

ISSN-1682-0533

Научно-Техническое Общество «КАХАК»

ИЗВЕСТИЯ

Научно-Технического Общества «КАХАК»

2024, № 1(81)

Алматы, 2024

ИЗВЕСТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА «КАХАК»

Алматы, 2024 г., № 1 (81)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Мун Г.А. – доктор химических наук, профессор

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Бияшев Р.Г. – доктор технических наук, профессор; **Календарь Р.Н.** – кандидат биологических наук, профессор; **Калтаев А. Ж.** – доктор физико-математических наук, профессор; **Мукашев Б.Н.** – доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК; **Огай В.Б.** – кандидат биологических наук; **Пак И.Т.** – заслуженный деятель науки и техники РК, доктор технических наук, профессор; **Цой О.Г.** – доктор медицинских наук, профессор; **Kim Byung-Soo** – PhD, профессор (Сеул, Республика Корея); **Park Kinam** – PhD, профессор (Уэст Лафайетт, США); **Ю В.К.** – доктор химических наук, профессор, *заместитель главного редактора*; **Югай О.К.** – кандидат химических наук, ассоциированный профессор, *ответственный секретарь*

EDITOR-IN-CHIEF

Mun G.A. – Doctor of Chemical Sciences, professor

THE EDITORIAL BOARD:

Biyashev R.G. – Doctor of Technical Sciences, professor; **Kalendar R.N.** – Candidate of Biological Sciences, professor; **Kaltayev A.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor; **Mukashev B.N.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor, NAS RK academician; **Ogay V.B.** – Candidate of Biological Sciences; **Pak I.T.** – Honored Worker of Science and Technology of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, professor; **Tsoy O.G.** – Doctor of Medical Sciences, professor; **Kim Byung-Soo** – PhD (Seoul, Republic of Korea); **Park Kinam** – PhD, professor (West Lafayette, USA); **Yu V.K.** – Doctor of Chemical Sciences, professor, *Deputy Chief Editor*; **Yugay O.K.** – Candidate of Chemical Sciences, associate professor, *Managing Editor*

Учредитель: Научно-техническое общество «КАХАК»

Издается с 1998 г.

Выходит 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации издания № 1561-ж от 3 ноября 2000 г.
Выдано Министерством культуры, информатики и общественного согласия
Республики Казахстан

Подписной индекс: 74838

Подписку можно оформить в отделениях связи АО «Казпочта».
Подписка продолжается в течение года.

Адрес редколлегии и редакции:

050010, г. Алматы, ул. Курмангазы, 40 (Дом Дружбы), офис 34
телефон 8(727)-272-79-02, 8(727)-291-60-69

e-mail: izv.ntokahak@mail.ru

Сайт: www.ntokahak.kz

ISSN-1682-0533

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

МРНТИ 12.31.51

УДК 001.18

ИСТОРИЯ СЕМЬИ – ИСТОРИЯ КАЗАХСТАНСКОЙ НАУКИ

Мун Г.А.

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
e-mail: mungrig@yandex.ru*

Статья посвящена истории одной из наиболее ярких казахстанских научных династий – семье, ныне живущим представителем которой является проф. И.Э. Сулейменов. Показано, что в истории этой семьи как в капле воды отражается история казахстанской науки со всеми ее взлетами и падениями. На данном примере раскрывается также, насколько важным для казахстанской науки является появление ученых-энциклопедистов, способных подняться до высшего – философского – уровня осмысления проблемы. Сделан акцент на том, насколько трудно подлинно новаторские идеи пробивают дорогу к воплощению, и насколько вредоносным на данном этапе для Казахстана становятся ученые-консерваторы, всячески противодействующие междисциплинарным исследованиям. Рассматривается значение научных трудов И.Э. Сулейменова, предметно доказывающих, что время ученых-энциклопедистов вовсе не ушло. Наоборот, текущий кризис современной науки делает их все более и более востребованными, причем даже в тех областях знания, которые связаны с оборонно-промышленным комплексом. Отмечается необходимость коренной модернизации казахстанского научно-технического сообщества, переход его на уровень, отвечающий современным вызовам, в том числе, геополитическим.

Ключевые слова: *научная династия, история казахстанской науки, кризис современной науки, философия науки, ученый-энциклопедист, вооружения на новых физических принципах, геополитические вызовы.*

The article is devoted to the history of one of the brightest Kazakhstani scientific dynasties - the family, the living representative of which is Prof. I.E. Suleimenov. It is shown that the history of this family as in a drop of water reflects the history of Kazakhstani science with all its ups and downs. This example also reveals how important for Kazakhstani science is the emergence of scientists-encyclopedists, capable of rising to the highest – philosophical – level of comprehension of the problem. Emphasis is made on how difficult it is for truly innovative ideas to make their way to embodiment, and how harmful at this stage for Kazakhstan become scientists-conservatives, who in every possible way oppose interdisciplinary research. The importance of scientific works of I.E. Suleimenov is considered, substantially proving that the time of scientists-encyclopedists is not gone at all. On the contrary, the current crisis of modern science makes them more and more in demand, and even in those areas of knowledge that are related to the defense-industrial complex. The necessity of radical modernization of Kazakhstan scientific and technical community, its transition to a level that meets modern challenges, including geopolitical ones, is noted.

Keywords: *scientific dynasty, history of Kazakhstan science, crisis of modern science, philosophy of science, scientist-encyclopedist, armament on new physical principles, geopolitical challenges.*

Мақала Қазақстанның ең жарқын ғылыми әулеттерінің бірі – қазір өмір сүріп жатқан өкілі проф. и. Э. Сүлейменов болып табылатын отбасы тарихына арналған. Бұл отбасының тарихында су тамшысындағыдай қазақстандық ғылымның тарихы оның барлық өрлеуі мен құлдырауымен көрініс табатыны көрсетілген. Бұл мысалда мәселенің жоғары-философиялық – түсіну деңгейіне көтеріле алатын энциклопедиялық ғалымдардың пайда болуы қазақстандық ғылым үшін қанишалықты маңызды екендігі де ашылады. Шынайы жаңашыл идеялар іске асыруға жол ашуда қанишалықты қиын екендігіне және осы кезеңде пәнаралық зерттеулерге жан-жақты қарсы тұратын консервативті ғалымдар Қазақстан үшін қанишалықты зиянды болатынына баса назар аударылды. И. Э. Сүлейменовтың энциклопедиялық ғалымдардың уақыты мүлдем өтпегенін дәлелдейтін ғылыми еңбектерінің маңызы қарастырылуда. Керісінше, қазіргі ғылымның қазіргі дағдарысы оларды барған сайын сұранысқа ие етеді, тіпті қорғаныс-өнеркәсіп кешенімен байланысты білім салаларында да. Қазақстандық ғылыми-техникалық қоғамдастықты түбегейлі жаңғырту қажеттілігі, оның қазіргі заманғы, оның ішінде геосаяси сын-қатерлерге жауап беретін деңгейге көшуі атап өтіледі.

Түйінді сөздер: *ғылыми әулет, Қазақстан ғылымының тарихы, қазіргі ғылым дағдарысы, Ғылым философиясы, ғалым-энциклопедист, Жаңа физикалық қағидаттардағы қару-жарақ, геосаяси сын-тегеуріндер.*

В феврале 2024 г. Национальная инженерная академия РК чествовала одного из наиболее ярких представителей казахстанской науки – профессора Сулейменова Ибрагима Эсеновича. В ознаменование его 60-летнего юбилея Национальная инженерная академия РК организовала конференцию «Высшее образование и образ будущего: к новой парадигме развития науки», в организации которой приняли участие ведущие ученых из различных городов СНГ – от Севастополя до Владивостока.

Выбор тематики конференции был далеко не случайным.

Во-первых, профессор Сулейменов заслуженно именуется ученым-энциклопедистом, который внес более чем существенный вклад в обеспечение междисциплинарного сотрудничества не только в нашей стране, но и за рубежом.

Во-вторых, текущая геополитическая ситуация действительно требует от отечественного научно-технического сообщества некоего прорыва, но он требует ясно обозначенной цели, что и определяет необходимость формирования образа будущего. Но, формирование такого образа не может быть осуществлено средствами ни одной из конкретных наук. Требуется куда более широкий взгляд на стратегию развития науки как таковой, причем такая стратегия не может не быть связана с решением наиболее острых противоречий, характерных для современной высшей школы. Распространяться о них здесь неуместно, к тому же они самым подробным образом анализировались в работах нашей исследовательской группы, в частности, в [1–4].

Указанную выше задачу, как неопровержимо свидетельствует история, могут решать только ученые-энциклопедисты, способные подняться до философского уровня осмысления насущных проблем.

Узкие специалисты, ограниченные рамками вполне определенного предметного поля исследований на протяжении всей их жизни, и по этой причине не понимающие сути науки как таковой, часто повторяют, следующий тезис. Современная наука – слишком сложный организм, чтобы отдельный человек оказался способен оперировать на том уровне обобщений, на котором оперировали классики науки в конце XIX и в начале XX века. В силу

ограниченности профессионального и жизненного опыта, они искренне полагают, что время ученых-энциклопедистов прошло.

Это далеко не так, и пример профессора И.Э. Сулейменова здесь служит более чем наглядным доказательством.

Он является автором оригинальных работ, выполненных в области физической оптики [5, 6], физики плазмы [7, 8], физики атмосферы [9], физической химии [10, 11], химии высокомолекулярных соединений [12, 13], теории нейронных сетей [14,15], искусственного интеллекта [16, 17], цифровой обработки сигналов [18-20], философии [21-23], неклассической психологии [24, 25] и т.п. Разумеется, цитированные работы представляют только отдельные примеры из более чем обширного списка трудов И.Э. Сулейменов и только частично отражают круг его научных интересов.

Это – не более чем иллюстрация, но она отражает суть дела.

Более чем разносторонний круг научных интересов профессора Сулейменова привел его и его единомышленников к необходимости философского осмысления всего того багажа, который накоплен конкретными науками.

Как следствие, он стал одним из наиболее последовательных сторонников тезиса о конвергенции естественнонаучного и гуманитарного знания.

По существу, данный тезис выражает более чем простую вещь. В истории науки периоды накопления знаний конкретными науками всегда сменялись периодами, когда во главу угла становилась необходимость формирования целостной картины действительности, и ключевую роль здесь всегда играла философия.

Ключевую роль в этом отношении всегда играли конкретные личности, которые сумели перейти от изучения отдельных закономерностей, обнаруживаемых конкретными науками, к следующей ступени осмысления мироздания.

К их числу, бесспорно, принадлежит и профессор И.Э. Сулейменов, одни из авторов во многом провокационного, но более чем неординарного учебника по истории и филофонии науки, который был рекомендован МОН РК для всех специальностей магистратуры.

Профессор И.Э. Сулейменов, будучи человеком, способным к осмыслению реальности на самом высоком – философском – уровне, неоднократно поражал своих коллег, равно как и своих врагов, способностью к предвидению.

Приведу только один – самый наглядный – пример. Еще в 2020 г. нашим авторским коллективом, методологическое целеполагание которого составляет заслугу профессора Сулейменова, был выдвинут и обоснован тезис «постиндустриальная война – это война стоимостей» [26]. Нами были также разработаны нетривиальные технические средства, позволяющие реализовать этот тезис на практике.

Не прошло и пяти лет, как этот тезис вынужденно признали многие из ответственных лиц, вовлечённых в противоборство на территории бывшего СССР.

Сегодня уже даже журналисты пишут о том, что необходимо максимально снижать стоимость робототехнических систем, перенося центр тяжести на интеллектуальную составляющую.

Перечень такого рода примеров можно продолжать очень долго. Но это, с моей точки зрения, далеко не главное.

Казахстан сейчас сталкивается со многими все более и более серьёзными вызовами, многие из которых относятся к геополитическому уровню. В таких условиях важнейшее значение приобретает обращение к истокам, к корням, к пониманию того, как именно могут

формироваться ученые-энциклопедисты, способные решать задачи на самом высоком – философском – уровне осмысления проблемы.

Именно поэтому я полагаю сделать достоянием самой широкой общественности историю семьи Сулейменовых.

Я подчеркиваю, Ибрагим Эсенович Сулейменов – плоть от плоти самых славных страниц казахстанской науки.

Его научный род – ее ровесник.

Более того, в истории его научной семьи, как в капле воды, отразилась вся более чем сложная история казахстанской науки, со всеми ее взлетами и падениями, торжествами и трагедиями.

В предвоенный период Казахстан более чем остро нуждался во внедрении наиболее современных – на тот момент – медицинских практик. В решение этой задачи более чем весомый вклад внесли дед и бабушка юбиляра – будущий профессор Нургали Сулейменов (рисунок 1) и его жена, Нурзиган Ибрагимовна.

Борьба с эпидемиями, более чем непростая политическая обстановка – нам до конца никогда не понять, что вынесло на своих плечах то поколение, тем более что они, привыкнув к тяжелейшим испытаниям, многое воспринимали как само собой разумеющееся.

Гигантский опыт, который приобрел Нургали Сулейменов как фронтовой хирург (рисунок 2), имя которого еще в 1980-е годы отчетливо помнили высшие чины Ленинградского военного округа, позволил ему стать одним из ведущих хирургов КазССР.

Сохранились фотографии и воспоминания учеников профессора Нургали Сулейменова, ставшего в послевоенные годы не только практикующим врачом, но и наставником целой плеяды блестящих хирургов. Его имя до сих пор вспоминают и многие ветераны труда, тыла и политических батальей.

Я сам тому свидетель. Я отчетливо помню, с какой теплотой академик Е.Е. Ергожин неоднократно вспоминал проф. Н.С. Сулейменова, как человека, спасшего его здоровье. Этот оттенок всегда воспринимался в наших совместных обсуждениях совместных научных работ, вылившихся в написание нескольких монографий.



Рисунок 1 – Профессор Нургали Сулейменов



Рисунок 2 – Будущий профессор Нургали Сулейменов на фронте (справа)

Время шло, оно поставило перед казахстанской наукой и другие задачи.

В Казахстане в 1960-е годы бурно развивается металлургическая промышленность, которая сохраняет свое значение до сих пор.

Лучшие интеллектуальные силы Республика бросает именно на это направление.

Сын фронтового хирурга, Эсен Нургалиевич Сулейменов, избирает стезю металлурга.

Институт металлургии и обогащения к 1960-тым годам становится одной из наиболее значимых научных организаций Казахстана. Его руководителем в течение продолжительного времени был Президент АН КазССР, академик Академии наук СССР А.М. Кунаев. Многие заслуженные ученые нашей страны, в том числе и целая плеяда академиков НАН РК и НИА РК, также работала в этом институте.

Среди тех, кто строил и поднимал отечественную металлургию, имя Э.Н. Сулейменова также занимает далеко не последнее место. Он – соратник Аскара Ахметовича Кунаева, Леонида Павловича Ни и многих других ученых, оставивших след в казахстанской металлургии (рисунок 3).

В частности, им – еще на заре его научной деятельности – была опубликована монография (рисунок 4), посвященная производству титана, т.е. металла, который лежал и лежит в основе производства самых различных изделий, преобразивших мир.



Рисунок 3 – 60-летие Победы; в центре – академик Л.П. Ни, крайний справа – академик С.М. Кожаметов, Э.Н. Сулейменов в заднем ряду, второй справа

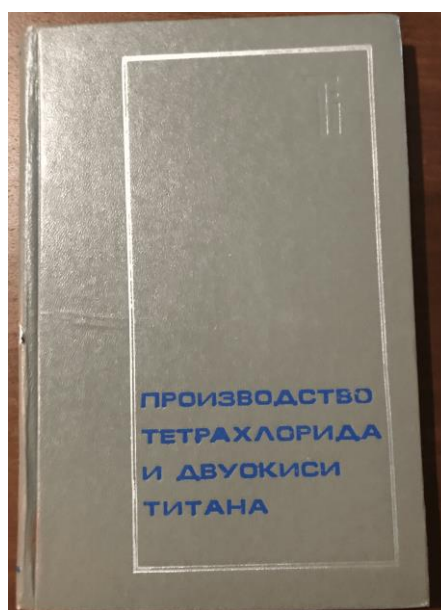


Рисунок 4 – Одна из ранних монографий Э.Н. Сулейменова

Уместно отметить, что в 1970-е годы Алма-Ата была одним из ведущих центров СССР в области химической и металлургической науки. Далеко не случайно Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (форум, который традиционно привлекал внимание ученых всего мира) прошел именно в столице КазССР (рисунок 5). Институт металлургии и обогащения, в котором долгие годы работал Э.Н. Сулейменов, принимал непосредственное участие в организации и проведении данного форума.

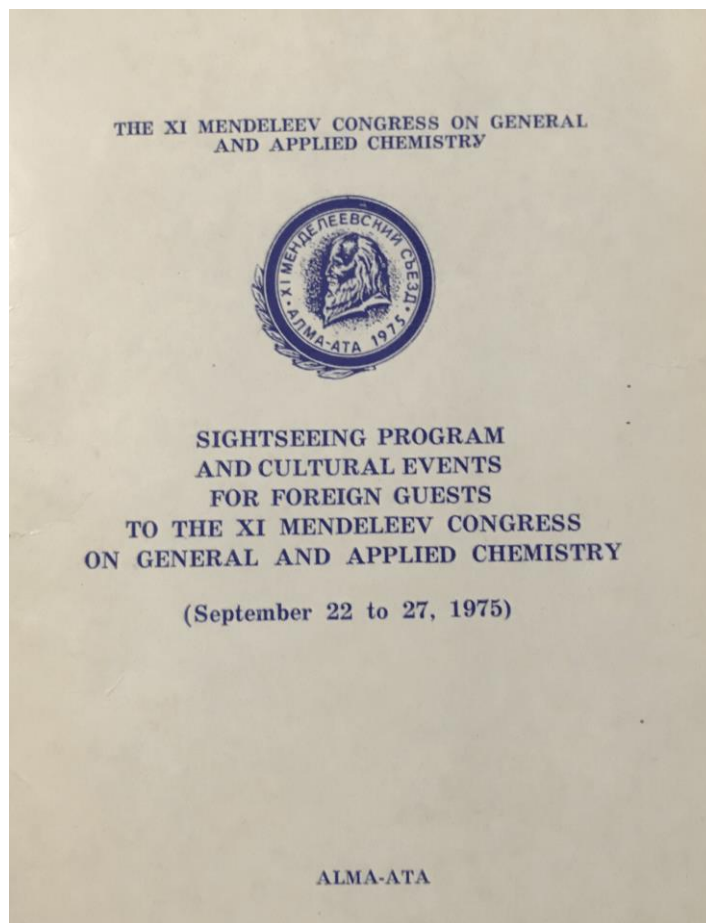


Рисунок 5 – Программа XI Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, 1975-й год

К 1980-тым годам становится понятным, что для дальнейшего совершенствования металлургических процессов требуется развивать фундаментальные исследования в данной области.

Именно этому вопросу Э.Н. Сулейменов уделяет первостепенное внимание и работает над этими проблемами вплоть до своей кончины в 2023 г.

Приведем в качестве примера только один документ (рисунок 6), свидетельствующий о том, насколько широкими были научно-практические связи той исследовательской группы, в которую входил Э.Н. Сулейменов.

В этой деятельности существенную помощь оказывает и проф. И.Э. Сулейменов – в те годы аспирант Ленинградского государственного университета.

С его помощью разрабатывается теоретический аппарат, позволяющий, в частности, описывать поведение высокотемпературных расплавов, обладающих анизотропией проводимости. Результаты публикуются в ведущих научных журналах мира (рисунок 7).

Более того, исследовательская группа под руководством акад. А.М. Кунаева по приглашению Королевской академии наук Швеции участвует в конкурсе на получение Нобелевской премии по химии (рисунок 8).

В заявке были отражены именно результаты фундаментальных исследований, которые изначально рассматривались как основа для совершенствования металлургических производств.

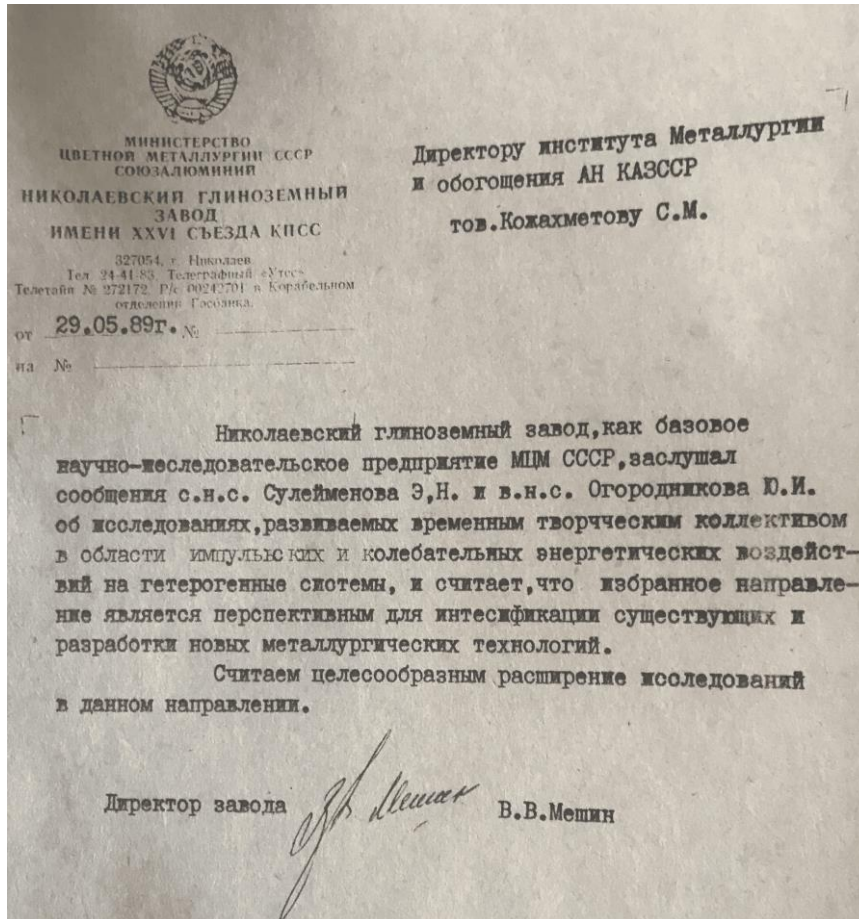


Рисунок 6 – Письмо за подписью директора Николаевского глиноземного завода (Украинская ССР)

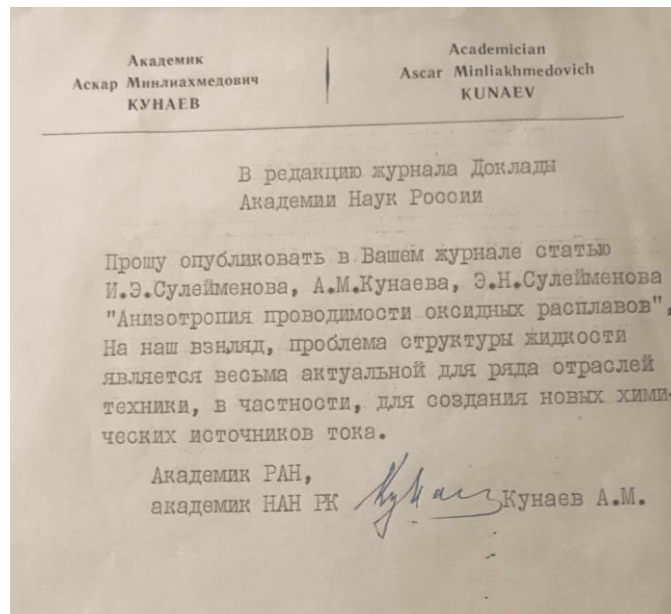


Рисунок 7 – Письмо в редакцию журнала «Доклады РАН» на личном бланке акад. РАН А.М. Кунаева

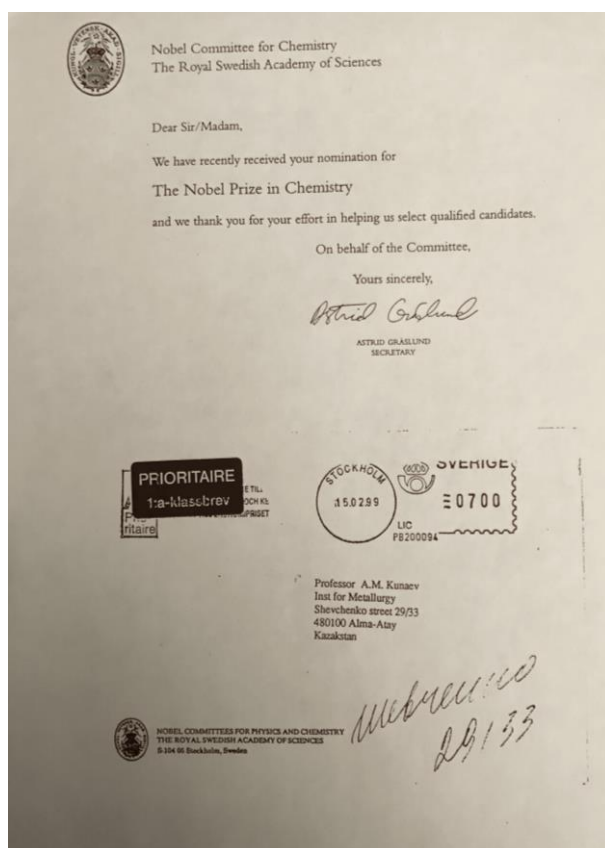


Рисунок 8 – Письмо из Нобелевского комитета

1990-е годы, к сожалению, стали очень трудным временем для всей казахстанской науки, и металлургия здесь не составила исключения.

Многие исследования были свернуты, продолжение других требовало значительно больших финансовых ресурсов, нежели те, что имелись в наличии. При этом центр тяжести научных исследований по всему миру постепенно смещался в сторону информационных технологий, создания искусственного интеллекта и т.п.

Но Э.Н. Сулейменов продолжает исследования, ставшие делом всей его жизни, и именно им он посвящает свою докторскую диссертацию, которую (несмотря на высокое международное признание, включая Нобелевский комитет) он смог защитить только в 2003 г. (рисунок 9). Столь значимым было сопротивление консерваторов, к сожалению.

Идеи проф. Э.Н. Сулейменова остаются пока не востребованными. Слишком большие ресурсы необходимы для их воплощения в практику. Перестройка металлургических производств требует колоссальных финансовых вложений. Но, он сумел передать своим наследникам главное – то, что, собственно, и отличает потомственных ученых. Это – способность понимать и чувствовать науку на интуитивном, иногда даже и бессознательном уровне.

Подчеркну, что исследованию подобного рода проблем в настоящее время как раз и уделяет повышенное внимание проф. И.Э. Сулейменов. В его работах, опубликованных в соавторстве с одним из ведущих российских философов проф. О.А. Габриеляном, уже доказано существование профессионального коллективного бессознательного [25, 27].

Эффективное взаимодействие с ним и порождает подлинный профессионализм.

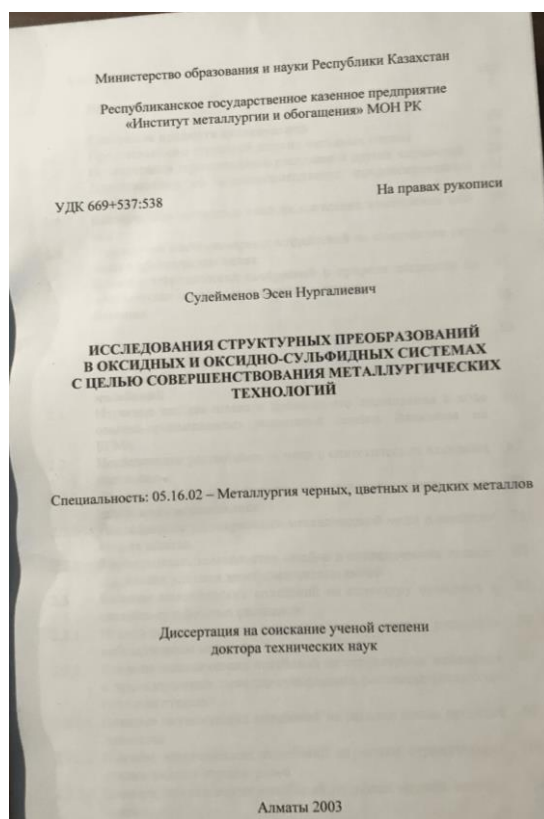


Рисунок 9 – Титульный лист докторской диссертации Э.Н. Сулейменова

Исследования в данном направлении, что уже не вызывает сомнений, позволяет ответить на два неординарных вопроса:

Что такое гениальность?

Можно ли целенаправленно сделать из человека гения, и если да, то как?

Очевидно, что эти вопросы представляют далеко не только академический интерес.

Год от года объем сведений, который должен усвоить человек, чтобы стать истинным ученым, растет.

Будем говорить прямо – учеба будущего ученого сейчас продолжается до сорокалетнего возраста. Тем, кому сейчас сорок лет – это молодые ученые. Во времена Менделеева их ровесники уже были состоявшимися мэтрами.

Столь долгий период обучения выдержит далеко не всякий, уже не говоря о том, что это чрезмерно затратный путь.

Высшее образование объективно нуждается в модернизации только по этой простой причине.

Постепенно становится ясным, что именно эта проблема становится ключевой для всего научного сообщества.

Именно исходя из этого и была сформирована, в том числе, повестка конференции, которую Национальная инженерная академия РК провела в ознаменование 60-летнего юбилея И.Э. Сулейменова.

У читателя может сложиться впечатление, что на страницах нашего журнала опубликован очередной панегирик.

Это далеко не так.

Неординарно мыслящим людям всегда приходилось нелегко, и Казахстан в этом отношении не составляет исключения. Новое – особенно кардинальное новое – всегда пробивало себе дорогу с большим трудом.

Путь семьи Сулейменовых – несмотря на их многолетнюю историю и более чем значимые достижения – отнюдь не был устлан розовыми лепестками.

Приведу только один максимально наглядный пример. И.Э. Сулейменову, физику по образованию, блестяще защитившему кандидатскую диссертацию в одном из самых престижных университетов СССР – Ленинградском государственном университете – злопыхатели и чинуши от науки так и не дали защитить докторскую диссертацию по физике. Она была готова еще в 2005 году (рисунок 10).

Даже беглое ознакомление с текстом этой диссертации (и даже для непосвященного человека) поражает способностью к предвидению.

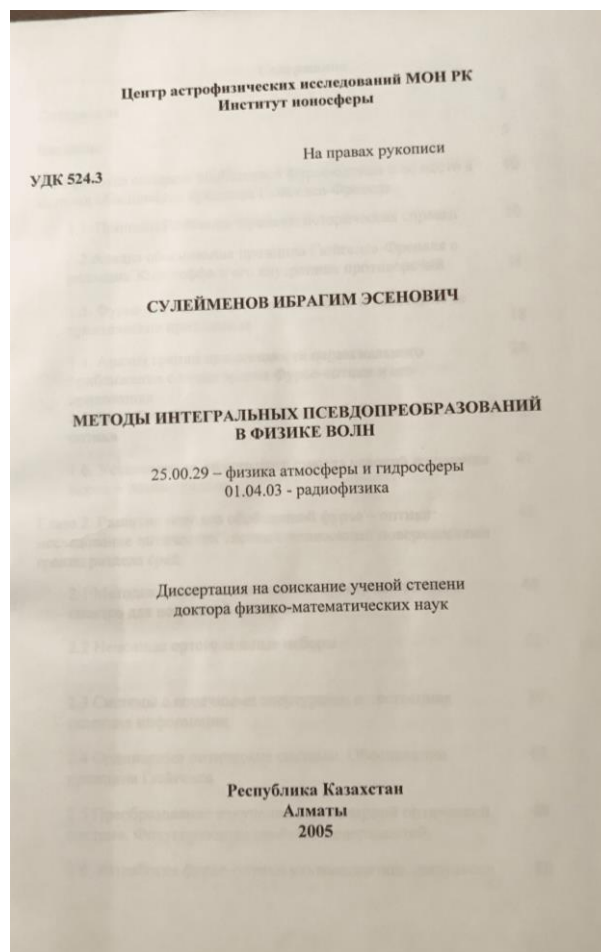


Рисунок 10 – Так и не защищенная диссертация И.Э. Сулейменова по физике

В данной диссертации И.Э. Сулейменовым впервые был поставлен и проработан вопрос об акустически активных средах. Такие среды могут быть использованы, в том числе, для создания аналогов лазеров, но генерирующих ультразвук. Это способно кардинально изменить существующие подходы к созданию, в том числе, нелетальных вооружений на новых физических принципах.

В наши дни нелетальные (и не только) акустические вооружения становятся предметом обсуждения Генеральных штабов ведущих стран мира. И.Э. Сулейменова тогда никто не услышал – или не захотел слушать.

Злопыхатели разных мастей не обратили внимание даже на то, что он – в отличие от них всех – знаком с оборонной проблематикой не понаслышке.

Этот факт также более чем легко подтвердить документально. В книге известного российского публициста, печатающегося под псевдонимом Михаил Калашников, «Сломанный меч Империи» (рисунок 11) есть целый раздел, фактически посвященный деятельности И.Э. Сулейменова – тогда молодого ленинградского ученого.

Эта книга, что очевидно, написана на злобу дня (впрочем, 20-ти летней давности), но ее автор, что также очевидно, был посвящен в некоторые секреты ВПК СССР.

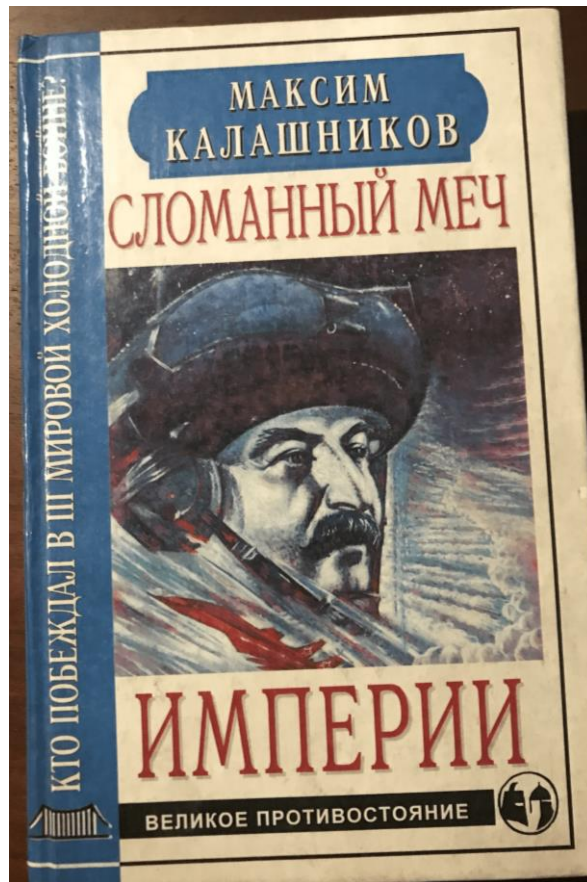


Рисунок 11 – Книга М. Калашникова, в которой отражены, в том числе, результаты деятельности И.Э. Сулейменова

Разумеется, многие соображения, высказанные в данной книге, чрезмерно политизированы, она написана во вполне определенном ключе. Но, я не ставлю себе задачу полемизировать с ее автором. Здесь речь идет только о фактах, но не об их интерпретации.

Важно именно то, что И.Э. Сулейменов как физик-плазменщик действительно внес более чем значительный вклад в создание двигательного тракта воздушно-космического самолета, который пока также остается проектом, как многие другие разработки, замороженные в 1990-е годы. О масштабности работ того исторического периода читатель может судить по фрагменту из указанной выше книги, который я специально привожу к форме фотографии

(рисунок 12). Часть работ, проведенных в этом направлении, нашла отражение в открытой печати, например [28].

Профессор И.Э. Сулейменов и далее занимался работами аналогичного характера. Фотография одной из его монографий такого рода представлена на рисунках 13 и 14.

Впрочем, как я уже говорил выше, интересы такого ученого как И.Э. Сулейменов всегда оставались более чем разносторонними. В порядке иллюстрации приведу фотографию еще одной из его весьма неординарных книг (рисунок 15).

К сожалению, многие наши коллеги не в силах простить другим интеллектуального превосходства.

Потеряв возможность вредить лично И.Э. Сулейменову, они устраивают травлю многих его учеников.

И даже то, что их работы более чем актуальны для Казахстана, не останавливает злопыхателей.

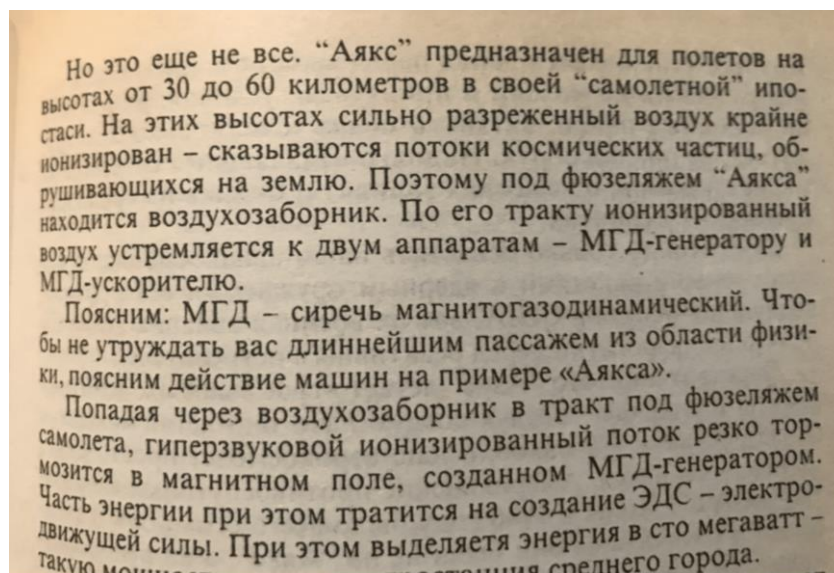


Рисунок 12 – Фрагмент книги «Сломанный меч Империи», в котором рассказывается о концепции «Аякс»

Приведу только один пример. Нашей исследовательской группой получен патент на минный тральщик [29], который при несущественной модернизации конвертируется в средство подавления массовых беспорядков, построенное на использовании ультразвука. Эти работы вошли в диссертацию Е.С. Витулевой – одной из учениц И.Э. Сулейменова. Казалось бы, любой житель Алматы, переживший события января 2022 г., ни за что не захочет их повторения. Но нет, консерваторы и злопыхатели делают все, чтобы заблокировать защиту этой диссертации.

История, конечно, все расставляет по своим местам.

«Отдельно взятые товарищи» уже начали понимать ценность идей проф. И.Э. Сулейменова после того, как линия боевого соприкосновения протянулась от Харькова до Херсонской области, а эскалация противостояния стала не более чем вопросом времени.

Именно этот факт, в конечном счете и побудил меня взяться за перо.

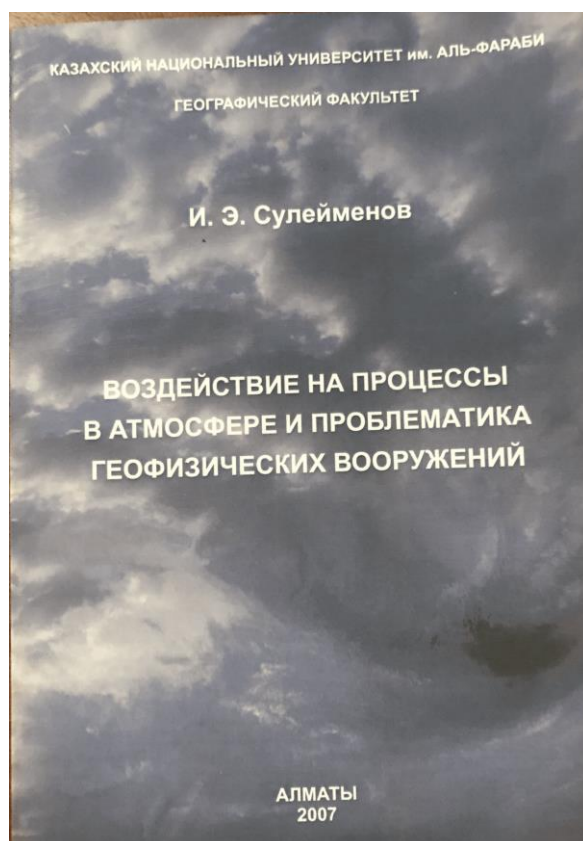


Рисунок 13 – Фотография монографии И.Э. Сулейменова, посвященной проблематике геофизических вооружений



Рисунок 14 – Фотография оборотной стороны монографии И.Э. Сулейменова, посвященной проблематике геофизических вооружений

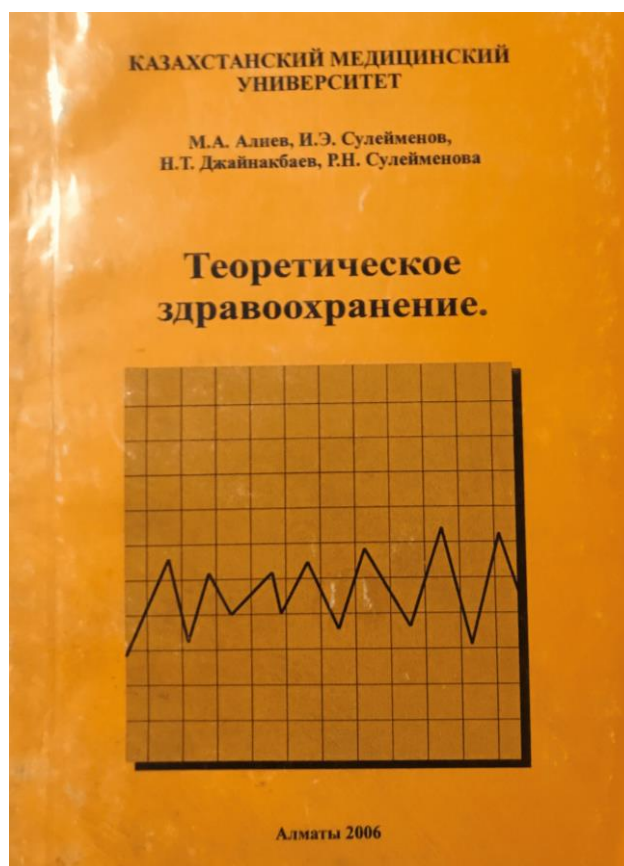


Рисунок 15 – Фотография монографии И.Э. Сулейменова, посвященной медицинской проблематике

Мне страшно думать о том, что только боевые действия, неизбежно связанные с потерями человеческих жизней, могут заставить консерваторов и чинуш от науки здраво оценивать научные достижения, отвлекаясь от собственных сиюминутных выгод.

Мне страшно думать о том, что прогресс – если чинуши от науки и далее будет думать только о своих карманах – будет оплачиваться кровью, в том числе и кровью детей, которые продолжают гибнуть под бомбами и реактивными снарядами.

Возникает риторический вопрос – неужели двигателем научного прогресса действительно может быть только война? Неужели Ницше был прав?

Хочется надеяться, что это не так. Какой бы призрачной не была бы эта надежда.

Впрочем, пример И.Э. Сулейменова позволяет надеяться, что не все потеряно.

Наследство, которое И.Э. Сулейменов получил от своих предков, не измеряется в долларах. Настоящий ученый, в какой бы области он не работал, рано или поздно становится гуманистом.

Неважно кто – Природа или Всевышний – одарили нас Разумом.

Любой настоящей ученый не может не понимать, что это и есть высшая ценность.

Именно эту точку зрения мы и отстаивали в монографии [30].

Там же мы показали, что если не будет осуществлен прорыв в науке, то это закончится масштабным военным конфликтом и геополитической турбулентностью. Приведу цитату оттуда.

«Кризис (имеется в виду системный кризис текущей фазы развития цивилизации) может быть преодолен или полномасштабной войной (что чревато непредсказуемыми последствиями, с учетом всем известных факторов в виде ядерного и бактериологического оружия) или рывком, сопоставимым с завоеванием колоний, для которого придумали эвфемизм «Эпоха великих географических открытий».

Это не тот случай, когда о сбывшемся прогнозе можно говорить с гордостью. Мы с сожалением просто констатируем, что оказались правы.

Научно-техническое сообщество Казахстана нуждается в коренной трансформации. В нем уже не должно быть место «феодальной раздробленности», когда некий престарелый профессор полностью «подминает под себя» конкретное научное направление и с делает все, чтобы никто не смел высказываться на соответствующие темы.

Менять нужно многое, но об этом лучше прочесть в цикле работ [1–4, 31–33].

Литература:

1. Мун Г.А., Сулейменов И.Э. Интенсификация инновационной деятельности как социокультурная проблема //Известия НТО "КАХАК". – 2019. – № 2. – С. 51-63.
2. Сулейменов И.Э., Витулёва Е.С., Мун Г.А., Шалтыкова Д.Б. Искусственный интеллект и нанотехнология: прогнозируемый и несостоявшийся драйверы четвертой технологической революции. //Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Революция в управлении: новая цифровая экономика или новый мир машин. – 2018. – С. 172-182.
3. Сулейменов И.Э., Витулёва Е.С. К вопросу о новой парадигме высшего образования //Известия НТО "КАХАК". – 2018. – № 3 (62). – С. 87.
4. Сулейменов И. Э., Витулёва Е. С., Бакиров А. С., Кабдушев Ш. Б., Егембердиева З., Мун Г. А. Использование систем искусственного интеллекта в высшей школе: в поисках ответа на "вызов массовости" //Известия НТО "КАХАК". – 2019. – № 4 (67). – С. 39-64.
5. Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. On the possibility of generalization of Fourier optics //Optics and spectroscopy. – 1994. – № 76(6). – P. 893-898.
6. Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. Generalized Fourier optics. I. Reflection of monochromatic radiation from mirrors of arbitrary shape //Optics and spectroscopy. – 1994. – № 76. – P. 893-898.
7. Golubovskii Y.B., Nekuchaev V.O., Ponomarev N.S., Suleimenov I.É. Behavior of the spatial phase of modulated ionization waves in a glow discharge //Russian Physics Journal. – 1997. – № 40(1). – P. 97-101.
8. Golubovskii Y. B., Nekuchaev V. O., Ponomarev N. S., Suleimenov I. É. Self-modulation processes in a low-current rare-gas discharge at low pressures //Russian Physics Journal. – 1997. – № 40(1). – P. 92-96.
9. Suleimenov I.E., Aushev V. M., Tulebekov E. A., Antoshchuk I.A. Effect of resonance phenomena on the wave structure of the middle atmosphere // Geomagnetism and Aeronomy. – 2006. – № 46. – P. 371-381.
10. Dergunov S. A., Mun G. A., Dergunov M. A., Suleimenov I. E., Pinkhassik E. Tunable thermosensitivity in multistimuli-responsive terpolymers //Reactive and Functional Polymers. – 2011. – № 71(12). – P. 1129-1136.
11. Suleimenov I.E., Rustemova E.M., Bekturov E.A. Mechanisms of viscosity of polyacids and polybases in the region of pronounced polyelectrolyte effect //Polymer Science Series A. – 2007. – № 49. – P. 320-327.
12. Budtova T. V., Suleimenov I. E., Ya. Frenkel S. Interpolymer complex formation of some nonionogenic polymers with linear and crosslinked polyacrylic acid //Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry. – 1994. – № 32(2). – P. 281-284.

13. Budtova T., Suleimenov I. Swelling behaviour of a polyelectrolyte network under load //Polymer. – 1997. – № 38(24). – P. 5947-5952.
14. Suleimenov I.E., Matrassulova D.K., Moldakhan I., Vitulyova Y.S., Kabdushev S.B., Bakirov A.S. Distributed memory of neural networks and the problem of the intelligences essence //Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. – 2022. – № 11(1). – P. 510-520.
15. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Malenko S.A., Vitulyova Y.S., Nekita A.G. Algorithmic basis of battle neural networks and crisis phenomena in modern society //European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – 2021. – P. 247-255.
16. Suleimenov I., Vitulyova Y. S., Bakirov A. S., Gabrielyan O. A. Artificial Intelligence: what is it? //In Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications. – 2020. – P. 22-25.
17. Kalimoldayev M.N., Pak I.T., Baipakbayeva S.T., Mun G.A., Shaltykova D.B., Suleimenov I.E. Methodological basis for the development strategy of artificial intelligence systems in the Republic of Kazakhstan in the message of the president of the Republic of Kazakhstan dated October 5, 2018 //News of the National Academy of Sciences of the Republic of the Kazakhstan–Series of geology and technical sciences. – 2018. – № 6. – P. 47-54.
18. Suleimenov I. E., Vitulyova Y. S., Matrassulova D. K. Features of digital signal processing algorithms using Galois fields $GF(2^n+1)$ //Plos one. – 2023. – № 18(10). – P. e0293294.
19. Suleimenov I. E., Vitulyova Y. S., Kabdushev S. B., Bakirov A. S. Improving the efficiency of using multivalued logic tools //Scientific Reports. – 2023. – № 13(1). – P. 1108.
20. Vitulyova Y. S., Suleimenov I. E., Matrassulova D. K., Bakirov A. S. Discrete form of the Huygens-Fresnel principle: to the multi-dimensional analog of the Nyquist–Shannon sampling theorem //International Journal of Information Technology. – 2023. – № 15(7). – P. 3751-3759.
21. Vitulyova Y. S., Bakirov A. S., Baipakbayeva S. T., Suleimenov I. E. Interpretation of the category of “complex” in terms of dialectical positivism //In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 946, № 1. – P. 012004.
22. Gabrielyan O., Vitulyova E., Suleimenov I. Multi-valued logics as an advanced basis for artificial intelligence (as an example of applied philosophy) //Wisdom. – 2022. – № 1 (21). – P. 170-181.
23. Габриелян О.А., Сулейменов И.Э. Теория сложных систем: ноосферный контекст. Симферополь: Издательский дом ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». – 2023. – 168 с.
24. Габриелян О. А., Сулейменов И.Э. Архетип: возможность операционализации понятия и истолкование феномена с позиций теории нейронных сетей //Миф в истории, политике, культуре: Сборник трудов V Международной научной междисциплинарной конференции. – 2021. – С. 17-23.
25. Мун Г.А., Сулейменов И.Э., Габриелян О.А., Витулёва Е.С., Кабдушев Ш.Б., Косцова М.В., Гришина А.В., Шалтыкова Д.Б. Высшее образование в цифровом обществе: использование ресурсов профессионального коллективного бессознательного //Известия НТО "КАХАК". – 2021. – № 2(73). – С. 4-37.
26. Мун Г.А., Витулёва Е.С., Байпакбаева С.Т., Кабдушев Ш.Б., Сулейменов И.Э. Проблематика постиндустриальной войны и деловые образовательные экосистемы //Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2020. – № 4 (78). – С. 88-93.
27. Габриелян О. А., Сулейменов И. Э., Габриелян А. М. Современные социальные тренды процессов обучения как трансформация интеллекта: нейросетевой подход //Социально-политические науки. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 64-73.
28. Kuranov A. L., Skoblo I. N., Skoblo Y. E., Suleimenov I. E., Chaika M. O. Effect of small alkaline additives on recombination processes in the positive column of a glowing nitrogen discharge //Plasma Physics Reports. – 1998.
29. Пат. 36667. Робот для разминирования /Мун Г.А., Байпакбаева С.Т., Кабдушев Ш.Б., Қадыржан Қ.Н., Витулёва Е.С., Сулейменов И.Э.; опубл. 29.03.2024.

30. Nanotechnology versus the global crisis. Available from: https://www.researchgate.net/publication/235662278_Nanotechnology_versus_the_global_crisis [accessed Jun 14 2024].

31. Сулейменов И. Э., Габриелян О. А., Мун Г. А. Тезис о цифровом бессмертии и новая парадигма высшей школы //Известия НТО "КАХАК". – 2021. – № (4). – С. 46-57.

32. Мун Г. А., Сулейменов И. Э. Уроки алматинской трагедии: необходимость бескомпромиссной борьбы с псевдонаукой //Известия НТО "КАХАК". – 2022. – № 1 (76). – С. 4-26.

33. Витулева Е. С., Габриелян О. А., Григорьев П. Е., Мун Г. А., Сулейменов И. Э. Формирование исследовательских программ как задача прикладной философии //Практическая философия: состояние и перспективы. – 2021. – С. 140-156.

References:

1. Mun G. A., Suleimenov I. E. Intensification of innovation activity as a socio-cultural problem // Izvestia NTO "KAHAK". – 2019. – № 2 –С. 51-63.

2. Suleimenov I. E., Vituleva E. S. S., Mun G. A., Shaltykova D. B. Artificial intelligence and nanotechnology: predicted and failed drivers of the fourth technological revolution. //Step into the Future: Artificial Intelligence and Digital Economy. Revolution in management: new digital economy or new machine world. - 2018. – С. 172-182.

3. Suleimenov I. E., Vituleva E. C. To the question of a new paradigm of higher education // Proceedings of the scientific and technical society "KAHAK". – 2018. – № 3 (62). – С. 87.

4. Suleimenov I. E., Vituleva E. S. S., Bakirov A. S., Kabdushev Sh. B., Egemberdieva Z., Mun G. A. The use of artificial intelligence systems in higher education: in search of an answer to the "challenge of massiveness" // Proceedings of the scientific and technical society "KAHAK". – 2019. – № 4 (67). – С. 39-64.

5. Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. On the possibility of generalization of Fourier optics //Optics and spectroscopy. – 1994. – № 76(6). – P. 893-898.

6. Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. Generalized Fourier optics. I. Reflection of monochromatic radiation from mirrors of arbitrary shape //Optics and spectroscopy. – 1994. – № 76. – P. 893-898

7. Golubovskii Y. B., Nekuchaev V. O., Ponomarev N. S., Suleimenov I. É. Behavior of the spatial phase of modulated ionization waves in a glow discharge //Russian Physics Journal. – 1997. – № 40(1). – P. 97-101.

8. Golubovskii Y. B., Nekuchaev V. O., Ponomarev N. S., Suleimenov I. É. Self-modulation processes in a low-current rare-gas discharge at low pressures //Russian Physics Journal. – 1997. – № 40(1). – P. 92-96.

9. Suleimenov I. E., Aushev V. M., Tulebekov E. A., Antoshchuk I. A. Effect of resonance phenomena on the wave structure of the middle atmosphere. Geomagnetism and Aeronomy. – 2006. – № 46. – P. 371-381.

10. Dergunov S. A., Mun G. A., Dergunov M. A., Suleimenov I. E., Pinkhassik E. Tunable thermosensitivity in multistimuli-responsive terpolymers //Reactive and Functional Polymers. – 2011. – № 71(12). – P. 1129-1136.

11. Suleimenov I. E., Rustemova E. M., Bekturov E. A. Mechanisms of viscosity of polyacids and polybases in the region of pronounced polyelectrolyte effect //Polymer Science Series A. – 2007. – № 49. – P. 320-327.

12. Budtova T. V., Suleimenov I. E., Ya. Frenkel S. Interpolymer complex formation of some nonionogenic polymers with linear and crosslinked polyacrylic acid //Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry. – 1994. – № 32(2). – P. 281-284.

13. Budtova T., Suleimenov I. Swelling behavior of a polyelectrolyte network under load //Polymer. – 1997. – № 38(24). – P. 5947-5952.

14. Suleimenov I. E., Matrassulova D. K., Moldakhan I., Vitulyova Y. S. S., Kabdushev S. B., Bakirov A. S. Distributed memory of neural networks and the problem of the intelligences essence //Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. – 2022. – № 11(1). – P. 510-520.
15. Suleimenov I. E., Gabrielyan O. A., Malenko S. A., Vitulyova Y. S., Nekita, A. G. Algorithmic basis of battle neural networks and crisis phenomena in modern society //European Proceedings of Social and Behavioral Sciences. – 2021. – P. 247-255.
16. Suleimenov I. E., Vitulyova Y. S., Bakirov A. S., Gabrielyan O. A. Artificial Intelligence: what is it? //In Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications. – 2020. – P. 22-25.
17. Kalimoldayev M. N., Pak I. T., Baipakbayeva S. T., Mun G. A., Shaltykova D. B., Suleimenov I. E. Methodological basis for the development strategy of artificial intelligence systems in the Republic of Kazakhstan in the message of the president of the Republic of Kazakhstan dated October 5, 2018 //News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-Series of geology and technical sciences. – 2018. – № 6. – P. 47-54.
18. Suleimenov I. E., Vitulyova Y. S., Matrassulova D. K. Features of digital signal processing algorithms using Galois fields $GF(2n+1)$ //Plos one. – 2023. – № 18(10). – P. e0293294.
19. Suleimenov I. E., Vitulyova Y. S. S., Kabdushev S. B., Bakirov A. S. Improving the efficiency of using multivalued logic tools //Scientific Reports. – 2023. – № 13(1). – P. 1108.
20. Vitulyova Y. S., Suleimenov I. E., Matrassulova D. D. K., Bakirov A. S. Discrete form of the Huygens-Fresnel principle: to the multi-dimensional analog of the Nyquist-Shannon sampling theorem //International Journal of Information Technology. – 2023. – № 15(7). – P. 3751-3759.
21. Vitulyova Y. S., Bakirov A. S., Baipakbayeva S. T., Suleimenov I. E. Interpretation of the category of "complex" in terms of dialectical positivism //In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 946, № 1. – P. 012004.
22. Gabrielyan O., Vitulyova E., Suleimenov I. Multi-valued logics as an advanced basis for artificial intelligence (as an example of applied philosophy) //Wisdom. – 2022. – № 1 (21). – P. 170-181.
23. Gabrielyan O.A., Suleimenov I.E. Theory of complex systems: noospheric context. Simferopol: Publishing House of FGAOU VO "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky". V.I. Vernadsky". – 2023. – 168 с.
24. Gabrielyan O. A., Suleimenov I. E. Archetype: the possibility of operationalization of the concept and interpretation of the phenomenon from the standpoint of the theory of neural networks //Myth in history, politics, culture: Proceedings of the V International Scientific Interdisciplinary Conference. – 2021. – C. 17-23.
25. Mun G.A., Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Vitulyova E.S., Kabdushev Sh.B., Kostsova M.V., Grishina A.V., Shaltykova D.B. Higher education in a digital society: the use of resources of professional collective unconscious // Proceedings of the STO "КАХАК". – 2021. – № 2(73). – C. 4-37.
26. Mun G.A., Vituleva E.S., Baipakbaeva S.T., Kabdushev Sh.B., Suleimenov I.E. Problematics of post-industrial warfare and business educational ecosystems // Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan. – 2020. – № 4 (78). – C. 88-93.
27. Gabrielyan O. A., Suleimenov I. E., Gabrielyan A. M. Modern social trends of learning processes as transformation of intelligence: neural network approach //Social and Political Sciences. – 2023. – T. 13, № 1. – C. 64-73.
28. Kuranov A. L., Skoblo I. N., Skoblo Y. E., Suleimenov I. E., Chaika M. O. Effect of small alkaline additives on recombination processes in the positive column of a glowing nitrogen discharge //Plasma Physics Reports. – 1998.
29. Pat. 36667. Robot for demining /Mun G.A., Baipakbaeva S.T., Kabdushev Sh.B., Kadyrzhan K.N., Vitulyova E.S., Suleimenov I.E.; published 29.03.2024.
30. Nanotechnology versus the global crisis. Available from: https://www.researchgate.net/publication/235662278_Nanotechnology_versus_the_global_crisis [accessed Jun 14 2024].

31. Suleimenov I. E., Gabrielyan O. A., Mun G. A. Thesis on digital immortality and the new paradigm of higher education // Izvestia NTO "КАНАК". - 2021. – № (4). – С. 46-57.

32. Mun G. A., Suleimenov I. E. Lessons of the Almaty tragedy: the need for an uncompromising fight against pseudoscience // Izvestia NTO "КАНАК". – 2022. – № 1 (76). – С. 4-26.

33. Vituleva E. S., Gabrielyan O. A., Grigoriev P. E. E., Mun G. A., Suleimenov I. E. Formation of research programs as a task of applied philosophy // Practical Philosophy: State and Prospects. – 2021. – С. 140-156.

Поступила 26 марта 2024 г.

МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

МРНТИ 04.01.29

УДК 621.396.6:004.5:004.942

ПРОБЛЕМАТИКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ВОЙНЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕОРИИ СОЦИОКУЛЬТУРНОГО КОДА И ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Бакиров А.С.

Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева

Алматы, Казахстан

e-mail: axatmr@mail.ru

Показано, что на современном этапе характер информационной войны более чем существенно трансформируется. Ее современные инструменты уже далеко не ограничиваются пропагандой, но оказываются способными системно трансформировать социокультурный код страны-мишени. Доказательства данного тезиса даны на основе нейросетевой теории ноосферы, которая, в частности, показывает, что современное общество де-факто конвертировано в человеко-машинную систему. В результате возникает ситуация, когда социокультурный код страны-мишени может быть целенаправленно трансформирован без применения идеологических или подобных им инструментов, т.е. за счет сугубо технических средств, трансформирующих характер коммуникаций в обществе. Такие тенденции уже проявляются весьма отчетливо: трансформации информационных технологий массового использования приводят к изменениям структуры коммуникаций в обществе. Тем самым последовательный анализ характера и форм современной информационной войны становится предметом прикладной философии, конкретно того ее раздела, который изучает сложные системы произвольной природы с максимально общих позиций. Возможность единообразного анализа сложных систем различной природы, в свою очередь, вытекает из того, что поведение сложной системы в первую очередь определяется структурой связей между ее элементами, природа самих элементов является здесь вторичной.

Ключевые слова: *сложные системы, информационная война, постправда, социокультурный код, ноосфера, философия информации, прикладная философия.*

Қазіргі кезеңде ақпараттық соғыстың сипаты айтарлықтай өзгергені көрсетілген. Оның заманауи құралдары бұдан былай үгіт-насихатпен шектелмейді, мақсатты елдің әлеуметтік-мәдени кодексін жүйелі түрлендіруге қабілетті. Бұл тезистің дәлелі ноосфераның нейрондық желі теориясы негізінде келтірілген, ол, атап айтқанда, қазіргі қоғамның іс жүзінде адам-машина жүйесіне айналғанын көрсетеді. Нәтижесінде мақсатты елдің әлеуметтік-мәдени кодын идеологиялық немесе ұқсас құралдарды қолданбай-ақ мақсатты түрде өзгертуге болатын жағдай туындайды, яғни қоғамдағы коммуникациялардың сипатын өзгертетін таза техникалық құралдардың арқасында. Мұндай тенденциялар қазірдің өзінде айқын көрінуде: жаппай қолданылатын ақпараттық технологиялардың трансформациясы қоғамдағы коммуникация құрылымының өзгеруіне әкеледі. Осылайша, қазіргі ақпараттық соғыстың табиғаты мен нысандарын дәйекті талдау қолданбалы философияның, атап айтқанда оның еркін сипаттағы

күрделі жүйелерді ең жалпы позициялардан зерттейтін бөліміне айналады. Түрлі сипаттағы күрделі жүйелерді біркелкі талдау мүмкіндігі, өз кезегінде, күрделі жүйенің мінез-құлқы ең алдымен оның элементтерінің арасындағы байланыстардың құрылымымен анықталатындықтан, бұл жерде элементтердің өздерінің табиғаты екінші дәрежеде болады;

Түйінді сөздер: күрделі жүйелер, ақпараттық соғыс, пост-ақиқат, әлеуметтік-мәдени код, ноосфера, ақпарат философиясы, қолданбалы философия.

It is shown that at the present stage the nature of the information war is more than significantly transformed. Its modern tools are no longer limited to propaganda, but are capable of systematically transforming the sociocultural code of the target country. Evidence for this thesis is given on the basis of the neural network theory of the noosphere, which, in particular, shows that modern society has de facto been converted into a human-machine system. As a result, a situation arises when the sociocultural code of the target country can be purposefully transformed without the use of ideological or similar tools, i.e. due to purely technical means that transform the nature of communications in society. Such trends are already manifesting themselves very clearly: transformations of information technologies of mass use lead to changes in the structure of communications in society. Thus, a consistent analysis of the nature and forms of modern information warfare becomes the subject of applied philosophy, specifically that section of it that studies complex systems of arbitrary nature from the most general positions. The possibility of a uniform analysis of complex systems of various natures, in turn, follows from the fact that the behavior of a complex system is primarily determined by the structure of connections between its elements; the nature of the elements themselves is secondary here.

Keywords: complex systems, information war, post-truth, sociocultural code, noosphere, philosophy of information, applied philosophy.

Характер воздействий, относящихся к проблематике информационных войн, в настоящее время претерпевает качественные трансформации. Прежде всего, это связано с тем, что все воздействия, которые могут быть отнесены к информационным войнам, начинают носить все более и более опосредованный характер. Это связано с очевидными факторами, прежде всего с насыщенностью информационной среды пропагандой и контрпропагандой, что отражается, в том числе, такими понятиями как «постправда» [1–3], «медийная реальность» [4, 5] и т.д. (как отмечается в [2], постправда «не обременена требованиями убедительной аргументации», что создает максимально комфортные условия для экспансии постправды в информационно-коммуникативной среде, что выражается в экспоненциальном росте соответствующих материалов, представленных в интернете). В таких условиях массовое сознание постепенно перестает воспринимать как пропаганду, так и контрпропаганду, поскольку подавляющее большинство людей прекрасно понимает, что пропагандисты не более чем выполняют свою работу, за которую получают деньги. Следовательно, актуализируются косвенные воздействия, эффективность которых зачастую оказывается гораздо выше, что неоднократно было показано практикой [6,7].

В частности, в нашей монографии [8] доказывался тезис, в соответствии с которым даже реклама тех или иных групп товаров может нести вполне определенную идеологическую нагрузку, косвенно пропагандирующую достижение одной из противоборствующих сторон. Примером этому является воздействие характера потребления западных товаров в позднем СССР. Впрочем, список такого рода примеров можно продолжать очень долго. Соответствующие факторы продолжают действовать и в настоящее время, хотя и возможно не настолько выражено.

Однако тезис о косвенном характере информационных воздействий приобретает не только указанное выше значение, но и значение с точки зрения воздействия именно на глубинные информационные процессы, протекающие в пределах социума, отвечающего стране-мишени [9, 10]. Фактически речь идет о том, что в настоящее время уже существуют инструменты, позволяющие оказывать направленное воздействие на социокультурный код страны мишени.

Доказательство данного тезиса и составляет одну из основных целей данной работы, в которой также рассматриваются возможные меры противодействия такому влиянию. Однако, прежде чем переходить к такого рода доказательствам, следует уточнить то, что может пониматься под такими понятиями как социокультурный код, менталитет, общественное сознание и им подобные.

Разумеется, данные понятия во многом являются синонимичными. До самого последнего времени для отражения представлений, которые зафиксированы массовым сознанием того или иного этноса, как правило, использовался (и продолжает использоваться [11]) термин «менталитет». Этот термин, однако, не только является полисемантическим, но и не до конца точным, в связи с чем последнее время все более часто употребляется более адекватный термин «социокультурный код» или близкий к нему термин «цивилизационный код».

Подчеркнем, что понятие «менталитет» появилось в рамках исследований гуманитарного характера, и оно отражало вполне определенные наблюдения. А именно, уже давно не вызывало сомнений, что тот или иной этнос вырабатывает вполне определенную систему представлений о себе и мире, и эта система представлений зафиксирована именно на уровне общественного сознания.

Однако исследования в области теории сложных систем (в частности, [12-15]) и теории искусственного интеллекта (в частности, [16-18]) приводят к необходимости рассмотрения такого рода понятий с точки зрения тезиса о конвергенции естественно-научного и гуманитарного знания. Действительно, сознание человека так или иначе порождается сугубо информационными процессами [15, 20], поэтому для того, чтобы адекватно раскрыть всё то, что связано с общественным сознанием, тех инструментов, которые находятся в распоряжении гуманитарных наук недостаточно. Необходимо привлекать, в том числе и соображения, связанные с теми исследованиями, которые традиционно проводились в рамках естественных или же технических наук, что и возвращает к тезису о конвергенции естественно-научного и гуманитарного знания.

Дополнительным аргументом в данном отношении является то, что, как показано в работах [21, 22], современный социум де-факто трансформируется в человеко-машинную систему. Интернет и другие информационные технологии, которые приобретают все большую популярность в настоящее время, не просто служат средством коммуникации, они, что уже не вызывает сомнений, оказывают более чем существенное влияние на социум как на системную целость.

Этот тезис можно обосновать, даже не прибегая к построению математических моделей. Действительно, то, что делает социум системным целым, это есть процессы обмена информацией. Любой человек – существо социальное, это признавалось всеми гуманитарными школами без исключения. Но социальным он становится именно в силу того, что имеет место обмен информацией. И, следовательно, если меняются информационные потоки в обществе, если информационные технологии становятся все более и более развитыми, то это не может не оказывать более чем существенного влияния на социум, что мы имеем в настоящее время.

Нет необходимости подчёркивать очевидные обстоятельства. Сознание значительной части населения становится сугубо клиповым [23, 24] (равно как и в значительной степени образование [25]), утрачивается критическое мышление (что имеет непосредственное отношение к проблематике информационной войны [26,27]), и факторы такого рода можно перечислять очень долго. В чём, впрочем, нет необходимости, поскольку они отражены в большом количестве самых различных работ, в частности, цитированных выше.

Более того, отдельные авторы заостряют внимание на том, что с внедрением телекоммуникационных технологий утрачивается навык мышления как такового [28,29]. Действительно, мышление человека формировалось во многом благодаря возможности отображать свои мысли в речевой форме. Такая форма отображения информации неразрывно связана с алфавитным письмом (во всяком случае, если говорить о достаточно большой группе стран). Соответственно, умение и навык воспринимать тексты является неотъемлемой частью мышления.

При переходе к пиктограммам, которые присутствуют практически во всех мессенджерах, происходит кардинальное изменение способности человека к осмыслению окружающего мира. Те функции, которые создавались благодаря письменным текстам, во многом уже оказываются утраченными, что не требует развернутых доказательств.

Однако все это есть не более чем иллюстрация, которая призвана показать, что такие термины, как «менталитет» и «общественное сознание», действительно нуждаются в уточнении. Во многом данный тезис был доказан в работах [14-16], на основе которых была, в том числе, написана монография [30], но для связанности изложения и для того, чтобы наглядно продемонстрировать связь высказанных соображений с проблематикой информационной войны, следует еще раз более подробно остановиться на современной интерпретации термина «социокультурный код» [30] и продемонстрировать, что данное понятие органически связано с общей проблематикой теории сложных систем как таковых.

Более того, именно общие представления о теории сложных систем и позволяют адекватно проанализировать все те явления и процессы, которые, так или иначе, связаны с проблематикой одной из высших форм информационной войны, то есть той, которая связана с непосредственным воздействием на социокультурный код страны-мишени.

Сущность понятия социокультурный код наиболее последовательно может быть истолковано в рамках нейросетевой теории ноосферы, первоначально развитой в работах [31-33]. Данная теория прежде всего принимает во внимание тот факт, что сознание отдельно взятого человека никогда не формируется изолированным. С философской точки зрения это происходит из-за того, что человек есть существо социальное, подчеркнем это еще раз.

Более того, в марксистской литературе изначально доказывалось, что общественное сознание не сводится к сознанию индивидов. Иными словами, и ранее существовали все предпосылки для того, чтобы рассматривать сознание индивида как некий структурный элемент объемлющей общности.

В соответствии с точкой зрения Вернадского, которая была модернизирована в цитируемых выше работах, и обобщена в монографии [30], такой объемлющей средой является ноосфера, рассматриваемая как системное целое. Доказательства этих выводов даны в цитированных работах, причем их можно привести, даже не прибегая к построению математических моделей.

Действительно, такие сущности, как интеллект и сознание человека, есть продукт обмена сигналами между нейронами, входящими в состав головного мозга. Это безоговорочно признается всеми научными школами, работающими в области нейрофизиологии. Тем

самым, если мы переходим к философской интерпретации данного вопроса, нельзя не признать, что сознание индивида не существует физически. Во всяком случае, оно не существует в том смысле, в котором существует любой из физически наблюдаемых и регистрируемых объектов. Никакие характеристики, которые связаны с сознанием, нельзя непосредственно измерить физическими приборами точно так же, как нельзя измерить физическими приборами всё то, что связано с общественным сознанием.

Можно зафиксировать факт передачи информации от нейрона к другому, можно определить характеристики соответствующих каналов связи, но с точки зрения философии существует принципиальная разница между фактом передачи информации от одного элемента системы к другому, и появлением нового качества, которым, собственно говоря, и является разум отдельного индивида.

Тот факт, что сознание человека не существует физически (в указанном выше смысле), является весьма важным для понимания сущности социокультурного кода.

Действительно, в процессе обмена информацией между индивидами непосредственно участвуют нейроны головного мозга собеседников. Точнее, обмен информацией между индивидами есть не просто результат такого обмена, но результат последующей обработки совокупности сигналов головным мозгом как системным целым. Иначе говоря, физически обмена информацией между индивидами также не существует точно так же, как физически не существует сознание индивида, и то и другое не следует относить к собственной физической реальности, это процессы сугубо информационной природы.

В связи с этим уместно процитировать результаты работ [14,15], в которых было доказано, что сущность объективного мира дуальна (см. также [34]). В ней имеется одновременно и информационная, и материальная составляющая. При этом слово «составляющая» мы, разумеется, используем просто за неимением лучшего термина. Более корректно следует говорить о том, что природа объективной реальности дуальна. И эту дуальность проще всего продемонстрировать, отталкиваясь от представлений о сущности информации как таковой. В соответствии с результатами работ [15,34], информация представляет собой одно из базовых понятий, носящих общенаучный характер.

Более того, данному понятию есть все основания присвоить статус философской категории. Это важно, поскольку базовые понятия, обладающие такого рода статусом, не могут иметь определение в смысле школьной дефиниции, то есть в смысле тех определений, которые, как правило, используются в учебниках. В такого рода определениях смысл одного слова раскрывается через другие слова. И если мы будем пользоваться этим приемом в попытке раскрыть смысл всех понятий без исключения, то рано или поздно мы придем к логическому порочному кругу, что отмечал еще Д.С. Чернавский [35]. Должен существовать вполне определенный набор базовых понятий, которые не могут быть раскрыты такого рода образом. Объективная диалектика находит выход из положения раскрывая смысл базовых понятий через противопоставления. Именно так и раскрывается смысл базовых категорий объективной диалектики, например, если речь идет о парах количество/качество, форма/содержание и им подобное.

Именно в этом духе, в работах [15,34], и было дано определение того, что может называться информацией. Конкретно в цитированных работах было доказано, что философскую категорию информации следует рассматривать как парную к философской категории материи. Эти философские категории также определяются через противопоставление. Именно это является основой для того, чтобы рассматривать объективный мир сугубо с дуалистических позиций. Это приводит к неизбежному выводу,

что наряду с объектами, которые могут быть измерены физическими приборами (то есть теми, которые обладают сугубо материальной составляющей), существуют информационные. Именно к ним и относятся такие объекты как сознание, разум и интеллект человека. Подчеркнем еще раз, физически этих объектов не существует. Это объекты сугубо информационной природы.

Вернемся, однако, к вопросу о рассмотрении сущности ноосферы, что позволяет дать адекватную интерпретацию термина социокультурный код [30]. Как уже отмечалось выше любое межличностное общение фактически сводится к обмену информацией между нейронами, входящими в состав головного мозга собеседников. Никакого другого процесса физически не существует и существовать не может. То, что именуется обменом информацией между индивидами, есть результат последующей обработки такого рода информацией головным мозгом как системным целым.

Следующий шаг в такого рода рассуждениях, сделанный, в частности, в работах [16,35,36], состоит в следующем утверждении. В результате обмена информацией между индивидами (с учетом того, что этот термин достаточно условен) формируется общая нейронная сеть. Головной мозг, а точнее нейронная сеть, сформированная головным мозгом отдельного человека, представляет собой не более чем относительно самостоятельный фрагмент более общей системной целостности, которая и интерпретируется как ноосфера. То есть вполне определенная информационно коммуникационная среда, представляющая собой тоже объективную реальность. Доказательства этого тезиса даны в наших работах, цитированных выше, обобщенных в [30].

Одним из базовых тезисов положенным в основу этого доказательства является тот факт, что способность нейронной сети хранить и обрабатывать информацию нелинейно зависит от числа ее элементов. Этот тезис, в том числе и доказан текущей практикой. Если бы он не был верен, то не было бы необходимости создавать нейронные сети, которые содержат все большее и большее количество элементов. С точки зрения математических моделей данный тезис обоснован в работе [12], где рассматривались максимально общие закономерности, отражающие функционирование нейронных сетей. В том числе были получены конкретные формулы, доказывающие, что для эффективной обработки информации нейронная сеть должна содержать те или иные ячейки памяти, а наличие таких ячеек памяти в свою очередь приводит к тому, что зависимость, о которой говорилось выше, действительно является нелинейной.

Вернемся к рассмотрению социума как информационной среды. Выше отмечалось, что в пределах того или иного социума, так или иначе, формируется общая нейронная сеть. Примем во внимание, что возможности этой сети для обработки информации нелинейно зависят от количества входящих в нее элементов [12]. Это прежде всего означает, что наряду с той памятью, которыми обладают индивиды, существует и что-то еще. Это что-то еще, подчеркнем еще раз, давно почувствовали исследователи, работающие в области гуманитарных наук. Именно здесь и лежат предпосылки для того, чтобы понять, что именно представляет собой общественное сознание, которое, подчеркнем еще раз, в соответствии с марксистской философией, не сводится к сознанию отдельных индивидов. Общественное сознание есть результат формирования общей нейронной сети, которую, если рассматривать человечество целиком, можно отождествить с ноосферой, понимаемой в духе Вернадского.

Такой подход уже доказал свою конструктивность, в частности в работах [37,38] нами было показано, что с этих позиций допустимо, в том числе, не только интерпретировать

сущность коллективного бессознательного, но и перевести этот вопрос в практическую плоскость.

Напомним, что аналитическая психология уже давно доказала его существование. Более того, представления о коллективном бессознательном все более и более широко используются в психологической практике, в том числе и для создания инструментов, обеспечивающих коррекцию психологического сознания индивидов [39-41]. Заметим, что здесь уже закладываются вполне определенные предпосылки для воздействия на социокультурный код.

Действительно, если существует вполне определенный мейнстрим в работах психологических школ, если они действуют в рамках вполне определенной парадигмы и все люди, занимающиеся коррекцией психологического состояния, будут действовать и её рамках, то тем самым уже будет оказано вполне определённое масштабное воздействие. Впрочем, это не более чем иллюстрация к сказанному выше. Важно подчеркнуть, что до самого последнего времени сущность коллективного бессознательного несмотря на то, что она действительно используется в текущей практике, оставалась невыясненной. И это, с нашей точки зрения, связано со вполне определенным фундаментальным обстоятельством.

Действительно, классическая психология всегда оперировала с представлениями о сознании человека как о чем-то сугубо самостоятельном. С точки зрения тезиса о конвергенции естественно-научного и гуманитарного знания, здесь речь идет о том, что во внимание принимались только те процессы, которые протекают в пределах одного отдельно взятого головного мозга.

Следовательно, не мог не возникнуть вполне определенный парадокс. Действительно, если мы говорим о том, что все, что связано с психической деятельностью человека протекает в пределах отдельно взятого головного мозга, то никакого коллективного, бессознательного существовать не может в принципе. Но если мы говорим о том, что коллективное и бессознательное существует, то вольно невольно мы будем вынуждены поставить вопрос о том, где конкретно записана соответствующая информация.

Классическая психология рассматривает только те информационные процессы, которые протекают в пределах головного мозга индивида. Разумеется, существует, в том числе и неклассическая психология [42,43], которая рассматривает головной мозг индивида как некую часть более широкой целостности. Однако даже она не ставила вопрос о том, где именно может быть записана информация, связанная с коллективным бессознательным. Этот парадокс разрешается в рамках нейросетевой модели ноосферы. Речь идет о том, что вот этот некий дополнительный сегмент связан именно с тем, что информационные возможности нейронной сети нелинейно зависят от количества входящих в нее элементов. Коль скоро индивиды формируют общую нейронную сеть, то соответственно формируется и то, что в работах [14-16] было названо надличностным уровнем переработки информации.

Именно на надличностном уровне переработки информации формируются все те информационные сущности, которые порождают социокультурный код, коллективное бессознательное и все аналогичные понятия, которые уже давно были отражены в гуманитарной литературе, хотя и не имели под собой последовательного, естественнонаучного обоснования.

Вывод о том, что социокультурный код относится к надличностному уровню переработки информации, требует конкретизации. Эта конкретизация сделана в наших работах, в частности, в [36], где применительно к рассмотрению социокультурного кода Китая, где было показано, что представление о геомантии неразрывно с ним связаны. Данный вопрос

представляет интерес, в том числе и с точки зрения данной работы, поскольку он позволяет показать, что общественное сознание по своей природе мифологично. Оно не мыслит категориями рационального, если термин «мыслит» к нему применим вообще. Фактически речь идет о том, что на данном уровне формируется своего рода исполняемая программа, которая заставляет индивидов поступать даже вопреки их прямым экономическим интересам.

Подчеркиваем еще раз, в цитированных выше работах было показано, что в любом сообществе существует только очень ограниченное количество людей, число которых находится в пределах статистической погрешности, которые реально могут противостоять исполняемой программе, представляющей собой социокультурный код. Как писал Л.Н. Гумилёв, ни один член этноса не в состоянии думать и поступать иначе, чем если он привык с самого детства.

Впрочем, если обратиться к сочинениям Гумилёва, то нельзя не признать, что такие люди все же появляются. Именно их он и называл пассионариями или, в терминологии древних монголов, «людьми длинной воли». Природа их возникновения представляет самостоятельный интерес.

Отчасти она была раскрыта в [44,55], однако для целей настоящей работы больший интерес представляет основная масса, которая подчинялась, подчиняется и будет подчиняться той исполняемой программе, которая и отвечает культурному коду.

Можно видеть, что если данная исполняемая программа будет трансформирована, то весь народ или весь социум, будет вести себя иначе, нежели он вел себя до того, как соответствующее информационное воздействие было оказано. Очевидно, что в настоящее время данная проблематика становится все более и более актуальной. Данный тезис может показаться спорным, однако тот факт, что в современных условиях телекоммуникационная индустрия действительно позволяет оказывать более чем существенное воздействие на социокультурный код, не вызывает сомнений.

Более того, можно обоснованно предполагать, что воздействие на социокультурный код в сложившихся условиях может быть осуществлено даже без использования тех или иных идеологических, культурных или подобных им инструментов. Оно может быть и сугубо техническим. Действительно, именно информационные технологии сами по себе в значительной степени определяют характер коммуникаций в современном обществе. Это означает, что, задавая характер коммуникаций, можно трансформировать социокультурный код, что и прослеживается на примере социальных онлайн сетей.

В еще большей степени это прослеживается на примере научно-технического сообщества [8], существенные трансформации в котором произошли вследствие все более широкого примирения системы грантового финансирования и не менее широкого использования наукометрических показателей, в частности, индекса Хирша.

Заключение

Из сказанного выше можно сделать следующий вывод. Комплексный анализ содержания понятия «информационная война» на современном этапе невозможен без использования максимально общих представлений о сущности сложных систем как таковых. В сущности, этот вопрос принадлежит области прикладной философии и должен рассматриваться именно с таких позиций. Это еще раз свидетельствует о важности междисциплинарного подхода и актуальности построения общей теории сложных систем. Соответствующие предпосылки уже имеются. В частности, как показывает пример нейросетевой теории ноосферы, для

сложной системы характер связей между ее элементами является вторичным. Первичной является архитектура связей между ее элементами, что и позволяет ставить вопрос в максимально общем плане, рассматривая и процессы, протекающие в обществе, и процессы, традиционно исследуемые, например, физической химией полимеров, с единообразных позиций.

Литература:

1. Феофанов К.А. Постправда-фактор деградации социально-политического дискурса //Научно-аналитический журнал Обозреватель-Observer. – 2023. – №. 2 (397). – С. 36-51.
2. Самчук З., Гурківська А. Постправда як інструмент політичного нарративу епохи постмодерну. Політичні дослідження //Political Studies, 2023 (1 (5).), 163-177.
3. Гуроров В.А. Постправда и неолиберализм как факторы кризиса гуманистической традиции и образования: о некоторых дискурсивных аспектах современных теоретических дискуссий //Политическая экспертиза: ПОЛИТЭКС. – 2021. – Т. 17. – №. 3. – С. 228-245.
4. Сабирова У.Ф., Нажмиддинова Г.У. Медийная реальность как новый тип социокультурного пространства //Журнал социальных исследований. – 2022. – Т. 5. – №. 3.
5. Чельшева И.В. Историко-философский дискурс трансформационных процессов репрезентации медийной реальности //Дистанционное и виртуальное обучение. – 2011. – №. 3. – С. 86-93.
6. Баранов Е.Г. Информационно-психологическое воздействие: сущность и психологическое содержание //Национальный психологический журнал. – 2017. – №. 1 (25). – С. 25-31.
7. Муращенков С.В., Киняшева Ю.Б. Информационный лоббизм в системе представительства интересов гражданского общества в органах государственной власти современной России //Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. – 2014. – №. 2. – С. 108-115.
8. Сулейменов И.Э., Пак И.Т., Бакиров А.С., Ирмухаметова Г.С., Мун Г.А. Информационные войны 21-го века: стремительная трансформация. 2017.
9. Мун Г.А. и др. Сопряжение учебного процесса со средствами противодействия «оранжевым революциям» на платформе новых информационных технологий //Вестник КазНУ. Серия психологии и социологии. – 2019. – Т. 71. – №. 4. – С. 66-75.
10. Сулейменов И.Э., Габриелян О.А., Коньшин С.В., Бакиров А.С., Витулёва Е.С., Шалтыкова Д.Б. Феномен " стратегической разведки" в цифровом обществе: ноосферная транзитивность интеллектуальных систем безопасности. Ноосферные исследования, 2021 (3), 47-58.
11. Ушаков Д.В. Менталитет и социально-экономические достижения стран // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90. – №. 3. – С. 224-231.
12. Suleimenov I.E. et al. Distributed memory of neural networks and the problem of the intelligences essence //Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. – 2022. – Т. 11. – №. 1. – С. 510-520.
13. Сулейменов И.Э., Нуртазин А.А., Габриелян О.А., Шалтыкова Д.Б., Тасбулатова З.С., Панченко С.В. Бюрократия с точки зрения теории самоорганизации. Образовательные ресурсы и технологии, 2017 (2 (19)), 36-44.
14. Suleimenov I.E. et al. Dialectical understanding of information in the context of the artificial intelligence problems //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 630. – №. 1. – С. 012007. – doi: 10.1088/1757-899X/630/1/012007
15. Vitulyova Y.S. et al. Interpretation of the category of “complex” in terms of dialectical positivism //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 946. – №. 1. – С. 012004. – doi: 10.1088/1757-899X/946/1/012004
16. Suleimenov I.E. et al. Artificial Intelligence: what is it? //Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications. – 2020. – С. 22-25. – doi: <https://doi.org/10.1145/3397125.3397141>

17. Kalimoldayev M.N. et al. Methodological basis for the development strategy of artificial intelligence systems in the Republic of Kazakhstan in the message of the president of the Republic of Kazakhstan dated October 5, 2018 //News of the National Academy of Sciences of the Republic of the Kazakhstan–Series of geology and technical sciences. – 2018. – Т. 6. – С. 47-54.
18. Gabrielyan O., Vitulyova E., Suleimenov I. Multi-valued logics as an advanced basis for artificial intelligence (as an example of applied philosophy) //Wisdom. – 2022. – №. 1 (21). – С. 170-181.
19. Габриелян О.А., Сулейменов И.Э. Архетип: возможность операционализации понятия и истолкование феномена с позиций теории нейронных сетей //Миф в истории, политике, культуре. – 2021. – С. 17-23.
20. Сулейменов И.Э., Масалимова А.Р., Витулева Е.С., Шалтыкова Д.Б., Мун Г.А. Идеология феминизма с точки зрения теории нейронных сетей и проблематики искусственного интеллекта // Известия НТО «Кахак», 2021, № 2(73), С. 37-49.
21. Сулейменов И.Э., Табунщикова А.В. Структура современного медиапространства с точки зрения нейросетевой теории ноосферы // Известия НТО «Кахак», 2021, № 4(75), С.58-77.
22. Сулейменов И.Э., Панченко С.В., Габриелян О.А. Процедура голосования с точки зрения теории нейронных сетей //Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Философия. Политология. Культурология. – 2017. – Т. 3. – №. 1. – С. 91-99.
23. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Цифровая экономика: от теории к практике //Инновации. – 2017. – №. 12 (230). – С. 3-12.
24. Кошель В.А., Сегал А.П. "Клиповое мышление" как форма обыденного сознания //Международный академический вестник. – 2015. – №. 4. – С. 15-23.
25. Kuzminov Y. Образование в России. Что мы можем сделать? //Voprosy obrazovaniya/Educational Studies Moscow. – 2004. – №. 1. – С. 5-30.
26. Аюрова А. М. Клиповое сознание как объект информационной войны: к постановке проблемы //Kant. – 2019. – №. 1 (30). – С. 138-143.
27. Аюрова А.М. Клиповое мышление и информационная война: грани соприкосновения //Вестник современных исследований. – 2018. – №. 7.1. – С. 483-489.
28. Антипов М.А. Клиповое мышление как атрибут техногенного общества //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. – 2015. – Т. 2. – №. 28. – С. 20.
29. Канарейко Д.А. Критическое мышление в контексте корпоративной культуры //Modern Science. – 2021. – №. 3-2. – С. 85-88.
30. Габриелян О.А., Сулейменов И.Э. Теория сложных систем: ноосферный контекст. Симферополь: Издательский дом ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 2023. – 168 с.
31. Сулейменов И.Э., Габриелян О.А. Пространство смысловых кодов современной цивилизации //История и современность. – 2014. – №. 1. – С. 46-68.
32. Габриелян О.А., Сулейменов И.Э. Производство смыслов как выход из кризиса макроэкономики //ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2017. – №. 2. – С. 24-35.
33. Сулейменов И.Э., Габриелян О.А., Сулейменова К.И. Информационные аспекты эволюции сложных систем //Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Философия. Политология. Культурология. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 106-114.
34. Мун Г.А. и др. Диалектика информации //Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Философия. Политология. Культурология. – 2015. – Т. 1. – №. 2. – С. 137-148.
35. Bakirov A.S. et al. Internet User’s Behavior From The Standpoint of The Neural Network Theory of Society: Prerequisites for The Meta-Education Concept Formation //The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2021. – Т. 46. – С. 83-90. – doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W5-2021-83-2021>

36. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Bakirov A.S. NEURAL NETWORK APPROACH TO THE INTERPRETATION OF ANCIENT CHINESE GEOMANCY FENG SHUI PRACTICES //European Journal of Science and Theology. – 2023. – Т. 19. – №. 2. – С. 39-51.

37. Saidakhmet A.T. et al. Principles and Technical Means of Implementing the Methods of Group Correction of the Psychoemotional State in the Online Format //International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry “Interagromash”. – Cham.: Springer International Publishing, 2022. – С. 1126-1136. – doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_120

38. Vitulyova Y.S. et al. Aromatherapeutic correction of psychoemotional state as a means of promoting an ecological worldview //International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry “Interagromash”. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – С. 1145-1152. – doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_122

39. Кукуленко-Лукьянец И.В. Коллективное бессознательное в развитии фемининного потенциала женщины-преподавателя //Актуальные вопросы современной науки. – 2012. – №. 24. – С. 66-78.

40. Исаенко О. С. «Архаичные» формы и методы психологической помощи //Журнал практической психологии и психоанализа. Ежеквартальный научно-практический журнал электронных публикаций. – 2010. – №. 3.

41. Тараянц А.В. Модель описания динамики проявления коллективных бессознательных процессов в поведении людей" треугольник компромиссов" //Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. – 2019. – Т. 8. – №. 3-1. – С. 28-42.

42. Кравцова Е.Е. Неклассическая психология Л.С. Выготского //Национальный психологический журнал. – 2012. – №. 1. – С. 61-66

43. Леонтьев Д. Перспективы неклассической психодиагностики //Психологические исследования. – 2010. – Т. 3. – №. 12.

44. Сулейменов И.Э., Витулёва Е.С. К обоснованию понятия пассионарности с точки зрения физической теории Ноосферы //Осознание Культуры-залог обновления общества. Перспективы развития современного общества. – 2021. – С. 155-157.

45. Сулейменов И.Э. и др. Неудовлетворенность образованием и рост протестных настроений молодежи в эпоху информационного общества: степень ответственности университета //Коммуникативные стратегии информационного общества. – 2019. – С. 37-42.

References:

1. Feofanov K.A. Post-truth is a factor in the degradation of socio-political discourse // Scientific and analytical journal Observer-Observer. – 2023. – No. 2 (397). – P. 36-51.

2. Samchuk Z., Gurkivska A. Post-truth as an instrument of political narrative of the postmodern era. Political research // Political Studies, 2023 (1 (5)), 163-177.

3. Gutorov V.A. Post-truth and neoliberalism as factors in the crisis of the humanistic tradition and education: on some discursive aspects of modern theoretical discussions // Political expertise: POLITEX. – 2021. – Т. 17. – No. 3. – pp. 228-245.

4. Sabirova U.F., Nazhmiddinova G.U. Media reality as a new type of sociocultural space // Journal of Social Research. – 2022. – Т. 5. – No. 3.

5. Chelysheva I.V. Historical and philosophical discourse of transformational processes of representation of media reality // Distance and virtual learning. – 2011. – No. 3. – pp. 86-93.

6. Baranov E.G. Information-psychological impact: essence and psychological content // National psychological journal. – 2017. – No. 1 (25). – pp. 25-31.

7. Murashchenkov S.V., Kinyasheva Yu.B. Information lobbying in the system of representing the interests of civil society in government bodies of modern Russia // News of Tula State University. Humanitarian sciences. – 2014. – No. 2. – pp. 108-115.

8. Suleimenov I.E., Pak I.T., Bakirov A.S., Irmukhametova G.S., Moon G.A. Information wars of the 21st century: rapid transformation. 2017.
9. Mun G.A. and others. Interfacing the educational process with means of counteracting the “orange revolutions” on the platform of new information technologies // Vestnik KazNU. Psychology and Sociology Series. – 2019. – Т. 71. – No. 4. – pp. 66-75.
10. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Konshin S.V., Bakirov A.S., Vituleva E.S., Shaltikova D.B. The phenomenon of “strategic intelligence” in a digital society: noospheric transitivity of intelligent security systems. Noosphere Research, 2021 (3), 47-58.
11. Ushakov D.V. Mentality and socio-economic achievements of countries // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. – 2020. – Т. 90. – No. 3. – pp. 224-231.
12. Suleimenov I.E. et al. Distributed memory of neural networks and the problem of the intelligences essence // Bulletin of Electrical Engineering and Informatics. – 2022. – Т. 11. – №. 1. – С. 510-520.
13. Suleimenov I.E., Nurtazin A.A., Gabrielyan O.A., Shaltikova D.B., Tasbulatova Z.S., Panchenko S.V. Bureaucracy from the point of view of the theory of self-organization. Educational Resources and Technologies, 2017 (2 (19)), 36-44.
14. Suleimenov I.E. et al. Dialectical understanding of information in the context of the artificial intelligence problems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 630. – №. 1. – С. 012007. – doi: 10.1088/1757-899X/630/1/012007
15. Vitulyova Y.S. et al. Interpretation of the category of “complex” in terms of dialectical positivism // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 946. – №. 1. – С. 012004. – doi: 10.1088/1757-899X/946/1/012004
16. Suleimenov I.E. et al. Artificial Intelligence: what is it? // Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications. – 2020. – С. 22-25. – doi: <https://doi.org/10.1145/3397125.3397141>
17. Kalimoldayev M.N. et al. Methodological basis for the development strategy of artificial intelligence systems in the Republic of Kazakhstan in the message of the president of the Republic of Kazakhstan dated October 5, 2018 // News of the National Academy of Sciences of the Republic of the Kazakhstan–Series of geology and technical sciences. – 2018. – Т. 6. – С. 47-54.
18. Gabrielyan O., Vitulyova E., Suleimenov I. Multi-valued logics as an advanced basis for artificial intelligence (as an example of applied philosophy) // Wisdom. – 2022. – №. 1 (21). – С. 170-181.
19. Gabrielyan O.A., Suleimenov I.E. Archetype: the possibility of operationalizing the concept and interpreting the phenomenon from the perspective of the theory of neural networks // Myth in history, politics, culture. – 2021. – pp. 17-23.
20. Suleimenov I.E., Masalimova A.R., Vituleva E.S., Shaltykova D.B., Moon G.A. The ideology of feminism from the point of view of the theory of neural networks and the problems of artificial intelligence // News of NTO “Kakhak”, 2021, No. 2(73), pp. 37-49.
21. Suleimenov I.E., Tabunshchikova A.V. The structure of modern media space from the point of view of the neural network theory of the noosphere // News of NTO “Kakhak”, 2021, No. 4(75), P.58-77.
22. Suleimenov I.E., Panchenko S.V., Gabrielyan O.A. Voting procedure from the point of view of the theory of neural networks // Scientific notes of the Crimean Federal University named after VI Vernadsky. Philosophy. Political science. Culturology. – 2017. – Т. 3. – No. 1. – pp. 91-99.
23. Ivanov V.V., Malinetsky G.G. Digital economy: from theory to practice // Innovations. – 2017. – No. 12 (230). – P. 3-12.
24. Koshel V.A., Segal A.P. “Clip thinking” as a form of everyday consciousness // International Academic Bulletin. – 2015. – No. 4. – pp. 15-23.
25. Kuzminov Y. Образование в России. Что мы можем сделать? // Voprosy obrazovaniya/Educational Studies Moscow. – 2004. – №. 1. – С. 5-30.
26. Ayurova A. M. Clip consciousness as an object of information war: towards the formulation of the problem // Kant. – 2019. – No. 1 (30). – pp. 138-143.

27. Ayurova A.M. Clip thinking and information war: borders of contact // Bulletin of modern research. – 2018. – No. 7.1. – pp. 483-489.
28. Antipov M.A. Clip thinking as an attribute of a technogenic society // XXI century: results of the past and problems of the present. – 2015. – Т. 2. – No. 28. – P. 20.
29. Kanareiko D.A. Critical thinking in the context of corporate culture // Modern Science. – 2021. – No. 3-2. – pp. 85-88.
30. Gabrielyan O.A., Suleimenov I.E. Theory of complex systems: noospheric context. Simferopol: Publishing house of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Crimean Federal University named after. IN AND. Vernadsky”, 2023. – 168 p.
31. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A. Space of semantic codes of modern civilization // History and modernity. – 2014. – No. 1. – pp. 46-68.
32. Gabrielyan O.A., Suleimenov I.E. Production of meanings as a way out of the macroeconomic crisis // STAGE: economic theory, analysis, practice. – 2017. – No. 2. – pp. 24-35.
33. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Suleimenov K.I. Information aspects of the evolution of complex systems // Scientific notes of the Crimean Federal University named after VI Vernadsky. Philosophy. Political science. Culturology. – 2015. – Т. 1. – No. 1. – pp. 106-114.
34. Mun G.A. and others. Dialectics of information // Scientific notes of the Crimean Federal University named after VI Vernadsky. Philosophy. Political science. Culturology. – 2015. – Т. 1. – No. 2. – pp. 137-148.
35. Bakirov A.S. et al. Internet User’s Behavior From The Standpoint of The Neural Network Theory of Society: Prerequisites for The Meta-Education Concept Formation // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2021. – Т. 46. – С. 83-90. – doi: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-4-W5-2021-83-2021>
36. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Bakirov A.S. NEURAL NETWORK APPROACH TO THE INTERPRETATION OF ANCIENT CHINESE GEOMANCY FENG SHUI PRACTICES // European Journal of Science and Theology. – 2023. – Т. 19. – №. 2. – С. 39-51.
37. Saidakhmet A.T. et al. Principles and Technical Means of Implementing the Methods of Group Correction of the Psychoemotional State in the Online Format // International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry “Interagromash”. – Cham.: Springer International Publishing, 2022. – С. 1126-1136. – doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_120
38. Vitulyova Y.S. et al. Aromatherapeutic correction of psychoemotional state as a means of promoting an ecological worldview // International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry “Interagromash”. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – С. 1145-1152. – doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_122
39. Kukulenko-Lukyanets I.V. Collective unconscious in the development of the feminine potential of a female teacher // Current issues of modern science. – 2012. – No. 24. – pp. 66-78.
40. Isaenko O. S. “Archaic” forms and methods of psychological assistance // Journal of practical psychology and psychoanalysis. Quarterly scientific and practical journal of electronic publications. – 2010. – No. 3.
41. Tarayantz A.V. A model for describing the dynamics of the manifestation of collective unconscious processes in people’s behavior “triangle of compromises” // Psychology. Historical-critical reviews and modern research. – 2019. – Т. 8. – No. 3-1. – P. 28-42.
42. Kravtsova E.E. Non-classical psychology L.S. Vygotsky // National psychological journal. – 2012. – No. 1. – pp. 61-66
43. Leontyev D. Prospects for non-classical psychodiagnostics // Psychological research. – 2010. – Т. 3. – No. 12.
44. Suleimenov I.E., Vituleva E.S. Towards the substantiation of the concept of passionarity from the point of view of the physical theory of the Noosphere // Awareness of Culture is the key to the renewal of society. Prospects for the development of modern society. – 2021. – pp. 155-157.

45. Suleimenov I.E. and others. Dissatisfaction with education and the growth of protest sentiments among young people in the era of the information society: the degree of responsibility of the university // Communication strategies of the information society. – 2019. – pp. 37-42.

Поступила 21 марта 2024 г.

МРНТИ 29.05.05+02.31.31

УДК 530.1+167.7

МЕЧТА СЭРА УИЛЬЯМА РОУАНА ГАМИЛЬТОНА: ПОСТРОЕНИЕ МНОГОМЕРНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ МЕТОДАМИ АБСТРАКТНОЙ АЛГЕБРЫ И ЕГО ФИЛОСОФСКИЙ АСПЕКТ

Сулейменов И.Э.¹, Габриелян О.А.²

¹Национальная инженерная академия Республики Казахстан, Алматы

²Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Российская Федерация,
Республика Крым, Симферополь

e-mail: esenych@ya.ru, gabroleg@mail.ru

Показано, что давняя задача о поиске «трёхкомпонентных» комплексных чисел, поставленная Гамильтоном, и приведшая к появлению кватернионов, де-факто имеет решение. Конкретно, для решения физических задач могут быть использованы многомерные дискретные координаты, основанные на том, что каждой точке многомерного пространства ставится элемент поля Галуа, полученного методом алгебраических расширений. Возможность использования дискретных координат, в свою очередь, определяется тем, что для целого ряда физических задач нет необходимости отыскивать решение в виде непрерывной функции непрерывно изменяющихся координат. В данной работе это демонстрируется на примере решения волнового уравнения для монохроматического случая, которое может рассматриваться с тех же позиций, что лежат в основе доказательства теоремы Котельникова. Показано, что это позволяет использовать элементы полей Галуа (т.е. конечных алгебраических тел) в качестве координат для случая, когда задача решается применительно к конечной области пространства. Обсуждаются философские и методологические аспекты полученных результатов. Показано, что переход к дискретному описанию с использованием элементов полей Галуа в качестве координат создает предпосылки для дальнейшего совершенствования нейросетевых методов решения задач из области физики.

Ключевые слова: кватернионы, поля Галуа, теорема Котельникова, волновое уравнение, принцип Гюйгенса-Френеля, алгебраические расширения, философия математики, нейронные сети.

Гамильтон қойған, кватерниондардың пайда болуына әкелген «үш құрамды» күрделі сандарды табу мәселесінің іс жүзінде шешімі бар екені көрсетілген. Нақтырақ айтсақ, физикалық есептерді шешу үшін көп өлшемді кеңістіктің әрбір нүктесіне алгебралық кеңейту әдісімен алынған Галуа өрісінің элементі тағайындалғанына негізделген көп өлшемді дискретті координаталарды қолдануға болады. Дискретті координаталарды қолдану мүмкіндігі, өз кезегінде, бірқатар физикалық есептер үшін үздіксіз өзгертін координаталар үздіксіз функция түріндегі шешімін табудың қажеті жоқ екендігімен анықталады. Бұл жұмыста бұл Котельников теоремасын дәлелдейтін позициялардан қарастыруға болатын монохроматикалық жағдай үшін толқындық теңдеуді шешу мысалында көрсетілген. Бұл мәселе кеңістіктің ақырлы облысына қатысты шешілетін жағдай үшін координаттар ретінде Галуа өрістерінің элементтерін (яғни, ақырғы алгебралық денелерді) пайдалануға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Алынған нәтижелердің философиялық және әдістемелік аспектілері талқыланады. Галуа өрістерінің элементтерін

координаттар ретінде пайдалану арқылы дискретті сипаттауға көшу физика саласындағы есептерді шешудің нейрондық желі әдістерін одан әрі жетілдіруге алғышарттар жасайтыны көрсетілген.

Түйінді сөздер: кватерниондар, Галуа өрістері, Котельников теоремасы, толқын теңдеуі, Гюйгенс-Френель принципі, алгебралық кеңейтулер, математика философиясы, нейрондық желілер.

It is shown that the long-standing problem of finding “three-component” complex numbers, posed by Hamilton, which led to the appearance of quaternions, de facto has a solution. Specifically, to solve physical problems, multidimensional discrete coordinates can be used, based on the fact that each point of a multidimensional space is assigned an element of the Galois field obtained by the method of algebraic extensions. The possibility of using discrete coordinates, in turn, is determined by the fact that for a number of physical problems there is no need to find a solution in the form of a continuous function of continuously changing coordinates. In this work, this is demonstrated by the example of solving the wave equation for the monochromatic case, which can be considered from the same positions that underlie the proof of Kotelnikov’s theorem. It is shown that this makes it possible to use elements of Galois fields (i.e., finite algebraic bodies) as coordinates for the case when the problem is solved in relation to a finite region of space. Philosophical and methodological aspects of the obtained results are discussed. It is shown that the transition to a discrete description using elements of Galois fields as coordinates creates the prerequisites for further improvement of neural network methods for solving problems in the field of physics.

Keywords: quaternions, Galois fields, Kotelnikov's theorem, wave equation, Huygens-Fresnel principle, algebraic extensions, philosophy of mathematics, neural networks.

Введение

История математики знает немало амбициозных задач, которые так и не были решены. Одна из них связана с историей создания кватернионов.

В известной монографии по истории математики [1] М. Клайн подчеркивает, что успехи в области применения функций комплексного переменного для решения различных задач физики вдохновили многих математиков на поиск «трехкомпонентного» аналога комплексных чисел. К их числу относится, в том числе, и Ульям Роуан Гамильтон, которого часто именовали «вторым Ньютоном».

Идея, лежащая в основе такого поиска, была и остается вполне прозрачной. Комплексным числам, построенным на использовании мнимой единицы, можно ставить в соответствие вектора (или точки на плоскости), что и позволяет решать многие задачи из области гидродинамики, электростатики и т.д. Как свидетельствует М. Клайн, У.Р. Гамильтон более пятнадцати лет пытался создать аналог комплексных чисел, которые бы позволили реализовать аналогичный подход для трехмерного пространства, в первую очередь – построить «трехмерный» аналог комплексных чисел. Решить указанную проблему ему удалось только ценой двух компромиссов [1]. Во-первых, построенные им аналоги комплексных чисел (известные в настоящее время как гамильтоновы кватернионы) имели не три, а четыре компонента. Во-вторых, ему пришлось «пожертвовать» свойством коммутативности.

В настоящей работе показано, что данная проблема решается на основе перехода к дискретным моделям физических явлений.

Такая постановка вопроса также имеет давнюю историю.

В частности, крупнейший советский математик А.Н. Колмогоров еще в работе [2] писал: «До недавнего времени в математическом естествознании господствовало моделирование

реальных явлений при помощи математических моделей, построенных на математике бесконечного и непрерывного».

В цитируемой работе рассматривается пример уравнения теплопроводности, тесно связанного с представлениями о непрерывной среде. Это уравнение сопоставлено с разностной схемой, т.е. сугубо дискретным описанием процесса. А.Н. Колмогоров подчеркивал, что представления о непрерывной среде является такой же (в методологическом смысле) идеализацией, как и разностная схема, тогда как принято считать, что уравнение теплопроводности, записанное в частных производных, является «точным», а соответствующая ему разностная схема – неким «приближением» (и это при том, что любая теплопроводящая среда в действительности не является непрерывной, коль скоро она состоит из атомов и молекул).

В цитируемой работе А.Н. Колмогоров выразил уверенность, что описание реальных процессов может осуществляться на языке дискретной математики, минуя этап построения идеализаций, предпосылающих использование непрерывных функций. Аргументом для этого уже в то время было достаточно бурное развитие вычислительной техники. Нет необходимости доказывать, что со времен выхода в свет работы [2] компьютерные технологии завоевали новые высоты и эта тенденция будет сохраняться в обозримой перспективе.

В данной работе доказывается, что за счет перехода от «непрерывных» моделей физических процессов к «дискретным» можно решить ту задачу, которую некогда ставил перед собой У.Р. Гамильтон. Это достигается переходом от функций, аргументом которых служат действительные числа, к функциям, аргументом которых являются элементы полей Галуа, которые широко используются в информационных технологиях [3; 4], в частности, в криптографии [5; 6].

Поля Галуа представляют собой, по определению, конечные коммутативные тела, размерность которых может быть любой. Точнее, современная математика располагает средствами, позволяющими строить поля Галуа $GF(p^n)$, где p – простое число, содержащие p^n элементов, которые можно поставить в соответствие p точкам, отложенным вдоль n координатных осей.

Если рассматривается функция, определенная в ограниченной области трехмерного пространства, то существует возможность перейти от непрерывных координат к дискретным. При этом, отсчет координаты вдоль каждой из осей можно разбить на p интервалов, а далее использовать элементы поля $GF(p^n)$, как «маркеры» каждой из дискретных точек. Собственно, процедуры сходного типа широко используются на практике: «цифровые» сигналы де-факто представляют собой кусочно-постоянные функции, сохраняющие постоянные значения на протяжении отдельного такта. Именно такая дискретизация и позволяет переходить, например, к использованию базиса Уолша [7; 8] и его модификаций [9; 10], которые также доказали целесообразность практического использования.

Далее, уже не вызывает сомнений, что использование функций, принимающих значения в полях Галуа, в качестве моделей реальных сигналов обладает определенными преимуществами, что наглядно было продемонстрировано в работах [11; 12].

Действительно, на практике в настоящее время используются оцифрованные сигналы, т.е. такие сигналы, которые на протяжении каждого такта принимают постоянное значение, отвечающее одному из уровней. Поскольку сигналы, реально используемые на практике, изменяются в конечном диапазоне амплитуд, то число таких уровней конечно. Следовательно, всегда можно выбрать такой шаг дискретизации, что каждому из таких

уровней можно будет поставить в соответствие элемент того или иного поля Галуа $GF(p)$ [11].

Подчеркнем, что традиционный подход, в котором сигналы (т.е. некие физические процессы, обеспечивающие передачу информации) изображаются действительными (или комплексными) функциями действительного переменного, предполагает построение именно модели сигнала или его аналога.

Точнее, реальному физическому процессу в соответствие ставится некоторый математический объект. Выбор этого объекта – не более чем вопрос удобства и соглашения; для конечного числа уровней целесообразно использовать поля Галуа. Точно так же дело обстоит и с координатами: их также можно «нумеровать» элементами поля Галуа при условии, что существует возможность привести описание физического процесса к дискретной форме (в том смысле, о котором говорил Колмогоров в работе [2]).

Исходя из этого, мы вначале продемонстрируем, что – в полном соответствии с идеями Колмогорова – существует возможность перейти к дискретному описанию физических процессов (отталкиваясь от примера решений волнового уравнения), а далее покажем, что такое описание позволяет естественным образом перейти к использованию полей Галуа в качестве координат.

Координатные сетки с точки зрения теории информации

Подавляющее большинство наиболее изученных уравнений математической физики, в том числе, и уравнение теплопроводности, упомянутое в [2], записывается в частных производных. Переход к разностным схемам, используемым при численном решении таких уравнений, рассматривается как приближение.

В основе такой точки зрения лежат вполне определенные методологические, если не сказать – философские, воззрения. Считается, что если физический процесс протекает в *протяжённом* пространстве, то его *точное* описание непременно требует использования *непрерывных* функций. Интуитивно, такая точка зрения представляется более чем оправданной: коль скоро само пространство является протяженным, то и параметры, характеризующие любой физический процесс, могут быть соотнесены с *любой* его точкой.

Однако, в теории связи уже давно де-факто показано, что интуитивные представления такого рода вовсе не противоречат возможности перехода к дискретному описанию процесса.

Конкретно, речь идет о теореме Котельникова (в англоязычной литературе – теореме Найквиста-Шеннона) [13], которая, по сути, лежит в основе всех современных телекоммуникационных технологий, поскольку она позволяет определить теоретический предел для скорости передачи информации в некотором частотном диапазоне. Отметим, что данная теорема является основой для исследований не только в информационных технологиях [14; 15]. Известны работы, в которых она используется для решения задач из области физики, причем это относится не только к микроскопии [16], т.е. области, где применение рассматриваемой теоремы является вполне естественным, но для решения фундаментальных проблем [17–19]. В частности, в [19] проводилось сопоставление между выводами из данной теоремы и принципом неопределенности Гейзенберга.

Напомним, теорема Котельникова утверждает, что если сигнал сосредоточен в определенной полосе частот, то тогда для его *полного* восстановления достаточно знать только значения сигнала в некоторых дискретных отсчетах.

С методологической точки зрения теорема Котельникова имеет самое прямое отношение к рассматриваемому вопросу. Действительно, использование любой разностной схемы предполагает, что вместо того, чтобы задавать функцию в терминах непрерывности (условно, в «каждой» точке протяженного пространства), функция задается только в определённых точках, отстоящих друг от друга на дискретном расстоянии.

Традиционно, такое описание рассматривается как *приближенное*, тогда как теорема Котельникова, которая без труда обобщается на описание процессов, протекающих в трехмерном пространстве [20, 21], демонстрирует, что при адекватном выборе точек, в которых задается рассматриваемая функция, такое описание является *точным*. Конкретно, это верно для таких процессов, которые удовлетворяют условиям теоремы Котельникова (или ее аналогам), т.е. когда предполагается, что спектр сигнала (шире – функции, описывающей физический процесс) ограничен.

С методологической точки зрения, теорема Котельникова говорит о том, что *непрерывный* сигнал (шире – непрерывная функция, описывающая поведение системы) может быть *точно* восстановлен по значениям в дискретных точках. Следовательно, даже если исходить из интуитивного соображения, упомянутого выше, для *точного* описания системы можно пользоваться значениями параметров в *дискретных* точках.

К описанию значительной части физических процессов применимы те же соображения, которые приводят к теореме Котельникова.

В частности, в работе [20] был доказан аналог теоремы Котельникова, относящийся к случаю пространственного распределения монохроматического поля.

Для целей настоящей работы существенно, что данный вывод был сделан на примере решения уравнения Гельмгольца, построенного на использовании метода, который впервые был предложен в [22; 23]. Данное может быть записано в операторной форме как.

$$\hat{L}f = \nabla^2 f + k^2 f = 0 \tag{1}$$

где $\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, λ – длина волны

Операторная запись уравнения (1) позволяет использовать равенство,

$$u\hat{L}f - f\hat{L}u = u\nabla^2 f - f\nabla^2 u = \vec{\nabla}(u\vec{\nabla}f - f\vec{\nabla}u), \tag{2}$$

где f и u – решения уравнения (1).

Формула (2), в свою очередь, лежит в основе одного из наиболее важных методов решения уравнения (1). Он основан на использовании фундаментальных решений $G(\vec{r})$, иначе называемыми функциями Грина, удовлетворяющих уравнению

$$\hat{L}G(\vec{r}) = \delta(\vec{r}) \tag{3}$$

где $\delta(\vec{r})$ – дельта-функция, обращающаяся в ноль всюду, кроме точки $\vec{r} = 0$.

Уместно подчеркнуть, что исследование функций Грина уравнения Гельмгольца применительно к различным задачам продолжается и в настоящее время [24; 25].

Из соотношения (2) и теоремы Остроградского-Гаусса вытекает формула

$$\int_{\Omega} (u\hat{L}f - f\hat{L}u)dV = \int_S (u\vec{\nabla}f - f\vec{\nabla}u)d\vec{S} \quad (4)$$

Подставим в данную формулу фундаментальное решение, отвечающее некоторой выбранной точке с радиус-вектором \vec{r}_0 ,

$$f = G(\vec{r} - \vec{r}_0) \quad (5)$$

Это позволяет, как известно, выразить решение внутри области Ω через значения функции u и ее нормальной производной на поверхности S , ограничивающей данную область

$$u(\vec{r}_0) = \int_S (u\vec{\nabla}G - G\vec{\nabla}u)d\vec{S} \quad (6)$$

Рассмотренный метод получения решений волнового уравнения является весьма распространённым, более того, исторически он и был использован для обоснования принципа Гюйгенса-Френеля (исследования, опирающиеся на этот принцип, продолжают и в настоящее время [26- 28]). Однако, данный метод не является единственно возможным.

В частности, в [22,23] был предложен метод решения уравнения (1) на основе разложений в спектр пространственных частот.

Подставим в (4) решение, отвечающее плоской монохроматической волне

$$f = \exp(ik\vec{\xi}\vec{r}) \quad (7)$$

$$\text{где } \xi^2 = 1, \vec{\xi} = (\alpha, \beta, \pm\gamma), \gamma = \sqrt{1 - \alpha^2 - \beta^2}$$

Поскольку f , и u являются решениями уравнения (1), левая часть соотношения (4) обращается в ноль. Имеем

$$\int_S \exp(ik\vec{\xi}\vec{r}) (ik\vec{\xi}u - \vec{\nabla}u)d\vec{S} = 0 \quad (8)$$

Рассмотрим область, ограниченную двумя бесконечными параллельными плоскостями. Тогда, пренебрегая вкладом от бесконечно удаленных границ, непосредственно из (8) вытекает

$$Q^{\pm}(\alpha, \beta)|_{z_1} = Q^{\pm}(\alpha, \beta)|_{z_2} \quad (9)$$

где

$$Q^{\pm}(\alpha, \beta)|_z = \exp(\pm ik\gamma z) \int_z \exp(ik[\alpha x + \beta y]) \left(\pm ik\gamma u - \frac{\partial}{\partial z} u \right) dx dy \quad (10)$$

Можно видеть, что формуле (10) фигурируют преобразования Фурье функций, отвечающих распределению решения $u(x, y)$ и его нормальной производной $\frac{\partial u}{\partial z}(x, y)$ по некоторой плоскости с координатой z . Это можно выразить явной формулой

$$Q^{\pm}(\alpha, \beta)|_z = \exp(\pm ik\gamma z) \left(\pm ik\gamma \hat{F}[u|_z] - \hat{F} \left[\frac{\partial u}{\partial z} \Big|_z \right] \right) \quad (11)$$

где используется следующее обозначение для преобразования Фурье

$$\hat{F}[g(x, y)] = \int_{xOy} \exp(ik[\alpha x + \beta y]) g(x, y) dx dy \quad (12)$$

В работе [20] показано, что величину

$$A(\alpha, \beta)|_{z=0} = \frac{Q(\alpha, \beta)|_{z=0}}{2ik\sqrt{1-\alpha^2-\beta^2}} \quad (13)$$

допустимо трактовать как спектр пространственных частот функции $u(x, y)$, описывающей, например, распределение того или иного поля на рассматриваемой плоскости.

Обратное преобразование Фурье позволяет перейти от спектра пространственных частот непосредственно к решению, описывающему распределение поля.

$$u(x, y) = \frac{k^2}{(2\pi)^2} \int_{\alpha, \beta} \exp(-ik[\alpha x + \beta y]) A(\alpha, \beta) d\alpha d\beta \quad (14)$$

Для целей настоящей работы существенно, что спектральное представление решения (14) позволяет воспользоваться той же идеей, что лежит в основе вывода теоремы Котельникова, что и было использовано в работе [20].

Действительно, переменные интегрирования в правой части формулы (14) лежат в ограниченной области $\alpha^2 + \beta^2 < 0$. Следуя [20], расширим эту область до квадрата, определяемого неравенствами $-1 \leq \alpha, \beta \leq 1$, полагая, что рассматриваемая функция обращается в ноль вне круга $\alpha^2 + \beta^2 < 0$. Определим периодическую функцию $\tilde{A}(\alpha, \beta)$, которая будет совпадать с $A(\alpha, \beta)$ в пределах области $\alpha^2 + \beta^2 < 0$ и повторяться периодически по обеим координатным осям с периодом 2.

Такая функция разлагается в ряд Фурье

$$\tilde{A}(\alpha, \beta) = \sum_{m,n} U_{m,n} \exp(\pi i[m\alpha + n\beta]) \quad (15)$$

При этом решение $u(x, y)$ выражается через функцию $\tilde{A}(\alpha, \beta)$ как

$$u(x, y) = \frac{k^2}{(2\pi)^2} \iint_{-\infty}^{\infty} \exp(-ik[\alpha x + \beta y]) \text{circ}(\alpha, \beta) \tilde{A}(\alpha, \beta) d\alpha d\beta \quad (16)$$

где

$$\text{circ}(\alpha, \beta) = \begin{cases} 1, & \alpha^2 + \beta^2 < 0 \\ 0, & \alpha^2 + \beta^2 \geq 0 \end{cases} \quad (17)$$

Из формулы (16) следует, что решение $u(x, y)$ может быть точно выражено через набор дискретных величин $U_{m,n}$

$$u(x, y) = \sum_{m,n} U_{m,n} S\left(x - \frac{\pi}{k}m, y - \frac{\pi}{k}n\right) \quad (18)$$

где

$$S(x, y) = \frac{1}{(2\pi)^2} \iint_{-\infty}^{\infty} \exp(-ik[\alpha x + \beta y]) \text{circ}(\alpha, \beta) d\alpha d\beta \quad (19)$$

Приведение рассматриваемой функции к периодической может быть осуществлено различными способами. Методологически, это, однако, не меняет вывода, который можно сделать на основе формулы (19): функцию, описывающую решение уравнения в терминах непрерывности, можно восстановить на основании ее значений в некоторых дискретных отсчётах.

Далее в работе [21] также показано, что решение уравнения (1) можно получить по формулам, аналогичным тем, где используется фундаментальное решение (6), но на основе операций с дискретными значениями. Оно имеет вид

$$U_{m_0, n_0} \Big|_z = \sum_{m,n} G_{m_0-m, n_0-n} U_{m,n} \Big|_{z=0} \quad (20)$$

где

$$G_{m_0-m, n_0-n} = \frac{1}{4} \iint_{-1}^1 \text{circ}(\alpha, \beta) e^{\mp ik\sqrt{1-\alpha^2-\beta^2}z} e^{-\pi i[(m_0-m)\alpha + (n_0-n)\beta]} d\alpha d\beta \quad (21)$$

Выражение (21) показывает, что решение задачи математической физики, которая традиционно решалась в терминах непрерывности может быть приведено к решению в терминах дискретных отчетов. При использовании данного подхода вместо непрерывных координат фактически может быть использована координатная решетка, т.е. совокупность точек с координатами $x = \frac{\pi}{k}n_x, y = \frac{\pi}{k}n_y, z = \frac{\pi}{k}n_z$, где n_x, n_y, n_z – целые числа.

Подчеркнем, что уравнения, которые допускают переход к формуле (4) или ей аналогичной, в физике встречаются достаточно часто. К такой форме может быть приведено, например, уравнение описывающие монохроматические акустико-гравитационные волны [29] и т.д.

Примеры такого рода показывают, что только в силу ограниченности спектра, обусловленной спецификой физического явления, от описания в терминах непрерывных функций можно, как минимум, перейти к описанию в терминах функций, принимающих значения в определенных узлах некоторой решетки.

С методологической точки зрения это обстоятельство является фундаментальным, так как оно позволяет (по крайней мере частично) решить именно ту задачу, которую некогда поставил перед собой У.Р. Гамильтон. Более того, в [21] показано, что аналогичный подход применим и к другим задачам математической физики, при условии, что они приводятся к следующей операторной форме.

$$u\hat{L}f - f\hat{L}^*u = \nabla(u\vec{P}f - f\vec{P}^*u) \quad (22)$$

где предполагается, что искомое решение f подчиняется уравнению

$$\hat{L}f = 0 \tag{23}$$

\hat{L}^* – оператор, сопряженный исходному в смысле записи (22).

Тем самым фактически решается задача о распространении рассматриваемого возмущения в пространстве (или в пространстве-времени), причем без использования функций Грина. Уместно подчеркнуть, что подавляющее большинство уравнений математической физики может быть приведено к форме (22).

Такой подход, в том числе, позволяет корректно определить аналог спектра пространственных частот для других типов волновых (и не только) возмущений.

Используя фактор ограниченности спектра пространственных частот, можно далее воспользоваться схемой получения финитных функций Грина, предложенных в работе [21], и показать, что возмущение, обладающее ограниченным спектром, в действительности исчерпывающе описывается через отсчеты, относящиеся к определенным узлам пространственной решетки.

Именно это и позволяет решить ту задачу, которую некогда поставил перед собой Гамильтон.

Системы координат: переход к использованию полей Галуа

Для целей настоящей работы важен методологический (точнее – философский и исторический) аспект теории функций комплексного переменного, широко используемых на практике.

Он состоит в следующем. Измерение длин отрезков исторически [1] было связано с представлениями об иррациональных числах – в противном случае невозможно измерить гипотенузу равнобедренного прямоугольного треугольника. Но, с методологической точки зрения, иррациональные числа представляют собой вполне определенный математический объект, который, к тому же, получил последовательное обоснование сравнительно недавно [1].

Соотнесение реального пространства и любого математического объекта не может быть решено средствами одной лишь математики, это – уже вопрос онтологии (в философском понимании этого термина). Однако, даже без детальной философской проработки представляется очевидным, что в этом отношении все математические объекты, доказавшие свою практическую полезность, равноправны.

Точкам пространства и/или длинам (или нашим представлениями о них) ставятся в соответствие некие математические объекты. Выбор этих объектов, строго говоря, является произвольным и, в конечном счете, определяется только практической полезностью, удобством применения к широкому классу задач.

В этом – методологическом – отношении комплексная переменная, которая может быть поставлена в соответствие точке на плоскости, ничем принципиально не отличается от иррационального числа, характеризующего длину отрезка.

Тот факт, что описание многих реальных физических процессов может быть сведено к описанию через функции, принимающие значения в узлах некоторой решетки (как это непосредственно вытекает из теоремы Котельникова), позволяет перейти к использованию координатных систем, для описания которых используются математические объекты принципиально дискретной природы.

А именно, в алгебре хорошо известен метод построения полей Галуа $GF(p^n)$ (конечных коммутативных алгебраических тел, содержащих p^n элементов, где p – простое число, n – целое число), называемый методом алгебраических расширений.

Для связности изложения рассмотрим его на примере поля $GF(3)$, содержащего три элемента $(-1, 0, 1)$.

Данное множество становится полем, если операции сложения и умножения проводить по модулю 3, что, в частности, приводит к следующим соотношениям

$$1 + 1 = -1; -1 - 1 = 1 \quad (24)$$

К данному (или любому другому) полю присоединяется дополнительный элемент θ , являющийся корнем уравнения, неприводимого (не имеющего решений) в данном поле. Тогда любой элемент поля $GF(3^n)$ может быть представлен в виде линейной комбинации степеней θ .

$$A = \sum_0^{n-1} \theta^j a_j \quad (25)$$

где θ – примитивный элемент, a_j – коэффициенты из основного поля $GF(3)$, n – степень старшего члена в неприводимом уравнении.

Метод алгебраических расширений допустимо рассматривать как обобщение того метода, которым строятся комплексные числа. В этом случае линейная комбинация (24) приобретает хорошо известный вид

$$A = a_0 + ia_1 \quad (26)$$

где i – корень неприводимого (в действительных числах) уравнения

$$x^2 + 1 = 0 \quad (27)$$

Рассмотрим для примера построение поля $GF(3^3)$, которое, как будет ясно из дальнейшего как раз и отвечает решению задачи о построении «трёхкомпонентных» комплексных чисел в ее дискретной формулировке. Будем использовать неприводимое в $GF(3)$ уравнение

$$x^3 - x - 1 = 0 \quad (28)$$

Для данного случая запись (25) приобретает вид

$$A = a_2\theta^2 + a_1\theta + a_0, \quad (29)$$

где a_i - произвольные элементы из основного поля $GF(3)$, θ – формальный корень уравнения (28), присоединение которого к полю $GF(3)$ позволяет получить его алгебраическое расширение, подобно тому, как от вещественных чисел осуществляется переход к комплексным за счет присоединения нового элемента – корня из минус единицы.

Можно видеть, что если проводить аналогию с хорошо известными комплексными числами и далее, то представление (29) отвечает трем координатам куба, расстояния вдоль ребер которого отсчитываются дискретно.

Разумеется, использование столь грубой дискретизации (использование только трех значений координат, что соответствует полю $GF(3)$) непригодно для решения большинства физических задач, но точно такое же представление справедливо и для любого поля $GF(p^3)$, где p – простое число.

Большинство физических задач подразумевает получения решения в конечной области пространства. Следовательно, возникает возможность подобрать поле Галуа $GF(p)$, расширение которого до поля $GF(p^3)$ будет в той или иной степени отвечать решетке, которая, в соответствии с результатами [20], может быть построена на основании аналогии с теоремой Котельникова (отметим, что установление такого соответствия иногда может быть обеспечено, в том числе, и выбором единиц измерения).

В указанном выше случае дискретные величины a_i в формуле (29) начнут играть роль дискретных координат, отсчитываемых по трем координатным осям, каждая из которых соответствует определенной степени элемента θ (от нулевой по вторую включительно). Для наглядности можно записать

$$r_{ijk} = x_i \theta^2 + y_j \theta + z_k, \quad ijk = 0, 1, \dots, p - 1 \quad (30)$$

где r_{ijk} – «трехмерное комплексное число», отвечающее дискретно изменяющемуся радиус-вектору, x_i, y_j, z_k – дискретно изменяющиеся координаты.

Подчеркиваем, что запись (30) методологически сходна с классическим выражением для комплексной величины (27). Отличие состоит только в том, что полином, при помощи которого обеспечивается алгебраическое расширение, имеет более высокую степень, а коэффициенты a_i являются дискретными.

Методологическое сходство определяется, в том числе, и тем, что радиус-векторы r_{ijk} представляют собой элементы поля, т.е. на образуемом ими множестве определены операции сложения, вычитания, умножения и деления.

Продолжая логику М. Клайна, можно сказать, что задача о создании «трехмерных» комплексных чисел решается, если «пожертвовать» непрерывностью, но это является оправданным для многих реальных задач из области физики, что непосредственно вытекает из теоремы Котельникова.

Таким образом, при переходе к дискретному описанию пространственных переменных допустимо использовать функции, аргументом которых являются элементы полей Галуа.

Возникает вопрос о том, что именно можно понимать под уравнениями, описывающими физические процессы, в том случае, когда в качестве координат используются поля Галуа.

Описания физических процессов с точки зрения теории информации: философский и методологический аспекты

Как следует из формулы (22), переход к дискретному описанию, основанный на использовании финитных функций Грина, может быть выполнен для широкого класса уравнений математической физики. Следовательно, имеет смысл остановиться на общеметодологических предпосылках для совершенствования того подхода, в рамках

которого физические процессы и явления рассматриваются с точки зрения теории информации.

А именно, в настоящее время есть фундаментальные предпосылки для того, чтобы осуществить определенный синтез физики, теории информации и прикладной философии. В качестве примера рассмотрим методологические основания теории качественного решения дифференциальных уравнений, в рамках которой обосновываются, в частности, такие понятия как бифуркация, широко используемое в различных отраслях знания [30; 31].

Эти основания, как известно, состоят в следующем.

Для решения многих задач из области физики, физической химии и т.д. не так важно знать конкретный вид решения того или иного дифференциального уравнения (системы уравнений) в обыкновенных производных. Часто основной интерес представляет установление значений управляющих параметров, при которых в системе происходят качественные изменения (точки бифуркации). Для их отыскания часто не обязательно отыскивать решения, достаточно качественно проанализировать трансформации фазовых портретов при изменениях управляющих параметров.

Логичным продолжением этого (и аналогичных ему подходов) является следующая постановка вопроса: целесообразно разработать такие инструменты решения физических задач, которые предоставят только тот объем информации, который реально необходим для тех или иных конкретных целей. Еще одной иллюстрацией адекватности именно такой постановки вопроса является ситуация, часто складывающаяся при численном решении сложных систем уравнений, например, описывающих процессы в атмосфере. Зачастую полученные решения также сложны для анализа, как и экспериментальные данные.

Парадоксально, но отсюда следует, что те задачи из области физики (и не только), которые ранее формулировались на языке уравнений, которым подчиняются функции, описывающие физические явления и процессы, целесообразно, в том числе, формулировать на языке логики.

Рассмотрим, какие для этого существуют предпосылки, понимая, что рассматриваемый подход является не альтернативой, но дополнением к классическим методам построения моделей физических процессов.

В современных информационных технологиях, как правило, используются сигналы, которым приписывается определенное дискретное значение. Типичным примером является сигнал, формируемый аналого-цифровым преобразователем. В этом случае диапазон изменения амплитуд сигнала подразделяется на определенные интервалы, каждому из которых ставится в соответствие определенное двоичное число.

При этом, диапазон изменения сигналов, используемых в реальных устройствах, является конечным. Иными словами, если сигнал преобразуется в двоичную форму, то его моделью, де-факто служит функция, принимающая значения на некотором конечном множестве.

Это позволяет сделать следующий вывод, наглядно продемонстрированный в [11, 12]. Как правило, моделями сигналов, служат функции, принимающие значения на множестве действительных чисел. Для этой ситуации также справедлива аргументация, использованная выше. Действительные числа – это математический объект, обеспечивающий отображение реального физического процесса на некую идеализацию, которая отсутствует в реальности. С таким же успехом для отображения (описания) реальных физических процессов можно использовать и другие математические объекты. В частности, если речь идет о сигналах, принимающих значения на некотором конечном множестве, то в качестве такого множества может быть выбрано поле Галуа [11].

С технической точки зрения, различие между традиционно используемыми процедурами, основанными на двоичной логике, и процедурами, основанными на использовании небинарных полей Галуа, состоит только в том, на какое число подынтервалов подразделяется интервал изменения амплитуд сигнала. Традиционно, число таких уровней равно 2^n . При использовании же полей Галуа, отличающихся от $GF(2^n)$, число таких уровней может быть другим (например, в работе [11] рассматривался случай $GF(17)$), но это – не более чем вопрос соглашения.

Все эти рассуждения применимы и к физическим процессам, в которых изменение параметров происходит в конечном диапазоне.

Следовательно, с общеметодологической точки зрения дискретизация не только по узлам решетки (как это имеет место по отношению к разностным схемам), но и по уровням «сигнала» означает, что моделью физического явления вовсе не обязательно должна быть функция действительного или комплексного переменного, принимающая значения на множестве комплексных или действительных чисел. Существуют условия, при которых моделью физического процесса может служить функция, принимающая значения в некотором поле Галуа, аргументом которой также являются элементы поля Галуа.

Этот факт создает предпосылки для того, чтобы вместо традиционных уравнений, призванных описать физические процессы, перейти к соотношениям, записываемым в терминах многозначной логики. Покажем это.

Переменным двоичной логики могут быть поставлены в соответствие элементы поля Галуа $GF(2)$, т.е. 0 и 1. Точно так же переменным многозначной логики (p -логики) можно поставить в соответствие элементы поля Галуа $GF(p)$. Отметим, что многозначная логика весьма активно развивается уже более столетия, начиная с основополагающих работ Лукасевича [32]. В данной области получены многие существенные результаты, например, разработаны парapolные и паранеротиворечивые логики [33–35]. В текущей литературе функции, аргументами которых являются переменные многозначной логики, как правило, описываются через таблицы истинности [36; 37].

Но, это не является обязательным. Так, хорошо известен полином Жегалкина (в англоязычной литературе - algebraic normal form), позволяющий перейти от таблиц истинности к алгебраическим выражениям применительно к функциям, аргументом которых являются переменные двоичной логики или поля $GF(2^m)$ [38; 39]. Не составляет труда построить аналогичный полином и для p -логики. Эта задача была решена в работе [40], где в рассмотрении была введена алгебраическая дельта-функция. Она имеет вид

$$\delta_i(x) = 1 - (x - x_i)^{p-1} \quad (31)$$

Из теории полей Галуа известно, что все ненулевые элементы поля $GF(p)$ являются корнями уравнения

$$\theta^{p-1} - 1 = 0 \quad (32)$$

Т.е. любой ненулевой элемент поля $GF(p)$, будучи возведенным в $p - 1$ -ю степень, дает единицу.

Следовательно, функции $\delta_i(x)$ обладают следующим свойством

$$g_i(x) = \begin{cases} 1, & x = x_i \\ 0, & x \neq x_i \end{cases} \quad (33)$$

Сформируем следующий полином [40]

$$F(x, y) = \sum_{i,j=0}^{p-1} f(x_i, y_j) g_i(x) g_j(y) \quad (34)$$

где величины $f(x_i, y_j)$ формируют таблицу истинности, аналогичную указанной выше.

При подстановке в выражение (34) конкретной пары x_{i_0}, y_{j_0} значений логических переменных (точнее, соответствующих им элементов поля Галуа), все слагаемые, фигурирующие в сумме в правой части формулы (34) в силу соотношения (33) обращаются в ноль, за исключением слагаемого, для которого выполняется $i = i_0, j = j_0$. Следовательно, имеет место

$$F(x_{i_0}, y_{j_0}) = f(x_{i_0}, y_{j_0}) \quad (35)$$

Видно, что полином (34) выполняет для многозначной логики те же функции, что полином Жегалкина для двоичной логики, т.е. соотношение (34) указывает конкретную алгебраическую функцию, которая реализует заданную таблицу истинности. Видно также, что соотношение (34) допускает обобщение на случай произвольного числа логических переменных [40].

Тем самым, существует возможность построить функцию, служащую моделью физического процесса, область определения и аргументов, и значений которой является некоторое поле Галуа. При этом существенно, что в силу сказанного выше, аргументы такой функции могут отвечать точкам в пространстве произвольной размерности, в том числе, трехмерном.

Разумеется, в этом случае имеют место определенные ограничения, связанные с тем, что на размер области, в которой рассматривается конкретный физический процесс, наложены определенные ограничения. Подчеркнем, однако, что развиваемый подход отнюдь не следует рассматривать как альтернативу классическим моделям физических процессов, построенных на использовании непрерывных функций и дифференциальных уравнений.

Его назначение состоит в том, чтобы предоставить инструмент для анализа тех процессов, исследование которых приводит к слишком сложным моделям тогда, когда используется классический подход. В том числе, рассматриваемый подход в перспективе предназначается для того, чтобы вскрыть те закономерности, которые не всегда удается отыскать при использовании классических методов.

В этом отношении целесообразно подчеркнуть, что метод описания физических процессов в терминах многозначной логики, заведомо допускает сопряжение с методами анализа процессов различной природы, основанных на использовании нейронных сетей. Такого рода подходы также активно развиваются в настоящее время [41; 42]. Отметим, что хотя подавляющее большинство искусственных нейронных сетей ориентируется на двоичную логику, существует возможность реализовывать и сети, поведение нейронов которых отвечает многозначной логике.

До недавнего времени применение нейросетевых методов в физике представило собой, в сущности, не более чем один из многочисленных инструментов численного анализа

физических явлений. Ситуация резко изменилась после выхода в свет работы [43], в которой была обоснована фундаментальная гипотеза, в соответствии с которой универсум в целом может рассматриваться как аналог нейронной сети. Сама по себе данная гипотеза, возможно, остается дискуссионной, но она подкрепляется результатами, полученными в других областях знания. Так, в работе [44] на основании экспериментальных данных [45-47] было показано, что существуют системы на основе гидрофильных полимеров, которые представляют собой непосредственные аналоги нейронных сетей, причем эта аналогия позволяет пролить свет на механизмы эволюции, предшествовавшей биологической. Непосредственные аналоги нейронных сетей можно указать и для систем социальной природы. Например, в работе [48] было показано, что любой университет как систему, обеспечивающую получение квалификации, допустимо рассматривать как аналог нейронной сети. Наглядный иллюстративный пример выводов такого рода представлен в работе [49], где было показано, что при достаточной плотности неформальных связей любой голосующий орган конвертируется в аналог нейропроцессора Хопфилда. В результате решение при голосовании принимает не совокупность членов Совета, а сформированная ими нейронная сеть.

Обобщая результаты такого рода, допустимо выдвинуть гипотезу, в соответствии с которой любая система, перешедшая определенный порог сложности, конвертируется в аналог нейронной сети, главной отличительной особенностью которой становится возможность перерабатывать информацию. Точнее, как это обосновано в [50; 51] с философской точки зрения, существует вполне определенная иерархия информационных объектов, в основе которой лежит их способность обеспечивать именно переработку информации. Для того, чтобы такая способность реализовалась, необходимо, чтобы система конвертировалась в аналог нейронной сети.

Именно этот фактор и определяет важность построения нейросетевых моделей физических процессов и явлений (пусть и ограниченных с точки зрения проведения детальных расчетов, призванных дать количественный результат). А именно, нейронные сети обладают способностью эволюционировать даже тогда, когда свойства их элементов остаются неизменными [52, 53].

Это самым существенным образом меняет представления о механизмах эволюции в самом общем смысле этого термина. Как известно, большинство существующих теорий эволюции так или иначе восходит к дарвинистской точке зрения, в соответствии с которой новые свойства элементов системы приобретаются в результате случайных флуктуаций (мутаций) и закрепляются, если приобретённый признак является «благоприятным» в том или ином отношении. Использование таких подходов приводит к более чем серьезным трудностям, особенно, при попытках раскрыть механизмы пребиологической эволюции [54].

В том случае, когда система конвертирована в аналог нейронной сети, создаются предпосылки для реализации эволюционных механизмов, альтернативных дарвинистским. А именно, в этом случае механизм эволюции сложной системы протекает в две стадии [55]. На первой стадии эволюционирует нейронная сеть, что физически выражается в перестройке архитектуры связей между элементами системы. На второй стадии «преимущества» получают те элементы, свойства которых в большей степени отвечают новому состоянию системы.

Можно видеть, что в отличие от дарвинистской точки зрения, такой механизм резко ограничивает проявления случайности. Направление эволюции становится закономерным, оно определяется свойствами той нейронной сети (или ее аналога), которую формирует

система как целостность. Именно в этом и состоит фундаментальное значения работы [43]. Если выдвинутая в ней гипотеза верна, то это приводит к весьма серьезным выводам, в частности, из философских соображений вытекает, что ход эволюционных процессов одинаков во всей Вселенной, и появление человека отнюдь не является игрой случайных сил (что возвращает к принципу антропности [56], давно обсуждаемому в философской литературе).

Действительно, нейронная сеть, помимо прочего, представляет собой систему, способную перерабатывать информацию. Это означает, что физические взаимодействия применительно к системам, которые являются аналогами нейронной сети, могут перейти в иное качество – они становятся сигналами, несущими информацию [57]. Есть основания полагать, что именно способность перерабатывать информацию и является отличительным признаком систем, отвечающих категории сложного [50].

Детальное обсуждение вопросов такого рода, разумеется, выходит за рамки данной работы, однако, один тот факт, что они уже поставлены, говорит о том, что необходим инструмент, который бы позволял системно работать с описанием физических процессов на языке, близком к языку нейронных сетей.

Такой язык, как вытекает из материалов данной работы, может быть развит на основе использования полей Галуа в том же ключе, в котором функции комплексного переменного используются для решения задач из области математической физики.

Заключение

В статье мы постарались показать, что «мечта Гамильтона», как проблема математической физики, оказалась разрешимой научной задачей. Как и решение многих других «неразрешимых» долгое время задач и проблем, необходимо было изменить принципиально подход к самому решению. Такое изменение, как правило, носит методологический характер.

«Трехмерные» комплексные числа, рассматриваемые как инструмент решения задач из области физики, создать невозможно до тех пор, пока физические процессы описываются в терминах непрерывных функций. Однако, как только осуществляется переход к дискретному описанию, возникает возможность применять «комплексные числа» любой размерности, причем инструменты для этого уже давно были созданы абстрактной алгеброй. Более того, отталкиваясь от идеи, положенной в основу доказательства теоремы Котельникова, удастся продемонстрировать, что для многих физических задач «дискретное» описание является в той же мере точным, что и непрерывное.

При таком подходе элементы поля Галуа $GF(p^n)$ становятся аналогом «комплексной многомерной переменной», отражающей положение точки в многомерном пространстве. Соответственно, моделью физического процесса становятся функции, принимающие значения в полях Галуа, причем их аргументами также являются элементы такого поля.

Это, в том числе, позволяет перейти к описанию физических процессов в терминах функций многозначной логики, поскольку переменные таких логик могут быть поставлены в соответствие элементам полей Галуа.

С методологической точки зрения такой переход представляется весьма важным, так как он создает дополнительную основу для применения нейросетевых методов, а следовательно, и систем искусственного интеллекта для анализа физических явлений и процессов.

Более того, гипотеза, обоснованная в [40], в соответствии с которой мир в целом можно рассматривать как аналог нейронной сети, заставляет существенно иначе взглянуть на

применение методов нейронных сетей в физике. Это вытекает из того, что аналогии с нейронными сетями позволяют ввести в рассмотрение механизмы эволюции, альтернативные тем, что восходят к дарвинистской точке зрения.

Допустимо утверждать, что решение проблемы, некогда поставленной Гамильтоном, создает, в том числе, дополнительный инструмент для изучения эволюции сложных систем различной природы.

Литература:

1. Колмогоров. А.Н. Комбинаторные основания теории информации и исчисления вероятностей // Успехи математических наук. 1983. Т. 38. № 4. С. 27–36.
2. Чернавский Д. С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. № 2. С. 157–183.
3. Abe J. M., Nakamatsu K., Silva Filho J. I. D. Three decades of paraconsistent annotated logics: A review paper on some applications // Procedia Computer Science, 2019. С. 1175–1181.
4. Blumensath T., Davies M. E. Sampling theorems for signals from the union of finite-dimensional linear subspaces // IEEE Trans Inf Theory. 2009. Т. 55. № 4. P. 1872–1882.
5. Bofill M. и др. New complexity results for Łukasiewicz logic // Soft comput. 2019. Т. 23. № 7. P. 2187–2197.
6. Cao B. и др. Multiobjective Evolution of the Explainable Fuzzy Rough Neural Network With Gene Expression Programming // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2022. Т. 30. № 10. P. 4190–4200.
7. Caret C. Hybridized Paracomplete and Paraconsistent Logics // The Australasian Journal of Logic. 2017. Т. 14. № 1.
8. Chatterjee D., Misra A. P. Effects of Coriolis force on the nonlinear interactions of acoustic-gravity waves in the atmosphere // J Atmos Sol Terr Phys. 2021. Т. 222. P. 105722.
9. Ciuciura J. A note on fernandez-coniglio’s hierarchy of paraconsistent systems // Axioms. 2020. Т. 9. № 2. P. 35.
10. Devendran C. и др. Huygens-Fresnel Acoustic Interference and the Development of Robust Time-Averaged Patterns from Traveling Surface Acoustic Waves // Phys Rev Lett. 2017. Т. 118. № 15. P. 154501.
11. Dogaru I., Dogaru R. Algebraic normal form for rapid prototyping of elementary hybrid cellular automata in FPGA // Proceedings - 3rd International Symposium on Electrical and Electronics Engineering, ISEEE 2010. , 2010. P. 277–280.
12. Dokur Z., Ölmez T. Heartbeat classification by using a convolutional neural network trained with Walsh functions // Neural Comput Appl. 2020. Т. 32. № 16. P. 12515–12534.
13. Domenech U. J. и др. Paraconsistent Multivalued Logic and Coincidentia Oppositorum: Evaluation with Complex Numbers // American Journal of Systems and Software. 2015. Т. 3. № 1. P. 1–12.
14. Dutkay D. E., Picioroaga G. Generalized walsh bases and applications // Acta Appl Math. 2014. Т. 133. № 1. P. 1–18.
15. Engquist B., Zhao H. Approximate Separability of the Green’s Function of the Helmholtz Equation in the High Frequency Limit // Commun Pure Appl Math. 2018. Т. 71. № 11. P. 2220–2274.
16. Farrow C. L.. Nyquist-Shannon sampling theorem applied to refinements of the atomic pair distribution function // Phys Rev B Condens Matter Mater Phys. 2011. Т. 84. № 13. P. 134105.
17. Huang Q. и др. Low-complexity encoding of quasi-cyclic codes based on Galois Fourier transform // IEEE Transactions on Communications. 2014. Т. 62. № 6. P. 1757–1767.
18. Irion J., Saito N. The generalized Haar-Walsh transform // IEEE Workshop on Statistical Signal Processing Proceedings, 2014.
19. Jyoti Borah B. и др. Consequences of the Nyquist-Shannon sampling criterion in Mesoscopic Multiphoton Microscopy to avail full-field sub-micron resolution resolvability // bioRxiv. 2021. P. 1–14.

20. Kابدushev S. и др. Formation of Hydrophobic–Hydrophilic Associates in the N-Vinylpyrrolidone and Vinyl Propyl Ether Copolymer Aqueous Solutions // *Polymers (Basel)*. 2023. Т. 15. № 17. P. 3578.
21. Kudari M., Hiremath P. S. A Galois Field based Texture Representation for Face Recognition. 2018. P.13460–13465.
22. Li L. и др. Huygens-Fresnel Picture for High Harmonic Generation in Solids // *Phys Rev Lett*. 2021. Т. 127. № 22. P. 223201.
23. Liu P., Pan Z., Lei J. Parameter Identification of Reed-Solomon Codes Based on Probability Statistics and Galois Field Fourier Transform // *IEEE Access*. 2019. Т. 7. P. 33619–33630.
24. Lu Y., Desmedt Y. Walsh transforms and cryptographic applications in bias computing // *Cryptography and Communications*. 2016. Т. 8. № 3. P. 435–453.
25. Lvov A. и др. Verification of Galois field based circuits by formal reasoning based on computational algebraic geometry // *Form Methods Syst Des*. 2014. Т. 45. № 2. P. 189–212.
26. Marcos J. On a Problem of da Costa / под ред. G. Sica. *Polimetrica*. Monza/Italy: , 2005. P. 53–69.
27. Millette P. A. The Heisenberg Uncertainty Principle and the Nyquist-Shannon Sampling Theorem // *Progress in Physics*. 2013. Т. 3. № 9. P. 9–14.
28. Mirjalili S. Evolutionary Algorithms and Neural Networks Theory and Applications // *Soft Computing and Intelligent Systems*. Studies in Computational Intelligence. 2019. Т. 780.
29. Moldakhan I. и др. Some advantages of non-binary Galois fields for digital signal processing // *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 2021. Т. 23. № 2. P. 871–877.
30. Morris Kline. MATHEMATICS. The Loss of Certainty. . New York: Oxford University Press, 1982. 366 p.
31. Mun G. A. и др. Hydrophilic interpolymer associates – the key to solving the problem of pre-biological evolution // *International Journal of Biology and Chemistry*. 2020. Т. 13. № 1. P. 4–13.
32. Park D. Y. и др. Systematic Review and Network Meta-Analysis Comparing Bifurcation Techniques for Percutaneous Coronary Intervention // *J Am Heart Assoc*. 2022. Т. 11. № 12. P. e025394.
33. Por E., Kooten M. Van, Sarkovic V. Nyquist-Shannon sampling theorem // *Leiden University*. 2019. Т. 1. № 1. P. 1–5.
34. Santos E. A., Castro F., Torres R. Huygens-Fresnel principle: Analyzing consistency at the photon level // *Phys Rev A (Coll Park)*. 2018. Т. 97. № 4. P. 043853.
35. Schmalz J. A. и др. On the derivation of the Green’s function for the Helmholtz equation using generalized functions // *Am J Phys*. 2010. Т. 78. № 2. P. 181–186.
36. Schofield J. Towards a Phenomenological Ontology: Synthetic A Priori Reasoning and the Cosmological Anthropic Principle // *Journal of Mind and Behavior*. 2022. Т. 43. № 1. P. 1–24.
37. Silva L. B. e и др. The Discreteness-driven Relaxation of Collisionless Gravitating Systems: Entropy Evolution in External Potentials, N-dependence, and the Role of Chaos // *Astrophys J*. 2019. Т. 870. № 2.
38. Suleimenov I. и др. The formation of interpolymer complexes and hydrophilic associates of poly(acrylic acid) and non-ionic copolymers based on 2-hydroxyethylacrylate in aqueous solutions // *Polym Int*. 2013. Т. 62. № 9. P. 1310–1315.
39. Suleimenov I. и др. Hydrophilic interpolymer associates as a satellite product of reactions of formation of interpolymer complexes // *Applied Mechanics and Materials*. , 2014. P. 58–63.
40. Suleimenov I. и др. Voting procedures from the perspective of theory of neural networks // *Open Engineering*. 2016. Т. 6. № 1.
41. Suleimenov I. и др. University as an analogue of the neural network // *E3S Web of Conferences*. , 2021. P. 07056.
42. Suleimenov I. E. и др. Dialectical Understanding of Information in the Context of the Artificial Intelligence Problems // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. P. 012007.
43. Suleimenov I. E. и др. Artificial Intelligence: What is it? // *ACM International Conference Proceeding Series*, 2020. P. 22–25.
44. Suleimenov I. E. и др. Improving the efficiency of using multivalued logic tools // *Sci Rep*. 2023. Т. 13. № 1. P. 1108.

45. Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. On the possibility of generalization of Fourier optics // Optics and Spectroscopy (English translation of Optika i Spektroskopiya). 1994a. Т. 76. № 6. P. 893–898.
46. Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. Generalized fourier optics. I. Reflection of monochromatic radiation from mirrors of arbitrary shape // Optics and Spectroscopy (English translation of Optika i Spektroskopiya). 1994b. Т. 77. № 1. P. 119–124.
47. Suleimenov I., Panchenko S. Non-darwinists scenarios of evolution of complicated systems and natural neural networks based on partly dissociated macromolecules // World Appl Sci J. 2013. Т. 24. № 9. P. 1141–1147.
48. Tao X. и др. Detection of power line insulator defects using aerial images analyzed with convolutional neural networks // IEEE Trans Syst Man Cybern Syst. 2020. Т. 50. № 4. P. 1486–1498.
49. Vaidyanathan P. P. Generalizations of the sampling theorem: Seven decades after Nyquist // IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications. 2001. Т. 48. № 9. P. 1094–1109.
50. Vanchurin V. The world as a neural network // Entropy. 2020. Т. 22. № 11. С. e22111210.
51. Vasilyeva T. и др. Assessment of the dynamics of bifurcation transformations in the economy // CEUR Workshop Proceedings. , 2019. P. 04006.
52. Vitulyova E. S., Matrassulova D. K., Suleimenov I. E. New application of non-binary Galois fields Fourier transform: Digital analog of convolution theorem // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 2021. Т. 23. № 3. P. 1718–1726.
53. Vitulyova Y. и др. Reducing the description of arbitrary wave field converters to tensor form // International Journal of Information Technology (Singapore). 2024. P. 1–10.
54. Vitulyova Y. S. и др. Interpretation of the category of «complex» in terms of dialectical positivism // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. , 2020. P. 012004.
55. Vitulyova Y. S. и др. Discrete form of the Huygens-Fresnel principle: to the multi-dimensional analog of the Nyquist–Shannon sampling theorem // International Journal of Information Technology (Singapore). 2023. Т. 15. № 7. P. 3751–3759.
56. Wan S., Liang Y., Zhang Y. Deep convolutional neural networks for diabetic retinopathy detection by image classification // Computers and Electrical Engineering. 2018. Т. 72. P. 274–282.
57. Wong M. M. и др. Composite field GF(((22)2)2) Advanced Encryption Standard (AES) S-box with algebraic normal form representation in the subfield inversion // IET Circuits, Devices and Systems. 2011. Т. 5. № 6. P. 471–476.

References:

1. Kolmogorov A.N. Combinatorial foundations of information theory and probability calculus // Advances in mathematical sciences. –1983. – Т. 38. No. 4. – P. 27–36.
2. Chernavsky D.S. The problem of the origin of life and thinking from the point of view of modern physics // Advances in physical sciences. – 2000. – Т. 170. No. 2. – P. 157–183.
3. Abe J. M., Nakamatsu K., Silva Filho J. I. D. Three decades of paraconsistent annotated logics: A review paper on some applications // Procedia Computer Science, 2019. С. 1175–1181.
4. Blumensath T., Davies M. E. Sampling theorems for signals from the union of finite-dimensional linear subspaces // IEEE Trans Inf Theory. 2009. Т. 55. № 4. P. 1872–1882.
5. Bofill M. и др. New complexity results for Łukasiewicz logic // Soft comput. 2019. Т. 23. № 7. P. 2187–2197.
6. Cao B. и др. Multiobjective Evolution of the Explainable Fuzzy Rough Neural Network With Gene Expression Programming // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2022. Т. 30. № 10. P. 4190–4200.
7. Caret C. Hybridized Paracomplete and Paraconsistent Logics // The Australasian Journal of Logic. 2017. Т. 14. № 1.

8. Chatterjee D., Misra A. P. Effects of Coriolis force on the nonlinear interactions of acoustic-gravity waves in the atmosphere // *J Atmos Sol Terr Phys*. 2021. Т. 222. P. 105722.
9. Ciuciura J. A note on fernandez-coniglio's hierarchy of paraconsistent systems // *Axioms*. 2020. Т. 9. № 2. P. 35.
10. Devendran C. и др. Huygens-Fresnel Acoustic Interference and the Development of Robust Time-Averaged Patterns from Traveling Surface Acoustic Waves // *Phys Rev Lett*. 2017. Т. 118. № 15. P. 154501.
11. Dogaru I., Dogaru R. Algebraic normal form for rapid prototyping of elementary hybrid cellular automata in FPGA // *Proceedings - 3rd International Symposium on Electrical and Electronics Engineering, ISEEE 2010, 2010*. P. 277–280.
12. Dokur Z., Ölmez T. Heartbeat classification by using a convolutional neural network trained with Walsh functions // *Neural Comput Appl*. 2020. Т. 32. № 16. P. 12515–12534.
13. Domenech U. J. и др. Paraconsistent Multivalued Logic and Coincidentia Oppositorum: Evaluation with Complex Numbers // *American Journal of Systems and Software*. 2015. Т. 3. № 1. P. 1–12.
14. Dutkay D. E., Picioroaga G. Generalized walsh bases and applications // *Acta Appl Math*. 2014. Т. 133. № 1. P. 1–18.
15. Engquist B., Zhao H. Approximate Separability of the Green's Function of the Helmholtz Equation in the High Frequency Limit // *Commun Pure Appl Math*. 2018. Т. 71. № 11. P. 2220–2274.
16. Farrow C. L. и др. Nyquist-Shannon sampling theorem applied to refinements of the atomic pair distribution function // *Phys Rev B Condens Matter Mater Phys*. 2011. Т. 84. № 13. P. 134105.
17. Huang Q. и др. Low-complexity encoding of quasi-cyclic codes based on Galois Fourier transform // *IEEE Transactions on Communications*. 2014. Т. 62. № 6. P. 1757–1767.
18. Irion J., Saito N. The generalized Haar-Walsh transform // *IEEE Workshop on Statistical Signal Processing Proceedings*, 2014.
19. Jyoti Borah B. и др. Consequences of the Nyquist-Shannon sampling criterion in Mesoscopic Multiphoton Microscopy to avail full-field sub-micron resolution resolvability // *bioRxiv*. 2021. P. 1–14.
20. Kabdushev S. и др. Formation of Hydrophobic–Hydrophilic Associates in the N-Vinylpyrrolidone and Vinyl Propyl Ether Copolymer Aqueous Solutions // *Polymers (Basel)*. 2023. Т. 15. № 17. P. 3578.
21. Kudari M., Hiremath P. S. A Galois Field based Texture Representation for Face Recognition. 2018. P.13460–13465.
22. Li L. и др. Huygens-Fresnel Picture for High Harmonic Generation in Solids // *Phys Rev Lett*. 2021. Т. 127. № 22. P. 223201.
23. Liu P., Pan Z., Lei J. Parameter Identification of Reed-Solomon Codes Based on Probability Statistics and Galois Field Fourier Transform // *IEEE Access*. 2019. Т. 7. P. 33619–33630.
24. Lu Y., Desmedt Y. Walsh transforms and cryptographic applications in bias computing // *Cryptography and Communications*. 2016. Т. 8. № 3. P. 435–453.
25. Lvov A. и др. Verification of Galois field based circuits by formal reasoning based on computational algebraic geometry // *Form Methods Syst Des*. 2014. Т. 45. № 2. P. 189–212.
26. Marcos J. On a Problem of da Costa / под ред. G. Sica. *Polimetria*. Monza/Italy: , 2005. P. 53–69.
27. Millette P. A. The Heisenberg Uncertainty Principle and the Nyquist-Shannon Sampling Theorem // *Progress in Physics*. 2013. Т. 3. № 9. P. 9–14.
28. Mirjalili S. *Evolutionary Algorithms and Neural Networks Theory and Applications // Soft Computing and Intelligent Systems. Studies in Computational Intelligence*. 2019. Т. 780.
29. Moldakhan I. и др. Some advantages of non-binary Galois fields for digital signal processing // *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 2021. Т. 23. № 2. P. 871–877.
30. Morris Kline. *MATHEMATICS. The Loss of Certainty*. . New York: Oxford University Press, 1982. 366 p.
31. Mun G. A. и др. Hydrophilic interpolymer associates – the key to solving the problem of pre-biological evolution // *International Journal of Biology and Chemistry*. 2020. Т. 13. № 1. P. 4–13.
32. Park D. Y. и др. Systematic Review and Network Meta-Analysis Comparing Bifurcation Techniques for Percutaneous Coronary Intervention // *J Am Heart Assoc*. 2022. Т. 11. № 12. P. e025394.

33. Por E., Kooten M. Van, Sarkovic V. Nyquist-Shannon sampling theorem // Leiden University. 2019. Т. 1. № 1. P. 1–5.
34. Santos E. A., Castro F., Torres R. Huygens-Fresnel principle: Analyzing consistency at the photon level // Phys Rev A (Coll Park). 2018. Т. 97. № 4. P. 043853.
35. Schmalz J. A. и др. On the derivation of the Green's function for the Helmholtz equation using generalized functions // Am J Phys. 2010. Т. 78. № 2. P. 181–186.
36. Schofield J. Towards a Phenomenological Ontology: Synthetic A Priori Reasoning and the Cosmological Anthropic Principle // Journal of Mind and Behavior. 2022. Т. 43. № 1. P. 1–24.
37. Silva L. B. e и др. The Discreteness-driven Relaxation of Collisionless Gravitating Systems: Entropy Evolution in External Potentials, N-dependence, and the Role of Chaos // Astrophys J. 2019. Т. 870. № 2.
38. Suleimenov I. и др. The formation of interpolymer complexes and hydrophilic associates of poly(acrylic acid) and non-ionic copolymers based on 2-hydroxyethylacrylate in aqueous solutions // Polym Int. 2013. Т. 62. № 9. P. 1310–1315.
39. Suleimenov I. и др. Hydrophilic interpolymer associates as a satellite product of reactions of formation of interpolymer complexes // Applied Mechanics and Materials. , 2014. P. 58–63.
40. Suleimenov I. и др. Voting procedures from the perspective of theory of neural networks // Open Engineering. 2016. Т. 6. № 1.
41. Suleimenov I. и др. University as an analogue of the neural network // E3S Web of Conferences. , 2021. P. 07056.
42. Suleimenov I. E. и др. Dialectical Understanding of Information in the Context of the Artificial Intelligence Problems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019. P. 012007.
43. Suleimenov I. E. и др. Artificial Intelligence: What is it? // ACM International Conference Proceeding Series, 2020. P. 22–25.
44. Suleimenov I. E. и др. Improving the efficiency of using multivalued logic tools // Sci Rep. 2023. Т. 13. № 1. P. 1108.
45. Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. On the possibility of generalization of Fourier optics // Optics and Spectroscopy (English translation of Optika i Spektroskopiya). 1994a. Т. 76. № 6. P. 893–898.
46. Suleimenov I. E., Tolmachev Y. A. Generalized fourier optics. I. Reflection of monochromatic radiation from mirrors of arbitrary shape // Optics and Spectroscopy (English translation of Optika i Spektroskopiya). 1994b. Т. 77. № 1. P. 119–124.
47. Suleimenov I., Panchenko S. Non-darwinists scenarios of evolution of complicated systems and natural neural networks based on partly dissociated macromolecules // World Appl Sci J. 2013. Т. 24. № 9. P. 1141–1147.
48. Tao X. и др. Detection of power line insulator defects using aerial images analyzed with convolutional neural networks // IEEE Trans Syst Man Cybern Syst. 2020. Т. 50. № 4. P. 1486–1498.
49. Vaidyanathan P. P. Generalizations of the sampling theorem: Seven decades after Nyquist // IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications. 2001. Т. 48. № 9. P. 1094–1109.
50. Vanchurin V. The world as a neural network // Entropy. 2020. Т. 22. № 11. C. e22111210.
51. Vasilyeva T. и др. Assessment of the dynamics of bifurcation transformations in the economy // CEUR Workshop Proceedings. , 2019. P. 04006.
52. Vitulyova E. S., Matrassulova D. K., Suleimenov I. E. New application of non-binary Galois fields Fourier transform: Digital analog of convolution theorem // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. 2021. Т. 23. № 3. P. 1718–1726.
53. Vitulyova Y. и др. Reducing the description of arbitrary wave field converters to tensor form // International Journal of Information Technology (Singapore). 2024. P. 1–10.
54. Vitulyova Y. S. и др. Interpretation of the category of «complex» in terms of dialectical positivism // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. , 2020. P. 012004.

55. Vitulyova Y. S. и др. Discrete form of the Huygens-Fresnel principle: to the multi-dimensional analog of the Nyquist–Shannon sampling theorem // International Journal of Information Technology (Singapore). 2023. Т. 15. № 7. P. 3751–3759.

56. Wan S., Liang Y., Zhang Y. Deep convolutional neural networks for diabetic retinopathy detection by image classification // Computers and Electrical Engineering. 2018. Т. 72. P. 274–282.

57. Wong M. M. Composite field $GF(((22)2)2)$ Advanced Encryption Standard (AES) S-box with algebraic normal form representation in the subfield inversion // IET Circuits, Devices and Systems. 2011. Т. 5. № 6. P. 471–476.

Поступила 10 апреля 2023г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

МРНТИ 78.19 + 47.41

УДК 351.86

JUSTIFICATION OF THE NEED FOR SUBSTANTIAL MODERNIZATION OF THE INFO-COMMUNICATION SEGMENT OF THE DEFENSE- INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Vitulyova Ye.S.^{1,2}, Mun G.A.^{1,3}, Suleimenov I.E.³

¹ Al-Farabi Kazakh National University

² Satbayev University

³ National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan

Almaty, Republic of Kazakhstan

e-mail: lizavita@list.ru

The nature of the development of robotic weapons, including unmanned aerial vehicles, from the general standpoint of the philosophy of technology development is analyzed. The forecast is substantiated, according to which further qualitative changes in the field of robotic armaments will be associated with their group application under the control of a group by a single operator. It is shown that this makes more than demanded the creation of specific artificial intelligence designed to interface with groups of unmanned vehicles. It is shown that the improvement of technologies of manufacturing and application of drones of various purposes operating in a group requires the solution of a triune task. Its components are: creation of algorithms for transformation of information coming to a separate apparatus acting as a part of a group (including commands coming from the operator) into executable commands, creation of specific methods of information protection allowing refusal from cryptography use, as well as creation of the cheapest possible physical elements of the groups under consideration. It is shown that the solution of all these three tasks does not require significant financial costs, which allows to ensure their solution in the RK without cooperation with foreign partners. The possibilities of concrete use of the proposed approach in order to ensure socio-political stability in the RK are discussed. It is proved that in modern conditions the predicted revolution in military affairs, requiring the most effective interaction of technical, natural and human sciences, will serve as a driver of transition to the next stage of science development, the distinctive feature of which will be the rejection of the existing disciplinary structure of science.

Keywords: abstract algebra, Galois fields, drone groups, control algorithms, defense industry, philosophy of technology, computing systems, information protection.

Проанализирован характер развития роботизированных вооружений, в том числе, беспилотных летательных аппаратов с общих позиций философии развития техники. Обоснован прогноз, в соответствии с которым дальнейшие качественные изменения в области роботизированных вооружений будет связаны с их групповым применением при управлении группой одним оператором. Показано, что это делает более чем востребованным создание специфического искусственного интеллекта, предназначенного для сопряжения с группами беспилотных аппаратов. Показано, что совершенствование технологий изготовления и применения беспилотных аппаратов различного назначения, действующих в составе группы, требует решения триединой задачи. Ее компонентами являются: создание алгоритмов преобразования сведений, поступающих к отдельному аппарату,

действующему в составе группы (в том числе, команд, поступающих от оператора), в исполняемые команды, создания специфических методов защиты информации, допускающих отказ от использования криптографии, а также создание максимально удешевленных физических элементов рассматриваемых групп. Показано, что решение всех этих трех задач не требует существенных финансовых затрат, что позволяет обеспечить их решение в РК без сотрудничества с иностранными партнерами. Обсуждаются возможности конкретного использования предлагаемого подхода в целях обеспечения социально-политической стабильности в РК. Доказывается, что в современных условиях прогнозируемая революция в военном деле, требующая максимально эффективного взаимодействия технических, естественных и гуманитарных наук, послужит драйвером перехода к следующему этапу развития науки, отличительной особенностью которого станет отказ от существующей дисциплинарной структуры науки.

Ключевые слова: абстрактная алгебра, поля Галуа, группы беспилотных аппаратов, алгоритмы управления, оборонно-промышленный комплекс, философия техники, вычислительные системы, защита информации.

Роботтандырылған қару-жарақтың, оның ішінде ұшқышсыз ұшу аппараттарының даму сипаты технологияны дамыту философиясының жалпы тұрғысынан талданды. Болжам негізделген, оған сәйкес роботтық қару-жарақ саласындағы одан әрі сапалы өзгерістер топты бір оператор басқарған кезде оларды топтық қолданумен байланысты болады. Бұл ұшқышсыз аппараттар топтарымен жұптастыруға арналған арнайы жасанды интеллект жасауды сұранысқа ие ететіні көрсетілген. Топтың құрамында жұмыс істейтін әртүрлі мақсаттағы пилотсыз аппараттарды жасау және қолдану технологияларын жетілдіру үштұғырлы мәселені шешуді талап ететіні көрсетілген. Оның құрамдас бөліктері: топ құрамында әрекет ететін жеке аппаратқа түсетін мәліметтерді (оның ішінде оператордан түсетін командаларды) орындалатын командаларға түрлендіру алгоритмдерін жасау, криптографияны пайдаланудан бас тартуға мүмкіндік беретін ақпаратты қорғаудың нақты әдістерін жасау, сондай-ақ қаралатын топтардың барынша арзандатылған физикалық элементтерін жасау болып табылады. Осы үш міндеттің барлығын шешу елеулі қаржылық шығындарды талап етпейтіні көрсетілген, бұл олардың ҚР-да шетелдік әріптестермен ынтымақтастықсыз шешілуді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. ҚР-да әлеуметтік-саяси тұрақтылықты қамтамасыз ету мақсатында ұсынылған тәсілді нақты пайдалану мүмкіндіктері талқылануда. Қазіргі жағдайда техникалық, жаратылыстану және гуманитарлық ғылымдардың барынша тиімді өзара іс-қимылын талап ететін әскери істегі болжамды революция ғылым дамуының келесі кезеңіне өтудің драйвері болатыны дәлелденді, оның айрықша ерекшелігі ғылымның қолданыстағы тәртіптік құрылымынан бас тарту болады.

Түйінді сөздер: абстракттілі алгебра, Галуа өрістері, ұшқышсыз аппараттар топтары, басқару алгоритмдері, қорғаныс-өнеркәсіп кешені, техника философиясы, есептеу жүйелері, ақпаратты қорғау.

As noted in [1], we are all currently witnessing a revolution that has taken place in military affairs. First of all, it is connected with the fact that the vicinity of the lines of contact is saturated with unmanned aerial vehicles of various purposes. This fundamentally changes the nature of combat operations.

However, the opinion of the author of the cited paper should rather be regarded as a statement of facts. If we turn to the general provisions of the theory of scientific revolutions [2, 3], it becomes obvious that the current state of affairs will inevitably lead to significant changes in the nature of development of defense-industrial complexes of developed countries, and, consequently, to the nature of development of science in general. There is no need to prove that it is the defense-industrial complex that has been one of the drivers of science development for at least the last four

hundred years. Proceeding from this, as well as from the materials of such works as [4-8], we can come to the following conclusion.

In the foreseeable future, all those trends related to the group use of unmanned vehicles, not only airborne, but also land and sea-based [9, 10], will increase. One of the fundamental reasons for this is that the cost of drones is much lower than the cost of the objects they are able to destroy. The most illustrative example in this respect is the rather successful fight of the Ukrainian side against the Russian Black Sea Fleet. Using uncrewed boats, the Ukrainian side has achieved more than impressive successes, especially if we evaluate them in terms of the cost of the means of attack and the result of these attacks [2]. In [11] we expressed this factor with the following thesis: post-industrial (robotic) warfare is a war of costs.

Further, an obvious prediction is the transition to the group use of unmanned vehicles controlled by a single operator. The corresponding technologies are being actively developed at present [12-14], group control algorithms are also being developed [15-17], assuming, among other things, self-organization of the group [18-20], and in the future the use of artificial intelligence [21, 22].

We emphasize that it is the group use of unmanned vehicles that is a foreseeable trend not only for economic reasons, but also because of the need for personnel training. For a long time in the world practice there has been a trend, according to which the conduct of combat operations is transferred from mobilization armies to purely contract armies. This is due not only to social factors, but also to the fact that the equipment in service is becoming more and more complex.

Consequently, more and more time is required to train adequate specialists. Such specialists are becoming a “piece commodity”. Their training is very expensive. And if there are trends towards cheaper physical components of robotic weapon systems [11], the question of reducing the number of trained operators as much as possible will inevitably be raised. This is also one of the reasons why the transition to unmanned vehicle groups is inevitable.

We emphasize, in this case we are not talking about trends, but about a prediction that will be realized with a probability exceeding 99%. The adequacy of this forecast is not at all related to the emergence of certain technical achievements, but purely to social and economic factors, which are determinant in this respect.

If in the foreseeable future groups of unmanned aerial vehicles controlled by a single operator will be realized, sooner or later the question will arise about the actions of such groups in a mode as close to autonomous as possible [20, 21]. In other words, it will be a question of groups being interfaced with artificial intelligence systems capable of independently recognizing targets, independently making decisions and acting in a real combat situation.

Thus, even a cursory analysis of the current situation suggests that in the foreseeable future we should expect a paradigm shift in the development of the defense industrial complex and, as a consequence, a paradigm shift in the development of science in general, since the driver here will be defense considerations, which, as the events of the last two years show, will obviously outweigh all others.

Consequently, there is every reason to believe that the world is on the threshold of the next scientific and technological revolution, the driver of which will be, as in previous centuries, the need to create weapons of a fundamentally new type, in particular, weapons interfaced with artificial intelligence.

It is obvious that in such conditions it is advisable for the Republic of Kazakhstan to be proactive, i.e. not to try to copy (or even more so to buy) those weapons that are presented on the market, but to develop its own.

In fact, competition in the military-industrial sphere is currently shifting toward ideas [22, 23]. Indeed, if we talk about groups of unmanned vehicles interfaced with artificial intelligence systems, it is their control algorithms that come to the fore. There is an obvious tendency when physical components of such groups will cost more and more cheaply. This, let us emphasize once again, is due to economic considerations, and such a circumstance can be illustrated by an extremely concrete example.

The cost of the Abrams-type tank currently used by the Ukrainian armed forces is several orders of magnitude higher than the cost of the drone that can destroy it. The same ratio was demonstrated by the Ukrainian side in attacks on the Russian Federation's Black Sea Fleet. The cost of unmanned boats destroying large targets belonging to the RF Black Sea Fleet is more than several orders of magnitude lower than the cost of these targets themselves.

These considerations allow us to assert that the center of gravity will indeed be shifted from the development of equipment to the intellectual component. It is no longer so much the achievements of a country's industry or its potential that comes to the fore, but rather the potential of the ideas that a country can generate. That is why we argue that Kazakhstan can realize the tasks of geopolitical level despite the relatively modest financial resources it can allocate for the development of its defense-industrial complex.

First of all, in this respect, it makes sense to consider the issue of creating a scientific basis for the formation of groups of unmanned aerial vehicles, and from the most general positions, in fact, from the point of view of the philosophy of technological development and general ideas about the essence of scientific and technological paradigms [24, 25].

The structural scheme of the proposed paradigm for the development of such robotic weapons is presented in Figure 1.

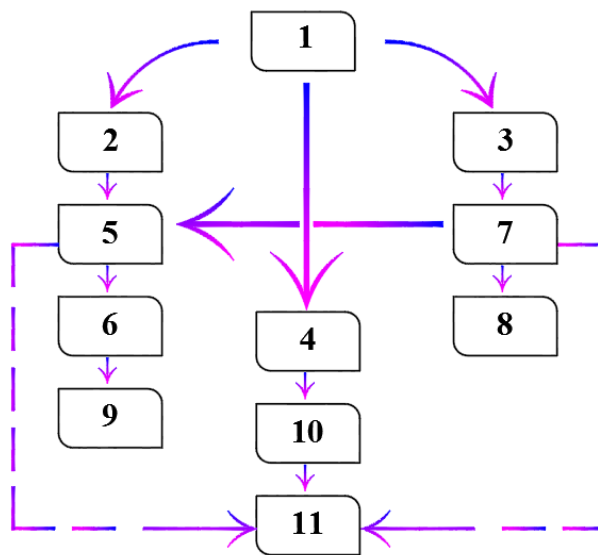


Figure 1 – Structural diagram of the proposed paradigm for the development of robotic armaments

The scheme primarily reflects the following circumstance. The creation of groups of unmanned aerial vehicles at least implies the solution of the following three tasks.

Figure 1 uses the following notations:

1 – 1. Groups of unmanned aircraft or ground vehicles.

2. Algorithms for controlling groups of unmanned aircraft or ground vehicles.
3. Information protection methods specific to the use of groups of unmanned aerial vehicles. (The distance between individual elements of the group corresponds to the zone of direct radio visibility. This necessitates the development of specific information protection methods).
4. Physical components of the group.
5. Justification of the possibility of bringing the control algorithms of groups of vehicles to fuzzy logic and further to multi-valued logic.
6. Proof of the possibility of reducing the operations of multivalued logic to operations in Galois fields. (The number of variables of fuzzy logic used to control drones may not satisfy the criterion pn , where p is a prime number and n is an integer. However, it is always possible to introduce empty commands into use and thus bring the formal number of commands controlled by the drone to a number that meets the possibility of using the corresponding Galois field).
7. Development of quasi-optical information protection systems designed to operate in the radio band and based on the use of a group of vehicles providing wavefront transformation through the use of point-source reduction.
8. A theory that provides a reduction of the description of electromagnetic wave propagation to a discrete form. (This theory, among others, provides the theoretical foundation for the creation of distributed wavefront converters (7). Quasi-optical systems can be assembled on the basis of discrete elements located on board unmanned vehicles).
9. Examples of realization of electronic circuits performing operations in Galois fields. (Scheme of a universal adder providing summation modulo an arbitrary number due to the use of the scheme of bistable states).
10. An example of an unmanned single-axis ground vehicle having the simplest possible construction.
11. Prospective anti-riot system of Skuns-1M type developed by the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan. This system is based on group control algorithms, this system is initially focused on the use of tear agents sprayed by ground-based drones operating as a group. It is expected to utilize control algorithms based on fuzzy logic. The use of this kind of algorithms and information protection method is relevant as it allows to establish production in the Republic of Kazakhstan.

The first is algorithms for controlling groups of unmanned aerial vehicles. This task is far from trivial. At present, a number of approaches to its solution, in particular, reflected in [16-21], have been proposed, but all of them, one way or another, face a very specific problem.

Namely, the issue of the speed at which the onboard computing units of unmanned vehicles should operate is of a fundamental nature. This issue is especially acute in relation to such states as Kazakhstan, which do not yet have their own production of element base for computing equipment. Obviously, in conditions of geopolitical turbulence the supply channels for such elements can always be blocked. Consequently, in order to ensure import substitution, at this stage it is required at least to simplify the design of onboard computing systems as much as possible.

It is this issue, as it will be clear from the following, makes us pay the closest attention to the use of fuzzy logic and closely related multi-valued logic, which, however, is already reflected in the current literature [26-28].

The second challenge is the creation of new approaches to information protection. This problem is in fact most closely related to the first one. The existing approaches to information protection are mainly based on cryptographic methods. There is no need to argue with the fact that this field is

developing extremely rapidly [29-31]. Many significant results have been obtained here, and cryptographic methods are in principle capable of protecting the information transmission channels used in drone groups. However, their use requires more and more performance computing systems.

As a result, a well-defined dialectical contradiction arises - on the one hand, the number of commands actually executed by a drone is limited (this is demonstrated, for example, in [19, 20]). On the other hand, in order to ensure information protection when controlling a drone, it is necessary to use much more powerful computational means. Consequently, there is a question of minimizing the number of operations required for information protection.

Let us emphasize once again that these two tasks are very closely related. Looking ahead, let us also note that information protection with respect to the use of groups of aircraft can be solved with the help of quasi-optical systems. This issue was partly discussed in [32], where it was shown that information protection by quasi-optical means can be realized provided that a group of drones, acting as a distributed receiver, is tuned to a certain point in space where the signal source that is interpreted as “its own” is located. In this case, traditional ways of interfering with the action of a group of drones are ineffective.

Note also that there is a fundamental difference between the bandwidth of the data channel that is associated with the control of drones and the one from them to the operator. The bandwidth of the former of these channels may be made extremely low, since the number of those commands actually executed by the drone is relatively small. The reverse data channel may require a much higher bandwidth, if only simply because the operator needs to transmit video images in one way or another. In any case, this capability is provided for in many practical applications, such as those drones currently used directly on the battle line.

Finally, the third task, which is an integral part of the problem under consideration, is the creation of physical components of drone groups. As follows from the above considerations, as well as from the current practice of using drones, there is a clear tendency to reduce their cost, at least in relation to the objects of attack.

Even if we do not take into account economic calculations, it is obvious that the party that will win is the one that will provide a gain not just in terms of tactical and technical characteristics, but in terms of the ratio of tactical and technical characteristics of the vehicles to their cost. This ratio is analogous to the well-known from everyday life ratio “price/quality”. The quality may be quite low, but if the price is also very, very low, then the given apparatus will be quite usable. And this applies to both civilian and military applications, which follows from more than obvious considerations.

Thus, we have three components for solving the fundamental problem that currently faces the defense-industrial complex of any country, including the defense-industrial complex of Kazakhstan. It is necessary to ensure balanced development of three different fields of science.

One of them is related to fuzzy logic and closely related multi-valued logic. Another is the creation of more and more cheap components of aircraft groups. The third one is related to the creation of fundamentally new approaches to information protection, which will not require high-performance computing equipment.

In this regard, it is appropriate to emphasize once again that the regions where microchip production is concentrated are now becoming points of geopolitical turbulence. Suffice it to take into account the example of Taiwan. It is possible that a number of countries will be cut off from supplies of high-performance computing components for political, or rather geopolitical reasons. Consequently, it makes sense to focus on those components that can be produced in the territory of the Republic of Kazakhstan with the existing infrastructure base. It is appropriate to note that the simplest and cheapest computational systems can be realized, among other things, by switching to

computational systems operating in Galois fields or finite algebraic rings, the corresponding theoretical basis has already been created [33-35].

We emphasize that such components themselves will certainly be uncompetitive if we reason in terms of the global market. However, in the conditions of restricted logistics chains, in the conditions of the sanctions war, such an approach becomes more than justified.

Thus, all three tasks under consideration are obviously interrelated, and all of them are ultimately determined by economic considerations. The algorithm for controlling groups of neural networks makes it possible to reduce the cost of training personnel capable of participating in post-industrial warfare. Reducing the cost of physical components of the groups ensures their efficiency of combat use precisely due to the price reduction, and information protection allows us to move to the use of the cheapest possible computing means due to the refusal of traditional cryptographic methods.

It can be seen that in fact we are talking about solving one and the same problem - reducing the cost of solving all three components of the fundamental problem, which has already been clearly identified by practice.

Here it is advisable to emphasize once again that when we talk about groups of unmanned vehicles, we are considering only the first stage of the predicted scientific and technological revolution in this sphere. The next stage will inevitably involve the use of artificial intelligence. And moreover, we can already now predict, based on the works [22, 28], that research in this direction will inevitably stimulate the creation of artificial intelligence systems of hybrid type.

In particular, it was argued in [22] that it is not so expedient to create artificial intelligence “from scratch”. It is much more effective to try to rewrite on an artificial carrier (at least partially) the intelligence possessed, say, by real combat officers. At first glance, this task looks rather fantastic, but we should take into account the circumstances that were emphasized in [36-38].

Mind, consciousness, and intelligence are fundamentally different entities. Intellect is not identical to consciousness, and accordingly the rewriting of intellect as a system of information processing can be solved in the foreseeable future. However, this is nothing more than a remark, which is intended to emphasize that the creation of groups of unmanned vehicles is not just a great future, but also the prospects for a radical revision of the existing paradigm of science development.

Indeed, in this case, the thesis about the convergence of natural-scientific and humanitarian knowledge, defended, in particular, in the monograph [39], will inevitably become relevant. In order to create artificial intelligence systems interfaced with groups of unmanned vehicles, sooner or later it will be necessary to answer the questions of purely philosophical nature, which were raised in the cited works.

Let us return to the scheme of Figure 1. There is no doubt that an individual drone acting as part of a group can be controlled by commands given in terms of fuzzy logic [26, 27]. In addition to the results of these works, the following obvious circumstance is relevant in this context. For a long time now, a limited set of commands (full forward, forward, small forward, and so on) has been used in maritime applications to control ships. Similarly, the sides of the world in maritime engineering have long been depicted by the so-called rhumb rose Figure 2.

The course setting accuracy, the speed setting accuracy, does not have to be excessively high, so it can indeed be reduced to fuzzy logic variables.

Further, fuzzy logic variables can be put into correspondence with multivalued logic variables. In this respect, the most significant point is that there are means to bring operations within p^n - multivalued logic to operations in Galois fields. In particular, in [33] an algebraic delta function was proposed which solves this problem. By doing so, the following possibility arises. Instead of issuing

commands to a drone acting as a group in terms of fuzzy logic or other ways, it is possible to issue commands directly in Galois fields.

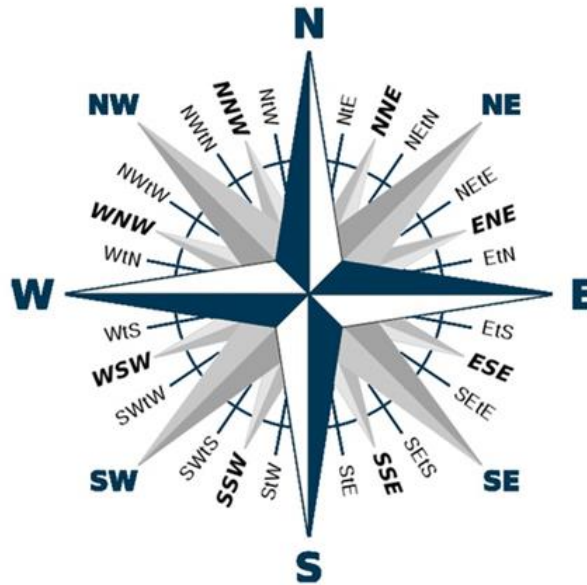


Figure 2 – Rose of rhumbs

Yes, of course, the number of commands executed by the apparatus under consideration may be different from p^n . However, above there is a possibility to introduce into consideration “empty” commands that are not really used. They are needed only to formally extend the list of commands transmitted to the unmanned aerial vehicle to the value represented as p^n . Thereby, in the most general case, it is possible to reduce any commands coming to the drone's input to a form consistent with the use of Galois fields. This fact is extremely important.

Consider an arbitrary configuration of drones acting as part of the group of Figure 3. From the most general considerations, as well as from the results of [19,20], it is obvious that the action of a drone in a group, provided that it is controlled by a single operator, is determined not only directly by the commands coming from the operator, but also by the data coming from the other elements of the group.

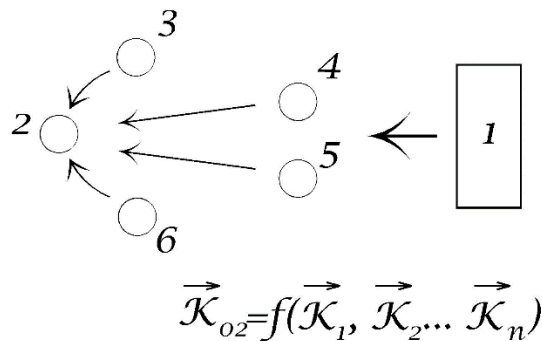


Figure 3 – Illustration of the formation of executable commands by a drone acting as part of a group

The simplest case illustrating this situation was considered in [19]. Specifically, this work considered the possibility of controlling a group of drones by building them into an ordered structure. In one of the simplest cases such an ordered structure can be a regular hexagon. According to the algorithm considered in this paper, it is assumed that in the self-organization mode the drones occupy the position corresponding to the vertices of the hexagon, and the operator gives a command to a virtual material point located in its center.

This rather simple example shows a fundamental circumstance related to the control of groups of vehicles. The information that is transformed into executable commands comes not only from the operator, but also from the other elements of the group. In other words, in the most general case, the on-board computing unit must perform an operation connected with transformation of incoming information into an executable command. And this is what makes the use of Galois fields as a means of describing commands more than relevant.

Indeed, if the information coming from the other elements of the group, as well as the commands coming from the operator, are represented as elements of a Galois field, then their transformation into an executable command in the most general case will be a function of several variables taking values in the Galois field and which itself takes a value in the same field. This is the subject of [33]. In it, it was shown that it is possible to realize a particular polynomial that allows to perform exactly this kind of actions. In other words, if we represent all information in a form corresponding to Galois fields, then the transformation of this information into an executable command can also be represented by a function taking values in a Galois field, whose arguments also take values in a Galois field.

In general, this type of function is represented in tabular form. However, it is possible to cast this function into a well-defined polynomial. This problem was solved in the aforementioned paper [33].

Thus, a general methodological approach to the creation of algorithms for controlling groups of unmanned vehicles does exist, and it is based on the theory of abstract algebras. Further the question is to concretize it in relation to the solution of specific tasks, but this is already most closely connected with those artificial intelligence systems that will be used in the future.

The use of distributed quasi-optical systems, discussed, in particular, in [32], in turn, is based on a quite definite theory, the development of which goes back to the question of the justification of the Huygens Fresnel principle [40,41]. Until very recently, the justification of this principle was based on the Green's function apparatus (another name is fundamental solutions).

Studies in the field of Fourier optics have shown [40,41] that an alternative approach to the justification of this principle can be proposed. It turned out that the possibility of its justification turns out to be most closely related to the problems in the field of information theory as applied to radio wave propagation.

Classical radio transmitting systems, one way or another, are oriented on the existence of a quite definite communication channel, which can be conditionally called one-dimensional. Say, as a one-dimensional one can consider a communication channel, which is created by one single wire between two subscribers. Similar communication channels are created between subscribers using, say, modern technologies, including cellular communication technologies. Ultimately, they are designed to link one point to another. However, a radio wave is also an electromagnetic wave that is completely analogous to an optical range wave.

The difference is due solely to geometry. More precisely, if we mentally increase the size of the light receiver (e.g., the eye) by as many times as the radio wave exceeds the optical wavelength, there will be no difference. At least, no difference in principle.

As we know, in physics there is no concept of “small magnitude” if such magnitude has dimensionality. Only a dimensionless parameter can be “small”. Accordingly, if we move to the use of groups of aircraft that occupy a sufficiently extended position in space, we can use the concept of radiolucency and other direct analogies with optics. In particular, as noted above, we can set out to create focusing systems that will identify the position of a signal source in space. However, for this purpose it is necessary to work not with a radio wave, which arrives to a point receiver, but with a front distributed over one or another surface.

The results of [42,43] allow us to state that, provided that inhomogeneous waves are excluded from consideration, it is possible to move from a continuous distribution to a point distribution. This result was obtained largely based on the well-known Nyquist-Shannon theory [42]. However, there is a fundamental difference here. When we speak about the classical Nyquist-Shannon theory, then the limitation of the frequency range is introduced artificially. When we talk about the propagation of radio waves, the limitation of the spectral range arises naturally, when inhomogeneous waves are excluded from consideration. Thus it becomes possible to reduce the description of the wavefront to the transformation performed by point sources. This, we emphasize again, is proved by the results of [42,43].

Thus, there is a kind of conjugation of two tasks out of three, which are the basis of the paradigm under consideration.

We have a very close connection between the issue of creating groups of drones and the creation of new information protection systems focused on the identification of the location of the signal source. In this case, the channel of information transmission is protected not cryptographically, but physically, and this excludes any possibility of outside influence on it. In parallel, this allows to significantly reduce the performance of computing systems that are used to provide secure communication channels.

The third task is obviously related to the first two. If it is possible to drastically reduce the cost of training, drastically reduce the cost of providing information protection, then it remains possible to reduce the cost of creating components of unmanned systems. This task can also be solved by quite simple means. Moreover, the relevant trends are already clearly visible in practice. In particular, many of the drones that are actually used on the battle line are minor modifications of commercial systems that were introduced on the market a few years ago. In fact, we are talking about the fact that the decreasing cost of the physical components of groups of aircraft brings the task of designing them to the level of aircraft modeling circles, which is confirmed by current practice. In particular, the opposing sides, we mean Ukraine and the Russian Federation, increasingly use the creative potential of various kinds of volunteers and improve this kind of systems.

The paradigm considered in this paper aims to make the simplification of drone design systematic.

In part, this problem has been largely solved. We have patented [44] the design of a ground-based single-axis unmanned aerial vehicle, which in the initial modification allows for use as a minesweeper, for example, to defuse mines of the type “Lepestok” and their modifications, as well as to defuse submunitions that may fall on civilian objects when the carrier is hit by air defense equipment.

This design allows for a wide variety of modifications. In particular, one of them directly meets the needs of socio-political stability in Kazakhstan. Specifically, we are talking about the development of anti-riot systems. As the events of January 2022 have shown, the light and noise grenades and other special means, which are in service of the law enforcement agencies of the Republic of Kazakhstan, are far from being as effective as it is necessary from the point of view of

real counteraction to mass riots. Of course, here we can discuss not only the effectiveness of these means, but also the effectiveness of their use, which is related to the degree of training of personnel of law enforcement agencies and other similar issues.

Accordingly, in these conditions it is desirable to create a system that can operate in an autonomous mode with remote control by operators who will not be under the influence of any factors related to the actions of instigators or participants of mass riots. Obviously, when using flash-bang grenades, a law enforcement officer comes into close enough contact with the rioters to cause problems.

In this sense, the use of robotic systems is bound to be much more effective, especially if they act as part of a team. In fact, a group of unmanned robots can be used instead of law enforcement units to suppress riots, with the operator being as protected as possible because he is far away from the rioters themselves and can control them via radio. These considerations alone are sufficient to conclude that there is a need for the realization of groups of drones capable of countering mass riots.

In fact, we are talking about the fact that the fundamental problems considered in this paper can find their real practical embodiment, and in tasks that are obviously relevant for the Republic of Kazakhstan, since there is no guarantee that due to certain factors associated with increased geopolitical turbulence, the events of January 2022 may not be repeated. In conditions when the actions of the participants of mass disorder can be inspired from abroad, the question arises, among other things, about the protection of data transmission channels.

In particular, an unmanned aerial vehicle of the type [44] can be equipped with special means to counteract mass riots, for example, based on tear gas components. This will not require a fundamental modernization of the design of a single-axis unmanned aerial vehicle, since atomizers of tear gas or other special means can be installed directly on the axis of the vehicle. Thus, a minor modernization of the vehicle provides the solution of tasks that are more than relevant for the RK. For obvious reasons, the very design of this modernization of the unmanned aerial vehicle of the type [44] is not considered here. However, this work lays the foundations, including for its creation.

Funding: This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP15473224).

References:

1. Mikitenko V.M., Bukhtiarov D.V., Butenko V.G. Features of the use of air attack and air defense forces in local conflicts //Materials of the V International Scientific and Practical Conference, Dynamics of development of the military education system. – 2023. – С. 440-447.
2. Suleimenov I.E., Vitulyova Y.S., Gabrielyan O.A. Dialectics of scientific revolutions from the point of view of innovations theory //Wisdom. – 2022. – № 4 (24). – P. 25-35.
3. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Pak I.T., Panchenko S.V., Mun G.A. Innovation scenarios in post-industrial society /Print Express. V., Mun G. A. Innovative scenarios in post-industrial society – Almaty: Print Express, 2016.
4. Kogtin A.V. V., Shaidurov G. a. Prospects for the development of small unmanned aerial vehicles and the problem of their detection //Voennaya Mysl. – 2023. – № 1. – С. 61-65.
5. Ananyev A.V., Filatov S. Justification of a new way of joint application of aviation and short-range drones in operations //Voennaya Mysl. - 2018. - № 6. - P. 5-13.

6. Vasilchenko A.S., Ivanov M.S., Kolmykov G.N. Formation of flight routes of unmanned aerial vehicles taking into account the location of air defense and electronic suppression means // *Control, Communication and Security Systems*. - 2019. - № 4. - С. 403-420.
7. Gadzhieva S.A., Kurbanov S.K. Unmanned aerial vehicles application and prospects of their development // *Computer technologies and modeling in science, technology, economics, education and management: trends and development*. - 2019. - С. 140-142.
8. Skudneva O.V. Bezalternivnosti unmanned aerial vehicles in the realities of today's geopolitics // *Scientific trends: issues of exact and technical sciences*. - 2018. - С. 27-35.
9. Los A.P., Tkachev V.R. Features of the application of unmanned aerial vehicles in the Navy // *Voennaya Mysl*. - 2023. - № 12. - С. 29-34.
10. Dzhanibekov R.Yu., Abbasov I.B. Features of the application of marine drones in the special military operation in Ukraine, prospects for the development of naval robotic complexes // *Mat. Conf. "Memorable dates-days of military glory of Russia. Dedicated to the 80th anniversary of the Battle of Kursk and the 210th anniversary of the Battle of Nations"*. - 2023. - С. 267-274.
11. Mun G.A., Vituleva E.S., Baipakbaeva S.T., Kabdushev Sh.B., Suleimenov I.E. Problematics of post-industrial warfare and business educational ecosystems // *Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan*. - 2020. - № 4 (78). - С. 88-93.
12. Wang C., Su Y., Wang J., Wang T., Gao Q. UAV Swarm Dataset: An Unmanned Aerial Vehicle Swarm Dataset for Multiple Object Tracking // *Remote Sens*. - 2022. - № 14. - P. 2601.
13. Liu J., Liao X., Ye H., Yue H., Wang Y., Tan X., Wang D. UAV Swarm Scheduling Method for Remote Sensing Observations during Emergency Scenarios // *Remote Sens*. - 2022. - № 14. - P. 1406.
14. Campion M., Ranganathan P., Faruque S. UAV swarm communication and control architectures: a review // *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. - 2019 - № 7(2). - P. 93-106.
15. Ding Ya., Yang Zh., Pham Q.-V., Hu Y., Zhang Zh., Shikh-Bahaei M. Distributed Machine Learning for UAV Swarms: Computing, Sensing, and Semantics // *IEEE Internet of Things Journal*. - 2024 - Vol. 11. - № 5. - P. 7447-7473.
16. Li C., Guo G., Yi P., Hong Yi. Distributed Pose-Graph Optimization With Multi-Level Partitioning for Multi-Robot SLAM // *IEEE Robotics and Automation Letters*. 2024. - Vol. 9, № 6. - P. 4926-4933.
17. Liu We., Gao Z. A distributed flocking control strategy for UAV groups // *Computer Communications*. - 2020. - Vol. 153. - P. 95-101.
18. Zhao H., Liu H., Leung Y. W., Chu X. Self-adaptive collective motion of swarm robots // *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. - 2018. - № 15(4). - P. 1533-1545.
19. Ermukhambetova B. B., Suleimenov I. E., Vituleva E. S., Konshin S. V. V., Kadyrzhan K. N., Kabdushev Sh. B., Mun G. A. Algorithm of group control of the game prototype of the combat neural network // *Bulletin of NIA RK*. - 2022. - № 4(86). - С. 52-61.
20. Mun G.A., Vituleva E.S., Konshin S.V., Suleimenov I.E. Algorithmic basis of functioning of partially autonomous combat neural networks: algebraization of language forms // *Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan*. - 2022. - № 1 (83). - С. 103-112.
21. Xinhua W., Guanyu C., Huajun G., Ju J. UAV swarm autonomous control based on Internet of Things and artificial intelligence algorithms // *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. - 2021. - Vol. 40, № 4. - P. 7121-7133.
22. Suleimenov I.E., Ermukhambetova B.B., Vituleva E.S., Mun G.A. Development of artificial intelligence of defense significance: a view from the perspective of the history of science // *Bulletin of the National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan*. - 2023. - № 4 (90). - С. 82-94
23. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Malenko S.A., Vitulyova Y.S., Nekita A.G. Algorithmic Basis Of Battle Neural Networks And Crisis Phenomena In Modern Society // *Perishable And Eternal: Mythologies and Social Technologies of Digital Civilization*. - 2021. - Vol 120. - P. 247-255.
24. Vitulyova E.S., Gabrielyan O.A., Grigoriev P.E. et al. Formation of research programs as a task of applied philosophy // *Practical philosophy: state and prospects: collection of materials of the scientific conference*. - 2021. - С. 140-156.

25. Suleimenov I. E., Gabrielyan O. A., Konshin S. V., Bakirov A. A. V., Bakirov A. S., Vituleva E. S., Shaltykova D. B. Phenomenon of “strategic intelligence” in the digital society: noospheric transitivity of intelligent security systems // *Noospheric Studies*. - 2021. - № 3. - С. 47-58.
26. Quesada W.O. et al. Artificial Intelligence and Soft Computing // *Lecture Notes in Computer Science*. – 2018. – Vol. 10842. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91262-2>
27. Hafez T., Kamel M. A. Fault-tolerant control for cooperative unmanned aerial vehicles formation via fuzzy logic // *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*. – 2016. – P. 1261-1266.
28. Gabrielyan O.A., Vitulyova Ye. S., Suleimenov I. E. Multi-valued logics as an advanced basis for artificial intelligence // *Wisdom*. – 2022. – № 1(21). – P. 170-181.
29. Ramos-Cruz B., Andreu-Perez J., Martínez L. The cybersecurity mesh: A comprehensive survey of involved artificial intelligence methods, cryptographic protocols and challenges for future research? // *Neurocomputing*. – 2024. – Vol. 581. – P. 127427.
30. Aissaoui R., Deneuville J.-C., Guerber C., Pirovano A. A survey on cryptographic methods to secure communications for UAV traffic management. // *Vehicular Communications*. – 2023. – Vol. 44. – P. 100661.
31. Ibrahimov B.G., Humbatov R.T., Ibrahimov R.F. Cryptographic methods and means protection transmitted information in telecommunication systems. // *IFAC-PapersOnLine*. – 2018. – Vol. 51, № 30. – P. 821-824.
32. Ermukhambetova B.B., Mun G A., Kabdushev S.B., Kadyrzhan A.B., Kadyrzhan K.K., Vitulyova Ye.S., Suleimenov I.E. New approaches to the development of information security systems for unmanned vehicles // *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. – 2023. – Vol. 31, № 2. – P. 810-819.
33. Suleimenov I.E., Vitulyova Y.S., Kabdushev S.B., Bakirov A.S. Improving the efficiency of using multivalued logic tools // *Scientific Reports*. – 2023.– № 13(1). – P. 1108.
34. Suleimenov I.E., Vitulyova Y.S., Kabdushev S.B., Bakirov A.S. Improving the efficiency of using multivalued logic tools: application of algebraic rings // *Scientific Reports*. – 2023. – № 13(1). – P. 22021.
35. Matrassulova D.K., Vitulyova Y.S., Konshin S.V., Suleimenov I.E. Algebraic fields and rings as a digital signal processing tool // *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. – 2023. – № 29(1). – P. 206-216.
36. Suleimenov I.E., Matrassulova D.K., Moldakhan I., Vitulyova Y.S., Kabdushev S.B., Bakirov A.S. Distributed memory of neural networks and the problem of the intelligences essence // *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. – 2022 – № 11(1). – P. 510-520.
37. Suleimenov I.E., Vitulyova Y.S., Bakirov A.S., Gabrielyan O.A. Artificial Intelligence: what is it? // *In Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications*. – 2020. – P. 22-25.
38. Vitulyova Y.S., Bakirov A.S., Baipakbayeva S.T., Suleimenov I.E. Interpretation of the category of “complex” in terms of dialectical positivism // *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020 – Vol. 946, № 1. – P. 012004.
39. Gabrielyan O.A., Suleimenov I.E. Theory of complex systems: noospheric context. Simferopol: Publishing House of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. V.I. Vernadsky". - 2023. - 168 с.
40. Suleimenov I.E., Tolmachev Y.A. On the possibility of generalization of Fourier optics // *Optics and spectroscopy*. – 1994. – № 76 (6). – P. 893-898.
41. Suleimenov I.E., Tolmachev Y.A. Generalized Fourier optics. I. Reflection of monochromatic radiation from mirrors of arbitrary shape // *Optics and spectroscopy*. – 1994. – № 77 (1). – P. 119-124.
42. Vitulyova Y.S., Suleimenov I.E., Matrassulova D.K., Bakirov A.S. Discrete form of the Huygens-Fresnel principle: to the multi-dimensional analog of the Nyquist–Shannon sampling theorem // *International Journal of Information Technology*. – 2023 – № 15(7). – P. 3751-3759.
43. Vitulyova Y., Kadyrzhan K., Kadyrzhan A., Shaltykova D., Suleimenov I. Reducing the description of arbitrary wave field converters to tensor form // *International Journal of Information Technology*. – 2024. – P. 1-10.

44. Pat. 36667. Robot for demining /Mun G.A., Baipakbaeva S.T., Kabdushev Sh.B., Kadyrzhan K.N., Vitulyova E.S., Suleimenov I.E.; published 29.03.2024.

Поступила 14 февраля 2023 г.

МРНТИ 47.49.29

УДК 621.396.96

ҮЛЕСТІРІЛГЕН РАДИОЛОКАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР: МЕТАБЕТТЕР МЕН МЕТАМАТЕРИАЛДАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Қадыржан А.Б.¹, Қадыржан Қ.Н.¹, Сулейменов И.Э.², Жауыт Ә.¹, МунГ.А.^{2,3}

¹ Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,

² Қазақстан Республикасының Ұлттық Инженерлік Академиясы

³ Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті

Алматы, Қазақстан

e-mail: aru.kadyrzhan@gmail.com

Қазіргі заманғы (постиндустриалды немесе гибриді) соғыстың сапалық жағынан әртүрлі сипаты әскери операцияларға немесе оларды қолдауға қандай да бір қатысы бар барлық жүйелерді сөзсіз сапалы өзгертуге әкелетіні көрсетілген. Осыған байланысты қашықтықтан анықтау радиолокациялық жүйелері ерекшелік бола алмайды. Істің қазіргі жағдайы «роботтық соғыс - шығындар соғысы» тезисіне сәйкес келеді, ол, атап айтқанда, ауыр жауынгерлік көліктердің тиімділігін күрт төмендетеді, өйткені оларды ұшықшысыз аппараттарды пайдалану арқылы жою шығындары жауынгерлік машинаның, мысалы, танктің өзіндік құнынан әлдеқайда аз. Қашықтықтан анықтау радиолокациялық жүйелері әуе шабуылына қарсы қорғаныстың ең қымбат құрамдастарының бірі болып табылады, сондықтан бұл тезис оларға қатысты анық және бұл қолда бар жанама деректермен расталады. Осының негізінде жақын болашақта деректер алмасу жүйесі арқылы бір бүтінге қосылған, бір-бірінен тәуелсіз көптеген физикалық құрамдастардың негізінде құрылған үлестірілген радиолокациялық жүйелерді құру мәселесін қоюдың мәні бар екені көрсетілген. Бұл өте күрделі мәселені шешуге метаматериалдар (теріс сыну көрсеткіші бар материалдар) және метабеттерді пайдалану арқылы қол жеткізуге болатыны көрсетілген. Осыған байланысты олардың артықшылығы салыстырмалы түрде әлсіз әсерлерді (электр токтары және т.б.) пайдалана отырып, оптикалық сипаттамаларды басқару мүмкіндігі болып табылады. Үлестірілген радиолокациялық жүйелерді құру үшін белгілі типтегі метаматериалдарды, оның ішінде қазақстандық физика-химиялық мектептердің жетістіктері негізінде жасалған метаматериалдарды пайдаланудың нақты мүмкіндіктері талқыланады.

Түйінді сөздер: радиолокация, фокустау жүйелері, метаматериалдар, метабеттер, жауынгерлік роботтық жүйелер, ұшықшысыз аппараттар, постиндустриалдық соғыс.

Показано, что качественно иной характер современной (постиндустриальной или гибридной) войны неизбежно приведёт к качественным трансформациям всех без исключения систем, имеющих то или иное отношение к военным действиям или их обеспечению. В этом отношении радиолокационные системы дальнего обнаружения не могут составлять исключения. Текущее положение дел отвечает тезису «роботизированная война – это война стоимостей», что, в частности, резко снижает эффективность тяжёлых боевых машин так как затраты на их уничтожение при помощи беспилотных аппаратов на порядок и более меньше стоимости самой боевой машины, например, танка. Радиолокационные системы дальнего обнаружения являются одними из наиболее дорогостоящих компонент противовоздушной обороны, поэтому данный тезис

заведомо относится и к ним, что уже подтверждается имеющимися косвенными данными. На данной основе показано, что в обозримой перспективе имеет смысл ставить вопрос о создании распределённых радиолокационных систем, созданных на основе большого количества физических независимых друг от друга компонент, связанных в единое целое системой обмена данными. Показано, что решение данной исключительно сложной задачи может быть осуществлено за счет использования метаматериалов (материалов с отрицательным значением показателя преломления) и метаповерхностей. Их преимуществом в рассматриваемом отношении является возможность управления оптическими характеристиками при помощи сравнительно слабых воздействий (электрические токи и т.д.). Обсуждаются конкретные возможности использования метаматериалов известных типов, в том числе, создаваемых на основе достижений казахстанских физико-химических школ, для создания распределённых радиолокационных систем.

Ключевые слова: радиолокация, фокусирующие системы, метаматериалы, метаповерхности, боевые робототехнические системы, беспилотные аппараты, постиндустриальная война.

It is shown that the qualitatively different nature of modern (post-industrial or hybrid) war will inevitably lead to qualitative transformations of all systems without exception that have one or another relation to military operations or their support. In this regard, early warning radar systems cannot be an exception. The current state of affairs corresponds to the thesis "robotic war is a war of costs," which, in particular, sharply reduces the effectiveness of heavy combat vehicles since the costs of destroying them using unmanned vehicles are an order of magnitude or less than the cost of the combat vehicle itself, for example, a tank. Early warning radar systems are one of the most expensive components of air defense, so this thesis obviously applies to them, which is already confirmed by the available indirect data. On this basis, it is shown that in the foreseeable future it makes sense to raise the question of creating distributed radar systems created on the basis of a large number of physical components independent of each other, connected into a single whole by a data exchange system. It is shown that the solution to this extremely complex problem can be achieved through the use of metamaterials (materials with a negative refractive index) and metasurfaces. Their advantage in this regard is the ability to control optical characteristics using relatively weak influences (electric currents, etc.). Specific possibilities of using metamaterials of known types, including those created on the basis of the achievements of Kazakhstan physico-chemical schools, to create distributed radar systems are discussed.

Keywords: radar, focusing systems, metamaterials, metasurfaces, combat robotic systems, unmanned vehicles, post-industrial war.

Кіріспе

[1] Жұмыста болжамдалғандай, қазіргі заманғы соғыс 2022 жылдың 24 ақпанында Украина аумағында басталған қақтығыстармен расталған сапалы басқа сипатқа ие болды. [2] атап өткендей, әскерлердің роботтық қарумен жауынгерлердің айтарлықтай қамтамасыз етілуі [1] болжанған әскери істердегі революция іс жүзінде орын алды деп айтуға мүмкіндік береді.

Ұшыраған өзгерістердің ең маңызды мысалы - танктер сияқты қару-жарақ жүйелерінің осалдығы, негізінен экономикалық аспектіде. Құны шамамен мың доллар тұратын бір ұшқышсыз ұшу аппараты (ұшқышсыз ұшу аппараты) құны ондаған миллион доллар немесе одан да көп болатын бронды көлікті жоюға қабілетті.

Әлемдегі ірі державалардың көпшілігінің флоттарымен қызмет ететін классикалық үлгідегі кемелерге қатысты осындай қорытынды жасауға болады. Қақтығыстың украиндық жағы қолданатын ең арзан ұшқышсыз қайықтар РФ Әскери-теңіз күштерінің (ӘТК) нысандарына жасалған шабуылдарда өзінің өте маңызды тиімділігін көрсетті [3].

Бұл тенденция барлық басқа қорғаныс жүйелеріне, соның ішінде әдетте стратегиялық деп жіктелетін жүйелерге сөзсіз әсер етеді деп болжауға толық негіз бар. Атап айтқанда, әңгіме геостратегиялық тепе-теңдіктің құрамдас бөлігін құрайтын қашықтықтан анықтау радиолокациялық станциялары (ҚАРЛС) туралы болып отыр. Қырғи-қабақ соғыс кезінде бұл аймақта да геосаяси бәсекелестік орын алғанын және соғысушы тараптар орасан зор қаражат жұмсалған ықтимал жаудың аумағын барынша толық радиолокациялық қамтуды қамтамасыз етуге ұмтылғанын атап өткен жөн [4]. Бұл мәселені шешу жалпыға қолжетімді деректерден байқауға болатын нағыз циклоптық құрылымдардың пайда болуына әкелді. Мысалы, «Рособоронэкспорт» АҚ веб-сайтында қазіргі уақытта «Резонанс-НЭ» [5] қашықтықтан анықтау радиолокациялық станциясын жарнамалайды. Бұл станция, әзірлеушілердің айтуынша, ұзақ қашықтыққа (1100 км-ге дейін), әуе нысаналарын (100 км-ге дейін), оның ішінде гипердыбыстық және «Стелс» технологиясымен жасалғандарды қоса алғанда, барлық биіктікте анықтауға қабілетті.

Бұл құрылымның масштабын әзірлеушінің веб-сайтында [5] ұсынылған фотосуреттен көруге болады (1-сурет).



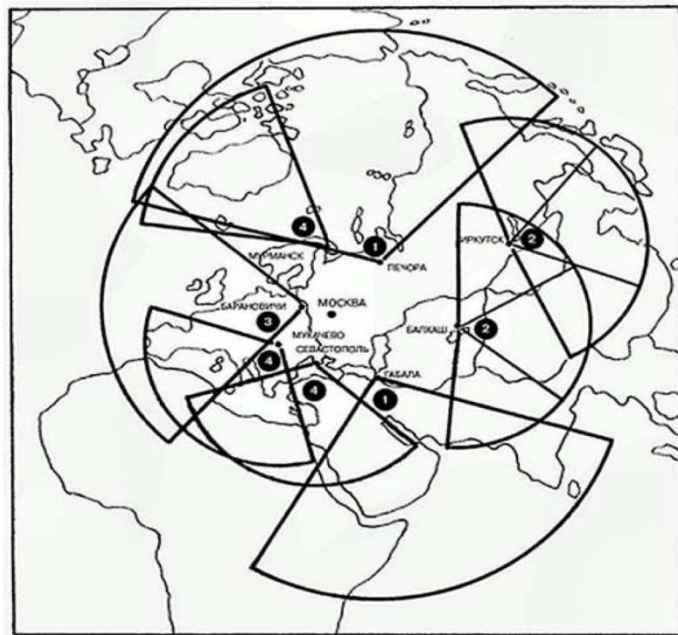
1-Сурет – «Резонанс-НЭ» ҚАРЛС-ы, «Рособоронэкспорт» АҚ сайтынан алынған сурет [5]

Осы түрдегі жүйелерді құру шығындарын көрсететін нақтырақ ақпарат, мысалы, [4] жұмыста келтірілген. Келтірілген жұмыста КСРО ҒА-ның Радиотехника институтында әзірленген және Мәскеу маңында салынған (Софрино, құрылысы 1978 жылы басталды) «Дон-2Н» ҚАРЛС жасау үшін 30 мың тоннадан астам металл, 50 мың тонна бетон, 20 мың км кабель, жүздеген километр су құбырлары және т.б. жұмсалғаны атап өтілді (2-сурет). Станцияның 1996 жылы ғана жауынгерлік кезекшілікке алынғанын ерекше атап өткен жөн.

Қырғи қабақ соғыс кезінде кеңестік тараптың ҚАРС құруға жұмсалған шығындардың ауқымын зымырандық шабуыл туралы ескерту жүйесінің негізгі құрамдас бөліктерінің бірі болып табылатын кеңестік ҚАРЛС-дың солтүстік жарты шарды радиолокациялық қамту картасының (3-сурет) негізінде де бағалауға болады. Бұл жүйенің радиолокациялық станциялардың шектеулі санын қамтығанын көруге болады, бірақ олардың әрқайсысында жауапкершіліктің маңызды секторы болды.



2 – Сурет – «Дон-2Н» ҚАРЛС-ы [4]



3-Сурет – КСРО-ның 1980 жылғы жағдайы бойынша зымырандық шабуыл туралы ескерту жүйелерінің ҚАРЛС бақылау зоналары [4]

Қашықтықтан анықтау радиолокациялық станцияларының зымырандық шабуыл туралы ескерту жүйелерінің шектеулі санымен әрқайсысы өте жоғары бағаланатыны сөзсіз, сондықтан, кем дегенде, «танк құны – оны бұзатын ұшқышсыз ұшақтың құны» логикасын осы тектес нысандарға қатысты да жалғастыру туралы мәселені көтеруге рұқсат етіледі.

Оның үстіне, онлайн-ресурстардағы тексерілмейтін деректерге сәйкес, Украина тарапы қазірдің өзінде қаралып жатқан түрдегі нысандарға шабуыл жасау мүмкіндігін сынап жатыр. Қалай болғанда да, Украинаның ұшқышсыз ұшақтарының Ресей Федерациясының

аумағының тереңдігінде (Татарстанға дейін) орналасқан мұнай өңдеу зауыттарына (МӨЗ), яғни, анық стратегиялық болып табылатын нысандарға шабуыл жасау фактісі расталды.

Демек, әскери істердегі төңкеріс логикасы тұрғысынан бірақ постиндустриалды логикада көрсетілгендей, атап айтқанда, [1] ауқымды және қымбат радиолокациялық станцияға ұқсас мәселені шешетін жүйелерге көшу туралы мәселені көтеру жеткілікті.

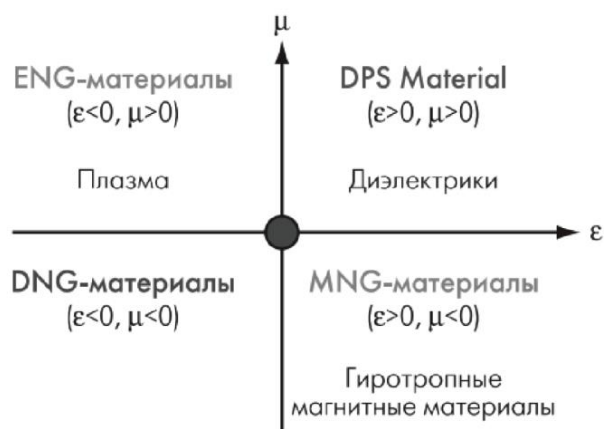
Бұл жұмыста мұндай мәселені шешу, атап айтқанда, [6] қарастырылған үлестірілген жүйелерге көшуге негізделген тривиальды емес тәсілдерді қолдануды талап ететінін көрсетеді. Бұл тәсіл, өз кезегінде, бізді метаматериалдар мен метабеттерге мұқият назар аударуға мәжбүр етеді.

Белгілі болғандай [7–9], метаматериалдар мен метабеттер оптикалық және радио диапазонда (жиілік-селективті беттер, кеңістіктік поляризациялық сүзгілер, поляризаторлар, радиожұтқыш материалдар мен жабындардың, мысалы, «Стелс» және т.б. сияқты технологиялардың) жұмыс істейтін бірқатар жүйелер үшін перспективті негіз болып табылады. Метаматериалдар мен метабеттердің бұрыннан белгілі қасиеттері, сондай-ақ оларды өндірудің белгілі әдістері осы жұмыста көрсетілген [6]-да ұсынылған тәсілмен үйлесімде радиолокациялық жүйелерді құру тәсілдерін және болашақта ҚАРЛС үшін айтарлықтай қайта қарастыруға мүмкіндік береді.

Әдістер

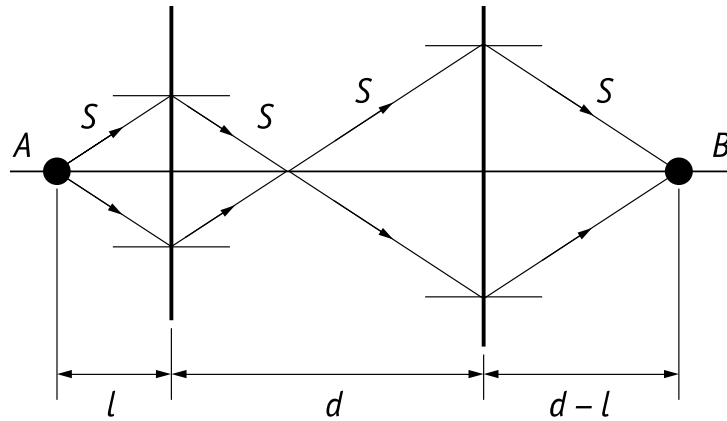
Бұл жұмыста қолданылатын негізгі әдіс ашық баспасөз деректері негізінде озық қорғаныс техникасын құру саласындағы бар тенденциялардың дамуын талдау болып табылады. Осыған байланысты бұл жұмыс [1] жұмыстың жалғасы болып табылады, онда ұқсас әдістерді қолдана отырып, 2022 жылдың 24 ақпанында басталған оқиғалар кезінде толық расталған болжам, соның ішінде, метаматериалдар мен метабеттер туралы қолжетімді ақпаратты талдау берілген.

Диэлектриктің ϵ магниттік өткізгіштігі μ мәндері бойынша материалдардың жіктелуі 4 суретте [10] көрсетілген. $\epsilon < 0$ және $\mu < 0$ болатын орталар теріс сыну көрсеткішімен сипатталады және дәл солар көптеген белгілі метаматериалдардың негізін құрайды. Мұндай орталарды көбінесе бинегативтік (DNG, double negative) деп аталады.



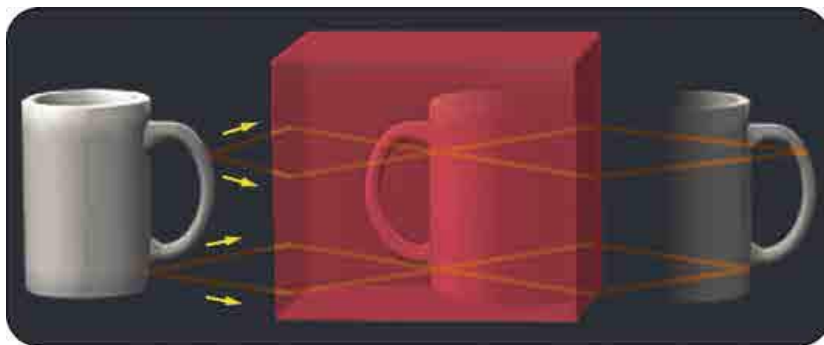
Сурет 4 – Диэлектрик ϵ және магниттік өткізгіштік μ белгісіне байланысты физикалық орталардың жіктелуі [10]

Теріс сыну көрсеткіші бар ортаның [11] теориялық тұрғыдан болжанған көптеген тривиальды емес қасиеттері бар. Оларды суреттеу үшін кеңестік физик В.Г. Веселаго ұсынған линза жұмысының диаграммасы жиі қолданылады (5-сурет). Теріс сыну көрсеткіші бар материалдан жасалған жалпақ пластина болып табылатын осындай линзасы бар кескіндердің құрылысының көрнекі иллюстрациясы 6-суретте көрсетілген.



5-Сурет – Веселаго линзасындағы сәуле жолы (S): A – сәуле көзі, B – сәуле көзінің кескіні, d – пластина қалыңдығы, l – пластинадан сәуле көзінің қашықтығы [12]

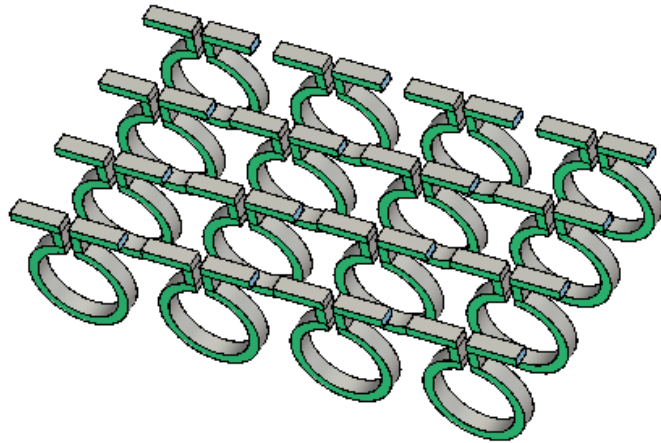
5-суреттегі сұлба теріс сыну көрсеткіші бар материалдарының ең тамаша қасиеттерінің бірін пайдаланады. Сынған сәуле нормадан бетке қарама-қарсы бағытта ауытқиды. Осының арқасында бастапқы кескін екі нүктеге бағытталған: біреуі DNG материал қабатының ішінде, екіншісі пластинаның оң жақ шетінен $d - l$ қашықтықта оның сыртында. Мұндай линзада фокус жазықтығы болмайды және ол объектінің үш өлшемді нақты бейнесін жасайды (6-сурет).



6-Сурет – Веселаго линзасындағы сәуле жолының 3D-сұлбасы [12]

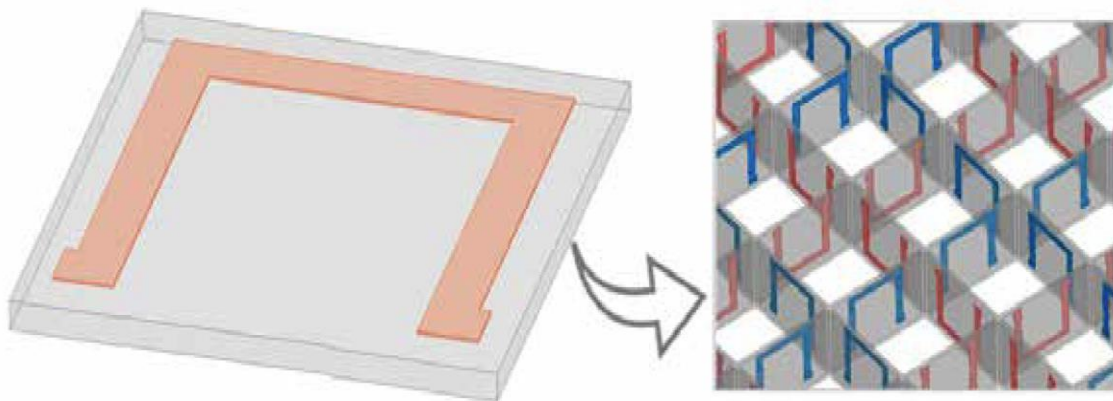
Қазіргі уақытта теріс сыну көрсеткіші бар метаматериалдар көбінесе диэлектрлік ортаның ішінде орналасқан әртүрлі өткізгіш элементтерді пайдалану арқылы жасалады. Сол сияқты, метабеттер өте қарапайым құралдармен ұқсас элементтерді пайдалану арқылы, бірақ бір немесе бірнеше қабаттарда орналастырылуы мүмкін.

Біқтимал нұсқалардың бірі ол – омега элементі деп аталатын, яғни грек әрпі омега түріндегі өткізгіш элемент (7-сурет).



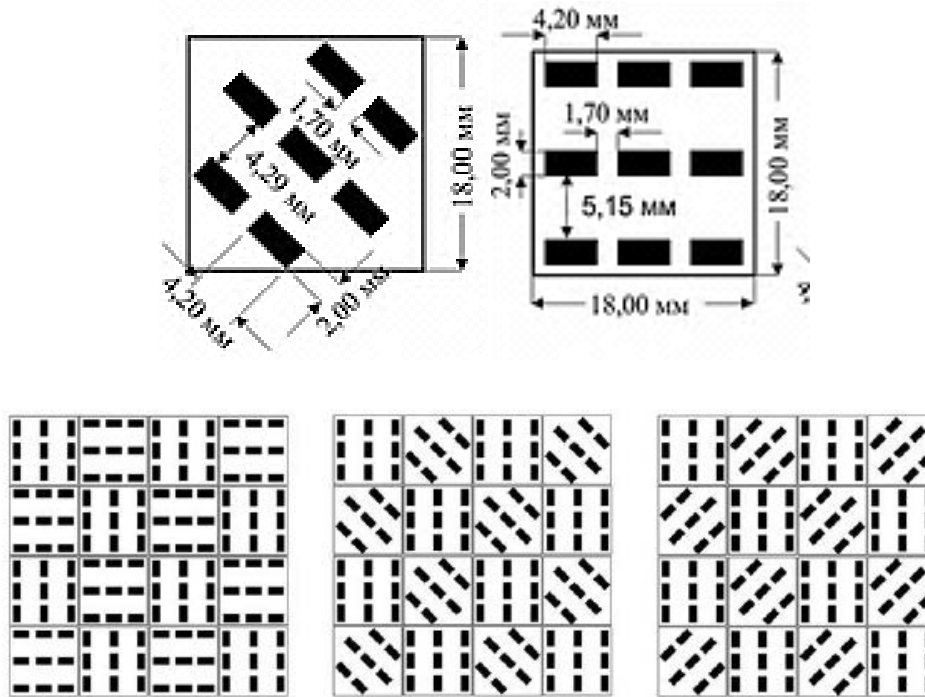
7-Сурет – Металл омега бөлшектеріне негізделген метабет [13]

Әрбір осындай бөлшекте түсетін электромагниттік толқын омега элементінің иықтарына бағытталған электрлік дипольдік момент жасай алады, өйткені электр зарядтары негізінен оның ұштарында шоғырланған. Бұл ретте магниттік момент әрбір метаатомда пайда болуы мүмкін, ол омега элементінің жазықтығына перпендикуляр бағытталған, өйткені электр тогы оның ілмегінде басым болады. Сонымен қатар, бұл жағдайда айқас әсерлер болуы мүмкін: электр өрісі магниттік моментті, ал магнит өрісі өз кезегінде электрлік дипольдік моментті жасай алады [14] (8-сурет) .



8-Сурет – Жазық тікбұрышты омега элементтерінен кеңістіктік құрылымдарды қалыптастыру [14]

Бір қызығы, аса жоғары жиілікті диапазон үшін метабеттерді (немесе олардың модельдерін) тіпті фрезерлеу арқылы алуға болады [15] (9-сурет). Бұл қарастырылып отырған типтегі метаматериалдардың іргелі ерекшелігіне байланысты – матрицада орналасқан элементтердің сипаттамалық өлшемдері және/немесе олардың арасындағы сипаттамалық қашықтық толқын ұзындығымен салыстырмалы болуы керек.



9-Сурет – Фрезерлік әдіспен метабеттік модельді алу [15]

Әрі қарай, метабеттер бетке түсетін толқынның фазалық ығысуының таралуын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Фазалық ығысу градиентінің пайда болуы, өз кезегінде, өте тривиальды емес қасиеттері бар линзалар мен басқа оптикалық элементтердің аналогтарын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, мұндай элементтердің қасиеттері, мысалы, метаматериалдар негізінде салынған линзалардың фокустық қашықтығы реттелетін етіп жасауға болады, соның ішінде электр тогының әсерінен де. Электр тогының көмегімен метаматериалдардың қасиеттерін басқарудың қарапайым мысалы – өткізгіш элементтері бар диалектикалық компоненттердің күйін өзгерту. Бұған, мысалы, полимер матрицаларындағы фазалық ауысуларды, нанобөлшектердің бағдарлануын ретке келтірумен байланысты әсерлерді және т.б. [16] қолдана отырып жетуге болады.

Осылайша, реттелетін сипаттамалары бар салыстырмалы түрде қарапайым радиотолқын түрлендіргіштерін жүзеге асыруға мүмкіндік бар. Сондай-ақ мұндай элементтерді есептеу құралдары бар, мысалы, Фурье оптикасы [17, 18]. Бұл физикалық тәуелсіз компоненттерден тұратын бөлінген радиолокациялық жүйелерді құру туралы мәселені көтеруге мүмкіндік береді.

Нәтижелер

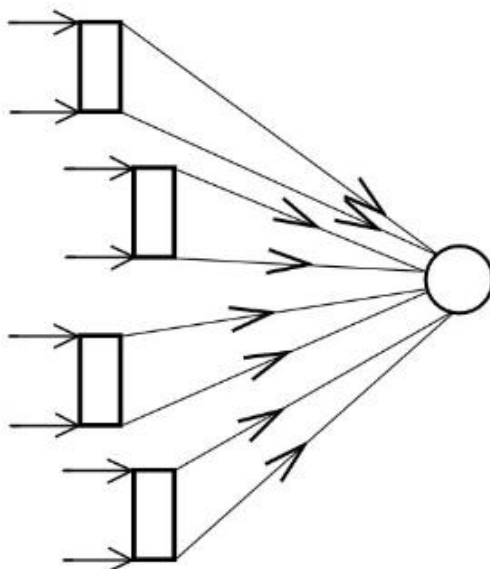
Физикалық тәуелсіз құрамдас бөліктерден тұратын кез келген жауынгерлік жүйенің кез келген физикалық әсерге төзімділігін арттырғанын дәлелдеудің қажеті жоқ. Бұл [1] талқыланған жауынгерлік нейрондық желілердің басты артықшылығы. Мұндай жүйелер біртұтас жүйе ретінде физикалық тәуелсіз компоненттер арасындағы ақпарат алмасу арқылы ғана қызмет етеді. [6] жылы мұндай жүйенің аналогы қарастырылды - физикалық тәуелсіз компоненттерден тұратын бөлінген линза. Мұндай жүйені құрудың негізі, өз кезегінде, жалпыланған Фурье оптикасы болып табылады [17, 18], оның шеңберінде біртекті емес

(сөнетін) толқындар қарастырудан шығарылса, монохроматикалық радиотолқындардың кез келген түрлендіргіші дискретті элементтерден құрастырылған аналогпен ауыстыруға мүмкін екенін дәлелдеуге болады. Мұндай элементтер арасындағы сипаттамалық қашықтық толқын ұзындығының жартысы болуы керек.

Бұл тәсіл 10 м-ден асатын радиотолқындарды пайдалану кезінде негізделген, бұл тікелей радиокөріну аймағында салыстырмалы түрде қысқа қашықтыққа жіберілген кезде ақпаратты қорғау мақсаттары үшін әбден қолайлы. Дәлірек айтсақ, бұл тәсіл іс жүзінде тарату және қабылдау жүйесін құрайтын өзара байланысты қабылдағыштар тобымен жүзеге асырылатын радиоарналар арқылы алынған ақпаратты өңдеу үшін негізделген. Бұл жағдайда, мысалы, ұшқышсыз ұшу аппараттары тобына берілетін басқару ақпаратының көлемін салыстырмалы түрде азайтуға болатыны өте маңызды (ұшқышсыз ұшу аппараттарын басқаруға қажетті командалар саны анық шектеулі). Бұл салыстырмалы түрде төмен өткізу қабілеттілігі арналарын, демек салыстырмалы түрде төмен радиожиіліктерді пайдалануға мүмкіндік береді.

Дециметрлік диапазонға көшу кезінде бұл тәсіл қолайсыз болады, дегенмен таратылған қабылдау принципінің өзі (осы мақсат үшін физикалық тәуелсіз компоненттерді пайдалану) әлі де жүзеге асырылуы мүмкін.

Оны қарапайым түрде 10-сурет бейнелейді. Бұл жағдайда жүйе элементтерінің әрқайсысының өзі «линза» немесе фокустау рефлекторы қызметін атқарады. Мұндай элементтердің комбинациясы қабылдағыш орналасқан нүктеде белгілі бір толқын векторы бар жазық толқынның фокусын қамтамасыз етуге арналған. Шын мәнінде, мұнда үлкен аумақты параболалық рефлекторы бар радиотелескоптың аналогын қалыптастыру туралы айтылып отыр.



10-Сурет – Үлестірілген қабылдау принципі

Физикалық тәуелсіз параболалық шағылыстырғыш компоненттерін пайдалану фактісі, әрине, әдеттегі материалдарды пайдалана отырып, мұндай жүйені құрастыруды айтарлықтай қиындатады. Дегенмен, мұндай қиындықтарды дәл осы метаматериалдар мен метабеттерді пайдалану арқылы жеңуге болады. Атап айтқанда, жоғарыда келтірілген шолудан келесідей, басқалармен қатар, басқарылатын фазалық ығысу градиентін қалыптастыру әсерін пайдалана

отырып, тегіс фокустау элементін жүзеге асыруға болады. Мұндай элементтің аналогы - параболалық заңға сәйкес бөлінген сыну көрсеткіші жалпақ пластина.

Сонымен қатар, метаматериалдар теріс сыну көрсеткішінің мәнін өзгерту арқылы сәулеленудің сынуы кезінде фазалық ығысуды реттеуге мүмкіндік береді.

Бұл факт болашақта мәселені жоғарыда қойылған мәселеге кері шешуге мүмкіндік береді, яғни. фазалық антенна массивтерінің аналогын қалыптастыруды қамтамасыз ету. Еске салайық, мұндай торлар шығаратын жазық толқын жеке дірілдеткіштер жасаған тербелістер арасындағы интерференция нәтижесінде пайда болады [19]. Толқындардың таралу бағытын басқару әртүрлі дірілдеткіштер шығаратын тербелістердің арасында берілген фазалық айырмашылықты қалыптастыру арқылы қол жеткізіледі, олар үшін бірқатар әртүрлі тәсілдер бар, оларды қарастыру бұл жұмыстың мақсаттары тұрғысынан қызығушылық тудырмайды.

Метаматериалдарды пайдалану жағдайды түбегейлі өзгертеді. Барлық дірілдеткіштер бүкіл жүйеге ортақ «сағатпен» орнатылған қатаң анықталған фазада дірілді шығара алады. Фазалық ығысу белгілі бір элементтің кеңістіктегі орнына және жазық толқынның қажетті таралу бағытына байланысты енгізіледі. Бұл 10-суреттегі сұлбадан қарастырылып отырған элементтердің әрқайсысының фокусында дірілдеткіш болатын және метаматериалдарды пайдалану сфералықтан ерекшеленетін және берілген фазалық ығысуы бар белгілі бір сәулелену үлгісімен тербеліс құруға болатын сұлбаға ауысуға мүмкіндік береді. Метаматериал сипаттамаларының өзгеруін қамтамасыз ететін процестердің жылдамдығын (ең қарапайым жағдайларда да [16]) микросекундтық диапазонға жеткізуге болатынын ескере отырып, сұлбадағы жазық толқынның түзілуі 10-суретке кері (жоғарыдағы мағынада) радиолокациялық мәселелерді шешу үшін қажет нақты уақытта орын алуы мүмкін.

Талқылау

Жоғарыда келтірілген ақпарат радиодиапазон үшін метаматериалдарды жасау кезек күттірмейтін мәселе екенін көрсетеді. Әрине, бұл бағыттағы жұмыстар бұрын белсенді түрде жүргізілді, өйткені мұндай материалдар электромагниттік толқындарды ішінара немесе толығымен сіңіретін жабындарды жасауға мүмкіндік береді. Алайда, осы жұмыста көрсетілгендей, метаматериалдар мен метабеттерді жасау қазірдің өзінде «Стелс» технологиясын және оның аналогтарын қамтитын «индустриалды» қару-жарақ жүйелерінің даму логикасына ғана емес, сонымен қатар, «постиндустриалды» қаруды дамыту логикасына сәйкес келеді. «Индустриалды қару-жарақ» және «постиндустриалды қару-жарақ» терминдері олардың айқын шарттылығына байланысты тырнақшаға алынғанын атап өтеміз. Бірақ 2024 жылдың 24 ақпанында басталған оқиғалар көрсеткен әскери істердегі революциялық өзгерістерді көрсететін әлемдік саясаттану ойы сәйкес терминдерді жасаған емес. Бұл, әрине, істің мәнін өзгертпейді. Кез келген әскери (немесе қосарлы) мақсаттағы үлкен габариттегі, қымбат жүйелер өткеннің еншісіне айналып бара жатқаны анық. Мұның айқын көрінісі - кез келген нысанаға диверсия жасай алатын әртүрлі «прокси құрамдарды» пайдалану, дегенмен қақтығыстың өршуіне түбегейлі жаңа деңгейге көшуді тудырмайды.

Осылайша, іс жүзінде өтіп жатқан жаппай қару шығарудың жаңа айналымы химиялық технологиялар саласына да әсер етеді, бұл ақпаратты өңдеу және жіберу жүйелерімен тығыз байланысты болып шығады.

Бұл салада Қазақстан тарихи себептерге байланысты барабар ғылыми-техникалық саясатты қалыптастырған жағдайда жүзеге асырылуы мүмкін бірқатар артықшылықтарға ие. Дәлірек айтқанда, қоздырғышқа сезімтал полимерлер, оның ішінде нанобөлшектермен

қаныққан полимерлер саласында қазақстандық ғылыми-техникалық мектептер әлемдегі жетекші орындардың бірін алады, бұл объективті сандық көрсеткіштермен расталады.

Бұл әлеуетті әскери-техникалық даму саласындағы ағымдағы ғана емес, болжамды мәселелерді шешу үшін де пайдалануға болады. Сонымен қатар, Қазақстанда ҚР Ұлттық инженерлік академиясының қарамағында пәнаралық ғылыми мектеп дамыды, оның бар екендігі басқалармен қатар полимерлердің физикалық химиясы, нанотехнология және радиофизика қиылысында жүргізілетін осы жұмыстармен расталады. Бұл әлеуетті ҚР ұлттық қауіпсіздігін нығайту пайдасына асыру үшін қолдануға болады, әсіресе бұл қажеттілік айқын өсіп келе жатқан геосаяси турбуленттілікке байланысты барған сайын айқын бола түсуде.

Заманауи жағдайда қандай да бір инфрақұрылымның, қаржылық немесе басқа мүмкіндіктердің болуы емес, белгілі бір нетривиалды жолдарды жасай алуы бірінші орынға шығатынын тағы да атап өтейік.

Жоғарыда айтылған ойлар іс жүзінде, ең болмағанда, олар тұжырымдалған формада жүзеге асырылатыны факт емес. Бірақ біз бұл үкімдердің ең болмағанда бар болуына құқығы бар деп есептейміз, өйткені олар барған сайын айқын болып келе жатқан фактіні көрсетеді. Экономикаға қатысты, әсіресе қорғаныс өнеркәсібін қаржыландыруға қатысты аспектіде, оны бірінші жуықтап алғанда, келесідей көрсетуге болады. Қаржының өзі ештеңені білдірмейді. Олардың тиімділігінің критерийі қаржылық шығындардың өнімі және олардың нақты әскери-техникалық шешімдерге айналу жылдамдығы болып табылады.

Сондықтан да Қазақстан әлемнің жаңартылған геосаяси картасында әлі де өз орнын анықтап келе жатқан мемлекет ретінде бар жағдайға ғана емес, болжамды жағдайға барынша назар аударуы керек деген сенімдеміз. Атап айтқанда, бұл радиофизиканың және ол өзегі болып табылатын барлық ғылыми бағыттардың дамуының жаңа кезеңіне негіз болатын алдын ала анықталған қасиеттері бар жаңа полимерлік материалдарды бағдарлауға қатысты. Тағы да атап өтейік, бұған негіз бар.

Қорытынды

Осылайша, жақын болашақта бір-бірімен физикалық байланысы жоқ құрамдас бөліктерден құрастырылған үлестірілген радиолокациялық жүйелерді қалыптастыру мәселесі сөзсіз туындайды деп айтуға толық негіз бар. Әйтпесе, [1]-де көрсетілген жауынгерлік нейрондық жүйелер құру принципі бұл аймаққа сөзсіз ауысады. Бұл қару-жарақ пен әскери техника дамуының объективті заңдылықтарымен, басқалармен қатар, экономикалық себептермен айқындалғанын атап өтеміз. Осы заңдылықтардың болуына байланысты әскери істерде қолданылатын кез келген жүйелердің дизайнын жеңілдету және өндіру құнын төмендету тенденциясы сөзсіз болады және радиолокация сияқты маңызды сала, әсіресе қашықтықтан анықтау радары мұнда ерекшелік болуы мүмкін емес.

Тарихи себептерге байланысты Қазақстанның өте нақты әлеуеті бар, оны әскери-техникалық құрылыс саласындағы қазірдің өзінде қалыптасып келе жатқан ғана емес, болжамды тенденцияларға бағытталған барабар ғылыми-техникалық саясатты қалыптастырған жағдайда жүзеге асыруға болады.

Осы болжамдардың бірі метаматериалдар мен метабеттерді радиофизикада және оның негізінде салынған қолданбалы облыстарда, атап айтқанда радиолокацияда пайдаланудың артуына байланысты.

Нәтижесінде, қасиеттері алдын ала анықталған полимерлік материалдарды жасауға бағытталған қазақстандық ғылыми мектептер үшін әртүрлі мақсаттағы метаматериалдар жасау үшін бар ғылыми-техникалық әлеуетті пайдалануға жіті назар аударуы орынды.

Әдебиет:

1. Мун Г.А., Витулёва Е.С., Байпақбаева С.Т., Кабдушев Ш.Б., Сулейменов И.Ә. Проблематика постиндустриальной войны и деловые образовательные экосистемы // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – 2020. – No 4 (78). – С. 88–93.
2. Микитенко В.М. Особенности применения средств воздушного нападения и сил противовоздушной обороны в локальных конфликтах / В.М. Микитенко, Д.В. Бухтиаров, В.Г. Бутенко // Динамика развития системы военного образования: Материалы V Международной научно-практической конференции, Омск, 17 марта 2023 года / Под общей редакцией К.В. Костина. – Омск: Омский государственный технический университет, 2023. – С. 440–447.
3. Джанибеков Р.Ю., Аббасов И.Б. Особенности применения морских дронов в специальной военной операции на Украине, перспективы развития военно-морских робототехнических комплексов //Мат. Конф. «Памятные даты-дни воинской славы России. Посвящается 80-летию Курской битвы и 210-летию Битвы народов», Омск, 13 октября 2023. – С. 267–274.
4. Каргапольцев А.А., Масленников В.В. Обзор развития радиолокационных станций дальнего обнаружения //Аллея науки. – 2019. – Т. 1. – №. 7. – С. 552–570.
5. <http://roe.ru/catalog/protivovozdushnaya-oborona/sredstva-obnaruzheniya-vozdushnykh-tseley/rezonans-ne/>
6. Ermukhambetova B.B., Mun G.A., Kabdushev Sh.B., Kadyrzhan A.B., Kadyrzhan K.K., Vitulyova Ye.S., Suleimenov I.E. New approaches to the development of information security systems for unmanned vehicles // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2023. – Vol. 31, No. 2. – P. 810–819.
7. Munk B. Frequency-Selective Surfaces: Theory and Design – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2000. – 410 p.
8. Кильдишев А.В., Шалаев В.М. Трансформационная оптика и метаматериалы // Успехи физических наук. – 2011. – Т. 181. – №. 1. – С. 59–70.
9. Achouri K., Caloz C. Electromagnetic Metasurfaces: Theory and Applications. – Wiley-IEEE Press., 2021.
10. Будагян И.Ф., Щучкин Г.Г. Волновые процессы в материальных средах. Диэлектрические и метаматериалы – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2016. –201 с.
11. Веселаго В.Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями ϵ и μ . // Успехи физических наук. – 1967. – Т.92, No7. – С.517–526.
12. Лагарьков А. Н., Кисель В. Н. Метаматериалы: фундаментальные исследования и перспективы применения // Энергия: экономика, техника, экология. – 2018. – №. 1. – С.10–20.
13. Малый С.В., Орлова А.С. Метаповерхности на основе металлодиэлектрических лент. Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния // материалы VII Междунар. науч.-практ. конференции, посвященной 120-летию со дня рождения академика Антона Никифоровича Севченко, 18–19 мая 2023 г., Минск / НИУ «Ин-т приклад. физ. проблем им. А. Н. Севченко» БГУ. – <https://elib.bsu.by/handle/123456789/302499>
14. Семченко И., Хахомов С., Самофалов А., Балмаков А. Метаматериалы и метаповерхности // Наука и инновации. – 2020. – No 8 (210). – 23–27.
15. Мазинов А.С., Фитаев И.Ш., Болдырев Н.А. Влияние пространственной ориентации проводящих элементов составной метаповерхности на их частотные характеристики и диаграммы рассеивания в СВЧ-диапазоне //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2022. – Т. 18. – №. 4. – С. 86 – 90.
16. Ергожин Е.Е., Зезин А.Б., Сулейменов И.Ә., Мун Г.А. Гидрофильные полимеры в нанотехнологии и наноэлектронике. Библиотека нанотехнологии. – Алматы-Москва: LEM, 2008. – 216с.
17. Suleimenov I.E., Tolmachev Y.A. On the possibility of generalization of Fourier optics.//Optics and spectroscopy. – 1984. – № 76(6) – P.893 – 898.

18. Suleimenov I.E., Tolmachev Y.A. Generalized Fourier optics. I. Reflection of monochromatic radiation from mirrors of arbitrary shape // *Optics and spectroscopy*. – 1994. – №77(1).

19. Коротецкий Е.В., Шитиков А.М., Денисенко В.В. Методы калибровки фазированных антенных решеток // *Радиотехника*. – 2013. – No 5. – С. 095-104.

References:

1. Mun G.A., Vituljova E.S., Bajpakbaeva S.T., Kabdushev Sh.B., Sulejmenov I.Je. Problematika postindustrial'noj vojny i delovye obrazovatel'nye jekosistemy // *Vestnik Nacional'noj inzhenernoj akademii Respubliki Kazahstan*. – 2020. – No 4 (78). – S. 88–93.

2. Mikitenko V.M. Osobennosti primeneniya sredstv vozdušnogo napadenija i sil protivovozdušnoj oborony v lokal'nyh konfliktah / V.M. Mikitenko, D. V. Buhtiarov, V. G. Butenko // *Dinamika razvitija sistemy voennogo obrazovanija: Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, Omsk, 17 marta 2023 goda / Pod obshhej redakciej K.V. Kostina*. – Omsk: Omskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 2023. – S. 440–447.

3. Džhanibekov R.Ju., Abbasov I.B. Osobennosti primeneniya morskich dronov v special'noj voennoj operacii na Ukraine, perspektivy razvitija voenno-morskich robototehničeskich kompleksov // *Mat. Konf. «Pamjatnye daty-dni voinskoj slavy Rossii. Posvjashhaetsja 80-letiju Kurskoj bitvy i 210-letiju Bitvy narodov»*, Omsk, 13 oktjabrja 2023. – S. 267–274.

4. Kargapol'cev A.A., Maslennikov V.V. Obzor razvitija radiolokacionnyh stancij dal'nego obnaruzhenija // *Alleja nauki*. – 2019. – T. 1. – №. 7. – S. 552–570.

5. <http://roe.ru/catalog/protivovozdušnaya-oborona/sredstva-obnaruzheniya-vozdushnykh-tseley/rezonans-ne/>

6. Ermukhambetova B.B., Mun G.A., Kabdushev Sh.B., Kadyrzhan A.B., Kadyrzhan K.K., Vitulyova Ye.S., Suleimenov I.E. New approaches to the development of information security systems for unmanned vehicles // *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. – 2023. – Vol. 31, No. 2. – P. 810–819.

7. Munk B. *Frequency-Selective Surfaces: Theory and Design* – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2000. – 410 p.

8. Kil'dishev A.V., ShalaeV V.M. Transformacionnaja optika i metamaterialy // *Uspehi fizičeskich nauk*. – 2011. – T. 181. – №. 1. – S. 59–70.

9. Achouri K., Caloz C. *Electromagnetic Metasurfaces: Theory and Applications*. – Wiley-IEEE Press., 2021.

10. Budagjan I.F., Shhuchkin G.G. *Volnovye processy v material'nyh sredah. Dijelektricheskie i metamaterialy* – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2016. – 201 s.

11. Veselago V.G. Jelektrodinamika veshhestv s odnovremenno otricatel'nymi znachenijami ϵ i μ . // *Uspehi fizičeskich nauk*. – 1967. – T.92, No7. – S.517–526.

12. Lagar'kov A. N., Kisel' V. N. *Metamaterialy: fundamental'nye issledovanija i perspektivy primeneniya* // *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija*. – 2018. – №. 1. – S.10–20.

13. Malyj S.V., Orlova A.S. *Metapoverhnosti na osnove metallodijelektricheskich lent. Prikladnye problemy optiki, informatiki, radiofiziki i fiziki kondensirovannogo sostojanija* // *materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konferencii, posvjashhennoj 120-letiju so dnja rozhdenija akademika Antona Nikiforoviča Sevčenko, 18–19 maja 2023 g., Minsk / NIU «In-t priklad. fiz. problem im. A. N. Sevčenko» BGU*. – <https://elib.bsu.by/handle/123456789/302499>

14. Semčenko I., Hahomov S., Samofalov A., Balmakov A. *Metamaterialy i metapoverhnosti* // *Nauka i innovacii*. – 2020. – No 8 (210). – 23–27.

15. Mazinov A.S., Fitaev I.Sh., Boldyrev N.A. *Vlijanie prostranstvennoj orientacii provodjashchih jelementov sostavnoj metapoverhnosti na ih chastotnye harakteristiki i diagrammy rasseivanija v SVCh-diapazone* // *Vestnik Voronežskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. – 2022. – T. 18. – №. 4. – S. 86 – 90.

16. Ergozhin E.E., Zezin A.B., Sulejmenov I.Je., Mun G.A. Gidrofil'nye polimery v nanotehnologii i nanojelektronike. Biblioteka nanotehnologii. – Almaty-Moskva: LEM, 2008. –216с.
17. Suleimenov I.E., Tolmachev Y.A. On the possibility of generalization of Fourier optics//Optics and spectroscopy. – 1984. – № 76(6) – P.893 – 898.
18. Suleimenov I.E., Tolmachev Y.A. Generalized Fourier optics. I. Reflection of monochromatic radiation from mirrors of arbitrary shape //Optics and spectroscopy. – 1994. – №77(1).
19. Koroteckij E.V., Shitikov A.M., Denisenko V.V. Metody kalibrovki fazirovannyh antennoy reshetok //Radiotekhnika. – 2013. – No 5. – S. 095-104.

Поступила 2 апреля 2024 г.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

МРНТИ 49.01.85; 76.13

УДК 541.64; 614

РАЗРАБОТКА ГИДРОГЕЛЕВОЙ АНТИСЕПТИЧЕСКОЙ МАЗИ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА

Асанов М.К.¹, Мангазбаева Р.А.², Ермухамбетова Б.Б.¹, Alikulov A.¹, Зезин А.А.³

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева
Алматы, Казахстан

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: muhit777.82@mail.ru; rauash_55@mail.ru; baya_yerm@mail.ru,
alikulov.adilet@gmail.com,; aazezin@yandex.ru

Представлены данные исследования по разработке гидрогелевой антисептической мази на основе сшитого поли-N-винилпирролидона (ПВП) получаемого методом трехмерной радиационной полимеризации. В качестве антисептика использован хлоргексидин биглюконат (ХГ). Исследованы закономерности формирования полимерных гидрогелей в процессе радиационной сшивающей полимеризации N-винилпирролидона (N-ВП) в присутствии N,N'-метилден-бис-акриламида в качестве сшивающего агента (СА). Показано, что выход гель-фракции закономерно повышается с увеличением дозы облучения и концентрации СА в исходной мономерной смеси (ИМС), равновесная степень набухания полученных при этом гидрогелей снижается, обусловлено повышением плотности сшивания формируемых полимерных сеток. Установлено, что вода оказывает активирующий эффект на молекулы N-ВП, что обуславливает явление ускорения трехмерной радикальной полимеризации этого мономера при разбавлении ИМС водой. Осуществлена разработка лабораторной технологии получения гидрогелевой мази на основе ПВП, содержащей ХГ. Для разработанной гидрогелевой мази проведены медико-биологические испытания, в результате которых установлена их выраженная антибактериальная и противовоспалительная активность.

Ключевые слова: Гидрогель, мазь, хлоргексидин биглюконат, поли-N-винилпирролидон, радиационная сшивающая полимеризация, равновесная степень набухания, кинетика набухания, медико-биологические испытания, антибактериальная активность.

Радиациялық үшөлшемді полимерлеу әдіспен алынған тігілген поли-N-винилпирролидон (ПВП) негізінде гидрогельді антисептикалық жақпамай жасау бойынша зерттеу деректері ұсынылған. Антисептик ретінде хлоргексидин биглюконаты (ХГ) қолданылды. Тігуші агент (ТА) ретінде N,N'-метилден-бис-акриламидтің қатысында N-винилпирролидонның (N-ВП) радиациялық полимерлеу процесінде полимерлі гидрогельдердің түзілу заңдылықтары зерттелді. Гель фракциясының шығымы бастапқы мономер қоспасындағы (БМК) сәулелену дозасы мен ТА концентрациясының жоғарылауымен жоғарылайтыны көрсетілді, бұл жағдайда алынған гидрогельдердің ісінуінің тепе-теңдік дәрежесі төмендейді, бұл қалыптасқан полимерлі торлардың тігілу тығыздығының жоғарылауына байланысты. Судың N-ВП молекулаларына белсендіруші әсер ететіні анықталды,

бұл БМК сумен сұйылтылған кезде осы мономердің үшөлшемді радикалды полимерленуін жеделдету құбылысын тудырады. Құрамында ХГ бар ПВП негізінде гидрогельді жақпамай алудың зертханалық технологиясын әзірлеу жүзеге асырылды. Әзірленген гидрогельді жақпамай үшін медициналық-биологиялық сынақтар жүргізілді, нәтижесінде олардың айқын бактерияға қарсы және қабынуға қарсы белсенділігі анықталды.

Түйінді сөздер: Гидрогель, жақпамай, хлоргексидин биглюконаты, поли-N-винилпирролидон, радиациялық тігілу полимерлеу, ісінудің тепе-теңдік дәрежесі, ісіну кинетикасы, биологиялық-медициналық сынақтар, бактерияға қарсы белсенділік.

The data of a study on the development of a hydrogel antiseptic ointment based on crosslinked poly-N-vinylpyrrolidone (PVP) obtained by three-dimensional radiation polymerization are presented. Chlorhexidine bigluconate (CH) was used as an antiseptic. The regularities of the formation of polymer hydrogels during the radiation crosslinking polymerization of N-vinylpyrrolidone (N-VP) in the presence of N,N'-methylene bis-acrylamide as a crosslinking agent (CA) are investigated. It is shown that the yield of the gel fraction increases naturally with an increase in the radiation dose and the concentration of CA in the initial monomer mixture (IMM), the equilibrium degree of swelling of the hydrogels obtained decreases due to an increase in the crosslinking density of the polymer meshes formed. It has been established that water has an activating effect on N-VP molecules, which causes the phenomenon of acceleration of the three-dimensional radical polymerization of this monomer when diluting the IMM with water. A laboratory technology for the production of a hydrogel ointment based on PVP containing CH has been developed. Biomedical tests were carried out for the developed hydrogel ointment, as a result of which their pronounced antibacterial and anti-inflammatory activity was established.

Keywords: Hydrogel, ointment, chlorhexidine bigluconate, poly-N-vinylpyrrolidone, radiation crosslinking polymerization, equilibrium degree of swelling, swelling kinetics, biomedical tests, antibacterial activity.

Анализ последствий вспышки мутагенной коронавирусной инфекции Covid-19, показывает, что они оказались настолько серьезными и тяжелыми, что следует говорить о мировом эпидемиологическом кризисе, охватившем практически всю планету, который стремительно приобрел глобальные масштабы и поставил перед мировым сообществом многочисленные вызовы. При этом по мнению ведущих мировых вирусологов и эпидемиологов, скорее всего эпидемиологический кризис «Covid-19», с которым столкнулся мир в 2020 г., был далеко не последним, более того, такого рода вспышки вирусной инфекции могут приобрести сезонный характер, что, в очередь связаны с появлением мутантных вариантов вируса [1]. Глобальное распространение бактерий, обладающих резистентностью к антимикробным препаратам, требует немалых усилий по сдерживанию их распространения и разработке эффективных решений.

В этой связи с особой актуальностью стоит вопрос о выработке адекватных мер защиты. Это обстоятельство выводит на первый план необходимость расширения спектра профилактических средств защиты населения от новых угроз, в т.ч. включающий комплекс санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий, направленных на профилактику инфекционных заболеваний вообще.

Эксперты в области здравоохранения пришли к выводу, что тщательная дезинфекция поверхностей, находящихся в эпидзначимых объектах, является ключевым элементом эффективной программы профилактики инфекций. Традиционные методы ручной очистки и дезинфекции в больницах часто не являются оптимальными [2]. Помимо привнесения профессиональной значимости распространению инфекций в рутине медицинских

работников, возникает стратегическая социально-экономическая значимость предотвращения внутрибольничных инфекций.

Для сохранения гигиены рук - одного из основных мест, ответственных за передачу патогенов, рекомендуется использовать дезинфицирующие средства, поскольку их применение можно считать простым в эксплуатации и быстрым. Дезинфицирующие средства на основе биоцидов и традиционные спиртовые антисептические средства эффективны в применении, но оказывают пагубное влияние на здоровье человека, порой даже могут вызвать серьезные заболевания дыхательных путей. Кроме того, на противомикробное действие дезинфицирующих средств на основе биоцидов могут влиять различные факторы: другие ингредиенты в составе компонентов или их разбавление. Использование таких жидких составов и их неправильное приготовление представляют некоторые трудности, что может привести к доставке недостаточных доз активных веществ на обрабатываемое место и к общему снижению соблюдения гигиены [3].

Гидрогелевые формы дезинфицирующих средств отличаются от жидких форм своей стабильностью составов, менее агрессивным влиянием на кожу, простотой их дозирования и многими другими хорошими эксплуатационными характеристиками. Трехмерная структура гидрогелей способствует замедленному высвобождению активных антимикробных веществ, обеспечивая локализованную и контролируруемую доставку дезинфицирующих средств [4,5].

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы является создание гидрогелевой антисептической мази на основе поли-N-винилпирролидона (ПВП), содержащей антисептик широкого действия хлоргексидин биглюконат (ХГ).

Выбор ПВП в качестве гелеобразующего полимера для создания гидрогелевых форм ХГ обусловлен тем, что данный полимер является широко используемым в био-медицине биосовместимым полимером. В частности, водный раствор ПВП на протяжении более 50 лет успешно используются в медицине для внутривенного вливания в качестве дезинтоксикационного средства [6].

Экспериментальная часть

N-винилпирролидон (ВП) производства фирмы "Aldrich Chemical Co." (U.S.A.) очищался вакуумной перегонкой в токе аргона (92-95⁰С/11 мм рт. ст.).

N,N'-метилен-бис-акриламид (БАА) («Reanal», Венгрия), неорганические соли марки «ч.д.а.» использовали без дополнительной очистки, для приготовления водных растворов использовали дистиллированную воду.

В качестве источника ионизирующего излучения для проведения радиационной полимеризации использовали полупромышленный линейный ускоритель электронов ЭЛВ-4 Института ядерной физики НЯЦ РК.

Синтезированный гель очищался от непрореагировавших продуктов и растворимой фракции полимеров путем длительной отмычки в воде в течение 20 суток в стационарных при двух- трех кратной суточной замене воды.

Равновесную степень набухания полимерных гидрогелей определяли по формуле:

$$\alpha = (m - m_0) / m_0, \text{ где}$$

m – масса равновесно набухшего полимерного гидрогеля,
*m*₀ – масса сухого вещества в геле.

Результаты и их обсуждение

В данной работе для получения гидрогелей на основе ПВП использовали метод радиационной трехмерной радикальной полимеризации N-винилпирролидона (ВП). В качестве сшивающего агента использовался N,N'-метилен-бис-акриламид (БАА).

В представленной работе в качестве источника облучения использовался полупромышленный ускоритель электронов ЭЛВ-4, принадлежащий Институту ядерной физики Национального ядерного центра (г. Алматы). Нами был отработан и определен оптимальный режим облучения реакционной смеси мономеров на ускорителе ЭЛВ-4, позволяющий получать сшитый полимерный продукт ПВП с максимальным выходом и необходимыми физико-химическими характеристиками.

С целью подбора оптимального соотношения концентраций мономера ВП и сшивающего агента (СА) БАА в исходной мономерной смеси (ИМС) использовались следующие мольные концентрации СА, моль/л: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,7; 1,0. Исследовалось влияние концентрации СА на выход гель-фракции. Выход гель-фракции определялся методом золь-гель анализа (Табл. 1). Как видно из полученных результатов, выход гель-фракции повышается с увеличением концентрации СА в ИМС, степень набухания формируемых при этом гелей снижается, что, очевидно, обусловлено повышением степени вшивания формируемых полимерных сеток под действием облучения. Установлено, что оптимальной концентрацией СА в ИМС, обеспечивающей формирования геля с необходимыми параметрами набухания (около 20 г вода на 1 г. сухого полимера) является концентрация БАА в пределах 0,1-0,2 моль/л.

Таблица 1 – Выход гель-фракции и равновесная степень набухания гидрогелей, формируемых в процессе трехмерной радиационной полимеризации ВП в зависимости от концентрации СА в ИМС. Поглощенная доза облучения 25 кГр

Концентрация СА в ИМС, моль/л	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0
Выход гель-фракции, масс.%	55,7	67,3	73,3	85,2	91,5	94,5	97,5
Равновесная степень набухания в воде α , г/г	27,3	21,3	18,5	12,3	10,3	8,1	7,5

Для определения оптимального содержания воды в ИМС было исследовано влияние добавок воды на кинетику радиационной сшивающей полимеризации ВП в присутствии СА БАА. Как видно из данных представленных на рисунке 1, кривая зависимости выхода гель-фракции от содержания воды в ИМС имеет экстремальный вид с максимумом при 30 об.% воды в ИМС.

Такой достаточно необычный вид кривой зависимости выхода гель-фракции от концентрации воды в ИМС обусловлен ускоряющим эффектом воды на радикальную полимеризацию ВП. Как было показано ранее [6], молекулы воды способны формировать комплекс с молекулами ВП за счет водородных связей, что приводит к повышению активности ВП в радикальной полимеризации. Очевидно, что отрезок кривой до максимума обусловлен доминирующим влиянием такой активации и скорость полимеризации на этом участке возрастает, несмотря на эффект разбавления ИМС. На участке кривой после максимума эффект разбавления становится доминирующим и скорость трехмерной сополимеризации уменьшается с повышением концентрации воды в ИМС.

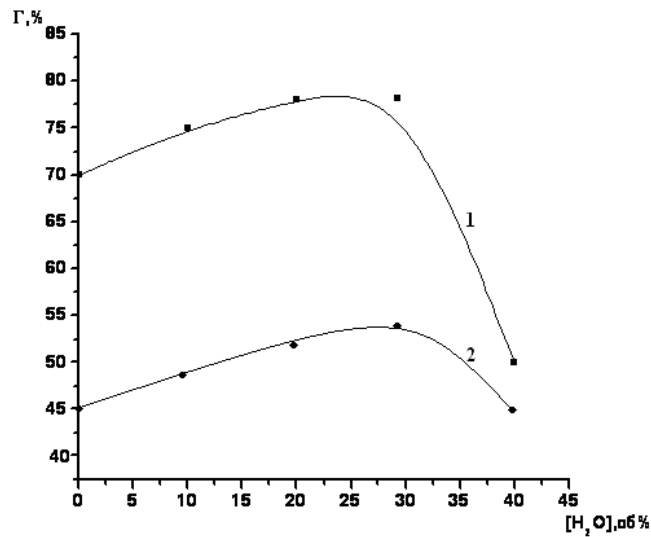
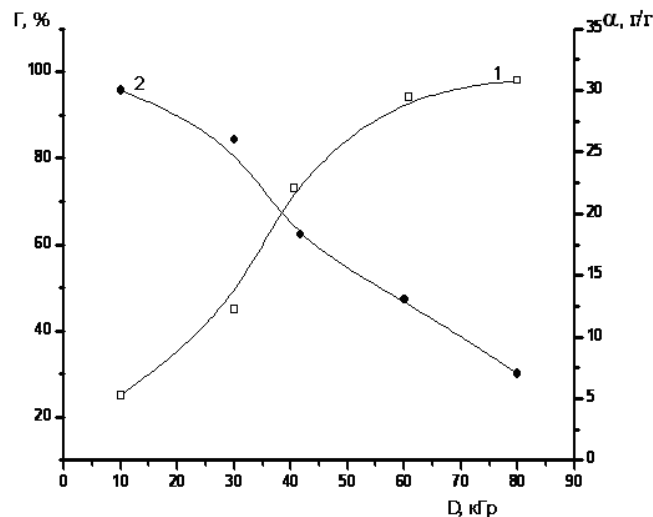


Рисунок 1 – Влияние содержания воды в ИМС на выход гель-фракции в процессе трехмерной радиационной полимеризации ВП

С целью подбора оптимальной дозы облучения, обеспечивающей получение гидрогелей на основе ПВП с необходимой величиной равновесной степени набухания (α) (20-25 г воды на 1 г сухого полимера) при наибольшем выходе в широких пределах варьировались дозы облучения D (от 15 кГр до 80 кГр). При этом была использована исходная мономерная смесь (ИМС) с оптимальным составом 70 об.% ВП, при содержании воды 30 об.% и 0,2 моль.% БАА. Как видно из данных рисунка 2, с повышением дозы облучения закономерно повышается выход гель-фракции, однако при этом уменьшается степень набухания геля. Очевидно, это обусловлено, увеличением плотности сшивания формируемой полимерной сетки под действием излучения с участием двойных подвешенных связей, принадлежащих молекулам БАА, которые включены в состав макромолекулярных цепей путем раскрытия лишь одной акриловой связи.

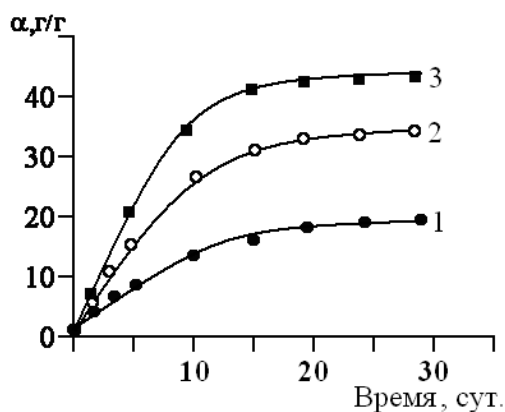


Условие синтеза: [ВП] = 70 об.%, [БАА]=0,2 моль.%,
[H₂O] =30 об.% в ИМС

Рисунок 2 – Зависимость выхода гель-фракции (1) и равновесной степени набухания (2) гидрогелей ПВП от поглощенной дозы облучения

Из данных рисунка 2 видно, что формирование геля с необходимыми параметрами достигается при дозе облучения $D=25-30$ кГр, с выходом целевого продукта 55 масс. %, количество воды в ИМС не должно превышать 30 об.%. При более высоких дозах облучения выход сшитого сополимера возрастает, однако снижается его равновесная степень набухания в воде.

Исследована кинетика набухания гидрогелей гравиметрическим методом для предварительно отмытых и высушенных гидрогелей, а также для непосредственно синтезированных гидрогелей. В последнем случае образцы гидрогелей сразу после синтеза в форме таблеток переносились в дистиллированную воду и исследовалась их кинетика набухания. Показано, что с повышением дозы облучения для синтезированных образцов гидрогелей наблюдается снижение скорости набухания, а также величины равновесной степени набухания (рисунок 3). Можно предположить, что это обусловлено повышением степени сшивания синтезируемых гидрогелей и, соответственно, скорости диффузии воды в объем геля. Однако в исследуемом диапазоне доз облучения для всех образцов синтезированных гидрогелей равновесная степень набухания достигается на 15-17 сутки после начала процесса набухания в воде.



Условие синтеза: $[ВП] = 70$ об. %, $[CA]=0,2$ моль.%, $[H_2O] = 30$ об. % в ИМС.
 Доза облучения D : 20 (3), 30 (2) и 40 (1) кГр

Рисунок 3 – Кинетика набухания гидрогелей ПВП, полученных при различных поглощенных дозах облучения

С целью приготовления мазеподобной консистенции куски отмытого геля ПВП размельчались до размеров частиц, обеспечивающих необходимые реологические свойства конечного продукта гидрогеля на измельчителе фирмы «Bosch» Concept 7200 electronic.

Для реализации лабораторной технологии получения такой мази в настоящей работе были отработаны основные технологические операции, такие как радиационно-химический синтез гидрогеля на основе ВП, отмывка геля от непрореагировавшего мономера, измельчение кусков геля до мазеподобной консистенции для получения гидрогелевого материала (ГМ), используемого в качестве мазевой основы с требуемыми реологическими параметрами, введение ХГ в полученный гелевый материал, упаковка и пр.

В настоящей работе в РГП "Национальный центр экспертизы лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники" для полученных гидрогелевых мазей на основе сшитого поли-N-винилпирролидона, содержащих хлоргексидин биглюконат,

в условиях “in vivo” были проведены исследования на противовоспалительную и ранозаживляющую активности.

Противовоспалительную активность испытуемых мазей изучали на модели острого воспалительного отека, вызванного субплантарным введением флогогена – формалина (модель «формалинового» отека лапки). Эксперименты проводили на белых беспородных крысах. Острый воспалительный отек воспроизводили субплантарным введением (под подошвенный апоневроз) в заднюю правую лапу крысы 0,1 мл 2 % водного раствора формалина. Выраженность отека оценивали при измерении толщины лапки подопытного животного с помощью штангенциркуля до введения формалина и через 24 часа, а также в динамике через каждые 7 дней в течение эксперимента.

Полученные экспериментальные данные, отражающие динамику объема пораженной конечности крыс представлены в таблице 2. Исследуемые материалы: гидрогелевые мази и повязки (с различным содержанием ХГ) наносили, начиная со 2 дня эксперимента, ежедневно, наружно на заднюю правую лапку крысы.

Оценку активности исследуемых образцов проводили путем сравнения абсолютных и относительных данных в опытных и контрольных группах между исходными и последующими показателями и выражали в процентах угнетения отека.

При проведении экспериментов по исследованию безопасности и фармакологической активности исходили из требований действующей государственной фармакопеи (ГФ) РК первое издание, и «Руководства по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» под ред. Хабриева Р.У. Москва, 2005 г. Контролем служила группа нелеченых животных.

Таблица 2 – Динамика уменьшения объема пораженной конечности крыс («формалинового» отека) исследовании противовоспалительной активности гидрогелевых мазей и повязок, содержащих ХГ

Вводимый препарат	Объем пораженной конечности (мм)					Ингибирование отека относительно исходного объема (%)
	2 день	7 день	14 день	21 день	28 день	
Контроль (Нелеченные животные)	5,3±0,2	5,8±0,2	4,7±0,2	4,2±0,1	4,0±0,0	20,1
Гидрогелевая мазь, ХГ 0,0 %	5,3±0,3	4,9±0,3	4,4±0,3	4,1±0,2	4,0±0,0	22,6
Гидрогелевая мазь, ХГ 0,05 %	5,5±0,3	4,8±0,2	4,4±0,2	4,1±0,2	4,0±0,0	27,3
Гидрогелевая мазь, ХГ 0,1 %	5,7±0,3	5,0±0,5	4,7±0,3	4,2±0,3	4,0±0,0	29,8
Гидрогелевая мазь, ХГ 0,2 %	6,5±0,3	4,3±0,2	4,0±0,0	4,0±0,0	4,0±0,0	38,5

Как видно из данных, представленных в табл. 2, все испытуемые гидрогелевые образцы обладают выраженной противовоспалительной активностью, что выражается в более быстром снижении объем пораженной конечности по сравнению с контрольными экспериментами (нелечеными животными). Препарат снижал прирост массы отека на 27-41% по сравнению с исходным объемом лапки.

Антибактериальную активность гидрогелевых мазей, содержащих ХГ, определяли по степени ингибирования роста *S. aureus* ATCC 25922 (типовой штамм получен в ГИСК им. Л.А. Тарасевича, г.Москва) после инкубации с антисептиком в соответствии с Европейским Стандартом определения скорости инактивации микроорганизмов антисептиком (European Standard EN 1040, 1997).

Образцы гидрогелевых мазей № 1-6 весом по 30 мг, содержащих 0,05-0,5 масс.% ХГ, в асептических условиях вносили в плоскодонные колбы с 30 мл стерильной дистиллированной воды. В каждую пробу добавляли по 3 мл суспензии суточной культуры бактерий. Концентрация *S. aureus* в каждой пробе составляла 10^6 КОЕ/мл. Колбы инкубировали при 37°C в условиях перемешивания на лабораторном встряхивателе со скоростью перемешивания 100 об/мин. Время инкубации составляло 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 мин, а также 5, 7, 9 часов. После окончания инкубации из соответствующих колб производили посев петлей на среду по методу Голда. Число КОЕ (колониеобразующих единиц) бактерий в 1 мл инкубированных суспензий подсчитывали в соответствии с критериями метода Голда. Контролем служили образец без геля и ХГ (К) и образец с гелем без ХГ - К1. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Воздействие гидрогелевых мазей на основе геллана на рост культуры бактерий *S. aureus* ATCC 25922 при инкубации в воде

Образцы	ХГ, масс. %	Концентрация бактерий (КОЕ/мл) после инкубации с образцами*:										
		10м	20м	30м	60м	90м	120м	150м	5ч	7ч	9ч	
К	-	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6
К-1	-	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	5×10^6	5×10^6
1	0,05	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^5	3×10^3	0
2	0,1	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^5	10^4	0
3	0,15	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^5	0	0
4	0,2	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	10^6	0	0	0
5	0,3	10^6	10^6	10^5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание – Шрифтом выделены концентрации бактерий в пробах, соответствующих минимальному сроку инкубации, продемонстрировавшему ингибирующий эффект.

К-1 – контроль с гелем ХГ. К – контроль без геля и ХГ.

* м-минуты, ч-часы инкубации. КОЕ-колониеобразующие единицы бактерий

Таким образом результаты медико-биологических исследований свидетельствуют о том, что полученные образцы гидрогелиевой мази на основе ПВП, содержащей ХГ, обладают противовоспалительной и антибактериальной активностью.

Контроль-1 с гелем без ХГ не подавлял рост бактерий. За 7 ч их количество выросло в сравнении с начальной концентрацией в 5 раз, достоверно не превышая результаты в контроле без геля (К). Через сутки инкубации количество бактерий в контрольных образцах К и К-1 составило 5×10^6 КОЕ/мл.

В варианте с концентрацией ХГ в геле 0,05 масс.% подавление роста в 10 раз по отношению к контролю без геля (К) наблюдалось через 5 часов и в 330 раз - через 7 часов. Полное отсутствие роста наблюдали через 9 часов.

В варианте с концентрацией ХГ в геле 0,1масс.% подавление роста бактерий по отношению к контролю без геля (К) через 5 и 7 часов было 10-кратным и 100-кратным соответственно. Через 9 часов инкубации рост отсутствовал полностью.

Литература:

1. Polatoğlu I., Tulay O., Irem D., Senanur O. COVID-19 in early 2023: Structure, replication mechanism, variants of SARS-CoV-2, diagnostic tests, and vaccine & drug development studies // MedComm. – 2023. – N4 2. – С. 1–28.
2. Boyce J.M. Modern technologies for improving cleaning and disinfection of environmental surfaces in hospitals // Antimicrobial Resistance Infection Control. - 2016. – N5 10. – С. 1–10.
3. Villa C., Russo E. Hydrogels in Hand Sanitizers // Materials. – 2021. – N14 7. – С. 1–20.
4. Offenbrite R.M., Park K., Okano T. Biomedical Applications of Hydrogels Handbook. – Springer, 2010. – 423 p.
5. Ortega M.A., De Leon-Oliva D., Boaru D.L., Fraile-Martinez O., García-Montero C., Diaz R., Coca S., Barrera-Blázquez S., Bujan J., García-Honduvilla N., Saez M. A., Álvarez-Mon M., Saz J.V. Unraveling the New Perspectives on Antimicrobial Hydrogels: State-of-the-Art and Translational Applications // Gels. – 2023. – N9 8. – С. 617–636.
6. Кирш Ю.Э. Поли-N-винилпирролидон и другие поли-N-виниламиды. – М.: Наука, 1998. – 252 с.

References:

1. Polatoğlu I., Tulay O., Irem D., Senanur O. COVID-19 in early 2023: Structure, replication mechanism, variants of SARS-CoV-2, diagnostic tests, and vaccine & drug development studies // MedComm. – 2023. – N4 2. – С. 1–28.
2. Boyce J.M. Modern technologies for improving cleaning and disinfection of environmental surfaces in hospitals // Antimicrobial Resistance Infection Control. - 2016. – N5 10. – С. 1–10.
3. Villa C., Russo E. Hydrogels in Hand Sanitizers // Materials. – 2021. – N14 7. – С. 1–20.
4. Offenbrite R.M., Park K., Okano T. Biomedical Applications of Hydrogels Handbook. – Springer, 2010. – 423 p.
5. Ortega M.A., De Leon-Oliva D., Boaru D.L., Fraile-Martinez O., García-Montero C., Diaz R., Coca S., Barrera-Blázquez S., Bujan J., García-Honduvilla N., Saez M. A., Álvarez-Mon M., Saz J.V. Unraveling the New Perspectives on Antimicrobial Hydrogels: State-of-the-Art and Translational Applications // Gels. – 2023. – N9 8. – С. 617–636.
6. Kirsh Yu.E. Poly-N-vinylpyrrolidone and other poly-N-vinyl amides. – М.: Nauka, 1998. – 252 p.

Поступила 19 апреля 2024 г.

СОЦИАЛЬНЫЕ НАУКИ

МРНТИ 04.51.67+13.91

УДК 392.311

**THE PROBLEM OF OVERCOMING LGBTQ PHOBIAS
IN KAZAKHSTAN: SOCIO-ECONOMIC CONTEXT**

Baipakbayeva S.T.

National Engineering Academy of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

e-mail: saltanat.baipakbayeva@gmail.com

In the current conditions, the LGBTQ agenda is de facto becoming one of the factors increasing contradictions in Kazakh society. It is shown that with adequate modernization of this agenda, it can be used in exactly the opposite way. The proof of this thesis is given on the basis of an analysis of the nature of the current crisis of the classical (for European consciousness) monogamous family. Additional evidence is given that this crisis is objective in nature and is caused, first of all, by the gap between the ages of social and biological maturation of individuals. It is shown that the LGBTQ agenda can de facto be considered as a prerequisite for the formation of a family structure that meets the “third” type of population reproduction. There is an objective need for the formation of this type of population reproduction, since the growing gap between the ages of social and biological maturation leads to the emergence of a significant layer of the population that cannot be called either adults or children in the classical sense of these terms. They are adults biologically, but children socially, and this trend will only increase in the foreseeable future, both due to an increase in the duration of active life, and due to the fact that for a successful career an individual must accumulate an increasingly vast amount of information. It is shown that the very formulation of the question of the “third” type of population reproduction can provide a certain consensus in Kazakh society on the issue of attitude to innovation in family and marriage relations.

Keywords: *LGBTQ agenda, population reproduction, socio-political stability, crisis of the monogamous family, sociocultural code, polygamy, polyamory.*

Қазіргі жағдайда LGBTQ – күн тәртібі іс жүзінде қазақ қоғамындағы қайшылықтарды арттыратын факторлардың біріне айналып отыр. Бұл күн тәртібін барабар түрде модернизациялау кезінде оны мүлдем керісінше қолдануға болатыны көрсетілген. Бұл тезистің дәлелі классикалық (еуропалық сана үшін) моногамдық отбасының қазіргі дағдарысының сипатын талдау негізінде келтірілген. Бұл дағдарыстың объективті сипатқа ие екендігі және ең алдымен, жеке адамдардың әлеуметтік және биологиялық жетілу жасының арасындағы ашақтықтан туындайтыны туралы қосымша дәлелдер келтірілген. LGBTQ - күн тәртібін де-факто популяцияның ұдайы өндірісінің «үшінші» түріне сәйкес келетін отбасы құрылымын қалыптастырудың алғышарты ретінде қарастыруға болатыны көрсетілген. Популяцияның ұдайы өндірісінің бұл түрін қалыптастырудың объективті қажеттілігі бар, өйткені әлеуметтік және биологиялық жетілу жасы арасындағы ашақтық классикалық мағынада ересектер де, балалар да деп атауға болмайтын популяцияның елеулі қабатының пайда болуына әкеледі. Олар биологиялық жағынан ересектер, бірақ әлеуметтік жағынан балалар және бұл тенденция жақын болашақта

өседі себебі белсенді өмір ұзақтығының ұлғайып, сонымен қатар табысты мансап үшін жеке тұлғаның барған сайын көп білім жинақтауына байланысты. Мақалада халықтың ұдайы өндірісінің «үшінші» түрі туралы мәселенің көтерілуінің өзі қазақ қоғамында отбасылық-некелік қатынастардағы жаңашылдыққа көзқарас мәселесі бойынша белгілі бір консенсусты тудыратыны көрсетілген.

Түйінді сөздер: *LGBTQ-күн тәртібі, халықтың көбеюі, қоғамдық-саяси тұрақтылық, моногамдық отбасы дағдарысы, әлеуметтік-мәдени код, көп әйел алу, полиамория.*

В сложившихся условиях LGBTQ-повестка де-факто становится одним из факторов, усиливающих противоречия в казахстанском обществе. Показано, что при адекватной модернизации данной повестки, она может быть использована в прямо противоположном ключе. Доказательство данного тезиса дается на основе анализа характера текущего кризиса классической (для европейского сознания) моногамной семьи. Даны дополнительные доказательства того, что данный кризис носит объективный характер и обусловлен, в первую очередь, разрывом между возрастными социального и биологического взросления индивидов. Показано, что LGBTQ-повестка де-факто может рассматриваться как предпосылка для формирования структуры семьи, отвечающей «третьему» типу воспроизводства населения. В формировании такого типа воспроизводства населения существует объективная потребность, так как нарастающий разрыв между возрастными социального и биологического взросления приводит к появлению значительной прослойки населения, которые не могут быть названы ни взрослыми, ни детьми в классическом понимании этих терминов. Они являются взрослыми биологически, но детьми социально, причем данная тенденция в обозримом будущем будет только нарастать как в силу увеличения продолжительности активной жизни, так и в силу того, что для успешной карьеры индивид должен накопить все более обширный объем информации. Показано, что сама постановка вопроса о «третьем» типе воспроизводства населения может обеспечить определенный консенсус в казахстанском обществе в вопросе об отношении к инновациям в семейно-брачных отношениях.

Ключевые слова: *LGBTQ-повестка, воспроизводство населения, социально-политическая стабильность, кризис моногамной семьи, социокультурный код, полигамия, полиамория.*

Increasing geopolitical instability, as well as increasingly stringent measures directed against the LGBTQ community in the Russian Federation, lead to the fact that the issue of sharp rejection of the LGBTQ agenda by certain social groups in Kazakhstan ceases to have only a human rights component.

No less significant is the question of the possibility of using the above phobias for political purposes, in particular, in order to counter the multi-vector policy pursued by the political leadership of the Republic of Kazakhstan.

Indeed, the problem of the LGBTQ agenda is already very actively used by those forces that seek to discredit Kazakhstan's desire to implement a multi-vector policy, in particular, to develop economic and cultural relations, including with the European Union and the United States.

The efforts of many media personalities aimed at criticizing the LGBTQ agenda largely fall on fertile ground associated with the peculiarities of the formation of the sociocultural code of the population of the Republic of Kazakhstan. Therefore, in order to maintain social stability, to ensure sustainable cooperation, including with the countries of the European Union, it is of interest to develop means that would allow, if not completely eliminating the manifestation of aggressive rejection of the LGBTQ agenda, then at least significantly reducing the severity of this issue to the level, excluding its possibility of being used in dishonest political manipulations.

The applied goal of this work, among other things, is to develop a concept that can have an informational impact on Kazakh society in terms of ensuring a reduction in the level of aggressiveness in the perception of the LGBTQ agenda on the part of various social groups.

Moreover, with some modernization of this agenda (taking into account Kazakh realities), it may cease to be a factor splitting Kazakh society. Paradoxically, the proposed modernization, on the contrary, can serve as a factor in ensuring the unity of Kazakhstani society.

The proof of this thesis is the main goal of this work in the academic aspect.

The methodological basis of the work is the interpretation of the concept of “sociocultural code”, given on the basis of the neural network theory of society [1, 2].

It, in turn, is based on the idea of the existence of a transpersonal level of information processing [3, 4], the existence of which can be proven without resorting to the construction of mathematical models.

Indeed, according to existing ideas, the emergence of human creation is based on a very specific physical process - the exchange of signals between the neurons that make up the brain.

It is this physical process that is also responsible for the exchange of information between different individuals. We emphasize that during interpersonal communication at the physical level we can only talk about the exchange of signals between neurons localized in different heads. The transmission of “information” (understood in the ordinary sense of this term, i.e. the transmission of certain information, etc.) is the result of processing these signals.

Further, the exchange of signals between neurons localized in a single head leads to the emergence of human consciousness. The exchange of signals between neurons leads to the emergence of a transpersonal level of information processing. This is more correctly formulated as follows [4]. Interpersonal communication leads to the formation of a common neural network. In the extreme case (when an exchange involving the population of the planet as a whole is considered), this factor leads to the formation of the noosphere, which also represents a well-defined information and communication reality.

This approach also allows us to provide additional evidence of the objective nature of the transformation of family and marriage relations, which de facto take place in the Republic of Kazakhstan “in real time.”

It is the objective nature of the above transformations that allows us to assert with all reasonableness that there is nothing behind the persecution of the LGBTQ agenda other than politically determined factors. Moreover, as will be clear from what follows, a methodologically adequate interpretation of the prerequisites for the emergence of the LGBTQ agenda and its assimilation by Kazakh society allows us to convert this agenda from a means of disunity of Kazakh society into a means of its consolidation.

The transformation of family and marriage relations in the Republic of Kazakhstan, as in many other countries of the world, is taking place for purely objective reasons, the main one of which is the crisis of the traditional monogamous family. This is an objective reality; the family as such has evolved throughout the history of human civilization. In this regard, the LGBTQ agenda can and should be considered, among other things, as a response to the crisis of the classic monogamous family, the structure of which no longer meets modern geo-economic realities. In conditions when the “old forms” of family are already becoming a thing of the past, and new ones have not yet emerged, one can only welcome the emerging diversity, which constitutes the socio-economic content of the LGBTQ agenda. It is from this diversity that those forms of family and marriage relations can be formed that will correspond to the next stage in the development of civilization.

Let's return to the issue of the crisis of the traditional monogamous family. This crisis is caused by a complex of different reasons, some of which were mentioned in the report [5]. It is appropriate to emphasize that the crisis of the monogamous family is considered even by Russian authors [6,7], despite the strict policy of supporting traditional values taken by the political leadership of the Russian Federation by 2015.

From the point of view used, the main reason for the crisis of the traditional monogamous family is a significant increase in active life expectancy, complemented by a decrease in the average number of children in a family.

Let's turn to Figure 1. This figure schematically reflects the fact that in modern society there is an increasingly wide gap between the ages of biological and social maturation.

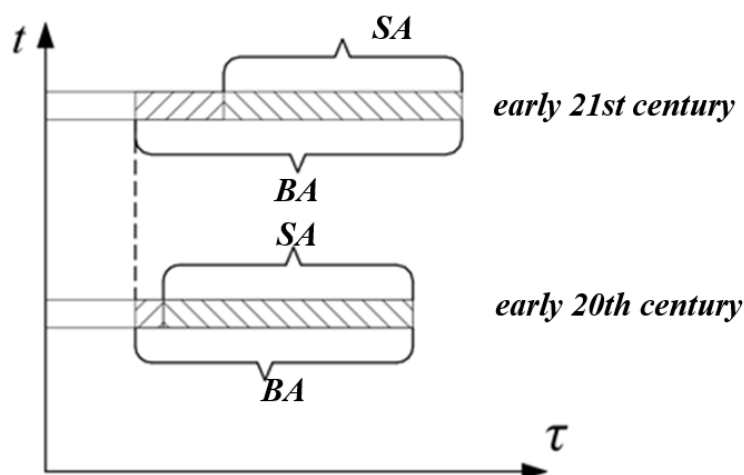


Figure 1 – An illustration of the widening gap between the ages of social and biological maturation, SA – socially adults, BA – biologically adults [8]

A clear illustration of this is also the fact that reserve officers in Kazakhstan are now registered (and have mobilization orders) until the age of 60, whereas 30 years ago this age for officers with the rank of captain was 45 years. Facts of this kind clearly indicate a continuous widening of the gap between the ages of social and biological maturation.

This gap can be seen especially clearly for individuals oriented toward intellectually rich activities. For example, a young scientist is considered to be a person under the age of 35 (which biologically corresponds to the age of a grandfather/grandmother for primates).

Moreover, there are all signs that infantilism is becoming characteristic of many men under the age of 35-40, and sometimes even of women. The number of men who are de facto gigolos (i.e., living at the expense of women) is also constantly increasing, and the list of such examples can be continued for quite a long time.

This gap is clearly having an increasingly noticeable impact on the nature of family and marital relations. This is due, among other things, to the increasing age of social/sexual activity, which often reaches a threshold of 60 years or more.

Among other things, this leads to the fact that the advancement of young people along the social or career ladder is hampered by significant competition from older people who have such advantages as experience, established personal connections, etc. This factor is also especially pronounced in those areas of activity that are associated with intellectual work. In such areas of activity, a person under the age of 35 is often not self-sufficient, which forces him to think first about a career, and only secondarily about starting a family.

The above factors are well known; they are reflected, in particular, in [8].

However, insufficient attention is paid to the following circumstance. In fact, in modern conditions a situation arises where the division of living people into “children” and “adults” does not fully correspond to the real age structure of society. Indeed, “children” in the classical sense of the term should be understood as individuals who are such both biologically and socially. Likewise, “adults” in the full sense of the word should be understood as persons who are such in both of the above senses.

But, as even a superficial analysis of the current situation shows, at present a significant proportion of the population of the Republic of Kazakhstan consists of people occupying an intermediate position between children and adults in the classical understanding of these terms. These are individuals who are biologically adults (that is, capable of procreation and have a need for sexual relations), but who are not adults in terms of their social status.

Let us note that the de facto gap between the ages of biological and social maturation has long been codified. So, a woman can produce offspring at the age of 15, and sometimes earlier. But, in accordance with the legislation in force in the vast majority of developed countries, this is interpreted as the result of illegal actions. The age of social maturation is legally established between 16 and 18 years, which is interpreted through the legal concept of legal capacity.

It is appropriate to emphasize that the existing codification of the difference between the ages of social and biological maturation developed historically quite late.

Evidence of this can be found, among other things, in fiction. So, the nanny, the character of “Eugene Onegin,” answers the main character about “old times” like this:

“How did you get married, nanny?”
 - So, apparently, God ordered it. My Vanya
 Was younger than me, my light,
 And I was thirteen years old.

These lines reflect the situation legalized in Russia in the 18th century: peasant girls could get married at the age of 13, which corresponds to the age of biological maturation.

It is obvious that the difference between the legally established age of social maturation and the age of biological maturation in current practice is quite small. Such a difference cannot have a significant impact on the structure of family and marital relations. But, if the difference in question approaches 16 years (i.e., the period corresponding to one biological generation), then this already becomes significant.

This returns to the question of the connection between the nature of family and marriage relations with the issue of population reproduction. Namely, in the literature, as a rule, two types of population reproduction are considered (if we consider the most archaic, characteristic of primitive tribes). The first (traditional) type of population reproduction is characterized by a relatively high birth rate (30-55%), and most importantly, by the total fertility rate (up to 6 or more children per family). The second (“industrial”) is characterized by a lower birth rate, and most importantly, a relatively low number of children in the family (on average, this indicator is often taken to be 2.3), and in current practice it has (for many countries) much lower values. Note that some sources also consider another intermediate type [9], but for the purposes of this work this is not significant.

It is impossible not to notice that the LGBT agenda and its modifications de facto pave the way for other types of population reproduction. Indeed, the legalization of same-sex relationships, as

well as their moral and legislative support at the state level, ultimately cannot but lead to the formation of marriage unions of various types.

For the purposes of this work, marriage unions called polyamorous are of greatest interest. [10] (several companions entering into each other, including same-sex relationships). The corresponding trends in the countries of the geopolitical West are already visible quite clearly [11,12]. For example, marital unions are reported in which for one man there are two partners who are in lesbian relationships with each other.

However, it should be noted that non-classical marriage unions also existed informally in the former USSR, where at the beginning of its formation (1920s onwards) the issue of the essence and nature of family and marriage relations was actively discussed. Suffice it to recall the “glass of water” theory of the prominent revolutionary Kollontai [13]. Examples of such unions created by outstanding cultural figures and reflected in literature [7, p. 4] are the relationships between two lesbian women and the husband of one of them (M.I. Tsvetayeva with her husband S.Ya. Efron and Sofia Parnok), two husbands and their common wife (V.V. Mayakovskiy and the official Brikov couple), etc.

There is every reason to believe that the genesis of this kind of marriage unions is in one way or another connected with the general atmosphere in Russia in the 1920s, when any norms inherited from the “old world” were questioned.

However, this is nothing more than a remark designed to emphasize that the problem of updating the family structure is by no means new and is by no means being raised for the first time. In particular, even F. Engels noted in one of his most famous monographs: “If a monogamous family in the distant future turns out to be unable to satisfy the needs of society, then it is impossible to predict in advance what character its successor will have” [15, p. 94].

Let us pay attention to the following circumstance. If the age difference between partners in a marriage of the type indicated above is sufficiently large, then one of them actually begins to occupy an intermediate position in such a family between an “adult” and a “child.” Consequently, such unions, at least theoretically, correspond to the realities of a society in which a large proportion of individuals are adults biologically but children socially.

Such persons can, given the appropriate family structure, produce offspring while remaining under the care (including financial support) of the older generation. In this case, the period of social maturation coincides with the period of raising children (in the next generation) in the full sense of the word.

A schematic of such a union is illustrated in Fig. 2, which shows the structure of a polyamorous family of two women and one man.

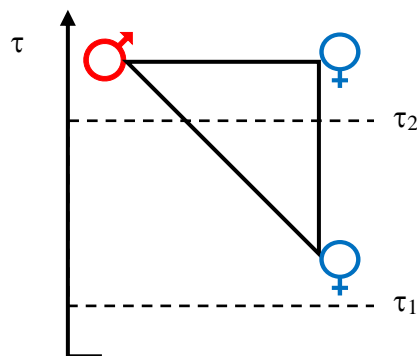


Figure 2 – Diagram of the structure of a polyamorous family of two women and one man; $\tau_{1,2}$ – ages of biological and social maturation, respectively

Thus, at least theoretically, we can talk about the formation of a family that will correspond to the emergence of an intermediate (neither children nor adults in the classical sense of the term) age group.

Specific forms of practical implementation of transformations of the family and marriage structure in the future, of course, may be different. But the diagram presented in Fig. 2 is of particular interest for Kazakhstan, precisely because of the possibility of creating tools to counter LGBTQ phobias.

The possibility of implementing such instruments is also determined by objective factors.

Namely, the very fact of discussing polyamorous families (and other forms of marriage unions) automatically negates the absolutization of the classical monogamous family in the Eurocentric interpretation of this term.

Consequently, if we consistently adhere to the point of view that follows from this, then the question of legalization - and at the international level - of the widest range of different forms of family, including those that were characteristic of the Islamic world throughout its centuries-old history, is legitimate.

In this regard, it is appropriate to emphasize that polygamy has been criticized for a long time *exclusively* from the standpoint of Eurocentrism, but in the context of a radical transformation of the family structure on a global scale, criticism built on this basis, at a minimum, ceases to be convincing.

In such conditions, a broad discussion of various forms of family and marriage relations, including those complementary to the sociocultural code of Islamic civilization, cannot but cause a certain resonance in Kazakh society.

This is due, among other things, to already emerging trends. In particular, the current practice in the Republic of Kazakhstan shows that the institution of tokal (second-junior wives) is already de facto legalized, if not at the level of legislation, then at the level of mass consciousness.

Let us note that the tokal institute in the Republic of Kazakhstan already de facto largely corresponds to the “third type” of population reproduction. Many young tokals actually occupy an intermediate position (between adults and children in the traditional understanding of these terms). They are adults biologically, ensuring the reproduction of the population, but remain children socially, at least financially and in relation to social protection mechanisms.

On the one hand, this state of affairs can be interpreted from the standpoint of “reincarnation of the archaic,” or more precisely, a return to conservative values characteristic of past centuries.

But a more detailed examination of this issue clearly shows that the tokal institute is rapidly modernizing. Many of them use their position for the purpose of self-realization, developing social capital, etc. In other words, they actually go through a process of social maturation as individuals, while producing offspring. This allows us to assert that trends corresponding to the third type of population reproduction are already taking shape in the Republic of Kazakhstan.

This returns to the question of creating tools to overcome LGBTQ phobias in Kazakhstan.

As follows from the above, the structure of the family will be transformed without alternative due to objective reasons. The higher life expectancy, the greater will be the gap between the ages of biological and social maturation, which gives rise to a crisis in the traditional monogamous family.

This contradiction will sooner or later be resolved in one way or another. It is preferable, however, to make the corresponding processes manageable, i.e. make decisions not after the fact (i.e., reacting to already formed trends), but act proactively.

It is this narrative that can be used, among other things, to overcome LGBTQ phobias in Kazakhstan. Indeed, the very fact of widespread discussion of the need to modernize family and

marriage relations cannot but lead to certain shifts in mass consciousness. In particular, supporters of polygamy (including those based on ideas classical in Islam) have at their disposal a theoretical/informational tool that allows them to resist Eurocentrism in this area. In conditions when the widest range of family and marital relations arises, polygamy, classic for Islamic civilization, can no longer be criticized as something obviously backward, as was the case throughout the entire historical period when Eurocentrism was ideologically dominant.

In parallel, for representatives of certain social strata (mainly wealthy and at the same time largely oriented towards the geopolitical West), it will certainly be of interest to discuss the issue that the legalization of the tokal institution can be combined with the LGBT agenda.

There is no need to prove that it is these social strata that largely set the tone in public opinion. Consequently, if they have at their disposal an information tool that meets both their own aspirations and the opportunity to talk about a return to the traditions of their ancestors, but at a new stage of historical development, then they will certainly use it.

The diagram shown in Fig. 1 may well become such a tool. 3. Indeed, to a certain extent it meets both the problem of overcoming LGBT phobias and the traditional ideas about polygamy in the world of Islam.

Moreover, it is already partly being implemented in practice. The Tokal Institute in many respects already corresponds to the diagram in Fig. 3, i.e. trends demonstrating the transition to the third type of population reproduction are already evident. For clarity, this diagram can be redrawn in a form that already corresponds to the realities of Kazakhstan, Fig. 3.

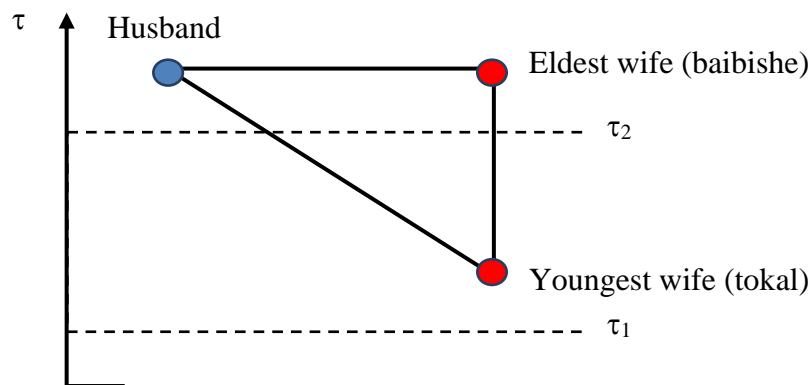


Figure 3 – Adaptation of the tokal institution to the third type of population reproduction; $\tau_{1,2}$ – ages of biological and social maturation, respectively (baibishe – eldest wife, tokal – youngest)

But, even if we do not take into account the above circumstances, the very fact of discussing the crisis of a monogamous family can radically change the attitude of a certain part of traditional Kazakh society towards the LGBTQ agenda. Indeed, polygamy was and continues to be viewed as a kind of relic of the past (including in the mass consciousness of citizens of the Republic of Kazakhstan). However, in conditions where the crisis of the Eurocentric monogamous family is obvious, this attitude towards polygamy cannot but be revised. In essence, both supporters of the traditional (from the point of view of Sharia norms) family, not to mention supporters of secular polygamy, and supporters of the LGBTQ agenda - with the proper level of understanding of the objectively developing geo-economic processes - cannot help but turn out to be situational allies.

Paradoxically, this very fact can in the future serve as one of the important tools for consolidating Kazakhstani society.

Indeed, for a multinational and multi-religious country, also located in very difficult geopolitical conditions, it is extremely important to find an area in which representatives of various social, ethnic and other groups understand the importance of the most tolerant attitude towards representatives of a different point of view.

Family and marriage relations - due to the obvious transparency of the relevant theses for the majority of the population - can become precisely the area that will most clearly prove that “diversity” is not always “directed against someone.” At a minimum, in the current specific historical conditions, it is the thesis about the importance of diversity that can serve as the basis for the consolidation of many Kazakh political forces, which is critically important for ensuring the socio-economic stability of our country.

Moreover, the opposite situation - when one or another point of view on the nature of family and marriage relations is declared obviously unacceptable - carries more than significant risks for Kazakhstan. This directly follows from the theory of sociocultural code, reflected, in particular, in [3, 4].

Indeed, the growing disunity of Kazakh society is mainly determined by the fact that at least three different sociocultural codes are firmly established in it. One of them can be conditionally called “Eurasian” (it is inherited from the times of the USSR), the second is formed on the basis of an more ancient code, which is strengthened under the influence of Islam, and the third can conditionally be called European. The latter in Kazakhstan over the past 30 years has also significantly strengthened its position due to the assimilation of European values. Proof of this, among other things, are the rather serious positions of the LGBT community in Kazakhstan, as well as the tolerant attitude towards this agenda on the part of a significant part of Kazakhstan’s youth.

These three sociocultural codes are in, to put it mildly, complex relationships with each other (more precisely, the bearers of these codes). Moreover, the same person or the same family may be under the influence of two or more such codes. This is one of the reasons for the increase not only of conflict in society, but also the cause of many psychological disorders.

Therefore, it is important to create a tool that would most clearly demonstrate the importance of not just tolerance, but would serve as a kind of “assembly point” for all three of the above sociocultural codes. In fact, we are talking about a targeted impact on all three codes so that their bearers realize a very simple thing – ethical and sociocultural diversity is a valuable resource. Ecologists have long been talking about the importance of preserving biodiversity, and this point of view has been assimilated by the mass consciousness. The analogy is obvious.

The thesis about the value of sociocultural diversity can also well be assimilated by the mass consciousness, and it is a broad discussion of the issue of the evolution of family and marriage relations that can serve as one of the most effective tools here.

Thus, discussion of the LGBT agenda, if the issue is adequately posed, can become one of the tools for consolidating Kazakh society, ceasing to be a factor in its disunity.

References:

1. Gabrielyan O.A., Suleimenov I.E. Theory of complex systems: noospheric context. Simferopol: Publishing house of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Crimean Federal University named after. IN AND. Vernadsky”, 2023. – 168 p.
2. Suleimenov IE, Gabrielyan OA, Bakirov AS Neural Network Approach to the Interpretation of Ancient Chinese Geomancy Feng Shui Practices // European Journal of Science and Theology. – 2023. – Vol.19, No.2. – P.39-51.

3. Suleimenov I.E., Masalimova A.R., Bakirov A.S., Vituleva E.S. The teaching of the Sufis from the point of view of the neural network theory of the noosphere // Bulletin of KazNU, Ser. Religious Studies. – 2022., T. 32, No. 4. – P. 3-13. doi:10.26577 – EJRS.2022.v 32.i4.r1
4. Suleimenov I.E., Gabrielyan O.A., Masalimova A.R., Shaltykova D.B., Vituleva E.S., Matrasulova D.K. The question of the existence of the “mental body” from the point of view of problems of philosophy // Vestnik KazNU. Series of philosophy, cultural studies and political science. – 2023. – T. 84. – No. 3., pp.4-14.
5. Antonov A.I., Borisov V.A. Family crisis and ways to overcome it. Scientific report. -M.: Institute of Family Sociology of the USSR Academy of Sciences, 1990. -36 p.
6. Sorokina E. A. The institution of the family: crisis or transformation? / E. A. Sorokina // Scientific research and development: priority directions and problems of development: Collection of scientific papers based on the materials of the X International Interdisciplinary Forum of Young Scientists, Kaliningrad, September 10, 2017. – Kaliningrad: NOO “Professional Science”, 2017. – P. 184-198.
7. Shchhavelev S.P. Family today: illusory hopes and diversity of opportunities / S.P. Shchhavelev // Modern trends in economics, management and education: Materials of the international scientific and practical conference, Kursk, April 11, 2017. – Kursk: Kursk Institute of Cooperation (branch) of the Autonomous Non-Profit Organization of Higher Professional Education "Belgorod University of Cooperation, Economics and Law", 2017. – P. 326-333. – EDN YSLIF.
8. Mun G.A., Matrasulova D.K., Vituleva E.S., Suleimenov I.E. What is behind the LGBT agenda? // News of NTO “Kahak”, 2023, No. 1(79), P.4-35.
9. Viktorov A. Sh. Features of demographic processes in modern society in the context of social reproduction of the population // Russia: trends and development prospects. – 2016. – No. 11-1. – P. 496-501.
10. Mitchell M. E., Bartholomew K., Cobb R. J. Need fulfillment in polyamorous relationships. The Journal of Sex Research, (2014). 51(3), 329-339.
11. Balzarini R. N., Dharma C., Kohut T., Holmes B. M., Campbell L., Lehmilller J. J., Harman J. J. Demographic comparison of American individuals in polyamorous and monogamous relationships // The Journal of Sex Research. – 2019. – Vol. 56(6). – P. 681-694.
12. Hnatkovičová D., Bianchi G. Model of motivations for engaging in polyamorous relationships // Sexologies. – 2022. – Vol. 31(3). – P.184-194.
13. Satoko K. Eros and revolution: the theory of A. Kollontai // New Philological Bulletin. – 2009. – Vol. 9. – No. 2. – P. 124-131.
14. Shchhavelev S.P. Family today: illusory hopes and diversity of opportunities // Modern trends in economics, management and education: Materials of the international scientific and practical conference, Kursk, April 11, 2017. – Kursk: Kursk Institute of Cooperation (branch) of the Autonomous Non-Profit Organization of Higher Professional Education "Belgorod University of Cooperation, Economics and Law", 2017. – P. 326-333.
15. Engels F. Origin of the family, private property and state. – M.: Politizdat, 1980. – 238 p.

Поступила 2 мая 2024 г.

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ



Мун Григорий Алексеевич

*доктор химических наук, профессор,
академик Национальной инженерной
академии РК, президент научно-
технического общества «КАХАК»*

17 марта 2024 г. исполнилось 70 лет Григорию Алексеевичу Муну, профессору Казахского национального университета им. аль-Фараби, выдающемуся ученому, доктору химических наук, профессору, академику Национальной инженерной академии РК.

Мун Г.А. – ученый во втором поколении. Его отец Алексей Инсенович Мун, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией Института химических наук АН КазССР. Кандидатскую диссертацию защитил в 1952 г. под руководством ученого с мировым именем академика М.И. Усановича. Докторскую диссертацию защитил в 1967 г., причем в тот период в течение длительного времени А.И. Мун являлся единственным корейцем в Казахстане, защитившим докторскую диссертацию по химическим наукам. А.И. Мун – видный ученый-химик, труды которого общепризнаны, широко известны и востребованы в научном мире и в настоящее время. Он является одним из основоположников научного направления, связанного с физико-химией и геохимией микроэлементов, ставшего в настоящее время самостоятельной, интенсивно развивающейся областью естествознания на стыке химической науки и геологии. Опубликованный им фундаментальный труд в виде монографии «Распределение микроэлементов в водоемах Казахстана» в соавторстве с академиком А.Б. Бектуровым (Изд. «Наука», Алма-Ата, 1971 г.) и в настоящее время привлекает внимание физико-химиков, геохимиков, гидрохимиков, работающих в данной области, является первой книгой по геохимии редких и рассеянных элементов в континентальных бассейнах.

Профессор Г.А. Мун очень гордится своим отцом. Из детских и юношеских воспоминаний самое глубокое впечатление – отец всегда в работе, днем и ночью что-то пишет, какие-то научные статьи, его колоссальное трудолюбие и работоспособность просто поражает. Именно под влиянием отца Г.А. Мун сделал свой выбор в профессии – химия, а также определил дальнейшую свою область научных интересов и исследований – химия полимеров.

Судьба Г.А. Муна в науке складывалась довольно интересно. До 4-го курса он учился в КазГУ, а потом в 1976 г. с родителями переехал в Россию. Перевелся на химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, дипломную работу выполнял в лаборатории теоретических проблем органической химии, которой непосредственной руководил легендарный ученый с мировым именем академик Олег Александрович Реутов. Его лаборатория, он сам, как ученый, его лекции на всю жизнь произвели на Г.А. Муна сильнейшее впечатление. Поэтому над дипломной работой он работал день и ночь. Все рабочие дни, включая субботу, приходил в лабораторию утром в 8.30–9.00 и уходил не раньше 9 часов вечера, чем, наверное, удивлял сотрудников и преподавателей кафедры. Но другого образа жизни и режима работы он просто не представлял. Видимо тогда он произвел столь хорошее впечатление на своего непосредственного руководителя по дипломной работе профессора К.П. Бутина, что тот пригласил его к себе в аспирантуру.

Но все-таки по ряду причин Г.А. Мун для поступления в аспирантуру выбрал кафедру высокомолекулярных соединений (ВМС) МГУ, в то время самую молодую кафедру в МГУ, где работали самые молодые и перспективные доктора наук, научные достижения которых тем не менее уже были признаны во всем научном мире. Своим примером, своим беззаветным отношением и преданностью к науке Г.А. Муна очень вдохновлял профессор Владимир Борисович Голубев, его непосредственный руководитель, которого Г.А. Мун считает своим отцом в науке. Это был замечательный, очень интересный человек и по-настоящему выдающийся ученый, пользующийся абсолютным авторитетом и уважением в МГУ. Вместе со своим руководителем Г.А. Мун проводил длительные эксперименты, зачастую оставаясь в лаборатории круглые сутки. Работать в такой творческой атмосфере было крайне интересно.

В то время кафедру ВМС возглавлял член-корреспондент АН СССР В.А. Кабанов. Тогда ему было чуть больше 40 лет, но он уже был выдающимся учёным с мировым именем. Тогда для аспиранта Г.А. Муна он казался достаточно взрослым, средних лет профессором. Только позже для Г.А. Муна стало понятно, что добиться такого признания в мировой науке в таком молодом возрасте – это огромный выдающийся успех, которого добивается далеко не каждый. Академик В.А. Кабанов для Г.А. Муна всегда был и является кумиром и великим примером беззаветного служения науке. Поэтому следует немного побольше о нем рассказать.

Фундаментальную науку часто критикуют за отсутствие практической отдачи, при этом многие чиновники от науки искренне считают, что фундаментальная наука вообще не нужна, поскольку она слишком обременительна для бюджета страны.

В.А. Кабанов был не только великим ученым, но и великим гражданином и патриотом своей страны, абсолютно преданным науке. Всей своей научной деятельностью он наглядно доказывал, что нет ничего более практичного и необходимого для человечества, чем фундаментальная наука.

Всю жизнь плодотворно занимаясь фундаментальными исследованиями, В.А. Кабанов одновременно трудился и над их практической реализацией. Под его научным руководством на основе фундаментальных исследований в области надмолекулярной структуры и физико-механике полимеров были разработаны и внедрены такие новые технологии как производство полипропиленовых плёночных нитей с повышенными прочностными характеристиками, широко используемые в промышленности. Внедрение этой технологии в практику принесло колоссальный экономический эффект, исчисляемый многими сотнями

миллионами рублей, а в то время рубль как, известно, по курсу стоил дороже американского доллара.

В 1986–1987 гг. В.А. Кабанов совместно с молодыми сотрудниками своей кафедры профессорами А.Б. Зезиным, И.М. Паписовым, Л.Б. Строгановым принял непосредственное участие в ликвидации последствий Чернобыльской аварии. Вместе с ними он разработал и применил полимерную рецептуру на основе интерполиэлектролитных комплексов для предотвращения миграции радиоактивной пыли в зоне аварии. Оптимальное техническое решение было найдено благодаря ранее проведённым фундаментальным исследованиям, а личное участие Кабанова В.А. в практических работах, в том числе, и на месте аварии, позволило в кратчайшие сроки пройти путь от лабораторных и полевых испытаний до промышленного производства и применения рецептуры. За три командировки в Чернобыль В.А. Кабанов с сотрудниками провел непосредственно на зараженных участках около двадцати дней, что, возможно, послужило причиной его раннего ухода из жизни, а также профессоров Л.Б. Строгонова и И.М. Паписова.

Завершив диссертационную работу и защитив кандидатскую диссертацию в МГУ Г.А. Мун спустя некоторое время вернулся в родной город Алматы. У него был выбор – пойти работать в Институт химических наук, Политехнический институт или КазГУ. Он выбрал КазГУ, кафедру химии высокомолекулярных соединений, потому что здесь на кафедре в тот период интенсивно развивалось научное направление по полимерами биомедицинского назначения, которое всегда привлекало Муна Г.А. И с тех пор одно из основных направлений его научной деятельности связано именно с этим направлением.

Следует отметить, что в конце 80-х–начале 90-х годов Г.А. Мун с сотрудниками в КазНУ впервые в Казахстане начали заниматься полимерными гидрогелями. Это направление было инициировано профессором Зауре Сагиевной Нуркеевой и академиком Еренгаипом Маликовичем Шайхутдиновым. В дальнейшем они стали научными консультантами Г.А. Муна по докторской диссертации. Следует отметить, что в то время в Казахстане даже среди ученых мало, что было известно о полимерных гидрогелях, этих уникальных материалах, способных обратимо удерживать воду в колоссальных объемах.

Одно из первых практических внедрений в медицине профессоров З.С. Нуркеевой и Г.А. Муна – это гель для УЗИ-диагностики, обеспечивающий контакт между кожей пациента и поверхностью датчик УЗИ-аппарата. В 90-х годах на заре ультразвуковых диагностических исследований в РК такой гель закупали за границей за валюту. Когда пытались использовать в качестве заменителя различные жидкости, вроде глицерина или пены для бритья, датчики ломались, а это дорогостоящий ключевой элемент в диагностической УЗИ-аппаратуре. Командой З.С. Нуркеевой и Г.А. Муна впервые в Казахстане был разработан гель для УЗИ-диагностики, который успешно в небольших объемах поставлялся в клиники РК и даже России.

Позже в конце 90-х годов Г.А. Муном был разработан уникальный гидрогелевый инъекционный имплантационный материал «Гликогель», при использовании которого для хирурга отпадает необходимость нанесения обширных травматичных разрезов, поскольку реологические свойства этого материала позволяют вводить его в корректируемые области организма с помощью шприца (инъектора) и иглы, либо с использованием эндоскопической техники в количествах достаточных для достижения стабильного функционального и пластического эффектов. Это зачастую позволяет проводить операцию по пластике мягких тканей в амбулаторных условиях.

В период с 2003 по 2005 гг. благодаря этому имплантационному материалу более 200 больных детей, страдающих тяжелой патологией в виде называемого пузырьно-мочеточникового рефлюкса, обошлись без полостной операции и были излечены эндоскопически. Но срок выданной МЗ РК лицензии закончился в 2005 г., а все попытки продлить ее разбились о множество бюрократических препон. Сейчас клиники РК вынуждены закупать аналогичный имплантационный материал из разных стран – Франции, Штатов, России. Но, по заключению казахстанских медиков, все они значительно уступают по своим медико-техническим свойствам «Гликогелю».

Свою юбилейную дату профессор Г.А. Мун встречает в полном расцвете своих творческих сил и возможностей. К настоящему времени Г.А. Мун прошел большой путь в науке, добился на этом поприще по-настоящему выдающихся успехов, но он уверен, что самые большие успехи науки его еще ждут впереди.

Профессор Г.А. Мун широко известен научному сообществу как всемирно признанный ученый, внесший выдающийся вклад в развитие науки и технологии в области химии, физики и технологии, полимеров, полимерного материаловедения, радиационной химии полимеров, нанотехнологии.

Профессором Г.А. Муном опубликовано свыше 600 научных работ, в т.ч. свыше 110 научных статей в международных высокорейтинговых научных журналах, включенных в базы Web of Science и Scopus, 7 учебных пособий и учебников, 9 монографий, 25 патентов РК и 3 Евразийский патентов. Он является автором трех научных открытий, официально зарегистрированных в 2008 г. и 2023 г. Под его руководством защищено 14 кандидатских диссертации и 11 диссертаций доктора философии (PhD).

По данным международного информационного агентства Clarivate Analytics (Thomson Reuters) профессор Г.А. Мун имеет один самых высоких индексов цитируемости среди всех ученых Казахстана (Sum of the Times Cited=1759), а также один из самых высоких в РК индекс Хирша (h-index=28), отражающий весомость вклада ученого в глобальную науку

Следует отметить, что, по данным базы Web of Science и Scopus в начале 2000-х годов на протяжении 7 лет он возглавлял рейтинг учёных Казахстана по показателю цитируемости. У него много учеников, достижениями которых в науке можно гордиться. Среди них есть действительно выдающиеся, например, Виталий Хуторянский, который работает полным профессором в одном из ведущих университетов Англии. К настоящему времени профессор Хуторянский он имеет много международных научных наград, является почетным профессором нескольких университетов. В мировом рейтинге ученых по базе Web of Science Г.А. Мун и В.В. Хуторянский уже на протяжении последних 15 лет неизменно занимают первые два места в мире по рейтингу среди всех ученых, работающих в области так называемых интерполимерных комплексов, являющихся традиционным объектом исследований в нанотехнологии. Причем профессор В.В. Хуторянский чаще всего он занимает первую позицию, а профессор Г.А. Мун вторую, только в отдельные годы профессору Г.А. Муну иногда удается вырваться на первую позицию в этом рейтинге, так



С проректором МГУ им. М.В. Ломоносова академиком А.Р. Хохловым

что здесь ученик превзошел учителя, впрочем, так по мнению Г.А. Муна, и должно быть, ученики должны идти дальше своих учителей.

Одна из первых учениц Г.А. Мун, которой он по праву гордится, Ирина Нам уже более 20 лет работает в Сеуле в Южной Корее, в корпорации Samsung в области полимерного материаловедения. Следует отметить, что в Южной Корее очень высока конкуренция практически во всех сферах деятельности, при этом, традиционно, женщине очень нелегко конкурировать с мужчинами на работе, тем не менее Ирина Нам стабильно занимает ведущую позицию в этой крупнейшей корпорации.

Проф. Г.А. Мун успешно сочетает плодотворную научно-педагогическую деятельность с общественной работой. Он является членом ННС, главным редактором научного журнала «Известия НТО Кахак», а также президентом Корейского научно-технического общества Казахстана «Кахак». В этом аспекте необходимо отметить следующее.

5 июля 2023 года в городе Сеул состоялось знаковое мероприятие – 1-й Всемирный конгресс корейских ученых и инженеров («1st World Congress of Korean Scientists & Engineers»), организованный Корейской Федерацией научно-технических обществ, членом которого является также и НТО «Кахак». Это мероприятие действительно можно считать знаковым по очевидным причинам. В условиях нарастающей геополитической конкуренции и геополитической турбулентности мировая наука, которая ещё недавно представляла собой единое целое, стремительно сегментируется. Всё больше усилий затрачивается на конфронтацию, на разработку вооружений и на всё то, что составляло на содержание противоборства на научном поле в период холодной войны в середине прошлого века.

В таких условиях необходимо предпринимать усилия для того, чтобы обеспечить если не возврат к исходным позициям, то хотя бы сохранить некую форму сотрудничества между учеными различных стран мира и эту важнейшую миссию на себя взял Президент Республики Южная Корея Юн Сок Ель, который принял участие в работе столь знаменательного форума и выступил с приветственным словом на его открытии.



Этот форум служил не только некоей площадкой для налаживания связей, но также и площадкой для демонстрации тех успехов, которые достигли корейские научные общества в различных странах мира.



От Республики Казахстан в работе форума принимал участие профессор Г.А. Мун, как президент НТО «Кахак». Следует отметить, что одно из трех официально зарегистрированных научных открытий Муна Г.А. «Закономерность формирования надличностных информационных структур» непосредственно связано с концепцией цифрового бессмертия.

Диплом на это открытие выдан международной ассоциацией авторов научных открытий в 2021 г.

Необходимо отметить, известность Григорию Муну принесли не только научные работы, но и тот вклад, который он всегда вносил и продолжает вносить в дело укрепления международных связей, а следовательно, и в дело устойчивого развития науки всего мира.

Несмотря на временные трудности, наука всё же представляет собой общее достояние всего человечества, и которое непременно должно развиваться на благо всех людей планеты.

Как известно, наша страна придерживается многовекторной политики. Усилия высшего политического руководства Казахстана направлены на то, чтобы обеспечить международную стабильность, обеспечить поддержание того мира, в котором все страны будут равноправными, придерживаясь международного права.

Соответственно любые шаги, которые предпринимаются в этом направлении, необходимо только приветствовать. Сотрудничество между учеными различных стран мира, последовательным сторонником которого являются профессор Г.А. Мун, также вносит свой вклад в это благородное начинание.

Благодаря фундаментальным энциклопедическим знаниям профессор Г.А. Мун выполнил проекты по самым различным разделам науки. Перечислять их нет необходимости, достаточно упомянуть, что именно по инициативе профессора Г.А. Муна не так давно был издан учебник по истории и философии науки, рекомендованный Министерством образования и науки РК для всех специальностей магистратуры. Этот учебник написан международным междисциплинарным коллективом, и его выгодно отличает от аналогов тот факт, что его написали не те, кто рассматривает философию как нечто далёкое от практики, но действующие учёные из различных стран мира. Они, накопив гигантский опыт работы в науке, осознали, насколько важной является философия для конкретных наук. К сожалению, этот тезис в настоящее время разделяют далеко не все учёные, но тем не менее вся история науки показывает то, насколько он справедлив.

Важность философии для развития конкретных наук демонстрирует, в частности, один из наиболее интересных проектов, который в настоящее время курируют профессор Мун.

Это – проект по реализации концепции цифрового бессмертия. Нет необходимости подчёркивать, что мечта о бессмертии вела вперед многих неординарных людей на протяжении всей истории цивилизации. Человеку крайне трудно смириться с конечностью собственного бытия, и поэтому практически все философы в той или иной степени отдали дань размышлениям если не о бессмертии, то о смерти, о том, что может оставить человек после себя.

В наше время благодаря развитию цифровых технологий концепция цифрового бессмертия постепенно приобретает черты реальности. В открытой печати периодически появляются статьи, в которых отражаются попытки реализовать эту концепцию на практике. В частности, речь идет о концепции е-существа, которую не так давно пропагандировал известный российский миллиардер и общественный деятель Дмитрий Ицков, иногда называвший себя продюсером бессмертия.

За истекшие четверть века вычислительная техника шагнула далеко вперед, и эта идея становится всё более и более осязаемой. Однако возникает самый существенный вопрос, который действительно лежит на стыке самых разных наук, и который в конечном счёте относится к области прикладной философии. А именно для того, чтобы перенести человеческую личность на небиологический носитель и тем самым обеспечить цифровое бессмертие, прежде всего нужно понимать, что представляют собой индивидуальность человека с точки зрения теории информации. Упрощая, нужно дешифровать алгоритмы, в соответствии с которыми функционируют разум, сознание и интеллект человека.

Эта задача действительно лежит в области прикладной философии, но она не может быть решена только философскими средствами. Здесь необходим подлинный синтез самых различных наук: психологии, компьютерной техники, теории информации и многих других.

Именно эту задачу и решал уже долгие годы научный коллектив, созданный по инициативе профессора Г.А. Муна под эгидой НИА РК, и выполняющий проект №0218-17-ГК, финансируемый АО «Фонд науки» под названием «Разработка и реализация новой комплексной информационной образовательно-профорориентационной технологии».

Изначально этот проект был ориентирован исключительно на сугубо прозаические цели, на то, чтобы обеспечить профессиональную ориентацию подрастающего поколения, на то, чтобы указать для них адекватную траекторию обучения. Однако, с течением времени коллектив исполнителей пришёл к выводу, что для преодоления кризисных явлений в высшем образовании нужна некая сверхзадача.

Ни для кого не секрет, что современные студенты зачастую учатся плохо не потому, что у них не хватает способностей, но потому, что у них часто отсутствует мотивация к получению знаний. Доказать это можно в двух словах. Студенты смотрят на преподавателей своего же университета, видят, что их положение на социальной лестнице далеко не соответствует тем затратам ума и таланта для того, чтобы, скажем, стать профессором. Соответственно у них возникает резонный вопрос – стоит ли результат затраченных усилий?

Не удивительно, что большая часть студентов предпочитает искать своё место в жизни, не затрачивая чрезмерных усилий на получение квалификации. Такое положение дел можно преодолеть, если научное сообщество сможет поставить перед молодыми людьми некую сверхзадачу. Такой сверхзадачей заведомо может стать обретение цифрового бессмертия.

Более того, в постановке такого рода сверхзадачи нуждается цивилизация в целом. Для того, чтобы преодолеть кризисные явления в современной науке, необходима некая общая сверхцель, или, если угодно, мечта, способная захватить многих талантливых людей.

Такой сверхцелью может стать давняя мечта человечества – обретение бессмертия, пусть даже и в цифровой форме. На первый взгляд решение задачи по достижению цифрового бессмертия выглядит фантастикой. Однако, международный междисциплинарный коллектив исполнителей проекта сумел доказать, что эта задача является решаемой. Точнее, этот коллектив сумел наметить научно-обоснованный путь, обеспечивающий реальное достижение цифрового бессмертия.

Конкретно Г.А. Мун и его единомышленники отказались от попыток перенести на небиологический носитель всю личность сразу. Это является делом отдалённого будущего, но первые шаги уже просматриваются более чем отчетливо. Нужно принимать во внимание, что личность обладает весьма и весьма сложной структурой. Это признаётся всеми психологическими школами. Соответственно, на первом этапе достаточно перенести на небиологический носитель только наиболее простую компоненту личности. Разумеется, это не решает проблему цифрового бессмертия полностью. Однако, даже самые скромные успехи в этом направлении обеспечат интерес и общества, и политических элит к этому вопросу.

«Самый трудный шаг в пути во врата», как гласит древнеримская поговорка. Именно этот шаг и сделал Григорий Мун и его коллеги. Одной из самых простых компонент личностей является та, что связана с интеллектом. Это обусловлено тем, что интеллект – в отличие от такой компоненты личности как бессознательное – оперирует понятиями и представлениями, относящимися к категории рационального.

Григорий Мун и его единомышленники пришли к выводу, что нет необходимости конструировать искусственный интеллект от нуля. Можно, например создать «упрощённую информационную копию» реально живущего профессора или академика, перенеся его интеллект на небиологический носитель информации.

Разумеется, такая «копия» не будет обладать душой, точнее, она не будет полноценной «копией» личности, однако она окажется в состоянии обучать студентов. Во всяком случае, такой путь представляется гораздо более перспективным, нежели попытки создать аналогичную систему искусственного интеллекта «от нуля».

То же самое касается и многих других областей человеческой деятельности. В частности, любые чрезвычайные службы также могут создавать роботов, отталкиваясь от интеллекта уже существующих опытных сотрудников. Список такого рода примеров можно продолжать очень долго. Важно другое.

Выясняется, что вопрос о цифровом бессмертии оказывается теснейшим образом связан с созданием перспективных систем искусственного интеллекта. Но для того, чтобы перенести реально существующего интеллект человека на небиологический носитель, нужно в первую очередь знать, что именно представляет собой интеллект как таковой.

Как уже говорилось выше, мощности современных компьютеров вполне достаточно для того, чтобы человек действительно обрёл цифровое бессмертие. Принципиально важно другое – понять, что составляет личность, по каким алгоритмам функционирует мышление и интеллект человека. Как только эта задача будет решена, то будет решена задача по созданию цифрового бессмертия, во всяком случае в ограниченном формате.

Центральный вопрос здесь состоит в следующем. «Лезть человеку в голову», пытаюсь установить, как именно там распределяются нервные сигналы, нелепо. Мозг человека устроен совсем не так, как память компьютера. Отделить процессы, отвечающие за появления сознания и интеллекта, от процессов, отвечающих за физиологию, (например, за ходьбу), крайне сложно.

Гораздо более продуктивно рассматривать головной мозг человека как «чёрный ящик». Этот термин заимствован из теории информации. Подразумевается, что можно установить внутреннее устройство «черного ящика» тогда, когда известна связь между массивом данных на его входе и выходе.

Необходимо подчеркнуть, что исследование такого рода уже достаточно давно проводятся в мире по отношению искусственному интеллекту. А именно, в настоящее время существуют многочисленные и хорошо отработанные алгоритмы, которые позволяют создавать такие системы. Однако, что получится в результате обучения ясно далеко не всегда. Это принципиально важно. Действительно, системы искусственного интеллекта всё чаще используются в критически важных областях человеческой деятельности. Как минимум, неразумно поручать слежение за атомным реактором искусственному интеллекту, который непонятно как устроен.

В этом смысле, между искусственными нейронными сетями и головным мозгом человека уже есть нечто общее. В обоих случаях не ясно, по каким конкретно алгоритмам функционирует система. Понятно, как можно обучить человека, понятно, как можно обучить искусственный интеллект, но далеко не ясно, какие именно процессы отвечают за получение результата.

К решению данного вопроса можно подходить различными путями: можно создавать искусственный интеллект, принцип работы которого будет ясен с самого начала, а можно попытаться дешифровать алгоритм работы уже обученной системы, отталкиваясь от анализа

связи между массивом данных на входе и выходе. В последнем случае совершенно не обязательно залезать «внутрь системы».

Такой же подход может быть реализован и по отношению к искусственному интеллекту, и к тому, что входит в состав структуры личности.

Здесь начинается самое интересное. Важно понять, в какой именно форме должны быть представлены те сигналы, которые присутствуют на выходе и те, которые присутствуют на входе.

Это, в сущности, главная задача, которую сумел решить международный междисциплинарный коллектив, созданный по инициативе профессора Г.А. Муна.

Она решается, благодаря использованию аппарата многозначной логики, который позволяет установить связь между понятиями естественного языка. Тогда данные на «входе» и «выходе» головного мозга, с которого «снимается копия», могут быть представлены в алгебраической форме, что и позволяет дешифровать алгоритмы работы интеллекта.

Разумеется, задача полной формализации естественного языка столь же и сложна, сколь и задача формализации интеллекта как такового, однако уже на данном этапе исследований отчётливо понятно, как именно можно формализовать связи между понятиями естественного языка.

Такого рода соображений можно высказывать очень много. Все они будут говорить об одном. Путь к достижению цифрового бессмертия оказывается теснейшим образом связан с проблемами высшей школы. Это ещё раз подчёркивает актуальность проекта, реализуемого научной командой профессора Г.А. Муна, который постепенно привёл к концепции цифрового бессмертия.

Коллектив НТО «Кахак» и редколлегия журнала «Известия НТО Кахак» сердечно поздравляет Григория Алексеевича Муна с 70-летием и желает ему и его близким крепкого здоровья, оптимизма, счастья, долголетия!



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Аликулов А.Ж. – старший преподаватель кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0003-0380-0612.
2. Асанов М.К. – докторант кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0009-0007-6620-8073.
3. Байпакбаева С.Т. – магистр техники и технологий, научный сотрудник Национальной инженерной академии РК. Orcid ID 0000-0001-7251-0585.
4. Витулева Е.С. – Старший научный сотрудник Казахского национального университета им. аль-Фараби, старший научный сотрудник Национальной научной лаборатории коллективного пользования информационных и космических технологий (ННЛКП ИКТ) КазНТУ им. К.И. Сатпаева Orcid ID 0000-0002-6075-4870.
5. Габриелян О.А. доктор философских наук, профессор, декан философского факультета Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация. Orcid ID 0000-0003-0302-0229.
6. Ермухамбетова Б.Б. – кандидат химических наук, зав. лабораторией НИИ НХТиМ при Казахском национальном университете им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0003-4950-0367.
7. Жауыт Ә. доктор PhD, ассоциированный профессор, доцент кафедры электронной инженерии Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0003-3905-6928.
8. Зезин А.А. – доктор химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова Orcid ID 0000-0003-2080-0876.
9. Қадыржан А.Б. – докторант PhD Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. OrcidID 0000-0002-1082-6696.

10. Қадыржан Қ.Н. – докторант PhD Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0002-9299-8933.
11. Мангазбаева Р.А. – кандидат химических наук, доцент КазННТУ им. К. Сатпаева. OrcidID 0000-0003-1876-591X.
12. Мун Г.А. – доктор химических наук, академик Национальной инженерной академии РК, профессор кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0001-5522-1255.
13. Сулейменов И.Э. – доктор химических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК, профессор, главный научный сотрудник НИА РК. Orcid ID 0000-0002-7274-029X.

СОДЕРЖАНИЕ

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

МУН Г.А.

История семьи – история казахстанской науки 4

МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

БАКИРОВ А.С.

Проблематика информационной войны с точки зрения теории социокультурного кода и теории сложных систем 5

СУЛЕЙМЕНОВ И.Э., ГАБРИЕЛЯН О.А.

Мечта сэра Уильяма Роуана Гамильтона: построение многомерных комплексных чисел методами абстрактной алгебры и его философский аспект 38

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВИТУЛЕВА Е.С., МУН Г.А., СУЛЕЙМЕНОВ И.Э.

Обоснование необходимости существенной модернизации инфокоммуникационного сегмента оборонно-промышленного комплекса Республики Казахстан 60

ҚАДЫРЖАН А.Б., ҚАДЫРЖАН Қ.Н., СУЛЕЙМЕНОВ И.Э., ЖАУЫТ Ә., МУН Г.А.

Үлестірілген радиолокациялық жүйелер: метабеттер мен метаматериалдарды пайдалану перспективалары 73

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

АСАНОВ М.К., КИМ К.И., МАНГАЗБАЕВА Р.А., ЕРМУХАМБЕТОВА Б.Б.,

ALIKULOVA., БАЛАБАЕВА А.М., ЗЕЗИН А.А.

Создание антисептических мазей на основе гидрогелей геллана и хлоргексидина биглюконата 88

СОЦИАЛЬНЫЕ НАУКИ

БАЙПАКБАЕВА С.Т.

Проблема преодоления LGBTQ-фобий в Казахстане: социально-экономический контекст 97

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

МУН Г.А. – 70! 107

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 116

CONTENTS

EDITOR COLUMN

MUN G.A.

Family history – history of Kazakhstan science 4

MATHEMATICS AND INFORMATICS

BAKIROV A.S.

Problems of information war from the point of view of the theory of socio-cultural code and the theory of complex systems 24

SULEIMENOV I.E., ГАБРИЕЛЯН О.А.

Мечта сэра Уильяма Роуана Гамильтона: построение многомерных комплексных чисел методами абстрактной алгебры и его философский аспект 38

TECHNICAL SCIENCES

VITULYOVA E S., MUN G.A. SULEIMENOV I.E.

Justification of the need for substantial modernization of the info-communication segment of the defense-industrial complex of the Republic of Kazakhstan 60

KADYRZHAN A.B., KADYRZHAN K.N., SULEIMENOV I.E., ZHAUYT A., MUN G.A.

Distributed radar systems: prospects for the use of metasurfaces and metamaterials 73

CHEMICAL SCIENCES

ASSANOV M.K., MANGAZBAYEVA R.A., ERMUKHAMBETOVA B.B., ALIKULOV A.ZH., ZEZIN A.A.

Development of hydrogel antiseptic ointment based on poly-n-vinylpyrrolidone 88

SOCIAL SCIENCES

BAIPAKBAYEVA S.T.

The problem of overcoming LGBTQ phobias in Kazakhstan: socio-economic context 97

JUBILEE DATE

MUN G.A. – 70!..... 107

THE INFORMATION ABOUT AUTHORS..... 116

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Журнал «ИзвестияНТО «Кахак» публикует написанные на русском, казахском, английском и корейском языках оригинальные статьи, обзоры. Также Журнал дает информацию, связанную с деятельностью общества.

2. В оригинальных статьях могут рассматриваться результаты как теоретических, так и прикладных НИР.

3. Авторы, желающие опубликовать обзорную статью, должны предварительно согласовать ее тематику, представив аннотацию на 1–2 стр. В обзорах следует освещать темы, представляющие достаточно общий интерес по выбранной тематике или отражающие какой-либо важный аспект применения в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и т.д. Допускается обобщение результатов многолетних исследований научных коллективов.

4. Объем статьи не должен превышать 10 страниц формата А4. Статья должна начинаться с введения. В нем должны быть даны: содержательная постановка рассматриваемого в статье вопроса, краткие сведения по его истории, отличие предлагаемой задачи от уже известных, или преимущество излагаемого метода по сравнению с существующим. Основная часть статьи должна содержать формулировку задачи и предлагаемый метод ее решения, заключительная часть – краткое обсуждение полученных результатов и, если возможно, пример, иллюстрирующий их эффективность и способы применения.

5. Все статьи проходят именное рецензирование не менее, чем двумя независимыми учеными по соответствующей тематике.

6. Решение о публикации статьи принимает редакционная коллегия Журнала.

7. Требования к этике публикаций: Авторы несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов, и актуальность научного содержания работ. Рукописи статей, опубликованных ранее, или переданных в другие издания не принимаются.

8. Авторы могут представить электронную версию своей статьи по адресу: **izv.ntokahak@mail.ru**.

Требования к оформлению рукописей

Статьи представляются в электронном виде в текстовом редакторе Word 97, формулы набираются с помощью редактора MS Equation 3.0 (2.0) или ChemDraw.

Шрифт Times New Roman 12 pt. Межстрочный интервал 1,15. Поля: верхнее – 2,0 см, нижнее – 2,0 см, левое – 2,0 см, правое – 2,0 см. Абзац – красная строка – 0,5 см.

Текст статьи должен начинаться с указания:

с левой стороны–**индексов МРНТИ** и **УДК**, соответствующих заявленной теме, *ниже* приводятся:

через строку указывается **заглавие статьи** (прописными буквами, шрифт – полужирный, выравнивание текста по центру, кегль 14 pt). Название должно максимально полно и точно описывать содержание статьи, включать ключевые слова, отражающие направление и/или основной результат исследования, но в то же время быть коротким и ясным и не содержать сокращений.

- фамилии и инициалы авторов (выравнивание текста по центру, шрифт – полужирный, кегль 12 pt),
- название организации и ее местонахождение,
- e-mail авторов (выравнивание текста по центру, курсив, кегль 12 pt),

- резюме (краткое изложение содержания статьи, дающее представление о теме и структуре текста, а также основных результатах, **7–10 предложений**, (выравнивание текста по центру, курсив, кегль 11 pt),
- ключевые слова, обеспечивающие полное раскрытие содержания статьи (**7–10 слов**) выравнивание текста по ширине, курсив, кегль 11 pt),
- текст статьи (выравнивание текста по ширине, курсив, кегль 12 pt),
- список литературы,
- Ф.И.О. авторов, название статьи, резюме, ключевые слова на трех языках (на казахском, английском и русском).

Рисунки должны быть представлены в отдельном файле.

Статья представляется в *doc* или *docx* формате, а также идентичная копия в *pdf* формате, на электронный адрес журнала, в отдельных файлах дублируются рисунки, таблицы, графики, схемы, а также приводятся сведения об авторах (фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, служебный адрес, место работы, должность, контактные телефоны, e-mail и Orcid ID).

Ссылки на литературные источники в тексте приводятся после цитаты в квадратных скобках. Библиографический список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание: общие требования и правила составления».

Компьютерный набор и макетирование Ли У.П.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Курмангазы, 40 (Дом Дружбы), офис 34
Тел. 8(727)-272-67-74

Подписано в печать 20.05.2024
Печать трафаретная. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная № 1.
Тираж 500 экз.

Отпечатано в «PrintExpress. Издательство и полиграфия»
Алматы, ул. Байтурсынова, 85
Тел. 8(727)-292-10-95, 8(727)-292-14-28