

eISSN 2663-1296

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

PHYSICS. ASTRONOMY Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№4(133)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020

Nur-Sultan, 2020

Нур-Султан, 2020

Бас редакторы:
ф.-м.ғ.д., профессор, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ
А.Т. Ақылбеков (Қазақстан)

Бас редактордың орынбасары

Гиниятова Ш.Г. ф.-м.ғ.к., доцент
Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ (Қазақстан)

Редакция алқасы

Арынгазин А.Қ.
Алдонгаров А.А.
Балапанов М.Х.
Бахтизин Р.З.
Даулетбекова А.Қ.
Ержанов Қ.Қ.
Жұмаділов Қ.Ш.
Здоровец М.
Қадыржанов Қ.Қ.
Кайнарбай А.Ж.
Козловский А.Л.
Кутербеков Қ.А.
Лущик А.Ч.
Попов А.И.
Морзабаев А.К.
Мырзақұлов Р.Қ.
Нұрахметов Т.Н.
Сауытбеков С.С.
Салиходжа Ж.М.
Скуратов В.А.
Тлеуенов С.К.
Усеинов А.Б.
Хоши М.
Шункеев Қ.Ш.

ф.-м.ғ. докторы, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Башқұрт мемлекеттік университеті (Ресей)
ф.-м.ғ.д., проф., Башқұрт мемлекеттік университеті (Ресей)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.к., PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Тарту университеті (Эстония)
ф.-м.ғ.д., проф., Латвия университеті (Латвия)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ(Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
ф.-м.ғ.д., проф., Біріккен ядролық зерттеулер институты (Ресей)
ф.-м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
PhD, Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ (Қазақстан)
PhD, проф., Коши университеті (Жапония)
ф.-м.ғ.д., проф., Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе мемлекеттік университеті (Қазақстан)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, 402 б., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.
Тел.: +7(7172) 709-500 (ішкі 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Журнал менеджері: Г. Мендыбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

Меншіктенуші: "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" Коммерциялық емес акционерлік қоғам

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Жазылу индексі: 76093

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018ж.

№16999-ж тіркеу куәлігімен тіркелген.

Ашық қолданудағы электрондық нұсқа: <http://bulphysast.enu.kz/>

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі, 12/1, 102 б., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Тел.: +7(7172)709-500 (ішкі 31-428)

Editor-in-Chief

Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, ENU
A.T. Akilbekov (Kazakhstan)

Deputy Editor-in-Chief

Giniyatova Sh.G., Candidate of Phys.-Math. Sciences,
Assoc. Prof., ENU (Kazakhstan)

Editorial Board

Aryngazin A.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Aldongarov A.A.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Balapanov M.Kh.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., BashSU (Russia)
Bakhtizin R.Z.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., BashSU (Russia)
Dauletbekova A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., PhD, ENU (Kazakhstan)
Hoshi M.	PhD, Prof., Kyushu University (Japan)
Kadyrzhanov K.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Kainarbay A.Zh.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Kozlovskiy A.L.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Kuterbekov K.A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Lushchik A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., University of Tartu (Estonia)
Morzabayev A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Myrzakulov R.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Nurakhmetov T.N.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Popov A.I.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., University of Latvia (Latvia)
Sautbekov S.S.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., KazNU (Kazakhstan)
Salikhodzha Z. M	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Skuratov V.A.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., Joint Institute for Nuclear Research (Russia)
Tleukenov S.K.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., ENU (Kazakhstan)
Useinov A.B.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Yerzhanov K.K.	Candidate of Phys.-Math. Sci., PhD, ENU (Kazakhstan)
Zdorovets M.	Candidate of Phys.-Math. Sci., ENU (Kazakhstan)
Zhumadilov K.Sh.	PhD, ENU (Kazakhstan)
Shunkeyev K.Sh.	Doctor of Phys.-Math. Sci., Prof., Zhubanov University (Kazakhstan)

Editorial address: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., of. 402,
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008
Tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Managing Editor: G. Mendybayeva

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.
PHYSICS. ASTRONOMY Series

Owner: Non-profit joint-stock company "L.N. Gumilyov Eurasian National University"

Periodicity: 4 times a year. Subscription index: 76093

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

Available at: <http://bulphysast.enu.kz/>

Address of printing house: L.N. Gumilyov Eurasian National University, 12/1 Kazhimukan str.,
Nur-Sultan, Kazakhstan 010008;

tel.: +7(7172) 709-500 (ext. 31-428)

Главный редактор:
доктор ф.-м.н., профессор
А.Т. Акилбеков, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)

Зам. главного редактора

Ш.Г. Гиниятова к.ф.-м.н., доцент
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)

Редакционная коллегия

Арынгазин А.К.	д.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Алдонгаров А.А.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Балапанов М.Х.	д.ф.-м.н., проф., БашГУ (Россия)
Бахтизин Р.З.	д.ф.-м.н., проф., БашГУ (Россия)
Даулетбекова А.К.	д.ф.-м.н., PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Ержанов К.К.	к.ф.-м.н., PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Жумадилов К.Ш.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Здоровец М.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кадыржанов К.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кайнарбай А.Ж.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Козловский А.Л.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Кутербеков К.А.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Лущик А.Ч.	д.ф.-м.н., проф., Тартуский университет (Эстония)
Морзабаев А.К.	д.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Мырзакулов Р.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Нурахметов Т.Н.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Попов А.И.	д.ф.-м.н., проф., Латвийский университет (Латвия)
Сауытбеков С.С.	д.ф.-м.н., проф., КазНУ им. аль-Фараби (Казахстан)
Салиходжа Ж.М.	к.ф.-м.н., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Скуратов В.А.	д.ф.-м.н., проф., Объединенный институт ядерных исследований (Россия)
Тлеукинов С.К.	д.ф.-м.н., проф., ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Усеинов А.Б.	PhD, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева (Казахстан)
Хоши М.	PhD, проф., Коши университет (Япония)
Шункеев К.Ш.	д.ф.-м.н., проф., АРГУ имени К. Жубанова (Казахстан)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, каб. 402, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева.
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Менеджер журнала: Г. Мендыбаева

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

Собственник: Некоммерческое акционерное общество "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева"

Периодичность: 4 раза в год. Подписной индекс: 76093

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Электронная версия в открытом доступе: <http://bulphysast.enu.kz/>

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева. тел.: +7(7172)709-500 (вн. 31-428)

**Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТИНІН
ХАБАРШЫСЫ. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы**

№4(133)/2020

МАЗМУНЫ

<i>Ашуров А.Е., Калманова Д.М., Рахимова А.Д.</i> Геостационарлық жерсеріктің орнын анықтау алгоритмінде аппроксимация әдісін қолдану	8
<i>Сәндібаева Н.А., Айдарбекова А.А.</i> Молекулалық физикадан жалпы оқыту дағдыларын қалыптастыру	16
<i>Қойлық, Н.О., Бактыбаев Қ.Б., Қаптағай Г.Ә., Айдарбекова А.А., Далелханкызы А.</i> γ - орнықсыз ядролардың фермиондық моделі және күй құрылымы	23
<i>Ашуров А.Е., Әбдірашев Ө.К.</i> Түсіретін аппараттың орбитада қозғалысын моделдеу	33
<i>Кутербеков К.А., Балапанов М.Х., Кубенова М.М., Палымбетов Р.Ш., Сахабаева С.М., Кабышев А.М., Бекмырза К.Ж., Куланова К.К.</i> $K_xCu_{2-x}S$ суперионды қорытпаларының электрлік және жылулық қасиеттері	39
<i>Убаев Ж., Шункеев К., Мясникова Л., Сағымбаева Ш.</i> Нүктелік және серпімді деформация кезіндегі NaCl матрицасының люминесценциясы	49
<i>Ахатаева Ж.О., Шакерхан К.О., Керимбаев А.О., Мукушев Б.А.</i> Центрілік тартылыс күші өрісінде дене қозғалысын компьютерлік модельдеуі	55
<i>Шағдар Н.М., Морзабаев А.К.</i> 2017 жылдың 4-10 қыркүйек аралығында CARPET құрылысында тіркелген ғарыштық сәулелердің вариациясы	61
<i>Карипбаев Ж.Т., Алпысова Г.К., Лисицын В.М., Мусаханов Д.А.</i> YAG:Ce керамикасының радиациялық синтезінің тұрақтылығы	66
<i>Бижігітов Т., Жумадилов Е.</i> Тұрақты температурада VI-мүз модификациясының Юнг, ығысу модульдері мен онда тарайтын ультрадыбыс толқындарының қысымға тәуелділігін зерттеу	73
<i>Тулеков Е.А., Морзабаев А.К., Махмұтов В.С., Ерхов В.И., Филиппов М.В.</i> ЕҰУ эксперименттік кешенінің бақылау деректері негізіндегі 2016-2019 жж. ғарыштық сәулелердің вариациялары	79
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжкин А.Я.</i> Күшті криптон-оттектегі байланысындағы UO_2 -дегі криптон диффузиясы. Молекулалық динамика модельдеуі	86

**BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS.
ASTRONOMY SERIES**

№4(133)/2020

CONTENTS

<i>Ashurov A.E., Kalmanova D.M., Rahimova A.D.</i> Application of the approximation method in the algorithm for determining the position of a geostationary satellite	8
<i>Sandibaeva N.A., Aidarbekova A.A.</i> Formation of general education skills on molecular physics	16
<i>Koilyk N.O., Baktybaev K.B., Kaptagay G., Aidarbekova A.A., Dalelhankyzy A.</i> Fermion dynamical-symmetrical model and the structure of states of the γ - nuclei	23
<i>Ashurov A.E., Abdirashev O.K.</i> Information and metrological support for the complex of robotic devices	33
<i>Kuterbekov K.A., Balapanov M.Kh., Kubenova M.M., Palymbetov R.Sh., Sakhabaeva S.M., Kabyshev A.M., Bekmyrza K.Zh., Kulanova K.K.</i> Electrical and thermal properties of $K_xCu_{2-x}S$ superionic alloys	39
<i>Ubayev Zh., Shunkeyev K., Myasnikova L., Sagimbayeva Sh.</i> Luminescence of the NaCl matrix under local and elastic deformation	49
<i>Akhataeva Zh.O., Shakerkhan K.O., Kerimbaev A.O., Mukushev B.A.</i> Computer simulation of body motion under the action of Central attraction	55
<i>Shagdar N.M., Morzabaev A.K.</i> Observations of cosmic ray variations by the CARPET detector during the period from 4 to 10 September, 2017	61
<i>Karipbaev Zh., Alpyssova G., Lisitsyn V., Musahanov D.</i> Stability of radiation synthesis of YAG:Ce ceramics	66
<i>Bizhigitov T., Zhumadilov E.</i> Study dependence of Young's, shear modulus and ultrasonic waves propagation of the vi ice modification to the pressure at a constant temperature	73
<i>Tulekov Ye., Morzabaev A.K., Makhmutov V.S., Yerkhov V.I., Philippov M.V.</i> Variations of cosmic rays in the period 2016-2019 according to observations of the ENU experimental complex	79
<i>Seitov D.D., Nekrasov K.A., Kupryazhkin A.Ya.</i> Krypton Diffusion in UO_2 Assuming a Strong Bonding Krypton-Oxygen. A Molecular Dynamics Simulation	86

**ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№4(133)/2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ашуров А.Е., Калманова Д.М., Рахимова А.Д.</i> Применение метода аппроксимации в алгоритме определения положения геостационарного спутника	8
<i>Сандибаева Н.А., Айдарбекова А.А.</i> Формирование общеобразовательных умений по молекулярной физике	16
<i>Койлык Н.О., Бактыбаев К.Б., Каптагай Г.А., Айдарбекова А.А., Далелханкызы А.</i> Фермионная модель и структура состояний γ -нестабильных ядер	23
<i>Ашуров А.Е., Абдирашев О.К.</i> Моделирование движения спускаемого аппарата на орбите	33
<i>Кутербекоев К.А., Балапанов М.Х., Кубенова М.М., Палымбетов Р.Ш., Сахабаева С.М., Кабышев А.М., Бекмырза К.Ж., Куланова К.К.</i> Электрические и тепловые свойства суперионных сплавов $K_xCu_{2-x}S$	39
<i>Убаев Ж., Шункеев К., Мясникова Л., Сагымбаева Ш.</i> Люминесценция матрицы NaCl при локальной и упругой деформации	49
<i>Ахатаева Ж.О., Шакерхан К.О., Керимбаев А.О., Мукушев Б.А.</i> Компьютерное моделирование движения тела под действием центрального притяжения	55
<i>Шагдар Н.М., Морзабаев А.К.</i> Вариация космических лучей, зарегистрированная на установке CARPET в период с 4 по 10 сентября 2017 года	61
<i>Карипбаев Ж.Т., Алпысова Г.К., Лисицын В.М., Мусаханов Д.А.</i> Стабильность радиационного синтеза ИАГ:Се керамики	66
<i>Бижигитов Т., Жумадилов Е.</i> Исследование зависимости модуля Юнга, модуля сдвига и распространяющихся в нем ультразвуковых волн VI модификации льда от давления при постоянной температуре	73
<i>Тулеков Е.А., Морзабаев А.К., Махмудов В.С., Ерхов В.И., Филиппов М.В.</i> Вариации космических лучей в период 2016-2019 гг. по данным наблюдений экспериментального комплекса ЕНУ	79
<i>Сеитов Д.Д., Некрасов К.А., Купряжский А.Я.</i> Диффузия криптона в UO_2 в предположении сильной связи криптон-кислород. Молекулярно – динамическое моделирование	86

МРНТИ: 29.19.03

T. Bizhigitov, E. Zhumadilov

*M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan
(E-mail: erjan.zhumadilov@mail.ru)*

Study dependence of Young's, shear modulus and ultrasonic waves propagation of the VI ice modification to the pressure at a constant temperature

Abstract: the paper studied the variation of temperature, pressure and volume during the passage of the first kind of phase from values change of the temperature, pressure and volume at different temperatures of horizontal waves $E=E(P)$, $G=G(p)$, $\vartheta_{long} = \vartheta_{long}(p)$, VI-th modification of ice, lying at the coordinate P-T [2] phase diagram with a large wave (600-2100) MPa and temperatures (110-330) K, graphs $\vartheta_{trans} = \vartheta_{trans}(P)$. For the purpose of research, an automated installation was assembled that operates at high pressure (0-3000) MPa and low temperature (90-300) K. For experimental studies, a piston-cylindrical chamber was used, in which the first layer of P18(HRC=60 ÷ 62), heat-treated, the second and third layers of P18(HRC=58 ÷ 60, HRC=48 ÷ 50) were put on with effort by heating each other. The change in the surface volume was measured through a transducer with an accuracy of ± 0.001 mm, which converts linear motion into electrical impulses with translational and subsequent movements of the moving piston. The pressure in the sample was determined by determining the phase transition points of bismuth and gallium wires (wires) located in it under pressure at different temperatures. The phase transition points were determined by measuring the electrical resistances Ga, Bi. Also, phase transitions of the ice types I $\rightarrow$ II, II $\rightarrow$ III in the p-T coordinate of the ice were used.

The surface temperature was controlled by a temperature-controlled copper-constantane heat shrink (thermocouple) located inside, with an accuracy of $\pm 1^\circ\text{C}$. The temperature correction is $\pm 2^\circ\text{C}$ at a pressure of 4000 MPa and a temperature of $\Delta T=100^\circ\text{C}$. The correction decreases as the temperature decreases.

To measure the resistance of gallium and bismuth inside the investigated surface and the voltage in the thermocouple, a copper conductor insulated with a silk thread through a conical channel 1.5 mm in diameter, 1 mm in the direction of the axis of the lower piston was used. To seal the copper conductors in the channel, we used cotton wool impregnated with epoxy resin. The dependence of elastic wave velocities at different temperatures in the VI polymorphic ice modification on pressure was measured by the pulse method on a special aggregate installation.

Keywords: modules of elasticity, ultrasonic waves, generators, piezoelectric elements.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6836-2020-133-4-73-78>

Received: 08.12.2020 / Accepted: 21.12.2020

Introduction. Ice is the most common mineral on the surface, in the bowels, in the atmosphere of our planet. For example, the mass of snow and ice on the earth's surface is $0.242 \cdot 10^{15}$ t. or $4 \cdot 10^{-4}\%$ of the Earth's mass. This size is enough to cover the surface of our planet with a layer height of $5.3 \cdot 10^{-4}$ km. If this mass dissolved at the same time, the level of the World's oceans would rise by about 65 meters compared to the current level. Therefore, the theoretical and practical significance of studying the physical and chemical properties of polymorphic ice modifications, which have a great impact on the climate, ecology, the origin and development of living organisms on the globe, is very great. Since the heights of crystallized ice in Antarctica and Greenland reach 5 km, it is known that ice modification is formed in its lower layers in the phase diagram [1]. Currently, scientists predict that ice icebergs contain a large amount of fresh water. Therefore, knowing the physical properties of ice modifications, we determine the height of icebergs accurately and the amount of fresh water in them. Therefore, one of the main problems that will occur in the future

will be the solution of water scarcity. But until now, the ice phase diagram has not been fully studied at high pressures and low temperatures [1]. the boundaries of a number of ice modifications are not defined and the physical properties are not defined. The modification of ice VI that we are going to investigate occupies a large Central part of the phase diagram [2].

In 1912, Bridgman [3] investigated the diagram of water up to a pressure of 2050 MPa and discovered the VI-th classification of ice. Studies by a number of scientists [4] have proved that the VI modification of ice associated with the hysteresis of the first phase transition retains a metastable state at atmospheric pressure at the temperature of liquid nitrogen. Therefore, by reducing the pressure at 103 K to atmospheric pressure, we can extract ice from the high-pressure chamber and conduct research in the x-ray chamber. The structures of polymorphic modifications of ice at high pressures and low temperatures are determined by this method.

Katb investigated the modification of ice VI [5] by x-ray diffraction, finding that tetragonal elementary water contains 10 molecules and randomly arranged hydrogen atoms. The structure of the VI ice modification along the b axis is shown in drawing 1.

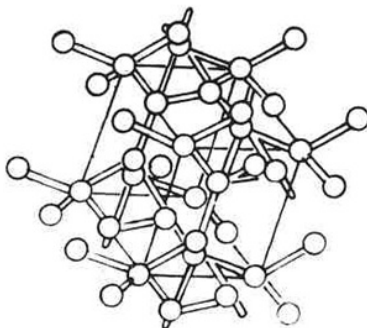


FIGURE 1 – Structure of the VI ice modification

Spatial group of ice modification VI, tetragonal crystal structure, unit cell size: $a_0 = 0.627$ nm, $C_0 = 0.579$ nm, unit cell size 0.23 (nm)³, distance between neighboring molecules 0.281 nm.

Wilson and other scientists [6,7] empirically measured the dependence of the dielectric constant of the studied ice on pressure and found that it is approximately 187.

We could not find information about the dependence of ice modifications, shear modulus, and elastic waves in it on temperature and pressure on the Internet. Knowing the velocities of elastic waves in solids and the dependence of the young's modulus on pressure and temperature allows us to calculate the data of the photon spectrum, the Debye temperature, and changes in thermodynamic functions.

Experimental part. The installation for studying the dependence of elastic properties of polymorphic ice modifications at different temperatures and the velocity of ultrasound propagation in them on pressure.

The installation for studying the ultrasonic wave velocities in ice modifications in isothermal processes was developed on the basis of a cylinder-piston frequency [8]. A block diagram of the cross-section of the camera and the ultrasound unit is shown in drawing 2.

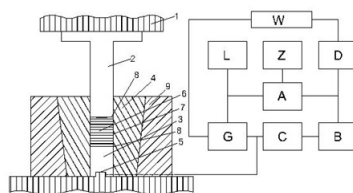


FIGURE 2 – The cross section and block diagram of an installation for carrying out research

The relative changes in the studied volume, temperature, and pressure were measured using an automated setup [8]. The outer layers (9), inner layers (4) of the cylinder-piston chamber consist of grooved cylindrical layers of three different steels, heated and fixed (2) pistons (3). At high pressure, the piston and chamber (8) made of metal, copper, and lead are used to prevent them from leaving the gap between them. The proximity of the hydrostatic pressure within the ice and molecules of a sample, crystallized from distilled water.

After the water poured into the fluoroplast inside the chamber turned into ice at a temperature below 10°C , the sample was compressed 2-3 times to a pressure of 50-60 MPa in order to eliminate defects in its structure and again subjected to atmospheric pressure. With the help of measuring instruments, we observed the equalities of ice volumes, at which the initial volume and compression pressure came to normal. After taking the test polycrystalline sample, its covers were removed so as not to interfere with the propagation of the elastic wave. This method made it possible to conduct 7-8 experiments in a sample obtained once, under pressure with different temperatures.

To determine the dependence of ultrasound velocities during modification of polycrystalline ice VI on the pressure in isothermal processes, a quartz piezoelectric element (5) was used, oscillating with a frequency of 30 MHz in the direction of the thickness of glass and 27 MHz in the perpendicular direction. The installation height is based on a method for measuring the distribution of an ultrasonic wave in a known sample, the delay time of vibrations reflected by the lower surface of the upper moving piston to the receiver using an oscilloscope. A-calibrator synchronizes all instruments, sending impulses. The pulses shifted in comparison with each other (transmitted and received) are sent to the generator D. the Pulse coming out of the generator B is fed to the piezoelectric element (5) and to the receiver. The signals received by the receiver are amplified and sent to the oscilloscope (W). We see pulses sent from the screen and delayed with the reflection. We unscrew these two pulses on the oscilloscope screw showing the time, and clearly know the delay time. The velocity of the longitudinal wave in the sample is determined by physics (10).

But this work is carried out using well-known formulas. Table 1 shows the values calculated using changes in relative volume and pressure [8], obtained by constructing a physical young diagram, displacement modules at different temperatures [8], and the pressure dependence of the elastic wave velocities measured in practice.

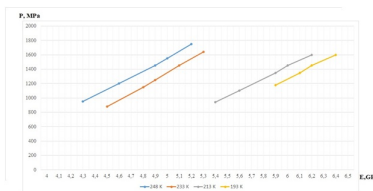


FIGURE 3 – Graph dependence of Young's modulus to the pressure at temperature 248 K, 233 K, 213 K, 193 K

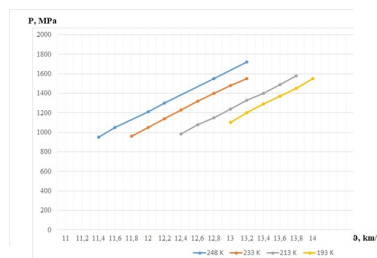


FIGURE 4 – Graph dependence of speed of transverse and longitudinal waves in the VI ice modification to the pressure at temperature 248 K, 233 K, 213 K, 193 K

In the graphs, we see that Young's modulus increases when the pressure increases and the temperature drops. I.e., the line $E=f(p)$ shifts to the right or left in the direction of the axis up or down the pressure axis, depending on the pressure with temperature.

TABLE 1 – pressure dependence of the elastic wave velocities measured

Phase	T, K	P, MPa	E×10 ³ MPa	G×10 ³ MPa	$v_{long} \times 10^3$ m/s	$v_{trans} \times 10^3$ m/s	$\rho \times 10^3$ kg/m ³
VI	248	950	4,38	3,28	11,390	10,240	1,421
		1050	4,45	3,34	11,650	10,500	1,470
		1350	4,70	3,58	12,302	11,165	1,533
		1450	4,90	4,80	12,752	11,300	1,565
		1550	5,00	4,92	12,800	11,346	1,608
		1650	5,10	4,97	13,900	11,524	1,620
		1750	5,17	5,06	13,294	12,150	1,654
	233	950	4,50	3,40	11,605	10,460	1,401
		1050	4,71	3,61	12,050	10,912	1,462
		1150	4,79	3,69	12,200	11,070	1,483
		1250	4,90	3,78	12,502	11,373	1,504
		1350	4,97	3,84	12,715	11,584	1,537
		1450	5,15	4,03	12,890	11,767	1,581
		1550	5,29	4,14	13,217	12,090	1,629
	213	950	5,43	4,33	12,360	11,600	1,33
		1050	5,59	4,49	12,500	11,743	1,36
		1150	5,65	4,54	12,853	12,118	1,38
		1250	5,80	4,68	13,050	12,307	1,41
		1450	5,95	4,82	13,500	12,761	1,43
		1550	6,15	4,91	13,705	12,975	1,54
		1650	6,22	5,07	13,972	13,236	1,59
	193	1150	5,90	4,56	13,115	12,040	1,250
		1250	5,95	4,61	13,300	12,242	1,293
		1350	6,05	4,72	13,602	12,542	1,355
		1450	6,20	4,88	13,752	12,703	1,408
		1550	6,32	5,01	14,100	13,057	1,437
		1650	6,44	5,14	14,730	13,681	1,455

From graphs of pressure-dependent velocities of linear and transverse waves like D, we observe a decrease in velocities with a decrease in pressure and an increase in temperature. We see that the values of the linear wave at the same temperatures and pressures significantly exceed the values of the horizontal wave.

Conclusion. For the first time in the article, the dependence on the pressure of ultrasonic waves propagating in it by elastic modules of the VI-th polymorphic modification of ice, determined by experimental measurements, is investigated.

The installation is also being assembled that studies the effect of pressure and temperature on the ultrasound velocity in the sample.

References

- 1 Hobbs P.V. Ice physics // Oxford clarendon press. – 1974. – P. 837.
- 2 Bizhigitov T., Sembiyeva A. Study the diagram of the thermodynamic state of the ice at high pressure and low temperature in the P-T coordinate // Journal of advanced research in dynamical control systems. – 2019. – Vol. 11. – № 6. – P. 15-19.
- 3 Bridgman P.W. Water in the liquid and five solid forms, under pressure // Proc. Amez. Academy Arts Science. – 1912. – V. 47. – № 5. – P. 441-558.
- 4 Ronald L., McFarlan. Apparatus for X-ray patterns of the high pressure modifications of ice // Rev. science instruments. – 1936. – V. 7. – № 3. – P. 82-86.
- 5 Kamb B. Structure of ice VII // Science. – 1965. – V. 3692. – № 150. – P. 205-208.
- 6 Wilson G.J., Chan R.K., Davidson D.W., Whalley E. Dielectric properties of ices II, III, V and VII // The journal of chemical physics. – 1965. – V. 43. – № 7. – P. 2384-2391.

- 7 Whalley E., Davidson D.W. Dielectric properties of ices VII, VIII: A new phase of ice // The journal of chemical physics. – 1966. – V. 45. – № 11. – P. 3976-3982.
- 8 Bizhigitov T., Sembiyeva A. Installation of automatic conversions and registrations on digital printing dences of slowly, varying interconnected values of pressure and displacement // Science and world International scientific journal. – 2018. – Vol. 4156. – № 1. – P. 28-35.
- 9 Bizhigitov T., Kusherbayeva M. Pressure generating device // Science journal Mechanics of technology. – 2017. – № 1. – P. 162-166.
- 10 Bizhigitov T. General physics – Almaty, Economics, 2013. – 890 p.

Т. Бижигітов, Е. Жумадилов

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан

Тұрақты температурада VI-мұз модификациясының Юнг, ығысу модульдері мен онда тарайтын ультрадыбыс толқындарының қысымға тәуелділігін зерттеу

Аннотация. Мақалада фазалық бірінші текті өту кезіндегі температураның, қысымның және көлемнің өзгерісінің мәндерінен тұрғызылған қолымыздағы мұз модификациясының Р-Т [2] координатасындағы фазалық диаграмманың үлкен толқын (600-2100) МПа қысым мен (110-330) К температура арасында жатқан VI-мұз модификациясының Юнг, ығысу модульдерінің және зерттеліп отырған үлгіде тарайтын кума, көлденең толқындардың әртүрлі температуралардағы қысымға тәуелділіктері зерттеліп, $E=E(p)$, $G=G(p)$, $\vartheta_{long} = \vartheta_{long}(p)$, $\vartheta_{trans} = \vartheta_{trans}(P)$ графиктері тұрғызылған. Зерттеу жұмысын жүргізу мақсатында автоматтандырылған жоғары қысым мен (0-3000) МПа төменгі температурада (90-300) К жұмыс істейтін қондырғы жинастырылды. Тәжірибелік зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін термоөңдеуден өткен бірінші қабаты P18(HRC=60 ÷ 62) екінші және үшінші қабаттары P18(HRC=58 ÷ 60, HRC=48 ÷ 50) бір-біріне қыздыру арқылы күшпен кигізілген поршень-цилиндр пішінді камера қолданылды. Үсті көлемінің өзгерісі қозғалатын поршеннің ілгерілемелі және кейін қайтқандағы орын ауыстырулары сызықты қозғалысты электр импульстеріне айналдыратын дәлелділігі $\pm 0,001$ мм түрлендіргіш арқылы өлшеніп бақылап отырдық. Үлгідегі қысым, оның ішінде орналасқан висмут, галлий сымдарының (проволка) әртүрлі температуралармен қысымдарда фазалық өту нүктелерін анықтаумен іске асырылды. Фазалық өту нүктелері Ga, Bi электр кедергілерін өлшеу арқылы анықталды. Сонымен қатар, мұздың Р-Т координатасындағы I → II, II → III мұз түрлерінің фазалық өтулері қолданылды.

Үстінің температурасы анық ішінде орналасқан мыс-константан терможұбымен (термопара) $\pm 1^\circ \text{C}$ дәлелдікпен бақыланды. Температура түзету 4000 МПа қысым мен $\Delta T=100^\circ \text{C}$ температурада $\pm 2^\circ \text{C}$ құрайды. Түзету температура төмендеген сайын кемиді.

Зерттелетін үстінің ішінде орналасқан галлий мен висмуттың кедергілерін және терможұптағы кернеуді өлшеуде төменгі поршеннің осінің бағытымен табандарының диаметрлері 1,5 мм, 1 мм конус тәрізді арна арқылы жібек жібімен оқшауланған мыс өткізгіш қолданылды. Мыс өткізгіштерді арнада нығыздау үшін эпоксид смоласы сіңіретін мақтаны қолдандық. VI-полиморфты мұз модификациясындағы серпімді толқындардың әртүрлі температуралардағы жылдамдықтарының қысымға тәуелділігі арнайы жинастырылған қондырғыда импульсін әдіспен өлшенді.

Түйін сөздер: серпімділік модульдері, ультрадыбыс толқындары, генераторлар, пьезоэлементтер.

Т. Бижигітов, Е. Жумадилов

Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

Исследование зависимости модуля Юнга, модуля сдвига и распространяющихся в нем ультразвуковых волн VI модификации льда от давления при постоянной температуре

Аннотация. В статье представлена большая волна фазовой диаграммы в координатах РТ [2] доступной модификации льда, построенная по значениям изменения температуры, давления и объема при переходе первой фазы VI-ой модификации льда, при давлении (600-2100) МПа и температуре (110-330) К. Исследованы зависимости модулей Юнга и сдвига от давления, а также продольных и поперечных волн, распространяющихся в исследуемом образце при различных температурах, и построены графики $E=E(p)$, $G=G(p)$, $\vartheta_{long} = \vartheta_{long}(p)$, $\vartheta_{trans} = \vartheta_{trans}(P)$. Для проведения исследований смонтирована автоматизированная установка, работающая при высоком давлении (0-3000 МПа) и при низкой температуре (90-300 К). Для проведения экспериментальных исследований использовалась камера поршнево-цилиндрической формы, в которой первый слой P18(HRC=60 ÷ 62), прошедший термообработку, второй и третий слои P18(HRC=58 ÷ 60, HRC=48 ÷ 50) надевались с усилием путем нагрева друг друга. Изменение объема поверхности производили измерением через преобразователь с точностью $\pm 0,001$ мм, преобразующий линейное движение в электрические импульсы с поступательными и последующими перемещениями движущегося поршня. Давление в образце осуществлялось определением точек фазного перехода расположенных в нем висмутовых, галлиевых проводов (проволок) под давлением с различными температурами. Точки фазовых переходов определялись путем измерения электрического сопротивления Ga, Bi. Также использовались фазовые переходы I → II, II → III типов льда в координате Р-Т льда. Температура поверхности контролировалась калиброванной термопарой с постоянной медью с точностью $\pm 1^\circ \text{C}$. Температурная поправка составляет $\pm 2^\circ \text{C}$ при давлении 4000 МПа и температуре $\Delta T=100^\circ \text{C}$. Поправка уменьшается с понижением температуры. Для измерения сопротивления галлия и висмута внутри исследуемой поверхности и напряжения в термопаре использовался медный проводник, изолированный шелковой нитью через конический канал диаметром 1,5 мм, 1 мм в направлении оси нижнего поршня. Для уплотнения медных проводников в канале мы использовали вату, пропитанную эпоксидной смолой. Зависимость скоростей упругих волн при различных температурах в VI-й полиморфной модификации льда от давления измерялась импульсным методом на специальной агрегатной установке.

Ключевые слова: модули упругости, ультразвуковые волны, генераторы, пьезоэлементы.

References

- 1 Hobbs P.V. Ice physics, Oxford clarendon press, 837 (1974).
- 2 Bizhigitov T., Sembiyeva A. Study the diagram of the thermodynamic state of the ice at high pressure and low temperature in the P-T coordinate, Journal of advanced research in dynamical control systems, 6(11), 15 - 19 (2019).
- 3 Bridgman P.W. Water in the liquid and five solid forms, under pressure, Proc. Amez. Academy Arts Science, 5(47), 441 - 558 (1912).
- 4 Ronald L., McFarlan. Apparatus for X-ray patterns of the high pressure modifications of ice, Rev. science instruments, 3(7), 82 - 86 (1936).
- 5 Kamb B. Structure of ice VII, Science, 150(3692), 205 - 208 (1965).
- 6 Wilson G.J., Chan R.K., Davidson D.W., Whalley E. Dielectric properties of ices II, III, V and VII, the journal of chemical physics, 7(43), 2384 - 2391 (1965).
- 7 Whalley E., Davidson D.W. Dielectric properties of ices VII, VIII: A new phase of ice, the journal of chemical physics, 11(45), 3976 - 3982 (1966).
- 8 Bizhigitov T., Sembiyeva A. Installation of automatic conversions and registrations on digital printing dences of slowly, varying interconnected values of pressure and displacement, science and world International scientific journal, 1(4156), 28 - 35 (2018).
- 9 Bizhigitov T., Kusherbayeva M. Pressure generating device, science journal Mechanics of technology, 1, 162 - 166 (2017).
- 10 Bizhigitov T. General physics (Almaty, Economics, 2019, 890 p.).

Information about the authors:

Bizhigitov T. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan.

Zhumadilov E. - **The main author**, Ph.D. doctoral student of the Department «Physics and IT», M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan.

Бижігітов Т. - физика-математика ғылымдарының кандидаты, профессор, М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан.

Жумадилов Е. - **негізгі автор**, «Физика және ИТ» кафедрасының докторанты, М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан.