



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue I, 2025

ISSN: 2181-2675

HISTORY OF ACOUSTICS DEVELOPMENT

Yulduz Yeshimbetova¹,
Vazira Ubaydullaeva²
Tashkent Medical University,
Tashkent, Uzbekistan

¹Student of the Faculty of Chemistry of Tashkent Medical University;

²Senior Lecturer of Tashkent Medical Academy

DOI: 10.5281/zenodo.14711370

Article History	Abstract
Received: 16.12.2024 Accepted: 21.01.2025	This article examines the history of the development of acoustics as a science.

Keywords: Acoustics, infrasound, ultrasound, sound, tone, physics, research, development, frequency.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АКУСТИКИ

Annotatsiya/ Аннотация

В данной статье рассматривается история развития акустики, как науки.

Kalit so'zlar/ Ключевые слова: Акустика, инфразвук, ультразвук, звук, тон, физика, исследование, развития, частота.

Введение.

Изучение истории развития акустики — это увлекательное путешествие в мир науки, которая охватывает теоретические и практические аспекты звука и его воздействия на окружающую среду. История акустики помогает понять, как человечество пришло к современным технологиям звука, от первых наблюдений и экспериментов до современных достижений.

Акустика – одна из древнейших областей человеческого знания. Ее основали для изучения явлений слуха и речи. Еще в VI в. до н.э. древнегреческий математик и философ Пифагор обнаружил связь между длиной струны и высотой тона. Аристотель (IV в. до н. э.) определил, что эхо – это отражение звука от стоящих на пути препятствий и считал, что вибрирующее тело провоцирует воздух на сжатия и разрежения. В XV-XVI вв. итальянский ученый Леонардо да Винчи исследовал отражение звука, он описал теорию о том, что звуковые волны распространяются независимо от многообразных источников.



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue I, 2025

ISSN: 2181-2675

Акустика, как наука о звуке и его распространении в различных средах, имеет долгую и увлекательную историю, которая тесно связана с развитием человеческого общества и науки. От первых наблюдений за природными звуками до современных исследований, акустика прошла значительный путь. В ходе своего развития она вобрала в себя элементы физики, математики и инженерии, а также оказала влияние на множество областей, от музыкальной теории до архитектуры и медицины.

Основная часть.

Акустика (от греч. ἀκούω (акýо) — слышу) — в узком смысле слова — учение о звуке, то есть о волнах плотности в газах, жидкостях и в твёрдых телах, слышимых человеческим ухом -диапазон от 16 Гц до 20 кГц, а в широком смысле — область физики, изучающая свойства упругих колебаний и волн от низких частот (условно от 0 Гц) до предельно высоких частот 10^{12} — 10^{13} Гц, их взаимодействия с веществом и применение полученных знаний для решения широкого круга инженерных проблем.

Содержательный анализ истории формирования акустики как научной дисциплины представлены во многих работах разных авторов. Относительно короткое описание истории становления акустики представлено в работе акустика Р. Б. Линдси. Формирование акустики как важного раздела современной физики началось задолго до начала письменной истории. Понимание того, что звук возникает при биении предмета о предмет и колебаниях различных тел, является одним из древнейших элементов в формировании научной картины мира. Важным этапом в развитии акустики было возникновение музыки. Некоторые археологические находки указывают на изготовление человеком флейты из кости с боковыми отверстиями около сорока тысяч лет назад. Считают, что первые научные исследования природы музыкальных звуков были проведены греческим философом Пифагором в VI веке до нашей эры. Его исследования связаны с изучением звуков, возникающих при колебании струн. Им была установлена зависимость между длиной струны и высотой тона. Важные наблюдения относительно источников музыкальных звуков зафиксированы в Китае. Почти за две тысячи лет до нашей эры здесь была изготовлена система источников звука, которая отвечала за разделение октавы на двенадцать интервалов. Первые акустические рекомендации при строительстве жилья содержались в Ветхом Завете.

Исследование особенностей восприятия музыки слушателями подтолкнуло поиск ответов на определённые вопросы, касающиеся физики звука. Так, Аристотель высказал достаточно чёткое утверждение относительно процесса распространения звука как передачи состояния сжатия-растяжения от одной частицы воздуха к другой. Ему принадлежат также содержательные соображения относительно природы человеческого голоса. Однако он же высказывал ошибочное утверждение о том, что высокочастотные звуки распространяются быстрее, чем низкочастотные.

Начало нашей эры характеризуется новым пониманием таких акустических явлений, как интерференция, отражение звука, эхо. На основе знания об этих явлениях формировались рекомендации для строительства античных театров, относительно акустических свойств которых сейчас распространено много легенд. В наше время выполнен детальный анализ акустических свойств раскопанного археологами в 1881 г.



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue I, 2025

ISSN: 2181-2675

театра в Эпидавре, вмещавшего до 15 000 зрителей. Исследования показали, что архитектура театра формировала определённый акустический фильтр, который препятствовал распространению низкочастотных составляющих звука (основные компоненты постороннего шума) и способствовал распространению высокочастотных составляющих. Сейчас среди акустиков высказывается мнение, что такая акустическая модель была случайной и, следовательно, повторялась при сооружении других театров. Научная основа архитектурной акустики была создана только в начале двадцатого века. Оценка роли пифагорейцев в разных источниках различается и порой базируется на мифах, а не реальных свидетельствах. Формирование современных представлений об особенностях колебательных процессов началось в работах Галилея. Им выполнен значительный объём исследований по определению связи между физическими и геометрическими параметрами струн и характеристиками звуков, возникающих в случае их колебания. Им обнаружено явление изохронизма (независимости периода колебаний маятника от амплитуды колебаний), хотя он ошибочно считал, что это явление имеет место при любых значениях амплитуд. Он также обнаружил явление резонанса. Конец шестнадцатого и начало семнадцатого столетия знаменует период значительного интереса к вопросам колебания струн. Кроме Галилея, исследования проводились и другими исследователями, которые иногда своими публикациями опережали его. Существенные достижения в определении связи между частотой и высотой тона были получены французским учёным Ж. Совёром. Он ввёл в 1701 г. термин *акустика*. Также он использовал термины *узловые точки* и *гармонические тона*.

Как и в отношении других разделов физики, можно сказать, что с обнародованием ньютоновских «Начал» началась новая эра в развитии акустики. Исследования проводились на основе новых методологических основ по поиску научных результатов и их объяснения.

Определённым итогом развития акустики в XVIII веке можно считать появление первой монографии по акустике, автором которой был выдающийся экспериментатор Э. Хладни. Первое издание этой книги вышло в 1802 году. Многие из представленных в ней наблюдений нашли научное объяснение значительно позже. Сама книга выглядит несколько специфично. В ней нет ни одной формулы, без которых в дальнейшем в акустике уже невозможно обойтись. Использование математического моделирования на основе точно определённых физических понятий стало мощным средством получения новых знаний в акустике благодаря трудам Эйлера, Лагранжа, Д'Аламбера и Д. Бернулли. Итогом процесса стало более быстрое развитие акустических исследований в XIX веке и вышедшее в печать (1877—1878 гг.) двухтомное издание «Теория звука» лорда Рэлея (существует в русском переводе), которое стало важным источником для изучения акустики.

Активная исследовательская деятельность многих учёных в XIX и XX веках сформировала современную акустику как науку, охватывающую широкий спектр явлений, связанных с созданием, распространением волн и взаимодействием их со средой. Акустика разделилась на отдельные научные и инженерные дисциплины.



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue I, 2025

ISSN: 2181-2675

Исторические исследования тоже стали сосредотачиваться на отдельных дисциплинах. Подробный исторический анализ часто порождает издания большого объёма.

Определение скорости звука. Представление о конечной величине скорости звука на основе наблюдения за явлением эха и задержки появления звука после выстрела из пушки сформировалось достаточно давно. Относительно того, кто был пионером в измерении скорости звука, в литературе есть определённые разногласия. Называются фамилии Гассенди и Мерсенна. Оба исследователя анализировали выстрел пушки, фиксируя интервал времени после набата во время выстрела и время прихода звука. По данным Гассенди скорость составляла 478 м/с. Морен получил несколько более точную оценку — 450 м/с. Сравнение наблюдений за выстрелами пушки и ружья давали возможность Гассенди сделать вывод о независимости скорости звука от частоты. Серия тщательно организованных опытов по измерению скорости звука была проведена во Флорентийской академии опыта (Академия дель Чименто) до 1660 года. Измеренная по звуку от пушки на расстоянии в одну милю скорость звука оказалась равной 1077 фут/с (1 метр равен 3,07843 парижских футов). Полученная оценка скорости 350 м/с оставалась эталоном для экспериментаторов больше века. Такие измерения не учитывали изменение состояния атмосферы (температуру, давление, влажность, скорость ветра). Изучение влияния этих факторов началось лишь в XIX веке.

Физическая акустика. Физическая акустика — часть акустики, рассматривающая взаимодействие акустических волн с твёрдыми, жидкими и газообразными средами на макро- и микроуровнях. В рамках физической акустики выделяются два вида задач. По формулировке соответствующих математических моделей и целей исследования звуковых полей их можно разделить на прямые и обратные задачи. В прямых задачах считают известными свойства вещества, в котором распространяются звуковые возмущения. Вопрос ставится об изучении влияния свойств среды (упругого тела, газа, жидкости, кристаллической решётки) на свойства волн.

Основные разделы акустики. На «колесе акустики» Линдси приведены десять основных направлений научной и инженерной деятельности в акустике. Эта диаграмма была создана в 1964 году (Рис-1.). Акустика как раздел физики находится в постоянном развитии. С тех пор в ней сформировались новые направления, в рамках которых интенсивно ведутся фундаментальные и прикладные исследования, результаты которых являются основой для создания действительно революционных технологий.

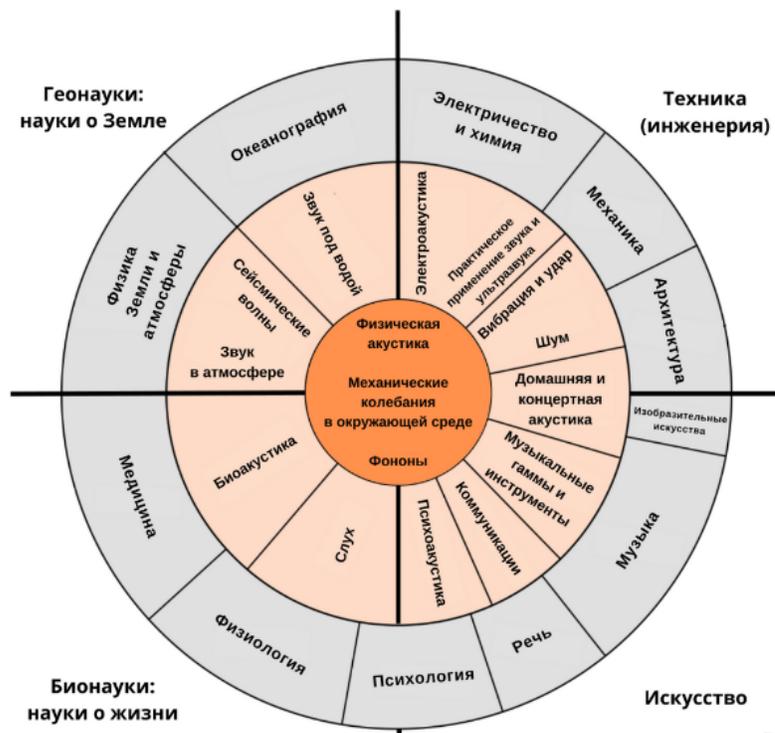


Рис-1. «колесо акустики Линдси».

Физиологическая и психологическая акустика. В процессе восприятия звука человеком можно выделить три этапа. Прежде всего, энергия звукового сигнала, достигающая головы, должна быть трансформирована в энергию механических колебаний элементов внутреннего уха. Затем механические колебания должны быть преобразованы в нервные импульсы, которые передаются в мозг. И наконец, переданный в мозг сигнал анализируется центральной нервной системой для оценки полученной информации. Процессы, происходящие на первых двух этапах, определяются физиологическими (анатомическими) особенностями слуховой системы человека и изучаются в рамках физиологической акустики. Особенности восприятия и анализа нервных импульсов мозга является предметом исследований в рамках психологической акустики, или психоакустики. Для человека также важна проблема генерации сложных звуков речи и пения. Особенности генерации таких звуков определяются строением речевого аппарата. Поэтому физиологическую акустику определяют как раздел акустики, объединяющий исследования особенностей восприятия и воспроизведения звуков культурно-слуховым аппаратом человека. Итоги исследований дают важную информацию как для медиков, в случае анализа дефектов слуха, так и для инженеров для создания технических средств и условий комфортного восприятия звуков человеком. В раздел физиологической акустики относят данные о предельных уровнях интенсивности волновых возмущений и их частотный диапазон, при которых у человека возникают слуховые ощущения.

Возмущения в воздухе, определяемые как звук, могут характеризоваться очень широким диапазоном частот и давлений. Однако далеко не все они воспринимаются человеческим ухом. На 2-рисунке выделена та область частот и давлений, в которой человеческое ухо воспринимает звук. В этой области также выделены меньшие области частот и давлений, характерные для речевого общения и пения (англ. *voice*) и музыкальных произведений (англ. *music*). Построение границ этой области является результатом усреднения измерения для многих людей. Для каждого конкретного человека могут наблюдаться отклонения в определении области восприятия звуковых раздражений.

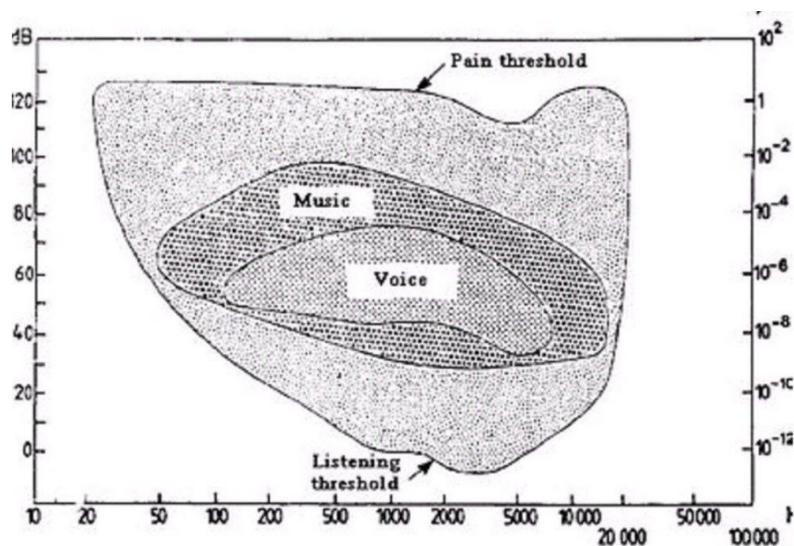


Рис-2. Область восприятия звука человека

Нижняя граница области определяет для каждой частоты значение давления в звуковой волне, при котором возникает слуховое ощущение. Эта кривая определяет порог слышимости (англ. *listening threshold*). Возмущения, параметры которых относятся к области ниже этой кривой, человеческим ухом не слышны. Как видно, наиболее чувствительным для среднестатистического человека является область частот около 3000 Гц. Что касается частотного диапазона слышимости, то таким показателем для среднестатистического человека является полоса от 20 Гц до 20 000 Гц (20 кГц). Звуки с более низкой частотой (инфразвук) и с более высокой (ультразвук) не воспринимаются человеческим ухом как звук.

Верхний предел выделенной области определяет, по сути, максимально возможные амплитуды колебаний механической системы человеческого уха, которые она способна превращать в соответствующие нервные импульсы. Высокие значения амплитуд колебаний уже вызывают болевые ощущения, и поэтому эта кривая определяется как болевой порог (англ. *pain threshold*).

Область воспринимаемых человеческим ухом звуков на плоскости давление — частота. Выделены области характерных звуков. Ось справа показывает величину

плотности потока энергии в звуковых волнах с соответствующим значением величины давления.

Электроакустика. Электроакустика — раздел акустики, который связан с разработкой и созданием различных электрических устройств, которые предназначены для создания, регистрации, восприятия и хранения звуковой информации. Первые электроакустические приборы были созданы в последней четверти XIX века. В 1876 году был создан электромагнитный телефон, а в 1878 году — угольный микрофон. После завершения Второй мировой войны началось бурное развитие электроакустики благодаря появлению технологии магнитной записи звука. Создание компьютера привело к внедрению цифровых технологий в процессы записи и воспроизведения звуков, особенно музыки. Появился новый вид музыки — компьютерная музыка.

Гидроакустика. Термином «гидроакустика» определяются все акустические исследования, связанные с изучением особенностей генерации и распространения звуков в различных жидкостях, в особенности в воде, и практическое использование знаний об этих особенностях.

Акустика в медицине. Знания из различных разделов акустики широко используются как для диагностических целей (УЗИ и др.), так и для организации терапевтических процедур. В этом случае используются звуковые сигналы в широком диапазоне частот. Значительное внимание в медицинской акустике уделяется также изучению воздействия на организм человека звуков и вибраций различной интенсивности.



Рис-3. Ультразвуковое изображение плода в утробе матери

Архитектурная акустика. Несмотря на то, что история акустики достаточно богата примерами сооружений (особенно культовых храмов и открытых театров), которые славятся великолепными условиями для восприятия звуков человеком, формирование научной дисциплины, которая бы давала обоснованные систематические рекомендации



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue I, 2025

ISSN: 2181-2675

для достижения таких звуковых качеств, произошло лишь в начале XX века. Это направление в акустике определяется как архитектурная акустика.

Музыкальная акустика. Музыкальная акустика является разделом акустики, в котором исследуется широкий круг вопросов музыки, физики музыкальных инструментов и особенностей восприятия музыки человеком. В этом последнем аспекте можно говорить о тесной связи музыкальной и психологической акустики, хотя в данном случае речь идёт о восприятии человеком особого — музыкального звука. Особенности таких звуков определяются тем, что музыка — это искусство организации вокальных, инструментальных звуков и их комбинации для достижения определённых эстетических и эмоциональных эффектов у слушателя. Постановка такой цели открывает широкие возможности для субъективных оценок музыкальных произведений. Содержание таких оценок определяется культурной атмосферой, в которой воспитывался слушатель, уровнем его индивидуальной культуры и присущее ему слуховое восприятие. Лишь незначительное количество людей от природы обладает так называемым абсолютным слухом, позволяющим точно определять высоту звука. Большинство людей имеют относительный музыкальный слух, в то же время у некоторых людей музыкальный слух отсутствует.

В случае описания восприятия звуков слушателем используют четыре свойства: высота звука, тембр, громкость и длительность. Во время физического анализа звуков устанавливается связь между этими качественными и количественными характеристиками звуков, используемых в акустике: частота, интенсивность, спектр, временной интервал.

Экологическая акустика. Появление этого направления в современной акустике является примером изменений в этой науке, соответствующие изменениям условий существования человечества. В 1993 году была создана международная организация, Всемирный форум акустической экологии который своей целью определил изучение научных, социальных и культурных аспектов влияния природной и созданной человеком звуковой среды. С 2000 года регулярно издаётся «Журнал акустической экологии».

Биоакустика. Кроме человека много других живых существ используют звуки для общения и оценки состояния окружающей среды. Изучением особенностей создания звуков живыми существами, восприятие ими звуков, характерных особенностей использованных звуков занимаются в таком разделе акустики, как *биоакустика*. Первые предположения об использовании звуковых сигналов в системе ориентации летучих мышей высказывались ещё в 1770 году. Однако инструментальное подтверждение использования ими ультразвука было сделано только в 1938 году. В начале пятидесятых годов XX века началось изучение звуков, издаваемых дельфинами. Эти исследования указали на использование ими звуков в диапазоне частот выше сотни кГц. Наблюдение за живым миром позволяет сделать определённые обобщения, например, можно сказать, что малые по размеру существа используют высокочастотные звуки, а крупные — низкочастотные. Однако есть и исключения: довольно крупные морские животные — дельфины — пользуются высокочастотным ультразвуком. В целом свойства используемого звука определяются механизмом его создания. И эти разные механизмы изучаются в биологической акустике.



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue I, 2025

ISSN: 2181-2675

Аэроакустика. Аэроакустика — это раздел акустики, в котором изучают механизмы возникновения и свойства звуков, создаваемых потоком воздуха или возмущениями в воздухе, порождёнными движением различных объектов в нём. Поток воздуха способен вызвать звук в том случае, когда в нём образуются и взаимодействуют определённого вида возмущения (турбулентные или вихревые образования), способные обеспечить передачу кинетической энергии потока в энергию звуковой волны.

Геоакустика. Геоакустика — раздел акустики, связанный с изучением свойств инфразвуковых, звуковых и ультразвуковых волн в земной коре, гидросфере и атмосфере. Этот раздел акустики является составляющей такой общей дисциплины в науках о земле, как геофизика. Поскольку акустика атмосферы и акустика океана выделились в отдельные подразделы, термином геоакустика определяют только область, связанную с изучением волн в земной коре и более глубоких оболочках Земли. Источником таких звуков могут быть как природные явления (землетрясения, оползни, извержения вулканов, падения метеоритов и так далее), так и специальные вибрационные устройства и разного рода взрывы. В обоих случаях определение характеристик упругих волн в недрах Земли вызывает большой интерес. Волны, создаваемые землетрясениями, несут важную информацию о строении земной коры, мантии и ядра и о деформационных процессах, происходящих в них на недоступных для непосредственного наблюдения глубинах. Именно это обстоятельство позволило в своё время эффективно фиксировать факты проведения подземных ядерных взрывов.

Выводы.

Изучение истории развития акустики позволяет глубже понять важность и влияние звука на различные аспекты человеческой жизни, а также помогает использовать эти знания для инновационных решений в будущем. История развития акустики демонстрирует эволюцию знаний о звуке – от первых философских идей до комплексных научных теорий и технологий. Основные этапы развития акустики связаны с достижениями в области физики, математики и инженерии, что способствовало более глубокому пониманию природы звуковых волн. Современная акустика активно применяется в различных сферах жизни, таких как медицина, архитектура, связь и искусство, обеспечивая новые возможности для общества. Развитие цифровых технологий и компьютерного моделирования позволяет совершенствовать методы изучения и управления звуком. В будущем акустика будет играть важную роль в создании инновационных решений для улучшения качества жизни и развития научных исследований.

Основная литература:

1. Красильников В.А. Акустика. Исторический очерк // Вологодская областная универсальная научная библиотека. 30.12.2018.
2. Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. Учебник. — СПб.: Композитор, 2006. — 720 с. ISBN 5-7379-0298-6
3. Маньковский В. С. Акустика студий и залов для звуковоспроизведения. — М.: Искусство, 1966. — 376 с.



The New Uzbekistan Journal of Medicine (NUJM)

Available online at: <https://ijournal.uz/index.php/nujm/index>

Volume I, Issue I, 2025

ISSN: 2181-2675

4. Ананьев А. Акустика для звукорежиссёров : [Учеб. пособие]. — К. : Феникс, 2012. — 251 с. : Ил., Табл.
5. Витвицкая Е. В. Акустика залов : Учеб. пособие. для студ. направления 1201 - «Архитектура» высш. учеб. заведений / Одесса : Астропринт, 2002. — 144 с., ил. — Библиогр.: с. 138—141. — ISBN 966-549-722-7
6. Акустическая техника : Учеб. пособие : Собр. произведений : В 15 т. / [М-во образования и науки Украины, Нац. техн. ун-т Украины «Киев. политехнический. ин-т», Каф. акустики и акустоэлектроники]; под общ. ред. В. С. Дидковского. — К. : Немцев, 2000-. — (Библиотека акустика. Акустическая техника).
7. Поль Р. В. Вступление в механику и акустику. Пер. с нем. И. В. Радченко под ред. Б. Н. Финкельштейна. — Харьков; Киев : ДНТБУ, 1933. — 266 с.
8. Гидродинамика и акустика = Hydrodynamics and acoustics : Научн. журн. / Ин-т гидромеханики НАН Украины. — Киев, 2018-.