



Николай Николаевич
БОГОЛЮБОВ

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКPERSONALIA**НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ БОГОЛЮБОВ**

(к пятидесятилетию со дня рождения)

21 августа 1959 г. исполнилось пятьдесят лет со дня рождения одного из крупнейших современных физиков-теоретиков Николая Николаевича Боголюбова. Его работами вписан ряд блестящих страниц как в теоретическую физику, так и в математику и механику.

Н. Н. Боголюбов родился в городе Горьком. Еще в школьные годы на его одаренность обратили внимание академики Д. А. Граве и П. М. Крылов; в 1923 г. он начинает работать в семинаре П. М. Крылова, а в 1924 г. пишет свою первую научную работу. В 1925 г., не имея высшего образования, в порядке исключения он был принят в аспирантуру при кафедре математической физики АН УССР и уже в 1928 г. защитил диссертацию на тему «Применение прямых методов вариационного исчисления к исследованию нерегулярных случаев простейшей задачи». Через два года Президиум АН УССР присуждает Н. Н. Боголюбову ученую степень доктора математики *honoris causa*, за его работы в области вариационного исчисления и почти периодических функций. В 1939 году он был избран членом-корреспондентом АН УССР, в 1947 году членом-корреспондентом АН СССР, через год после этого — действительным членом АН УССР. В 1953 г. Академия наук СССР избирает Николая Николаевича своим действительным членом.

Свою научную деятельность Н. Н. Боголюбов начал как математик. Его труды первого периода, частично выполненные им совместно с его учителем Н. М. Крыловым, относятся к прямым методам вариационного исчисления, теории почти периодических функций, приближенным решениям дифференциальных уравнений с граничными условиями. Уже в этом периоде ярко проявилась одна из характерных сторон научного дарования Н. Н. Боголюбова; он, если можно так выразиться, специалист по задачам, для решения которых недостаточно общеупотребительных приемов и методов, а необходим принципиально новый подход. Ряд полученных им тогда результатов давно уже стал классическим; математические работы Н. Н. Боголюбова получили широкую международную известность и признание. Одна из его работ в 1930 г. была удостоена премии Болонской Академии наук (премия А. Merlani).

Начиная с 1932 г., Н. Н. Боголюбов вместе с Н. М. Крыловым приступил к разработке совершенно новой отрасли науки, пограничной между физикой, математикой и техникой, — теории нелинейных колебаний, названной ими нелинейной механикой. В этом выборе тематики сказалась вторая характерная черта всего научного творчества Н. Н. Боголюбова: он никогда не разменивается на научные «мелочи», хотя бы и красивые, а умеет в каждый данный момент найти важнейшую и наиболее актуальную задачу, решение которой, с одной стороны, уже назрело, а с другой стороны, необходимо как в силу внутренней логики развития самой науки, так и с точки зрения приложений. Исследования в области нелинейной механики развивались в основном в двух направлениях: в направлении создания методов асимптотического интегрирования нелинейных уравнений, описывающих колебательные процессы, и в направлении математического обоснования этих методов, сводящихся к исследованию общей теории динамических систем.

С математической стороны первое направление приводит к исследованию дифференциальных уравнений с «малым» или «большим» параметром и к получению приближенных формул для практического применения. С аналогичной проблемой уже давно сталкивались в астрономии, но там рассматривались исключительно консервативные системы, в то время как физика и техника, в первую очередь бурно развивавшаяся радиотехника, требовали решения задачи именно для систем неконсервативных, прежде всего генераторов колебаний. Преодолев большие принципиальные трудности, Н. Н. Боголюбову совместно с Н. М. Крыловым удалось распространить методы теории возмущений на общие неконсервативные системы и построить новые асимпто-

ческие методы нелинейной механики. Эти методы математически строго обоснованы и позволяют (в отличие, например, от метода Ван-дер-Поля) получить не только первое, но и высшие приближения. Их можно использовать для изучения как периодических, так и квазипериодических процессов, причем полностью удовлетворяются запросы практики в отношении простоты и наглядности расчетных схем.

Второе направление состоит в качественном исследовании общих проблем нелинейной механики и соприкасается с абстрактной теорией динамических систем. Н. Н. Боголюбову принадлежит здесь ряд результатов фундаментального значения. Так, им показано существование инвариантной меры, введено важное понятие об эргодическом множестве и установлены теоремы о разбегании инвариантной меры на «неразложимые» инвариантные меры, «локализованные» в эргодических множествах. Полученные результаты в дальнейшем развивались и обобщались в работах других исследователей.

К началу 40-х годов работы Н. Н. Боголюбова выдвинули его в число виднейших математиков и механиков.

Исследование асимптотических методов естественно направило научные интересы Н. Н. Боголюбова в сторону статистической механики и статистической физики. Этим открылся третий, едва ли не наиболее плодотворный период его научной деятельности, период теоретической физики, в которую Н. Н. Боголюбов принес свой исключительный математический опыт и блестящую технику.

Уже первые применения асимптотических методов к вопросам статистической механики позволили Н. Н. Боголюбову получить весьма важные принципиальные результаты относительно установления равновесия в системе, связанной с термостатом, а также относительно влияния случайной силы на гармонический вибратор. Было показано, что в зависимости от используемой аппроксимации и от выбора масштаба времени один и тот же случайный процесс может рассматриваться либо как динамический, либо как марковский, либо, в общем случае, как некоторый немарковский процесс. На модельном примере гармонического вибратора, взаимодействующего с совокупностью большого числа таких же вибраторов («термостатом»), Н. Н. Боголюбов детально исследовал происходящее необратимого процесса установления статистического равновесия. При этом удалось с полной аккуратностью показать, что за достаточно большой интервал времени плотность распределения приближается к известной функции Гиббса.

Ряд исследований Н. Н. Боголюбова посвящен статистической физике классических систем. В них был развит метод функций распределения и производящих функций для решения основной задачи статистической физики — вычисления термодинамических функций через молекулярные характеристики вещества. В этих работах была дана законченная и вполне последовательная теория неидеальных газов, включающая в себя как частные случаи все ранее известные приближенные схемы (разложение Урселла—Майера, теорию Дебая и т. п.). Эта же методика даст ключи к разработке статистической теории жидкостей.

Распространение аппарата функций распределения на случай неравновесных процессов позволило Н. Н. Боголюбову подойти с единой точки зрения к теории и методу построения кинетических уравнений для систем взаимодействующих частиц. Этот метод был использован для исследования вопроса о получении уравнений гидродинамики на основе классической механики системы n взаимодействующих частиц. В весьма общих предположениях было показано, что первое приближение даст уравнения движения идеальной жидкости, следующее же приближение должно дать уравнение для вязкой жидкости. В работах ряда авторов эта методика была в дальнейшем применена к решению разнообразных конкретных задач физики конденсированных сред.

Распространение метода функций распределения на случай квантовых систем позволило Н. Н. Боголюбову решить задачу об общем приеме построения кинетических уравнений для систем этого типа. Таким путем удалось ввести существенные дополнения в общепринятую схему парных столкновений и выявить эффекты коллективного взаимодействия частиц системы.

Известные трудности, связанные с квантовой симметрией матрицы плотности, побуждали использовать в задачах статистической физики метод вторичного квантования, тогда еще не очень распространенный (а ныне являющийся одним из основных). В этой связи Н. Н. Боголюбовым был развит метод приближенного вторичного квантования, позволяющий в ряде случаев заметно упростить решение задачи многих тел, не теряя в то же время ее специфических качественных особенностей. В применении к теории металлов этот метод, прежде всего, дал возможность построить последовательную схему поляриной модели Шубина—Вонсовского и оказался весьма эффективным в ряде конкретных задач квантовой теории ферромагнетизма.

С этой методикой весьма тесно связан фундаментальный цикл работ Н. Н. Боголюбова по теории вырождения неидеальных газов. Исследование «конденсации» неидеального бозе-газа, впервые выполненное Н. Н. Боголюбовым в 1947 г., составило первый шаг на пути построения микроскопической теории сверхтекучести гелия II. В этой работе был установлен, в частности, тот кардинальный важный факт, что свойством сверх-

текучести может обладать только газ со взаимодействием, но отнюдь не идеальный газ. При этом наиболее существенным оказалось взаимодействие частиц с противоположными импульсами. Весьма существенно, что, несмотря на слабость взаимодействия, обычная теория возмущений оказалась здесь принципиально неприменимой, и возникла необходимость развить совершенно новую методику расчета.

Спустя десять лет дальнейшее развитие идей и методов этой работы позволило Н. Н. Боголюбову (независимо от несколько более ранней работы Бардина, Купера и Шриффера) создать последовательную микроскопическую теорию сверхпроводимости. Важную роль в понимании существа явления сверхпроводимости сыграла идея Фрелиха о решающей роли взаимодействия электронов с колебаниями решетки. Однако решить проблему на основе предложенного Фрелихом гамильтониана долго не удавалось ввиду больших чисто математических трудностей. Это побудило Бардина, Купера и Шриффера резко упростить задачу, воспользовавшись модельным гамильтонианом. Равным образом ряд возражений встречал и использованный ими метод решения задачи. Последовательное решение, полученное Н. Н. Боголюбовым, позволило не только исчерпывающим образом объяснить явление сверхпроводимости, но и установить тот факт, что последнюю можно рассматривать как сверхтекучесть электронного газа в металле. Этот факт имеет фундаментальное значение, ибо долгое время считалось, что сверхтекучесть есть специфическая особенность бозевских систем. Теперь же выяснилось, однако, что при известных условиях ею обладают и системы ферми-частиц; в частности, сверхтекучей может оказаться система протонов и нейтронов, образующих атомное ядро. В ходе этих исследований Н. Н. Боголюбовым был развит новый мощный метод решения задачи многих тел, представляющий собой далеко идущее обобщение известного метода Хартри — Фока.

Пожалуй, пример теории сверхпроводимости с наибольшей яркостью иллюстрирует еще одну очень характерную для научного стиля Н. Н. Боголюбова черту. Важнейшие задачи современной теоретической физики отличаются, как правило, совершенно исключительной математической сложностью. В результате, даже если в основах теории и нет принципиальных дефектов, расчетные трудности в ряде случаев столь велики, что могут перерасти в принципиальные, так, в частности, обстоит дело в релятивистской задаче многих тел. При решении задач такого типа чрезвычайно важно обеспечить степень строгости, необходимую для корректного решения задач. Именно это граничащее с искусством умение, основанное на блестящей физической и математической интуиции, более всего характерно для научного творчества Н. Н. Боголюбова.

Для решения задач статистической физики Н. Н. Боголюбов широко привлекает методы квантовой теории поля (отметим особо, кроме уже упомянувшихся ранее, работы по исследованию поведения частицы в квантовом поле, а также развиваемый им в последнее время весьма перспективный метод квантовых функций Грина). Это не случайно. Н. Н. Боголюбов, пожалуй, одним из первых до конца понял глубокое (и кажущееся теперь всем естественным и очевидным) математическое и физическое родство релятивистской задачи многих тел и квантовой теории поля. Здесь ясно выявилось его умение выделять общие элементы в самых, казалось бы на первый взгляд, разнородных отраслях физики, что делает возможным плодотворный взаимный перенос идей и методов. Не удивительно поэтому, что за работами по статистической физике последовал обширный цикл глубоких исследований по основам современной квантовой теории поля.

Хронологически первым здесь явилось развитие нового подхода к квантовой теории поля. Отталкиваясь от известных идей Гейзенберга, Н. Н. Боголюбов отказался и от обычного гамильтонова метода, формулируя теорию только в терминах матрицы рассеяния, на которую накладываются физически очевидные условия соответствия с неквантовой теорией, релятивистской инвариантности, унитарности и причинности. Выяснилось, что в рамках обычных предположений о разложимости S -матрицы в ряд по степеням постоянной связи и об аддитивском выключении и включении взаимодействия такой подход эквивалентен методу Гамильтона.

При проведении этой программы выявилась недостаточность обычного аппарата классического анализа для описания объектов, фигурирующих в квантовой теории поля. Как показал Н. Н. Боголюбов, физика столкнулась там с незадолго до того введенными в математику так называемыми обобщенными функциями (простейший пример которых являет собой общеизвестная δ -функция Дирака). В связи с этим были разработаны правила обращения с такими функциями (операция умножения), после чего оказалось, что так называемые «расходимости» отдельных членов ряда теории возмущений связаны с математически некорректным обращением с обобщенными функциями. Тем самым впервые выяснился истинный смысл техники перенормировки, до того представлявшей собой не более чем чисто формальный рецепт. Дальнейшие исследования процедуры перенормировки привели Н. Н. Боголюбова к открытию группы конечных перенормировок, которая оказалась чрезвычайно удобной для эффективного улучшения формул теории возмущений и ныне широко используется при конкретных расчетах как в собственно квантовой теории поля, так и в релятивистской задаче многих тел.

В 1956 г. Н. Н. Боголюбовым было построено первое строгое доказательство дисперсионных отношений, устанавливающих связь между вещественной и мнимой частями амплитуды рассеяния. Это следует признать фундаментальным достижением, ибо дисперсионные соотношения представляют собой единственный пока известный в квантовой теории поля точный результат, не связанный с разложением чего бы то ни было в ряды. Поэтому чрезвычайно важно знать, из каких именно основных физических принципов они следуют. Это как раз тот вопрос, в котором в физике необходима математическая строгость. Выполненное Н. Н. Боголюбовым доказательство позволяет использовать дисперсионные соотношения для проверки фундаментальной гипотезы о локальности взаимодействия. Для доказательства пришлось привлечь совершенно необычайный в теоретической физике тонкий математический аппарат, синтезирующий методы теории обобщенных функций и теории функций многих комплексных переменных. Ныне этот аппарат уже воспринят большим числом теоретиков, и все направление, связанное с изучением и использованием дисперсионных соотношений и спектральных представлений, переживает период бурного развития.

Наряду с научной деятельностью Н. Н. Боголюбов уделяет большое внимание подготовке новых кадров и научно-организационной работе. С 1936 г. он руководит кафедрами сначала в Киевском, а ныне в Московском государственном университете. В течение четырех лет (1946—1949) он был деканом механико-математического факультета Киевского государственного университета им. Т. Г. Шевченко. Н. Н. Боголюбов руководил работой ряда отделов АН УССР; в последнее время он возглавляет отдел теоретической физики Математического института им. В. А. Стеклова АН СССР и является директором Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований.

Н. Н. Боголюбов воспитал многих уже сложившихся ученых, которые ныне и сами имеют учеников. Под его руководством защищено около 50 кандидатских и докторских диссертаций. Н. Н. Боголюбовым созданы школы нелинейной механики (в Киеве) и теоретической физики (в Москве, Дубне и Киеве). Ряды его учеников непрерывно пополняются за счет талантливой молодежи. Нельзя не удивляться необычайной разносторонности Н. Н. Боголюбова. С равным успехом он руководит как абстрактными математическими исследованиями, так и работами по самым конкретным вопросам, например по теории твердого тела.

Перу Н. Н. Боголюбова принадлежит около 200 научных работ и 15 монографий. Его научная и общественная деятельность получила высокую оценку со стороны научной общественности, партии и правительства. Н. Н. Боголюбов—лауреат премии им. М. В. Ломоносова, дважды лауреат Сталинской премии, в 1958 г. ему была присуждена Ленинская премия. Он награжден шестью орденами, в том числе двумя орденами Ленина.

Ю. А. Митропольский
С. В. Табликов

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ Н. Н. БОГОЛЮБОВА

А. Статьи

1. О принципе Релея в теории дифференциальных уравнений математической физики и методе Эйлера в вариационном исчислении. Труды физ.-матем. отд. Укр. АН 3, стр. 39—57 (1926), (совм. с Н. М. Крыловым).
2. О приближенном решении дифференциальных уравнений. Сборник трудов Института технической механики, № 2, 357—365, Киев, 1927.
3. О приближении функций тригонометрическими суммами. Доклады АН СССР 6, 147—152.
4. О теории приборов-указателей. J. Phys. Radium, ser. 7 1, 77—92 (1930) (совм. с Н. М. Крыловым).
5. О некоторых новых методах в вариационном исчислении. Ann. Mat., ser. IV 7, 249—271 (1930).
6. Об одной проблеме электростатики. Труды Харьк. эл.-тех. ин-та, вып. 1, 7—19 (1931) (совм. с Н. М. Крыловым).
7. Общая теория меры в нелинейной механике. Записки Кафедры математической физики Ин-та строительной механики АН УССР, 3, 55—112 (совм. с Н. М. Крыловым).
8. Общая теория меры в применении к исследованию динамических систем нелинейной механики. Ann. Mat., ser. II 38, 65—113 (1937), (совм. с Н. М. Крыловым).
9. Об уравнениях Фоккера—Планка, которые выводятся в теории возмущений методом, основанным на спектральных свойствах гамильтониана возмущения. Зап. Каф. матем. физ. АН УССР 4, 5—80 (1939), (совм. с Н. М. Крыловым).
10. Некоторые арифметические свойства почти-периодов. Там же, 185—191 (1939).

11. Устройство для определения сил трения во вращающихся частях машин, приборов и т. п. Патент № 58725; кл. 42 к. 29₀₅. Заяв. свид. № 6102 от 9.III. 1939 г.
12. Разложения по степеням малого параметра в теории статистического равновесия. ЖЭТФ 16, 681—690 (1946).
13. Кинетические уравнения. Там же, 691—702.
14. К теории сверхтекучести. Изв. АН СССР, сер. физ. 11, 77—90 (1947).
15. Кинетические уравнения в квантовой механике. ЖЭТФ 17, 614—628 (1947), (совм. с К. П. Гуровым).
16. Энергетические уровни неидеального бозе-эйнштейновского газа. Вестник МГУ, № 7, 43—56 (1947).
17. Кинетические уравнения в теории сверхтекучести. ЖЭТФ 18, 622—630 (1948).
18. Об одном применении теории возмущений к полярной модели кристалла. ЖЭТФ 19, 251—255 (1949) (совм. с С. В. Тябликовым).
19. Приближенный метод нахождения низших энергетических уровней электронов в металле. ЖЭТФ 19, 256—268 (1949), (совм. с С. В. Тябликовым).
20. Метод теории возмущений вырожденного уровня в полярной модели металла. Вестник МГУ, № 3, 25—48 (1949) (совм. с С. В. Тябликовым).
21. Об устранении собственно-энергетической расходимости в нерелятивистской теории поля. Доклады АН УССР 5, 10—16 (1949), (совм. с С. В. Тябликовым).
22. К инвариантному построению квантовой теории поля. ДАН СССР 74, 681—684 (1950) (совм. с В. Л. Бонч-Бруевичем и Б. В. Медведевым).
23. Об одной новой форме адиабатической теории возмущений и задаче о взаимодействии частицы с квантовым полем. Укр. Матем. журнал 2, 3—24 (1950).
24. К вопросу об основных уравнениях релятивистской квантовой теории поля. ДАН СССР 81, 757—760 (1951).
25. Об одном классе основных уравнений релятивистской квантовой теории поля. ДАН СССР 81, 1015—1018 (1951).
26. Уравнения в вариациях квантовой теории поля. ДАН СССР 82, 217—220 (1952).
27. Волновая функция нижнего состояния системы взаимодействующих бозе-частиц. ЖЭТФ 28, 129 (1955) (совм. с Д. Н. Зубаревым).
28. О представлении функций Грина—Швингера при помощи функциональных интегралов. ДАН 99, 225 (1954).
29. Об условии причинности в квантовой теории поля. Изв. АН СССР, сер. физ. 19, 237 (1954).
30. Уравнения с вариационными производными в проблемах статистической физики квантовой теории поля. Вестник МГУ, № 4—5, 115 (1955).
31. К теории умножения причинных сингулярных функций. ДАН 100, 25 (1955) (совм. с О. С. Парасюком).
32. О вычитательном формализме при умножении причинных сингулярных функций. ДАН 100, 429 (1955) (совм. с О. С. Парасюком).
33. О ренормализационной группе в квантовой электродинамике. ДАН 103, 203 (1955) (совм. с Д. В. Ширковым).
34. Группа перенормировки заряда в квантовой теории поля. Nuovo Cimento 3, 845—863 (1956) (совм. с Д. В. Ширковым).
35. О вычитательном формализме при умножении причинных функций. Изв. АН СССР, сер. матем. 20, 585 (1956) (совм. с О. С. Парасюком).
36. Об аналитическом продолжении обобщенных функций. ДАН СССР 109, 717 (1956) (совм. с О. С. Парасюком).
37. Дисперсионные соотношения для комптоновского рассеяния на нуклонах. ДАН СССР 113, 529 (1957) (совм. с Д. В. Ширковым).
38. Дисперсионные соотношения для слабого взаимодействия. ДАН СССР 115, 891 (1957) (совм. с А. А. Логановым и С. М. Биленьким).
39. Об умножении каузальных функций в квантовой теории поля. Acta Mathematica 97, 227 (1957), (совм. с О. С. Парасюком).
40. Об аналитическом продолжении обобщенных функций. Изв. АН СССР, сер. матем. 22, 15 (1958) (совм. с В. С. Владимировым).
41. 42. О новом методе в теории сверхпроводимости: I. ЖЭТФ 34, 58 (1958); III, ЖЭТФ 34, 73 (1958).
43. К теории фазового перехода. ДАН СССР 117, 788 (1957) (совм. с Д. Н. Зубаревым, Ю. А. Церковниковым).
44. К вопросу об условии сверхтекучести в теории ядерной материи. ДАН 119, 52 (1958).
45. Об одном вариационном принципе в задаче многих тел. ДАН 119, 244 (1958).
46. К теории сверхпроводящего состояния. Научные докл. В. III., № 1, 3 (1958).
47. Опережающие и запаздывающие функции Грина в статистической физике. ЖЭТФ (1959) (совм. с С. В. Тябликовым).
48. Метод дисперсионных соотношений и теория возмущений. ЖЭТФ (1959) (совм. с А. А. Логановым и Д. В. Ширковым).

Б. Монографии

1. Исследование продольной устойчивости аэроплана. М.—Л., Гос. Авиаавтоиздат, 1932 (совм. с Н. М. Крыловым).
 2. Новые методы в вариационном исчислении. Харьков—Киев, Техтеориздат.
 3. Об устойчивости параллельной работы синхронных машин. Харьков—Киев, Укрэнергиздат, 1932 (совм. с Н. М. Крыловым).
 4. Новые методы нелинейной механики в их применении к теории стационарных колебаний. АН УССР, Труды каф. матем. физ., № 8, 1934 (совм. с Н. М. Крыловым).
 5. Введение в нелинейную механику. (Приближенные и асимптотические методы). Киев АН УССР, 1937 (совм. с Н. М. Крыловым).
 6. Introduction to Non-linear Mechanics, London, 1943.
 7. О некоторых статистических методах в математической физике. Киев, АН УССР, 1945.
 8. Лекции по квантовой статистике. Киев, «Радянська Школа», 1949.
 9. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М., Гостехиздат, 1955 (совм. с Ю. А. Митропольским).
 - 9'. 2-е издание. М., Физматгиз, 1958.
 10. Введение в теорию квантованных полей. М., Гостехиздат, 1957 (совм. с Д. В. Ширковым).
 - 10'. Перевод: Introduction to the Quantum Field Theory, Interscience Publishers, New York, 1958.
 11. Вопросы теории дисперсионных соотношений, М., Физматгиз, 1958 (совм. с Б. В. Медведевым и М. К. Поливановым).
 12. Новый метод в теории сверхпроводимости. Изд. АН СССР, 1958 (совм. с В. В. Толмачевым и Д. В. Ширковым).
-