

ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

2022 • 3

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

---

ДОКЛАДЫ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS  
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

**БАС РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

**РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:**

**РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы**, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

**РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы**, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы**, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

**ӘБИЕВ Руфат**, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

**ЛОКШИН Вячеслав Нотанович**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, Хамдар аль-Маджида Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

**ЦЕЛЕТКИН Игорь Александрович**, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, Ph.D (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 1

**ТИГИНЬНУ Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

**ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрділұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖҮСПНОВ Марат Абжанұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

**«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»**

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022  
Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

**РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич**, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендинович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

**АБИЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

**ЛОКШИН Вячеслав Нотанович**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЬМ Анна**, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарной медицины ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии» (Нур-Султан, Казахстан), Н=1

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

**БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич**, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖУСУПОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағавич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстано-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219; тел. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

## EDITOR IN CHIEF:

**BENBERIN Valery Vasilievich**, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

## EDITORIAL BOARD:

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

**RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

**SANG-SOO Kwak**, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

**BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

**ABIYEV Rufat**, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), H = 14

**LOKSHIN Vyacheslav Notanovich**, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

**SEMENOV Vladimir Grigorievich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

**TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich**, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

**CALANDRA Pietro**, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

**MALM Anna**, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

**BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

**TIGHINEANU Ion Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich**, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**QUEVEDO Hemando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

**ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

**TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

**KHARIN Stanislav Nikolayevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str., Almaty.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 3, Number 343 (2022), 132-144

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.164>

UDC 556.5:519.87

**Zh.S. Mustafayev**

JSC «Institute of Geography and Water Security», Almaty, Kazakhstan.

E-mail: z-mustafa@rambler.ru

**FORECAST OF SURFACE WATER QUALITY IN RIVER  
BASINS USING PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF  
NATURAL SYSTEMS**

**Abstract.** To carry out a quantitative and qualitative assessment of activities in the catchment areas of river basins using a variety of principles and methods, long-term systematic objective hydrological, hydrogeochemical and economic information and analytical materials are needed. At the same time, the scientific and practical feasibility of this problem is also determined by the fact that the validity and reliability of forecasts of the geoecological state of the catchment areas of river basins largely depend on the correct chosen principle and method, which require the need for a structural analysis of complex hydrochemical indices for assessing surface water pollution, based on the laws nature, principles and properties of natural processes.

Mathematical models have been developed to improve the tools for assessing the quality of surface waters in catchment areas of river basins, based on the solution of differential equations of hydrochemical processes of natural systems, corresponding in physical and mathematical terms to practical problems of hydrochemistry and the principles of nonlinearity of natural processes, are a consequence of the use of classical mathematical methods for constructing models and their analytical analysis.

**Key words:** water quality, mathematical model, surface water, non-linearity of natural processes, differential equations, hydrochemical processes.

**Ж.С. Мұстафаев**

«Институт география және су қауіпсіздігі» АҚ, Алматы, Қазақстан.

E-mail: z-mustafa@rambler.ru

**ӨЗЕНДЕРДІҢ АЛАБЫНДАҒЫ ЖЕР ҮСТІ СУЛАРЫНЫҢ  
САПАСЫН ТАБИҒИ ЖҮЙЕНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ  
ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ  
БОЛЖАУ**

**Аннотация.** Өртүрлі қағидалар мен әдістерді пайдалана отырып өзеннің сужинау алабының аймағының қызметін сандық және сапалық бағалауды жүзеге асыру үшін ұзақ мерзімді жүйеленген мақсатық гидрологиялық, гидрохимиялық және шаруашылық саласының ақпараттық-талдау мәліметтері қажет. Сонымен қатар, бұл мәселенің ғылыми және практикалық қажеттілігі, өзеннің сужинау алабының геоэкологиялық жай-күйін бағдарлаудың сенімділігі және негізділігі көп жағдайда дұрыс таңдалған қағидаға және әдіске тікелей байланысты болғандықтан, жер беті суларының ластануын бағалаудың кешенді көрсеткіштерін құрылымдық талдауды талап етеді.

Жұмыста табиғи жүйелердің гидрохимиялық жүргілерінің дифференциалдық теңдеулерін шешуге негізделген, гидрохимияның практикалық есептеріне физикалық-математикалық белгілеріне және табиғи жүргілердің сызықтық емес қағидасына сәкес келетін, өзеннің сужинау алабының жер үсті суларының сапасын бағалау құралдарын жетілдірудің математикалық моделі әзірленген және ол моделдерді құруға және оны аналитикалық талдауға қағидалық математикалық әдістерді қолданудың салдары болып табылады.

**Түйін сөздер:** судың сапасы, математикалық модель, жер үсті сулары, табиғи жүргілердің сызықтық еместігі, дифференциалдық теңдеулер, гидрохимиялық жүргілер.

**Ж.С. Мустафаев**

АО «Институт географии и водной безопасности»,

Алматы, Казахстан.

E-mail: z-mustafa@rambler.ru

## **ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕЧНЫХ БАСЕЙНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** Для осуществления количественной и качественной оценки деятельности на водосборных территориях речных бассейнов с использованием разнообразных принципов и методов необходимы многолетние систематизированные объективные гидрологические, гидрогеохимические и хозяйственные информационно-аналитические материалы. При этом научная и практическая целесообразность этой проблемы определяется еще и тем, что от правильного выбранного принципа и метода во многом зависит обоснованность и достоверность прогнозов геоэкологического состояния водосборных территорий речных бассейнов, которые требуют необходимости структурного анализа комплексных гидрохимических индексов оценки загрязнения поверхностных вод, на основе законов природы, принципов и свойств природных процессов.

Вработеразработаны математические модели для совершенствования инструментария оценки качества поверхностных вод водосборов речных бассейнов, на основе решения дифференциальных уравнений гидрохимических процессов природных систем, соответствующих по физическому и математическому признаку практических задач гидрохимии и принципов нелинейности природных процессов, являются следствием использования классических математических методов построения моделей и их аналитического анализа.

**Ключевые слова:** качество воды, математическая модель, поверхностные воды, нелинейность природных процессов, дифференциальные уравнения, гидрохимические процессы.

**Relevance.** The catchment area of river basins is a multi-component geosystem with the unity of hydrogeochemical flows that perform important environment-forming and ecological functions and are spatial bases for nature management and environmental management with various purposes

of use, within which the possibility of a comprehensive assessment of the state of water bodies opens up. To carry out a quantitative and qualitative assessment of activities in the catchment areas of river basins using a variety of principles and methods, long-term systematic objective hydrological, hydrogeochemical and economic information and analytical materials are needed. At the same time, the scientific and practical feasibility of this problem is also determined by the fact that the validity and reliability of forecasts of the geoecological state of the catchment areas of river basins largely depend on the correct chosen principle and method, which require the need for a structural analysis of complex hydrochemical indices for assessing surface water pollution, based on the laws nature, principles and properties of natural processes. The solution of this problem of the catchment areas of river basins is facilitated by the monitoring system, the data of which serve as an information and analytical basis for making managerial decisions in water management, managing the quality of water resources, predicting the ecological state and assessing the impact of anthropogenic activities on them.

**Purpose of the study** – on the basis of the genetic theory of hydrochemical processes of the natural system, the development of mathematical models to improve the tools for assessing the quality of surface waters in catchment areas of river basins.

**Materials and methods of research.** The study is based on the use of the apparatus of mathematical modeling of surface water quality, which involves the use of classical approaches based on differential equations of hydrochemical processes in natural systems and modern experience in creating and studying models for assessing the quality of surface water in the watersheds of river basins.

Water quality monitoring programs have become the most important for developing a clear understanding of water quality processes for decision makers to understand, interpret and use this information in the development of strategies for the conservation of water resources in the world, which has become a prerequisite for improving the methodology for determining the pollution index (Nicb et al., 2004; Tirupathi et al., 2019), using the Shannon entropy (Shannon, 1963; Shannon et al., 1963) as a tool for the development of an entropy-weighted water quality index (EWQI) (Kunwar et al., 2019), as well as the possibilities of wide use of the water quality index (WQI) (Sipra et al., 2017; Godwin et al., 2019), as a method for assessing water quality in various river basins around the world.

There are a large number of works, among which one of the most common



complex indicators of water quality is the hydrochemical water pollution index (WPI) (Temporary guidelines for a comprehensive assessment of the quality of surface and sea waters by hydrochemical indicators, 1986), as an integral characteristic of surface water pollution, water quality classes are used, which for surface waters are carried out only for a strictly limited number of ingredients according to the formula

$$WPI = (1/6) \cdot \sum(C_{i-6}/MAC_{i-6}) \text{ or } \bar{WPI} = (1/N) \sum_i^N (C_i/MAC_i), \quad (1)$$

where  $\pi$  - a strictly limited number of indicators (ingredients) taken for calculation that have the highest value, regardless of whether they exceed  $MAC_i$  or not, including the dissolved oxygen index  $BOD_5$ , which for land surface waters  $\pi = 6$ ;  $C_i$  – concentration of pollutant in water;  $MAC_i$  – maximum allowable concentration of the  $i$  pollutant;  $N$  – is the number of ingredients for which the calculation was carried out.

However, anthropogenic pollution of watersheds in river basins and their depletion as a result of economic activity leads to independent changes in the qualitative composition and volume of water, which reshape the habitat of aquatic organisms. In such conditions of the life of river basins, it is desirable to have an integral indicator that takes into account water pollution.

V.V. Shabanov proposes to assess the pollution of waste and natural waters using the limiting water pollution coefficient ( $K_{\pi 3}$ ), which is a modification of the water pollution index (WPI) widely used in practice. Its essence boils down to the following, that is, the water quality indicator is introduced into the water balance equation (WMB) expressed in units of water volume ( $WK_{\pi 3}$ ) (Shabanov et al., 2009):

$$W_{\pi 3} = W_p \cdot K_{\pi 3}, \quad (2)$$

where  $W_p$  - the actual volume of river runoff, taking into account the volume of irretrievable water consumption.

In this case, the equation of the water management balance, taking into account the indicator of water quality in river basins, will take the following form:

$$W_p \cdot C_n + W_B \cdot C_p = (W_p + W_C) \cdot MAC \quad (3)$$

or

$$W_B = W_p \cdot (C_n - MAC) / (MAC - C_p), \quad (4)$$

whence we obtain an expression for determining the virtual volume of water ( $W_{\pi}$ ):

$$W_n = (W_B/W_p) = (C_n - MAC)/(MAC - C_p), \quad (5)$$

where  $C_n$  – background concentration of a substance in the river;  $C_p$  - concentration of pollutant in the river after wastewater discharge.

The ratio on the right side of the equation for determining the virtual volume of water ( $W_n$ ), is a coefficient (limiting pollution coefficient), which shows the multiplicity of excess pollution of the river (Shabanov et al., 2009):

$$K_{n3} = (C_n - MAC)/(MAC - C_p). \quad (6)$$

If the catchment area of the river basin is polluted by a substance that does not occur in water under natural conditions, then the limiting pollution coefficient has the following form:

$$K_{n3} = (C_n - MAC)/MAC \quad (7)$$

or, in some cases, they can be represented by the even simpler formula:

$$K_{n3} = C_n/MAC \quad (8)$$

The physical meaning ( $K_{n3}$ ) is the averaged multiplicity in excess of the normative excess of the concentration of a pollutant ( $C_n - MAC$ ) over the permissible pollution of the natural river background ( $MAC - C_p$ ), or, in fact, the multiplicity of exceeding the MAC.

Thus, V.V. Shabanov and V.N. Markin (Shabanov et al., 2009), for practical water management calculations, it is recommended to use a simplified equation for the limiting pollution coefficient ( $K_{n3}$ ):

$$\begin{aligned} K_{n3} &= (1/N) \sum_i^N [(C_i - MAC_i)/MAC_i] \text{ or} \\ K_{n3} &= (1/N) \cdot \sum_i^N (C_i/MAC_i) - 1 = WPI - 1. \end{aligned} \quad (9)$$

Thus, the ever-increasing number of methods for assessing the quality of surface waters in river basins, the growing variety of principles and methods for their construction require a comprehensive structural and system analysis and their compliance with the laws of nature and natural processes.

**Research results and discussion.** The law of the limiting (limiting) factor or Liebig's law of the minimum is one of the fundamental laws in ecology, stating that the most significant factor for the body is the one that most deviates from its optimal value and allows you to determine the limiting

sign of the harmful effect on the human body of water quality in watersheds river basin (Popov, 1997).

Rationing of substances according to the limiting sign of harmful effects on the human body under conditions of anthropogenic pollution of water bodies can be determined by two criteria, that is, by the totality of the water content coefficient ( $K_b$ ), as the ratio of the actual water consumption ( $Q_i$ ,  $m^3/c$ ) to the average annual water consumption ( $Q_{cp}$ ,  $m^3/c$ ) and the limiting pollution factor ( $K_{ms}$ ) or the water pollution index (WPI), which is calculated as the sum of the actual values of the main indicators of water quality ( $C_i$ ) reduced to  $MAC_i$ .

At the same time, to characterize the physical meaning of the coefficient of limiting water pollution ( $K_{msi}$ ) by several substances (N) through the index of the multiplicity of excess pollution ( $C_i - MAC_i$ ), defined as the water pollution index (MPI) minus 1, is the multiplicity of excess  $MAC$ .

According to the law of the limiting factor, the coefficient of maximum permissible water pollution ( $K_{msi}$ ) can be expressed by the following mathematical relationship (Popov, 1997):

$$K_{msi} = K_{bi} \cdot K_{msi}, 1 \geq K_b \geq 0, 1 \geq K_{msi} \geq 0. \quad (10)$$

At the same time, the concentration of substances ( $C_i$ ) in the water of a reservoir or river basins directly depends on the mass of substances (MM), entering the river basins annually and back from the actual water discharge ( $Q_i$ ,  $m^3/c$ ), which shows that between the water content coefficient ( $K_b$ ) and the coefficient of maximum permissible pollution ( $K_{msi}$ ) there is a direct linear relationship (Alimov, 1990).

The construction of any model is to some extent connected with the simplification of reality, which causes the presence of limitations in the scope of its application and, at the same time, makes it possible to obtain reliable results, which is the main goal of mathematical modeling of hydrochemical processes in the watersheds of river basins, that is, the development of reliable methods forecasting the quality of river waters, applicable to solve both scientific and practical problems (Mustafayev et al., 2009).

The main assumptions made in achieving the above goal is as follows, the change in the concentration of a substance in the water of rivers is approximately described by a differential equation that has the following form (Mustafayev et al., 2009):

$$dC_i/dt = I(C_i), \quad (11)$$

where  $I(C_i)$  – function of the concentration value  $C_i$ .

At the same time, the concentration of a substance is a function of time and water flow in river basins, that is  $C_i = C(t, Q, H)$ , where  $H$  – a characteristic of the influence of other factors on the concentration. Then the differential equation describing multifactorial hydrochemical processes, i.e.  $C(t, Q, H)$ , can be written in the following form:

$$dC_i/dt = (dC_i/dt) + (dQ/dt) \cdot (dC_i/dQ). \quad (12)$$

The change in water discharge in the watersheds of river basins can be described by the following expression:

$$(dQ/dt) = \lambda \cdot Q, \quad (13)$$

where  $\lambda$  - the specific rate of change in water consumption in river basins, in the general case, has the following form:  $\lambda = \lambda(t, Q)$ .

Based on the dependence on the ratio of the values  $dC_i/d$  and  $(dQ/dt) \cdot (dC_i/dQ)$  one of the variants of schematization of the processes of change in hydrochemical parameters characterizing the change in the concentration of a substance, associated mainly with the fluctuation water content of the catchment area of river basins (Savichev, 1999):

$$dC_i/dt = (dQ/dt) \cdot (dC_i/dQ). \quad (14)$$

Taking into account the dependence  $(dQ/dt)$ , we transform the equation  $dC_i/dt = I(C_i)$  to the form:

$$dC_i/dQ = I(C_i)/(\lambda \cdot Q). \quad (15)$$

In the field of mathematics and mathematical modeling, the solution to this equation is determined by the choice of an analytical expression for  $I(C_i)$  and  $\lambda$ .

At the first stage, to solve the equation  $dC_i/dQ = I(C_i)/(\lambda \cdot Q)$  linear dependences on the concentration value were used, which make it possible to obtain a number of calculation formulas under the condition  $k/\lambda = \text{const}$ :

- analytical solution of the equation  $dC_i/dQ = I(C_i)/(\lambda \cdot Q)$  for  $I(C_i) = k \cdot C_i$  has the following form:  $C_i = C_0 \cdot (Q/Q_0)^{-(k/\lambda)}$ ;

- analytical solution of the equation  $dC_i/dQ = I(C_i)/(\lambda \cdot Q)$  for  $I(C_i) = k \cdot (S - C_i)$  has the following form:  $C_i = S - (S - C_0) \cdot (Q/Q_0)^{-(k/\lambda)}$ , where  $S$  - concentration

of a substance in the medium in contact with water masses in the watersheds of river basins;  $C_0$ - initial concentration of a substance in the water of river basins.

It should be noted that the equation  $C_i = C_0 \cdot (Q/Q_0)^{-(k/\lambda)}$ ; correspond in physical and mathematical terms to the empirical dependences of the  $Y = a \cdot X^b$  type, widely used in the practice of hydrological, hydrochemical and water management calculations, and the equation  $C_i = S - (S - C_0) \cdot (Q/Q_0)^{-(k/\lambda)}$ , in its structure is a modification of the empirical dependence of the type  $Y = C + a \cdot X^b$  (Savichev, 1999).

It should be noted that the equation  $dC_i/dQ = I(C_i)/(\lambda \cdot Q)$ ,  $C_i = C_0 \cdot (Q/Q_0)^{-(k/\lambda)}$  and  $C_i = S - (S - C_0) \cdot (Q/Q_0)^{-(k/\lambda)}$  is consistent with the ideas of A.I. Perelman, according to which the change in the amount of a substance in nature is proportional to its content and intensity of migration (Perelman A.I., 1975), that is, the change in concentration is determined by the intensity of biochemical transformations, the interaction of water with underlying rocks, organic and suspended matter, and the influence of the water content of river basins affects the flow rate chemical reaction:

$$dC_i/dt \gg (dQ/dt) \cdot (dC_i/dQ). \quad (16)$$

Based on these regularities of geochemical, biochemical and hydrochemical processes in river basins, to solve the equation  $dC_i/dt = I(C_i)$  exponential dependences on the concentration value are used, which make it possible to obtain a number of calculation formulas under the condition  $k = \text{const}$ :

- analytical solution of the equation  $dC_i/dt = I(C_i)$  for  $I(C_i) = k \cdot C_i$  has the following form:  $C_i = C_0 \cdot \exp(-k \cdot t)$ ;

- analytical solution of the equation  $C_i/dt = I(C_i)$  for  $I(C_i) = k \cdot (S - C_i)$  has the following form:  $C_i = S - (S - C_0) \cdot \exp(-k \cdot t)$ .

At the same time, the influence of water exchange on the rate of chemical and biochemical reactions of the exponential function  $\exp(-k \cdot t)$  occurring in the watersheds of the river basin can be reduced to the expression:

$$\exp[-k \cdot f(Q)], \quad (17)$$

where  $f(Q)$  - some function of the water discharge of the watersheds of river basins, corresponding to the time of arrival of water masses along the length of the river or its section.

Based on this circumstance, the equations  $C_i = C_0 \cdot \exp(-k \cdot t)$  and  $C_i = S - (S - C_0) \cdot \exp(-k \cdot t)$ , can be transformed to the form  $Y = a \cdot \exp(-b \cdot Q^x)$ .

Thus, the system of differential equations  $dC_i/dt = I(C_i)$ , which describes the hydrochemical process in the watersheds of river basins, can also be used to predict their hydrochemical characteristics and water quality.

Watersheds of river basins, as a variety or elements of a geosystem, have system-wide properties, that is, the nonlinearity of natural processes, where the transformation and exchange of energy and matter always proceeds at a decelerating rate, which show that the intensity of the harmful effect on a living organism in the face of an increase in anthropogenic pollution of water bodies slows down due to adaptation, that is, the degree of harmful effects is proportional to the product of the concentration of the substance in the water of the river basins.

Mathematical modeling of hydrochemical processes, to a certain extent, is associated, on the one hand, with a simplification of reality, which causes the presence of limitations in the scope of its application and, on the other hand, makes it possible to obtain reliable results, that is, based on this assumption, the change in the limiting water pollution coefficient ( $K_{n3i}$ ) from the reduced water pollution index (WPI) is approximately described by the equation (Mustafayev Zh.S. et. al., 2021):

$$dK_{n3i}/dWPI = k \cdot (K_{n3i}). \quad (18)$$

The solution of this equation is determined by the choice of the analytical expression  $k \cdot (K_{n3i})$ , which is widely used in the practice of hydrochemical estimations, taking into account the principles of nonlinearity of natural processes in assessing the harmful effects of water quality on a living organism, which is described by an exponential function, having the following form:

$$K_{n3i} = (1/N) \cdot \sum_{i=1}^N [1 - \exp(-WPI_i)] = (1/N) \cdot \sum_{i=1}^N \{1 - \exp[-(C_i/MAC_i)]\}. \quad (19)$$

Thus, the coefficient of maximum permissible water pollution ( $K_{n3i}$ ) can be represented as the product of the coefficient of water content ( $K_b$ ) and the coefficient of maximum water pollution ( $K_{n3i}$ ), which has the following form:

$$K_{nД3i} = K_b \cdot K_{n3i} = (Q_{cp}/Q_i) \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [1 - \exp(-WPI_i)], \quad (20)$$

where  $K_{nД3i}$  – concentration limit factor;  $K_b$  – water content ratio;  $K_{n3i}$  – coefficient of limiting water pollution;  $Q_i$  – actual water consumption ( $m^3/s$ );  $Q_{cp}$  – average annual water consumption ( $m^3/s$ ); WPI – water pollution index:  $WPI = C_i/MAC$ ;  $C_i$  – actual concentration of the  $i$  ingredient;  $MAC_i$  – maximum allowable concentration of the ingredient corresponding to the purpose of the water body.

Based on the current classification developed for the water quality index (WPI), the coefficient of maximum water pollution ( $K_{n3}$ ) and the Shannon trophic index (H), разработана a classification was developed according to the coefficient of maximum permissible water pollution ( $K_{nД3i}$ ) (Table 1).

Table1 - Classification of water quality and the state of water resources according to hydrochemical and hydrobiological indicators

Indicator	Water quality class					
	I	II	III	IV	V	VI
WPI	<0,2	0,20-1,0	1,00-2,00	2,00-4,00	4,00-6,00	>6,00
$K_{n3}$	$\leq 0,80$	-0,8-0,0	0,0-1,0	1,0-3,0	3,0-5,0	>6.0
$K_{nД3i}$	<0,20	0,20-0,60	0,60-1,60	1,60-3,60	3,60-5,60	>5,60
H	3,06-2,30	2,30-1,89	1,89-1,52	1,52-1,25		1,25-1,11
Water quality	Very clean	clean	Moderately polluted	polluted	dirty	Very dirty
Trophicity	oligotrophic	mesotrophic		eutrophic		hypertrophic

At the same time, the mathematical model for determining the coefficient of maximum permissible water pollution ( $K_{nД3i}$ ) has a number of advantages, that is, firstly, it takes into account one of the main properties of the geosystem - the nonlinearity of natural processes, and secondly, with the possibility of assessing the quality through the WPI indicator, thirdly, genetic similarity with the Shannon index ( $H = - \sum (n_i/N) \cdot \ln(n_i/N)$  where H – is the species diversity;  $n_i$  - is the number of individuals of each species in all samples; N- is the total number of individuals of all species in all samples) is borrowed from information theory and is a parameter for assessing the complexity and content of information for any type of system, fourthly, it allows you to clarify the pollution limit of the maximum permissible concentration of pollutants, and fifthly, the water content of the catchment area of river basins.

**Conclusions.** The reliability of the developed mathematical models for

assessing the quality of surface waters in catchment areas of river basins based on the solution of differential equations of hydrochemical processes of natural systems and practical problems of hydrochemistry and the principles of nonlinearity of natural processes that correspond in physical and mathematical terms, is a consequence of the use of classical mathematical methods for constructing models and their analytical analysis.

The proposed approach to assessing the quality of surface waters in catchment areas of river basins, in conjunction with geographic analysis, can be used for complex geocological studies that allow developing recommendations for the rational management of water resources under the conditions of anthropogenic activity.

### **Information about the authors:**

**Mustafayev Zhumakhan Suleimenovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, JSC «Institute of Geography and Water Security»; z-mustafa@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-242581487>.

### **REFERENCES**

- Alimov A.F. (1990) The main provisions of the theory of the functioning of aquatic ecosystems [Hydrobiological journal]. Volume 26. No. 6. P.3-12. (in Russ).
- Godwin Asibor, Oborakpororo Ofuya. (2019) Surface Water Quality Assessment of Warri Metropolis Using Water Quality Index//International Letters of Natural Sciences. March. (Volume 74). P. 45-52. (in Eng).
- Kunwar Raghvendra Singh, Rahul Dutta, Aiav S. Kalamdhad, Bimlesh Kumar. (2019) Information entropy as a tool in surface water quality assessment [Environmental Earth Sciences]. January. 78(1). P.1-12. (in Eng).
- Mustafayev Zh.S., Ryabtsev A.D., Ibatullin S.R., Kozykeyeva A.T. (2009) Model of nature and modeling of the natural process. Taraz, 2009. 190 p. (in Russ).
- Mustafayev Zh.S., Ryskulbekova L.M. (2021) Geocological assessment of the quality of surface waters of a river basin with mathematical analysis (on the example of the Ile River) [Hydrometeorology and Ecology]. No. 4. P. 6-19. (in Russ).
- Nicb N., Perjoiu M. (2004) The surface water quality assessment//Environmental engineering and management journal. September 3(3). P. 477-488. (in Eng).
- Perelman A.I. (1975) Landscape geochemistry. M.: «Higher School». 342 p. (in Russ).
- Popov V.A. (1997) Mathematical expression of the law of the limiting factor and its application to the problems of reclamation agriculture [Melioration and water management]. No. 2. P.30-34. (in Russ).
- Savichev O.G. (1999) Geoecology: forecast of river water quality (use of dependencies between hydrochemical and hydrological indicators on the example of the rivers of the Ob basin) [Engineering Ecology]. No. 2. P. 46-53. (in Russ).



Shabanov V.V., Markin V.N. (2009) Method for assessing water quality and the state of aquatic ecosystems. M: MGUP. 154 p. (in Russ).

Shannon K. Mathematical theory of communication [Works on information theory and cybernetics]. M.: In. Liter., 1963. S. 243-332. (in Russ).

Shannon C.B., Weaver W. (1963) The Mathematical Theory of Communication. – Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 345 p. (in Eng).

Sipra Mallick F. Baliarsingh. (2017) Surface Water Quality Assessment and Prediction Modelling of Kathajodi River [International Journal of Emerging Research in Management & Technology]. August. (Volume-6). P.447-457. (in Eng).

Tirupathi Chanapathi, Thhatikkonda Shashidhar (2019). Fuzzy-Based Regional Water Quality Index for Surface Water Quality Assessment // Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste. May.Vol.23. Issue 4.- P. 1-10. (in Eng).

Temporary guidelines for a comprehensive assessment of the quality of surface and sea waters by hydrochemical indicators. Moscow: Goskomgidromet, 1986. 6 p. (in Russ).

Mustafayev Zh.S., Ryskulbekova L.M. (2021) Geoecological assessment of the quality of surface waters of a river basin with mathematical analysis (on the example of the Ile River) [Hydrometeorology and Ecology]. No. 4. P. 6-19. (in Russ).

## **К 110-летию ученого**

### **У.М. АХМЕДСАФИН – ОСНОВАТЕЛЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ В КАЗАХСТАНЕ**

**В.И. Данилов-Данильян**

Институт водных проблем РАН, член-корреспондент РАН

E-mail: [ellina.shamfarova@gmail.com](mailto:ellina.shamfarova@gmail.com)

У.М. Ахмедсафин – крупнейший ученый-энциклопедист, гидрогеолог, географ, эколог, Герой Социалистического Труда, пионер гидрогеологии в Казахстане, один из самых ярких представителей блестящей когорты ученых, с его именем связан расцвет казахстанской науки. Он является автором уникальной методики поиска подземных вод в зоне засушливых пустынь.

Его труды, научные открытия намного пережили ученого, и актуальность их в условиях дефицита пресной воды на планете чрезвычайно возрастает. Работая в сложных климатических условиях, он обследовал огромные пространства знойных песчаных пустынь Казахстана и Средней Азии, считавшиеся совершенно безводными, исходя из научных предпосылок, открыл многочисленные подземные моря, озера, реки, расшифровал и объяснил их происхождение, определил ресурсы и наметил широкие перспективы их использования на благо человечества.

После успешной защиты кандидатской диссертации в Московском геологоразведочном институте им. С. Орджоникидзе в 1940 году, по согласованию с вице-президентом АН СССР, академиком О.Ю. Шмидтом, был направлен в казахстанский филиал Академии наук СССР в г. Алма-Ате, где им впервые был создан Сектор гидрогеологии и инженерной геологии.

Вгода Великой Отечественной войны (1941-1945 гг.) У.М. Ахмедсафин организовал и возглавил комплексную экспедицию в пустынные районы республики для выявления возможностей нахождения и содержания эвакуированных на восток заводов, предприятий и скота: предстояло выяснить, имеется ли в пустынях достаточное количество подземных вод. Оказалось, что в обследованных районах Южного Казахстана

песчаные пустыни не безводны и в них широко распространены доброкачественные подземные воды, пригодные для использования.

В 1947 г. У.М. Ахмедсафин защитил докторскую диссертацию в Москве. В 1951 году выпустил большую монографию «Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана». В этой работе и в ряде статей впервые в отечественной и зарубежной гидрогеологии всесторонне освещается инфильтрационное происхождение, накопление, распространение региональных ресурсов подземных вод, методов их определения. Выявленные при этом ресурсы доброкачественных подземных вод дали мощный импульс к развитию аридной гидрогеологии.

В годы освоения ценных земель У. Ахмедсафин возглавил гидрогеологические исследования в Северном Казахстане. Здесь были определены перспективные водоносные горизонты, содержащие значительные запасы подземных вод, за счет которых решена проблема водообеспечения 400 целинных совхозов, колхозов, многих районных центров, железнодорожных станций и т.д.

Более четверти века У. Ахмедсафин изучал глубинную гидрогеологию аридных районов. При этом им были установлены научные положения, имеющие первостепенное значение не только для Казахстана, но и для многих засушливых развивающихся стран. Они позволили ему впервые в истории гидрогеологических исследований у нас и за рубежом создать и опубликовать фундаментальные прогнозные карты артезианских бассейнов (с монографиями), выявить 70 артезианских бассейнов, оценить содержащиеся в них огромные вековые запасы доброкачественных подземных вод, равные 7,5 триллионам кубометров (соизмеримые с объемом 70-и озер Балхаш), ежегодно возобновляющиеся в размере 48 млрд.куб. метров.

В 1951 году У. Ахмедсафин избирается членом-корреспондентом, а в 1954 – академиком Академии наук Казахской ССР. В 1965 г. впервые организовал единственный в системе Академий наук СССР Институт гидрогеологии и гидрофизики.

Его крупные научные достижения позволили обеспечить подземной водой около 69 городов Казахстана, 4 тысячи населенных пунктов, обводнить 115 млн.га пастбищ, оросить до 60 тысяч га земель.

Обладая даром научного предвидения и большим практическим опытом, У. Ахмедсафин выступал против создания некоторых гидротехнических сооружений, могущих вызвать экологические катастрофы. Во многом его прогнозы подтвердились. Он единственный

не подписал заключение правительственной комиссии о строительстве Кызылкумского канала, т.к. это привело бы к уменьшению притока реки Сырдарья в Аральское море и тем самым способствовало бы усыханию Аральского моря.

Важным вопросом проблемы охраны окружающей среды была охрана озера Балхаш в связи со строительством Капчагайского водохранилища на реке Или. Строительство и забор значительного количества воды из реки Или на его заполнение могли привести озеро Балхаш к участу Аральского моря, т.е. к усыханию его крупной дельты. Ему потребовались большие усилия, научные доказательства, в том числе и на правительственном уровне, чтобы показать нецелесообразность строительства водохранилища и, уж во всяком случае не до проектной отметки. В результате удалось отстоять минимальную отметку заполнения водохранилища и нерасширения рисовых плантаций в низовьях реки Или. Таким образом удалось спасти озеро Балхаш хотя бы на период заполнения водохранилища.

Он также обосновал положение, что строительство гидротехнических сооружений на реках, протекающих в пустынных районах, может повлечь за собой усыхание водных бассейнов (озер), в которые они впадают. В зонах с повышенной сейсмической активностью – усиливать балльность землетрясений. В то же время правильное использование подземных вод в этих районах снижает балльность землетрясений.

У.М. Ахмедсафин являлся рьяным противником переброски Сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию. Совместными усилиями с учеными других Республик СССР принятие этого решения было приостановлено.

У.М. Ахмедсафин является основателем гидрогеологической науки и создателем школы аридной геологии в Казахстане. Им было подготовлено более 60 кандидатов и докторов наук. Кроме научной работы, занимался преподавательской деятельностью, заведовал кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии в Казахском горно-металлургическом институте. В 1949 году ему было присвоено звание профессора.

У.М. Ахмедсафин был государственным деятелем. В 1955-59 годах избирался депутатом и членом Президиума Верховного Совета Казахской ССР IV созыва.

В 1955-60 гг. У.М. Ахмедсафин был членом Гидрогеологической секции Национального комитета геологов ЮНЕСКО. Он неоднократно оказывал помощь через ЮНЕСКО в гидрогеологических исследованиях

во многих странах мира, в августе 1960 г. он сделал доклад на гидрогеологической секции Международного геологического конгресса в Копенгагене. В 1979 г. проводил международные курсы по линии ЮНЕП в Москве, Алма-Ате и Чимкенте по экологии пастбищ мира, на которых присутствовали представители африканских, арабских стран и Аргентины, неоднократно консультировал по вопросам орошения засушливых земель представителей Австралии, Израиля, Венгрии, Франции и Кувейта.

У.М. Ахмедсафин награжден многими правительственными наградами СССР. В 1969 году он был награжден высшей наградой СССР, ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

У.М. Ахмедсафин опубликовал около 500 печатных работ: из них 18 монографий и 18 гидрогеологических карт.

Учитывая заслуги ученого, после его смерти его имя было присвоено созданному им Институту гидрогеологии и гидрофизики, одной из улиц Алма-Аты, учебному заведению на его родине в Северо-Казахстанской области.

100-летие ученого проводилось под эгидой ЮНЕСКО.

## Светлой памяти



### САДЫКОВОЙ АЛЛЫ БАЙСЫМАКОВНЫ

1 июля 2022 года на 76-м году жизни после непродолжительной болезни скончалась **Садыкова Алла Байсымаковна** – доктор физико-математических наук, академик Международной Евразийской академии наук (IEAS), заведующая лабораторией региональной сейсмичности ТОО Института сейсмологии МЧС Республики Казахстан.

Алла Байсымаковна – известный ученый, научный руководитель Программы «Оценка сейсмической опасности территорий областей и городов Казахстана на современной научно-методической основе», один из авторов карт сейсмического районирования территории Казахстана разной детальности и сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы, входящих в перечень нормативных документов, регламентирующих проектирование и строительство в сейсмоактивных регионах Казахстана.

Алла Байсымаковна родилась в семье служащего в городе Шымкенте Южно-Казахстанской области 14 мая 1946 года, сразу после окончания Ленинградского вуза начала работать в секторе сейсмологии при Институте геологии Академии наук КазССР, на базе которого в 1976 г. был сформирован Институт сейсмологии. Здесь она защитила кандидатскую диссертацию в 1992 г., а затем в 2010 г. – докторскую на тему «Сейсмологические и геолого-геофизические основы вероятностной оценки сейсмической опасности Казахстана».

Алла Байсымаковна – автор более 160 научных и научно-методических работ, в т.ч. 7 монографий (в соавторстве) в области изучения особенностей проявления землетрясений, разработки методики долго- и среднесрочного прогноза землетрясений и оценки сейсмической опасности. Ее монография

«Сейсмическая опасность территории Казахстана» (Алматы, 2012, 267 с.) является фундаментальным трудом, где изложены результаты многолетних исследований особенностей сейсмичности и сейсмического режима территории Казахстана. Книга «Землетрясения Казахстана: причины, последствия и сейсмическая безопасность» (в соавторстве, Астана, 2019, 290 с.) является научно-популярным изданием о современном состоянии проблемы изучения землетрясений в Казахстане, где отмечены все трудности прогноза землетрясений и отведено место научным и общественным мерам противостояния стихии – сейсмозащите.

На протяжении многих лет Алла Байсымаковна была ученым секретарем межведомственной комиссии по прогнозу землетрясений и представляла нашу страну в международных организациях. Она активно сотрудничала со всеми сейсмологическими учреждениями, была членом различных республиканских комиссий, читала курс лекций по специальности «сейсмология» на кафедре геофизики КазНТУ им. Сатпаева. Ее неоднократные выступления по радио и телевидению, многочисленные интервью в средствах массовой информации были направлены на изложение знаний о землетрясениях – причинах их возникновения, связанных с ними опасностями, методах их изучения и возможностями прогноза.

Любовь к сейсмологии Алла Байсымаковна сохранила до конца жизни. До последнего дня она оставалась на работе, вкладывая в нее все физические и душевные силы, являя собой пример преданного и самоотверженного служения науке, высочайшей работоспособности и ответственности, целеустремленности, чуткости и бескорыстия, равнодушного отношения к любой жизненной ситуации. Заслуги Садыковой А.Б. отмечены медалью за вклад в науку в честь 30-летия Независимости РК, грамотами, дипломами.

Благодаря высоким профессиональным и личным качествам Алла Байсымаковна пользовалась безусловным авторитетом среди казахстанских и зарубежных специалистов. Она прожила достойную жизнь уважаемого человека, глубокого мыслителя и преданного своему делу ученого. Более 45 лет она была вместе с мужем Е.Т. Садыковым, имея сына и четверых внуков.

1 июля 2022 перестало биться сердце этой удивительной женщины, но в наших сердцах всегда будет жить светлая память о ней. Мы будем помнить Аллу Байсымаковну как глубоко интеллигентного, отзывчивого, жизнерадостного, необычайно деятельного человека и талантливого ученого. Ее уход – большая потеря для науки Казахстана. Аллы Байсымаковны Садыковой больше нет с нами. Но осталось ее богатейшее научное наследие, ученики, которые будут продолжать дело своего наставника. Осталась добрая память об этом светлом, душевно щедром человеке.

**От имени соратников и коллег по работе  
профессор А. Нурмагамбетов**

**МАЗМҰНЫ****БИОТЕХНОЛОГИЯ**

**Е. Битманов, А. Абжалелов, Л. Болуспаева**  
ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАН ТОПЫРАҒЫНДАҒЫ АУЫР  
МЕТАЛДАРДЫҢ МӨЛШЕРІ.....5

**К.К. Мамбетов, А.Ж. Божбанов, И.Б. Джакупова**  
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК ӨңІРІНДЕГІ СОРГО ҚАНТЫНЫҢ  
ӨНІМДІЛІГІНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР МЕН  
ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӘСЕРІ.....15

**А.А. Нуржанова, А.Ю. Муратова, Р.Ж. Бержанова, V.V. Pidlisnyuk,  
А.С. Нурмагамбетова, А.А. Мамирова**  
РИЗОСФЕРАЛЫҚ МИКРООРГАНИЗМДЕР:  
ФИТОТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖӘНЕ  
ОНЫҢ ТИІМДІЛІГІ.....34

**А.С. Соломенцева, А.В. Солонкин**  
RIBES AUREUM PURSH ТҮРЛЕРІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ  
БИОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ ҚҰРҒАҚ ЖАҒДАЙДА  
ЭКОНОМИКАЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ.....59

**ФИЗИКА**

**Ш.С. Әлиев, Л.А. Қазымова**  
МҰНАЙ-ГАЗ АЙМАҒЫ ТОПЫРАҒЫНЫҢ ЛАСТАНУЫН  
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ.....78

**У.К. Жапбасбаев, М.А. Пахомов, Д.Ж. Босинов**  
НЬЮТОН СҰЙЫҚТЫҒЫНЫҢ ТҮТҚЫР ПЛАСТИКАЛЫҚ  
КҮЙГЕ АУЫСУЫ.....92

**А.Б. Жумагельдина, Н.С. Серікбаев, Д.Е. Балтабаева**  
ИНТЕГРАЛДЫҚ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС КАВАХАРА ТЕНДЕУІ  
ҮШІН СОЛИТОНДЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ҚҰРУ.....103



**Г.С. Калимулдина, Е.Е. Нурмаканов, Р.П. Кручинин**  
МОДИФИЦИРЛЕНГЕН ТОҚЫМА МАТА НЕГІЗІНДЕГІ КИЛЕТІН  
ТРИБОЭЛЕКТРЛІК НАНОГЕНЕРАТОР.....119

**Ж.С. Мұстафаев**  
ӨЗЕНДЕРДІҢ АЛАБЫНДАҒЫ ЖЕР ҮСТІ СУЛАРЫНЫҢ САПАСЫН  
ТАБИҒИ ЖҮЙЕНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ  
КӨРСЕТКІШТЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ БОЛЖАУ.....132

**О.И. Соколова, Б.Т. Жумабаев, Г.В. Бурлаков, О.Л. Качусова**  
АЛМАТЫ ГЕОМАГНИТТИ ОБСЕРВАТОРИЯСЫНЫҢ  
1963-2021 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША  
ГЕОМАГНИТТИ ӨРІС ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ  
УАҚЫТ ӨЗГЕРІСТЕРІНДЕГІ ЖАЛПЫ КӨРІНІСІ.....145

**В. М. Терещенко**  
8<sup>m</sup>-10<sup>m</sup> СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК СТАНДАРТТАР. V. +61°, +20°  
және -16° аумақтары.....156

## **ҒАЛЫМНЫҢ 110 ЖЫЛДЫҚ МЕРЕЙТОЙЫНА**

**В.И. Данилов-Данилян**  
У. М. АХМЕДСАФИН – ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ГИДРОГЕОЛОГИЯ  
ҒЫЛЫМЫНЫҢ НЕГІЗІН ҚАЛАУШЫ.....168

## **ҒАЛЫМДЫ ЕСКЕ АЛУ**

АЛЛА БАЙСЫМАҚЫЗЫ САДЫҚОВАНЫҢ жарқын бейнесі.....172

**СОДЕРЖАНИЕ****БИОТЕХНОЛОГИЯ**

**Е. Битманов, А. Абжалелов, Л. Болуспаева**  
СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА.....5

**К.К. Мамбетов, А.Ж. Божбанов, И.Б. Джакупова**  
ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
ВЕЩЕСТВ НА УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО  
В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА.....15

**А.А. Нуржанова, А.Ю. Муратова, Р.Ж. Бержанова, V.V. Pidlisnyuk,  
А.С. Нурмагамбетова, А.А. Мамирова**  
РИЗОСФЕРНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ: ПОВЫШЕНИЕ  
ПРОДУКТИВНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ФИТОТЕХНОЛОГИИ.....34

**А.С. Соломенцева, А.В. Солонкин**  
ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И  
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЦЕННОСТЬ ВИДА RIBES AUREUM PURSH.  
В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ.....59

**ФИЗИКА**

**Ч.С. Алиев, Л.А. Казымова**  
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ  
НЕФТЕГАЗОВОЙ ЗОНЫ.....78

**У.К. Жапбасбаев, М.А. Пахомов, Д.Ж. Босинов**  
ПЕРЕХОД НЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ  
В ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ.....92

**А.Б. Жумагельдина, Н.С. Серикбаев, Д.Е. Балтабаева**  
ПОСТРОЕНИЕ СОЛИТОНОВ ДЛЯ ИНТЕГРИРУЕМОГО  
НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ КАВАХАРЫ.....103

**Г.С. Калимулдина, Е.Е. Нурмаканов, Р.П. Кручинин**  
НОСИМЫЙ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАНОГЕНЕРАТОР НА  
ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ТКАНИ.....119

**Ж.С. Мустафаев**  
ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕЧНЫХ  
БАССЕЙНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ И  
ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ.....132

**О.И. Соколова, Б.Т. Жумабаев, Г.В. Бурлаков, О.Л. Качусова**  
ОБЩАЯ КАРТИНА ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ  
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО ДАННЫМ АЛМАТИНСКОЙ  
ГЕОМАГНИТНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ЗА ПЕРИОД  
1963–2021 ГГ. ....145

**В.М. Терещенко**  
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ 8m-10m.  
V. ЗОНЫ  $+61^{\circ}$ ,  $+20^{\circ}$  и  $-16^{\circ}$  .....156

### **К 110-ЛЕТИЮ УЧЕНОГО**

**В.И. Данилов-Данильян**  
У.М. АХМЕДСАФИН – ОСНОВАТЕЛЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ  
НАУКИ В КАЗАХСТАНЕ.....168

### **ПАМЯТИ УЧЕНОГО**

Светлой памяти САДЫКОВОЙ АЛЛЫ БАЙСЫМАКОВНЫ.....172

## CONTENTS

### BIOTECHNOLOGY

**Ye. Bitmanov, A. Abzhalelov, L. Boluspayeva**  
THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOIL OF CENTRAL  
KAZAKHSTAN.....5

**K.K. Mambetov, A.Zh Bozhbanov, I.B. Dzhakupova**  
INFLUENCE OF FERTILIZERS AND BIOLOGICALLY ACTIVE  
SUBSTANCES ON YIELD OF SUGAR SORGO IN THE SOUTHERN  
REGION OF KAZAKHSTAN.....15

**A. Nurzhanova, A. Muratova, R. Berzhanova, V. Pidlisnyuk,  
A. Nurmagambetova, A. Mamirova**  
RHIZOSPHERE MICROORGANISMS: INCREASING  
PHYTOTECHNOLOGY PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY –  
A REVIEW.....34

**A. Solomentseva, A. Solonkin**  
ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND  
ECONOMIC VALUE OF THE SPECIES RIBES AUREUM PURSH.  
IN ARID CONDITIONS.....59

### PHYSICAL SCIENCES

**Ch.S. Aliyev, L.A. Kazimova**  
ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION  
OF THE OIL AND GAS ZONE INDUSTRY ZONE.....78

**U. Zhapbasbayev, M. Pakhomov, D. Bossinov**  
TRANSITION OF A NEWTONIAN FLUID TO A VISCOPLASTIC  
STATE.....92

**A.B. Zhumageldina, N.S. Serikbayev, D.E. Baltabayeva**  
CONSTRUCTION OF SOLITONS FOR INTEGRABLE NONLINEAR  
KAWAHARA EQUATION.....103

**G.S. Kalimuldina, Y.Y. Nurmakanov, R.P. Kruchinin**  
MODIFIED TEXTILE FABRIC-BASED WEARABLE  
TRIBOELECTRIC NANOGENERATOR.....119

**Zh.S. Mustafayev**  
FORECAST OF SURFACE WATER QUALITY IN RIVER BASINS  
USING PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF NATURAL  
SYSTEMS.....132

**O.I. Sokolova, B.T. Zhumabaev, G.V. Burlakov, O.L. Kachusova**  
THE GENERAL PICTURE OF CHANGES IN THE GEOMAGNETIC  
FIELD PARAMETERS ACCORDING TO THE ALMATY  
GEOMAGNETIC OBSERVATORY FOR THE PERIOD  
1963-2021.....145

**V.M. Tereschenko**  
SPECTROPHOTOMETRIC STANDARDS 8<sup>m</sup>- 10<sup>m</sup>. V. ZONES +61°,  
+20° and -16° .....156

#### **TO THE 110-TH ANNIVERSARY OF THE SCIENTIST**

**V.I. Danilov-Danilyan**  
U.M. AKHMEDSAFIN – FOUNDER OF HYDROGEOLOGICAL  
SCIENCE IN KAZAKHSTAN.....168

#### **IN MEMORY OF SCIENTISTS**

Bright memory of SADYKOVA ALLA BAYSYMAKOVNA.....172

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

**<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*  
Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 10.10.2022.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

11,5 п.л. Тираж 300. Заказ 3.