

Юрий Петрович Рыбаков
(к семидесятилетию со дня рождения)



21 сентября 2009 года исполнилось 70 лет известному физику-теоретику, доктору физико-математических наук, профессору, заведующему кафедрой теоретической физики Российского университета дружбы народов (РУДН), заслуженному деятелю науки Российской Федерации Рыбакову Юрию Петровичу.

Юрий Петрович Рыбаков родился в Подмосковье в г. Щелково в семье военнослужащего. По окончании средней школы стал студентом физического факультета МГУ, который окончил в 1962 году с отличием и был рекомендован в аспирантуру по кафедре теоретической физики. Еще в студенческие годы под влиянием своего научного руководителя Якова Петровича Терлецкого он увлекся проблемой устойчивости частиц как локализованных структур, возникающих в рамках нелинейной теории поля. Представление о частицах как о некоторых "полевых сгустках" с конечными

динамическими характеристиками восходит к трудам Г. Ми, А. Эйнштейна, Л. де Бройля, и Я.П. Терлецкий, стажировавшийся у Л. де Бройля, многое сделал для развития этих идей, ставших основой всех последующих исследований Ю.П. Рыбакова.

Уже в кандидатской диссертации *Вопросы устойчивости в нелинейной теории поля*, защищенной в 1965 году, методы А.М. Ляпунова, Н.Г. Четаева и А.А. Мовчана по изучению устойчивости состояний распределенных систем были адаптированы Ю.П. к проблемам теории поля. В частности, было продемонстрировано, что устойчивые локализованные структуры с конечными динамическими характеристиками могут быть описаны специальными (частицеподобными) решениями уравнений поля. В настоящее время их принято называть солитонными, и они могут возникать лишь в нелинейных полевых моделях.

Случилось так, что как раз в указанный период нелинейные модели привлекли к себе повышенный интерес физиков и математиков в связи с бурным развитием теории солитонов. Если в двумерных нелинейных уравнениях, таких как уравнение Кортевега - де Вриза, синус-Гордон или нелинейное уравнение Шредингера, было обнаружено замечательное свойство интегрируемости посредством метода обратной задачи рассеяния и его модификаций, то допускающие солитонные решения многомерные $[(3 + 1) \text{ и выше}]$ полевые модели оказались неинтегрируемыми. Однако именно такие модели обладают наиболее широким и привлекательным спектром физических приложений. Вот здесь, как нельзя кстати, и оказались востребованными методы исследования устойчивости, существования и регулярности решений нелинейных полевых уравнений, развиваемые Ю.П. Рыбаковым и его многочисленными учениками из разных стран мира.

Начиная с 1964 года Юрий Петрович работает на кафедре теоретической физики Университета дружбы народов (с 1991 года – РУДН). Он прошел путь от ассистента до профессора, заведующего кафедрой и воспитал целую плеяду талантливых физиков-теоретиков, успешно работающих в разных уголках планеты: Анджан Кунду и Самареш Чакрабартти (Индия), Амал Халдер и Биджан Саха (Бангладеш), Неофита Аргиру (Кипр), Адель Мохамед Тарабай (Ливан), Очоа Хименес Росендо (Перу) и многие др. Всего под руководством Ю.П. Рыбакова защищены 22 кандидатских диссертации, трое из его учеников впоследствии стали докторами наук.

Кратко перечислим наиболее значимые результаты, полученные в школе Ю.П. Рыбакова и опубликованные более чем в 200 работах, вышедших за прошедшие годы.

Были даны строгие определения и проведена сопоставительная классификация разных понятий устойчивости: глобальной, нелинейной, энергетической, линеаризованной и спектральной.

Установлена энергетическая неустойчивость стационарных нетопологических солитонов в размерности $D \geq 2$. Более того, удалось установить еще более сильную, линеаризованную неустойчивость в локальных моделях с положительной по скоростям энергией возмущений.

Дано обобщение известной теоремы Хобарта-Деррика об энергетической неустойчивости на случай стационарных солитонов в размерности 2 и выше. Таким образом, была продемонстрирована необходимость введения понятия условной устойчивости солитонов, и в частности, так называемой Q -устойчивости. Дана геометрическая интерпретация Q -теоремы, задающей критерии устойчивости многомерных солитонных конфигураций с фиксированными обобщенными зарядами Q_i .

Установлен необходимый и достаточный критерий устойчивости самогравитирующих солитонов типа "кротовых нор" Уилера. На простейших нелинейных моделях в рамках ОТО обнаружен эффект гравитационной стабилизации стационарных солитонов.

Исследована устойчивость когерентных структур в бесстолкновительной плазме (типа электронных и ионных фазовых дыр и двойных электрических слоев). Установлена глобальная устойчивость монотонных (по энергии электронов) равновесных распределений в плазме Власова-Пуассона и линеаризованная неустойчивость немонотонных распределений Бернштейна-Грина-Крускала.

Особое место в исследованиях Ю.П. Рыбакова с середины 70-х годов заняло изучение многомерных солитонов с нетривиальными топологическими индексами (зарядами), принимающими целочисленные значения и обеспечивающими устойчивость солитонов как на классическом, так и на квантовом уровнях. Именно топологические солитоны, обладающие по определению топологической устойчивостью, наиболее полно соответствуют исходным представлениям Эйнштейна-де Бройля о частицах как о "полевых сгустках". По меткому выражению Сиднея Коулмена: *"Топологическая устойчивость просто означает, что как бы ни вела себя система: она может "сходить с ума", разбрасывать свои части по всем углам, – это не приведет к диссипации (энергии); ее части не растворятся сами по себе. Топологическая устойчивость является принципом, гарантирующим существование "нерасплывающихся" решений"*.

Наибольшее внимание в школе Ю.П. Рыбакова было уделено модели Скирма, где топологические солитоны моделируют основные состояния барионов, и модели Фаддеева, изначально предложенной для описания электрослабого взаимодействия лептонов. Роль топологического заряда в модели Скирма, интерпретируемого как барионное число, играет топологический инвариант - степень отображения, а в модели Фаддеева аналогичную роль играет инвариант Хопфа. Ю.П. с учениками был развит последовательный алгоритм исследования существенно-нелинейных функционалов (3+1)-мерных моделей, позволяющий выявлять структуру конфигураций (анзацев), на которых в силу известной теоремы Коулмена-Пале и реализуется минимум функционала. Применяя обобщенный "метод оврагов" Гельфанда-Цейтлина (минимизация функционалов в расширенном пространстве) и метод сферической перестройки, восходящий к симметризации Штейнера, удалось строго доказать, что абсолютный минимум энергии в модели Скирма (в том числе с учетом неабелевого калибровочного поля) реализуется на так называемом "ежовом" анзаце, который было предложено окрестить *скирмионом*. Безусловно, наличие абсолютного минимума энергии и, следовательно, абсолютно устойчивого локализованного состояния в модели Скирма дает весомые основания для интерпретации скирмиона как наилегчайшего состояния среди барионов – протона. Заметим, что сам термин *скирмион* не только прижился, но за последнее десятилетие существенно расширил ареал своего обитания. Теперь скирмионные конфигурации активно исследуются в нелинейной оптике, мезоскопике, физике конденсированных сред, а в астрофизике активно изучаются скирмионные модели звезд.

Анализ структуры минимизаторов энергии для полевых конфигураций модели Скирма с топологическими зарядами $D \geq 2$ показал, что с ростом значения заряда имеет место *эффект понижения симметрии минимизаторов*. Так, минимум энергии двух взаимодействующих скирмионов достигается не на сферически-симметричной (как в случае одного скирмиона), а на аксиально-симметричной (тороидальной) конфигурации. С дальнейшим ростом Q симметрия минимизаторов может вырождаться до дискретной, что подтверждается численными расчетами в группах Браатена и Мантона.

В отличие от модели Скирма, в модели Фаддеева минимизаторы энергии имеют тороидальную структуру уже для полей с единичным инвариантом Хопфа. Доказательство существования таких конфигураций как регулярных решений уравнений

модели было дано Ю.П. Рыбаковым в 1981 году и в литературе такие конфигурации, представляющие собой замкнутые "закрученные" струны (вихри), получили название *торонов Рыбакова*. Аналогичные конфигурации были обнаружены и в модели Скирма, где они отвечают нестабильным состояниям с нулевым барионным числом (тяжелые бозоны).

По результатам этих исследований Ю.П. Рыбаковым в 1994 году в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна) была защищена докторская диссертация на тему "*Устойчивость многомерных солитонов*", а также опубликованы две монографии: "*The Skyrme Model: Fundamentals, Methods and Applications*" Springer-Verlag, 1993 (соавторы: В.Г. Маханьков и В.И. Санюк) и "*Многомерные солитоны. Введение в теорию и приложения*" Изд-во РУДН, 2001 (в соавторстве с В.И. Санюком); несколько обзоров и курсов лекций, в том числе: "*Модель Скирма и сильные взаимодействия: К 30-летию создания модели Скирма*" УФН, 1992, т. 162, № 2; "*Локализованные нетопологические структуры: построение решений и проблемы устойчивости*" УФН, 1994, т. 164, № 2; (совместно с В.Г. Маханьковым и В.И. Санюком); "*Устойчивость многомерных солитонов в киральных моделях и гравитации*" Итоги науки и техники. Классическая теория поля и теория гравитации.- ВИНТИ, 1991, Т. 2.

Однако, несмотря на то, что были убедительно продемонстрированы свойства солитонов, позволяющие рассматривать их как образы протяженных квантовых частиц, тем не менее оставалась нерешенной проблема согласования динамики солитонов и квантовой механики. Согласно концепции Эйнштейна-де Бройля в малой окрестности частицы уравнения поля существенно нелинейны и соответствующие локализованные решения описывают структуру частицы как солитона. Вдали от центра частицы, т.е. в области "хвоста" солитонного решения, поле быстро убывает, что ведет к эффективной линеаризации уравнений поля. Де Бройль считал, что такая линеаризация должна приводить уравнения поля к известным уравнениям квантовой механики, описывающим состояния квантовых частиц как точечных объектов. В частности, в нерелятивистском пределе должно возникать уравнение Шредингера, и, по мысли де Бройля, поведение центра частицы - солитона должно определяться именно линейной асимптотикой полевой функции, которой в стандартной квантовой теории придается смысл амплитуды вероятности.

В серии работ в конце 90-х годов Ю.П. Рыбакову удалось реализовать в полной мере концепцию Эйнштейна-де Бройля. Им был предложен гравитационный механизм реализации принципа нелинейного резонанса Д. Бома на примере модифицированной модели Синга. Для всех массивных частиц, описываемых регулярными локализованными (солитонными) решениями этой модели, автоматически выполняется соотношение Планка-де Бройля ($E = \hbar\omega$), т.е. имеет место корпускулярно-волновой дуализм в рамках которого данное соотношение реализуется как условие нелинейного резонанса. Далее было показано, что в пределе точечных частиц восстанавливаются основные квантовые постулаты. Более конкретно, Ю.П. было найдено специальное стохастическое представление квантовой механики, т.е. из физических полей, обладающих солитонными свойствами, удалось построить амплитуду вероятности, а средние значения наблюдаемых удалось представить как скалярные произведения (билинейные функционалы) в подходящем гильбертовом пространстве с ядрами в виде соответствующих операторов. Более того Ю.П. удалось дать обоснование связи спина со статистикой (принципа Паули) как естественного следствия протяженности частиц. В рамках солитонной модели атома удалось также обосновать постулаты Бора о существовании устойчивых стационарных состояний электрона в атоме.

В последние годы Ю.П. Рыбаков с увлечением занимается разработкой модели космических киральных самогравитирующих струн, которые могли возникнуть в ранней Вселенной. Им доказано, что такие струны являются устойчивыми и могут быть

обнаружены по мощному электромагнитному излучению, которое свойственно таким объектам в силу наличия у них громадного топологического заряда.

Более 45 лет Юрий Петрович Рыбаков посвятил преподавательской деятельности на кафедре теоретической физики РУДН, им прочитаны курсы лекции практически по всем разделам теоретической физики. Вместе с Я.П. Терлецким им написаны учебники "Электродинамика" (М.: Высшая школа, 1980, 1990) и "Квантовая механика" (М.: РУДН, 1991), которые пользуются заслуженной популярностью среди студентов-физиков в России и за ее пределами. В 1998 году его научные достижения были отмечены медалью Луи де Бройля, а в 2006 году ему было присвоено звание Заслуженный деятель науки Российской Федерации.

Свое семидесятилетие Юрий Петрович встретил в добром здравии, с большим запасом жизненных сил и энергии и с самыми разнообразными планами дальнейших исследований. Пожелаем ему больших свершений на этом пути и будем ждать его новых замечательных результатов.

*И.Я. Арефьева, И.В. Волович, А.Н. Гордеев,
Ц.И. Гуцунаев, В.П. Милантьев, Ю.А. Попов,
В.А. Рубаков, Ю.Г. Рудой, В.И. Санюк,
А.Д. Суханов, Г.Н. Шикин, В.М. Филиппов*