

## К 75-летию В.А. Акуличева

Академику Виктору Анатольевичу Акуличеву 75 лет. Славный юбилей на фоне яркой научной деятельности в области океанологии, акустики океана, механики волновых процессов, кавитации.

Любой рассказ о яркой личности и творчестве всегда оказывается неполным ввиду многогранности таланта и многообразия свершений. Обычно всегда возвращаются к истокам. Это интересно и поучительно. Вот и в нашем рассказе об академике Викторе Анатольевиче Акуличеве постараемся вспомнить как все начиналось.

Вначале сухие строки биографии. Родился 31 января 1939 г. в г.Шпола, Киевской обл., Украина. Родители: отец - Анатолий Викторович Акуличев, офицер, мать - Ольга Ивановна Акуличева (Гегельская), воспитатель детского сада. В 1956 г. окончил среднюю школу с золотой медалью в г. Оргееве (ныне г. Орхей), Молдавия. В 1961 г. окончил Киевский политехнический институт по специальности "электроакустика" и по распределению приехал в Сухумскую научную морскую станцию Акустического института АН СССР.

Ярко выраженный интерес Виктора Анатольевича к научной работе проявился сразу же после окончания института на первом месте работы в Сухуми. Первые научные работы лежали в области нелинейной акустики и были посвящены сильно нелинейным эффектам в жидкостях, происходящих под действием мощного ультразвука, когда происходит разрыв жидкости с образованием пузырьков – явление, которое называется кавитацией. Явление гидродинамической кавитации было уже более 50 лет известно на практике и оно обычно рассматривалось как досадное явление, приводящее при схлопывании кавитационных пузырьков вблизи твердых поверхностей к эрозии и резкому ухудшению качества поверхностей и падению прочности тел. Особенно ярко это выражалось при воздействии на гребные винты морских судов. Физика кавитационных процессов к этому времени оказалась настолько интересной и многогранной, что к ее изучению было привлечено внимание многих выдающихся ученых, таких как лорд Рэлей, Лэмб, Кирквуд, Бете, Зельдович и др. Явление акустической кавитации, с которой имел дело молодой ученый, было сходно с гидродинамической кавитацией, но по многим параметрам было сложнее и одновременно проще, поскольку являлось рукотворным явлением, созданным мощным ультразвуком, излучаемым по воле исследователя в разных диапазонах частот и мощностей.

Первые работы были экспериментальными и не ограничивались только стенами лаборатории. Они имели выход на акваторию Черного моря со всеми сложностями морского эксперимента и были выполнены под руководством Виктора Ивановича Ильичева, впоследствии ставшего директором Тихоокеанского океанологического института в самый ответственный момент его создания. Уместно вспомнить, что в начале 1960-х годов наука властвовала над умами молодых людей, жажда научного поиска увлекала молодежь. Особенно физика, показавшая свою мощь и заложившая основы постиндустриального общества. В науке было много молодежи. Новизна идей, престиж профессии привлекали, стремление сказать свое слово в науке было всеобъемлющим. В коллективе с таким мощным стремлением и формировалось отношение к науке у молодого ученого.

А жизнь тем временем шла своим чередом, появился сын Саша. Впоследствии он закончит престижный Физтех, аспирантуру, на переломе эпох уедет в Англию, получит там степень PhD, будет работать в США, опять вернется в Англию и продолжит исследования в области молекулярной биологии в Оксфорде.

Работа и путешествия, экспедиции и веселые розыгрыши, гитара и песни ... – на все хватало время. Появились первые публикации в престижных академических журналах. На первых порах для экспериментальных исследований хватало одного энтузиазма и нерастроченной энергии, но чем дальше погружался молодой ученый в проблему, тем яснее становилось, что без хорошего теоретического обоснования, без хорошей школы, дальше не удастся сильно продвинуться. Итогом стало поступление в 1964 году в аспирантуру Акустического института в отдел ультразвука к профессору Л.Д.Розенбергу.

Уровень исследований по акустике в СССР в то время был очень высок. Профессор Л.Д. Розенберг являлся разносторонним человеком, был инициатором крупномасштабных исследований по физике взаимодействия ультразвука с веществом и одним из создателей научных основ ультразвуковых технологий, ныне занявших достойное место на практике. Известно, что Л.Д.Розенберг вместе с академиком Л.М.Бреховских был в числе первых ученых, кто открыл подводный звуковой канал. Символично, что это открытие было сделано в Японском море, с которым Виктор Анатольевич впоследствии также свяжет свою судьбу.

В аспирантуре Виктор Анатольевич начал изучать акустическую кавитацию во всей ее многогранности: теория и эксперимент, процесс зародышеобразования новой фазы – пузырьков в жидкости, гидратация ионов и стабилизация пузырьков, шумоизлучение и акустическая диагностика по спектральным признакам, динамика пузырьков под действием ультразвука, динамическая неустойчивость и коллапс пузырьков с излучением сферических волн – вот основные темы, которые привлекали молодого исследователя. Итогом явилась кандидатская диссертация, которую Виктор Анатольевич защитил до истечения отведенных трех лет аспирантуры. Уровень исследований был настолько высок, что явился основой для солидной части из трех глав под названием "Пульсации кавитационных полостей" в фундаментальной монографии "Мощные ультразвуковые поля", изданной под редакцией Л.Д. Розенберга в 1968 г. Монография была настолько яркой, что моментально была переведена в США и во Франции. Она и по сей день является настольной книгой специалистов в области физической акустики.

В эти годы Виктор Анатольевич много работает по разным направлениям физической акустики, публикует статьи в соавторстве с такими известными учеными как Л.Д. Розенберг, В.А. Красильников, М.Г.Сиротюк, К.А.Наугольных, В.В. Ольшевский, Ю.А. Богуславский и др. Ему даже удается поработать в Арктике на дрейфующей станции СП. Измерения кавитационной прочности морской воды, проведенные им в Северном ледовитом океане, являются уникальными. Уместно сказать, что в дальнейшем Виктору Анатольевичу удалось провести измерения кавитационной прочности морской воды во всех океанах, что выявило ярко выраженный широтный эффект, механизм которого до конца не ясен и поныне. Высказывались предположения о биологической природе распределения первичных зародышей кавитации (за счет зоо и фито планктона), распределения мю-мезонной компоненты космических лучей, которые посредством тепловых дельта-электронов рождают зародыши кавитации и ряд других гипотез. Но везде теории так и не удалось до конца оказаться состоятельной. Так что до сего времени результаты Виктора Анатольевича ждут своего объяснения.

После публикации монографии "Мощные ультразвуковые поля" авторитет Виктора Анатольевича в области физической акустики становится очевидным. Его приглашают на престижные конференции в СССР и за рубежом.

Вместе с тем Виктор Анатольевич резко меняет направленность исследований. Он выбирает предметом исследований область очень низких температур – криогенные жидкости, такие как азот, водород и гелий вблизи нуля градусов Кельвина (ниже  $-270$  по Цельсию), становятся предметом его исследований. Все они так или иначе были связаны с проблемами ультразвуковой кавитации. Дело в том, что в конце 1960-х годов сложилась крайне напряженная ситуация в физике высоких энергий, связанная с несовершенством методов регистрации частиц высоких энергий на ускорителях. К числу наиболее крупных в мире ускорителей принадлежали в то время два ускорителя в СССР: синхрофазотрон на 10 ГэВ (гигаэлектронвольт) в Дубне в Объединенном институте ядерных исследований и только что вступивший в строй самый тогда крупный в мире протонный синхротрон на 75 ГэВ в Протвино в Институте физики высоких энергий. Но вот регистрировать взаимодействия частиц высоких энергий было почти что нечем – имеющиеся традиционные пузырьковые камеры плохо устраивали ученых. Для корректной обработки экспериментальных данных нужна была многочисленная статистика событий. Визуализация треков частиц высоких энергий в пузырьковых камерах осуществлялась фотографическим способом при условии роста до видимых размеров пузырьков из зародышей, образуемых вторичными дельта-электронами при ионизации частицами атомов жидкости в метастабильном состоянии, которое в свою очередь реализовывалось за счет растяжения жидкости. Были созданы громадные установки, ярким воплощением которых стала французская жидководородная пузырьковая камера "Мирабель", которая была поставлена в ИФВЭ, занимала целое здание и требовала колоссально сложного обслуживания, особенно ее медленная система расширения для создания метастабильного состояния. Для резкого ускорения набора статистики возникла идея заменить громоздкую систему расширения быстрыми акустическими системами – создать ультразвуковую пузырьковую камеру (УЗПК). Именно этой практической целесообразностью и были обусловлены новые исследования по акустике в области низких температур с криогенными жидкостями. Трудность реализации УЗПК заключалась в создании управляемого роста пузырьков из зародышей до различных размеров за счет ультразвука. Для решения такой задачи не хватало одного акустического подхода. Требовалось дополнительное изучение термодинамики и кинетики фазовых превращений, создание теоретических основ фазовых превращений в акустическом поле. Исследования проводились совместно с группой д.ф.-м.н. Селиванова Г.И. из Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ в Дубне, где на ускорителе и проходили основные эксперименты. Работа заняла более пяти лет и к 1973 г. триумфально завершилась регистрацией треков частиц высоких энергий в ультразвуковой жидководородной камере. Особо следует отметить, что ближайшим конкурентам – группе Хилки из Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН) к этому времени так и не удалось решить проблему управляемого роста пузырьков за счет только одного ультразвука.

Одновременно с практикой создания УЗПК Виктор Анатольевич все больше привлекают фундаментальные задачи. Одной из таких задач было определение кавитационной прочности криогенных жидкостей. Эти жидкости необыкновенно чисты, их получают при сжижении газов и в них обычно не бывает твердых примесей. Тем не менее прочность на разрыв криогенных жидкостей на практике оказывается небольшой, что свидетельствует о наличии устойчивого источника зародышей. Такой источник нашелся в виде радиационного фона, который присутствует всюду и приводит к появлению дефектов структуры жидкости в виде паровых зародышей с размерами десятков нанометров, флуктуационно возникающих вдоль треков ионизирующих частиц. В итоге была создана теория кавитационной прочности жидкостей с зародышами новой фазы, основанная на

механизме гетерофазных флуктуаций, которому в свое время уделили большое внимание такие корифеи науки, как Френкель и Зельдович. Другая задача – описание динамики пузырька в знакопеременном поле ультразвука. Такая теория применительно к паровым пузырькам в криогенных жидкостях была создана в кратчайшие сроки в соавторстве с сотрудником теоретического отдела АКИН Алексеевым В.Н. Явление выпрямленного тепло и массопереноса, лежащее в основе механизма воздействия ультразвука на рост паровых пузырьков, оказалось настолько универсальным, что в дальнейшем применялось также к проблеме управления кристаллизацией жидкостей в ультразвуковом поле.

Особое место в научном творчестве Виктора Анатольевича занимает проблема объяснения небольшой кавитационной прочности жидкого гелия, особенно его необыкновенной фазы – сверхтекучего гелия He II. Им вместе с сотрудником Института физики высоких давлений АН СССР Богуславским Ю.А. была разработана теория кавитационной прочности гелия в присутствии необычных зародышей – электронных пузырьков, которые не имеют аналога в высокотемпературных жидкостях. Но наиболее важным было введение в физику понятия квантовая кавитация. Это явление наблюдается только вблизи абсолютного нуля, когда термические гетерофазные флуктуации замирают и тогда на сцену выходят квантовые гетерофазные флуктуации. Их описание впервые было сделано академиками И.М. Лифшицем и Ю. Каганом в 1972 году. А два года спустя Виктор Анатольевич предсказал ограничение прочности на разрыв жидкого гелия именно механизмом квантовых флуктуаций. Интересно, что экспериментально удалось проверить теоретические предсказания только в середине 1990-х годов в США (Н. Maris) и в начале 2000 г. во Франции (S. Valibar).

Совершенно необычна судьба другой разработки. В 1972 г. в Письмах в ЖЭТФ, Журнал экспериментальной и теоретической физики, появилась статья академика В.Л.Гинзбурга с его учеником А.А.Собяниным, касающаяся возможности реализации сверхтекучего состояния в жидком водороде, но не в обычном состоянии, а в метастабильном растянутом состоянии. Как известно, вплоть до настоящего времени только в жидком гелии наблюдается существование этого удивительного квантового состояния сверхтекучести, открытого Капицей и объясненного Ландау. Другие известные на Земле жидкости замерзают раньше достижения температуры лямбда-перехода в сверхтекучее состояние. Виктором Анатольевичем была опубликована статья в ЖЭТФ, которая показывала невозможность реализации этого состояния даже в метастабильном состоянии ввиду малой кавитационной прочности. Но далее у Виктора Анатольевича возникла идея динамического растяжения жидкого водорода в поле ультразвука с одновременным переохлаждением его в малом объеме. Эта идея получила большой резонанс, Виктор Анатольевич докладывал об этом на семинаре у В.Л.Гинзбурга. Была даже неудачная попытка экспериментальной реализации этой идеи в ИФВЭ совместно с соавтором УЗПК Г.И Селивановым. В последнее время к этой проблеме все чаще возвращаются на новом экспериментальном уровне. И кто знает, возможно, как и в случае квантовой кавитации, не за горами и экспериментальное подтверждение идей, высказанных Виктором Анатольевичем более 40 лет тому назад.

Далее уместно вернуться к строкам биографии. В 1975 г. по результатам исследований акустической кавитации в криогенных и кипящих жидкостях защитил диссертацию доктора физико-математических наук, а затем по материалам диссертации опубликовал монографию "Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях", вышедшую в издательстве Наука в 1978 году.

В 1978 году Виктор Анатольевич вновь совершает переворот в своей биографии. Он уезжает на Дальний восток в Тихоокеанский океанологический институт, где уже несколько лет как стал директором его первый научный руководитель Виктор Иванович Ильичев. Ехал с намерением возглавить лабораторию, а оказалось, что пришлось стать еще и заместителем директора по научной работе. С той поры началась новая научная и научно-организационная деятельность, которая проходила на виду у всех сотрудников Дальневосточного отделения академии наук. Дальний восток подарил Виктору Анатольевичу и теплоту семьи и радость рождения дочери Виктории. Ныне она уже замужем, давно с блеском закончила ДВГУ, аспирантуру в МГУ им М.В.Ломоносова, стала кандидатом филологических наук по французскому языкознанию и читает лекции в Германии.

Наиболее значимыми становятся работы В.А. Акуличева в области акустики океана: экспериментальные исследования распространения звука в океане через крупные мезомасштабные неоднородности, фронтальные разделы и вихри, постановка задач по численному моделированию распространения звука вдоль протяженных акустических трасс в неоднородном океане, а также исследования по определению концентрации и размеров различных неоднородностей водной среды в океане на основе решения обратных задач при рассеянии акустических сигналов.

Для проведения работ по распространению звука на большие дистанции институт остро нуждался в новой излучающей акустической технике. Под влиянием идей Акуличева В.А. и под его непосредственным руководством молодым сотрудником его лаборатории Пенкиным С.И. были разработаны мощные глубоководные низкочастотные акустические излучатели, основанные на принципах возбуждения звука в заполненных жидкостью резонансных трубах и резонаторах. Излучатели были созданы в ТОИ и использованы в дальнейшем для исследования океана на трассах более 2000 км.

Особняком стоят работы В.А.Акуличева по исследованию возобновляемых энергетических ресурсов океана в виде энергии приливных и поверхностных волн, а также тепловой энергии океана, разработке методов преобразования и практического использования этой энергии. Увлеченность этими проблемами выразилась в создании Виктором Анатольевичем отдельной лаборатории, которую много лет возглавлял Ильин Альберт Константинович, вначале в ТОИ, а затем в ИПМТ ДВО РАН. Тематика этой лаборатории сохранилась в ИПМТ и поныне.

На Дальнем востоке Виктор Анатольевич стал членом-корреспондентом АН СССР (1990 г.) и академиком РАН (2000 г.). Он значительно расширил поле деятельности и создал научную школу по гидрофизике и акустике океана, которая находится в списке ведущих научных школ России и финансируется грантами Президента РФ. Виктор Анатольевич является профессором по специальности гидрофизика. Кафедра гидрофизики, которую он много лет возглавлял на физическом факультете в ДВГУ, была одной из престижных и через нее прошло много студентов, с блеском закончивших университет. Целый ряд научных сотрудников ТОИ гордится, что они учились и выполняли дипломные работы по кафедре гидрофизики.

В настоящее время Акуличев В.А. авторитетный ученый в области океанологии, гидрофизики и акустики, автор или соавтор более 250 научных работ, в том числе 4-х монографий: “Мощные ультразвуковые поля” (1968), “Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях” (1978), “Периодические фазовые превращения в жидкостях” (1986), “Волновые

энергетические станции в океане” (1989). Под его общей редакцией опубликовано научное издание в 4-х книгах «Дальневосточные моря России» (2007).

Акуличев В.А. хорошо известен за рубежом. Он член Американского акустического общества (ASA), председатель Российского национального комитета Международного комитета SCOR, вице-президент SCOR в 2004-2008 г.г., национальный координатор РФ подкомиссии WESTPAC/UNESCO, член Российского национального комитета по теоретической и прикладной механике, член Межведомственной национальной океанографической комиссии РФ, член бюро Отделения наук о Земле РАН, член Президиума Дальневосточного отделения РАН. Особняком стоит важная и очень хлопотная должность президента Российского акустического общества.

В проходящих ныне глубоких переменах Виктор Анатольевич сохраняет здоровый оптимизм. Его жизненное кредо, подтвержденное всем долгим опытом: нужно всегда надеяться на лучшее – Let's hope for the better!

Давайте и мы последуем его примеру.