой обобщение известных критериев линейной устойчивости на случай возмущений конечной амплитуды. Я также сформулировал условия взрывного роста возмущений заряженной поверхности жидкостей в случае квадратной симметрии задачи, для которого трехволновые взаимодействия вырождаются, а основными становятся четырехволновые.

Кроме того, я исследовал возможные равновесные конфигурации заряженных цилиндрических струй проводящей жидкости и нашел критические значения зарядов, при которых струи распадаются на отдельные. Показано, что для крупномасштабных азимутальных мод режим возбуждения неустойчивости струй круглого сечения - мягкий, а для мелкомасштабных - жесткий.

Наконец, я исследовал поведение идеальной диэлектрической жидкости со свободной поверхностью в сильном тангенциальном электрическом поле. Получены уравнения для эволюции волн малой амплитуды с учетом квадратичных нелинейностей. Как оказалось, уравнения могут быть решены в предельном случае жидкостей со значительной диэлектрической проницаемостью, что позволило описать нелинейное взаимодействие встречных поверхностных волн.