

ISSN-1682-0533

Научно-Техническое Общество «КАХАК»

# ИЗВЕСТИЯ

Научно-Технического Общества «КАХАК»

2021, № 1 (72)

Алматы, 2021

# ИЗВЕСТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА «КАХАК»

Алматы, 2021 г., № 1 (72)

## 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 (Хельсинки, Финляндия); **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; **Сон Э.Е.** – доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН (Москва, РФ); **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 (Helsinki, Finland); **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; **Son E.E.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation); **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](mailto:izv.ntokahak@mail.ru)

Сайт: [www.ntokahak.kz](http://www.ntokahak.kz)

ISSN-1682-0533

## МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

МРНТИ: 78.25.23

УДК 623.094

### АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ОСНОВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ

Мун Г.А.<sup>1</sup>, Витулёва Е.С.<sup>2</sup>, Сулейменов И.Э.<sup>4</sup>, Шайхутдинов Р.<sup>1</sup>, Пак И.Т.<sup>3</sup>

1

*Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева*

*<sup>2</sup>Институт информационных и вычислительных технологий МОН РК*

*Алматы, Республика Казахстан*

*<sup>3</sup>Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского*

*Симферополь, Российская Федерация*

*e-mail: Lizavita@list.ru, esenyuch@yandex.kz, pak.it@mail.ru*

*Логическим продолжением сложившейся тенденции на групповое применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в военных целях является переход к тактике «осинового роя». Такая тактика, в частности, предусматривает переход от групп БПЛА к боевым нейронным сетям (БНС), в которых аналогом нейрона или группы нейронов, является отдельный аппарат. При переходе к тактике «осинового роя» или ей аналогичных неизбежно встает вопрос о передаче и обработке видеоинформации, получаемой каждым из элементов БНС. В данной работе показано, что оптимизация процесса передачи информации на центр управления (ЦУ) приводит к постановке вопроса о системах распределенной телеметрии, когда регистраторы каждого из элементов БНС собирают и передают информацию, относящуюся только к определенному фрагменту спектра пространственных частот (СПЧ) изображения. Алгоритмической основой для создания систем распределенной телеметрии являются спектры, построенные на основе полей Галуа. Их преимуществом является «цифровой» характер самих спектров, т.е. амплитуды спектральных компонент могут принимать значения только из того же самого множества, что и амплитуды исходного сигнала на каждом такте. Именно такой подход позволяет оптимизировать передачу информации от БНС к ЦУ, в том числе, за счет минимизации информации, поступающей от каждого из элементов сети.*

**Ключевые слова:** *боевые нейронные сети, спектр пространственных частот, базис Уолша, поля Галуа, видеоинформация, беспилотные летательные аппараты, ортогональные базисы.*

*Ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) әскери мақсаттарда топтап қолданудың қалыптасқан үрдісінің қисынды жалғасы «Осиный Рой» тактикасына көшу болып табылады. Мұндай тактика, атап айтқанда, ҰҰА топтарынан нейронның немесе нейрондар тобының аналогы жеке аппарат болып табылатын жауынгерлік нейрондық желілерге (ЖНЖ) көшуді көздейді. «Осиный Рой» немесе оған ұқсас тактикасына көшу кезінде, ЖНЖ элементтерінің әрқайсысы қабылдаған бейне ақпаратты беру және өңдеу мәселесі туындайды. Бұл жұмыста ақпаратты басқару орталығына (БО) беру процесін оңтайландыру ЖНЖ элементтерінің әрқайсысының тіркеушілері кескіннің кеңістіктік жиіліктерінің спектрінің (КЖС) белгілі бір фрагментіне қатысты ақпаратты жинап, жіберген кезде таратылған телеметрия жүйелері туралы сұрақтың туындауына әкелетіні көрсетілген. Таратылған телеметрия жүйелерін құрудың алгоритмдік негізі Галуа өрістеріне негізделген спектрлері болып табылады. Олардың артықшылығы - спектрлердің "сандық" сипаты*

болып табылады, яғни спектрлік компоненттердің амплитудасы әр циклдегі бастапқы сигналдың амплитудасы сияқты жиыннан гана мәндерді қабылдай алады. Дәл осы тәсіл ақпаратты ЖНЖ-ден БО-на беруді оңтайландыруға мүмкіндік береді, соның ішінде желінің әр элементінен келетін ақпаратты азайту арқылы.

**Түйінді сөздер:** жауынгерлік нейрондық желілер, кеңістіктік жиіліктер спектрі, Уолш базисі, Галуа өрістері, бейне ақпарат, ұшықшысыз ұшу аппараттары, ортогональды базистер.

*A logical continuation of the current trend towards the group use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for military purposes is the transition to the tactics of «wasp swarm». This tactic, in particular, provides for the transition from UAV groups to combat neural networks (CNN), in which a separate apparatus is an analogue of a neuron or a group of neurons. When switching to the «wasp swarm» tactics or similar tactics, the question inevitably arises of the transmission and processing of video information received by each of the CNN elements. In this paper, it is shown that the optimization of the process of transmitting information to the control center (CC) leads to the formulation of the question of distributed telemetry systems, when the recorders of each of the CNN elements collect and transmit information related only to a certain fragment of the spatial frequency spectrum (SFS) of the image. The algorithmic basis for creating distributed telemetry systems are spectra built on the basis of Galois fields. Their advantage is the “digital” nature of the spectra themselves that is the amplitudes of the spectral components can take values only from the same set as the amplitudes of the original signal at each cycle. It is this approach that makes it possible to optimize the transfer of information from the CNN to the central control center, including by minimizing information coming from each of the network elements.*

**Keywords:** combat neural networks, spatial frequency spectrum, Walsh basis, Galois fields, video information, unmanned aerial vehicles, orthogonal basis.

Как отмечалось в многочисленных работах, посвященных анализу характера боевого применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в частности в [1–4], в настоящее время становится все более выраженной тенденция на групповое использование таких их разновидностей как барражирующие боеприпасы и т.п. В соответствии с очевидным прогнозом [5], данная тенденция в итоге должна привести к наиболее перспективной тактике их группового использования, которую можно назвать «тактикой осинового роя». Она обладает многочисленными преимуществами, в частности существенно сниженной уязвимостью системы как целого (уничтожение отдельных компонент не сказывается на живучести системы как целого), а также возможностью существенного снижения стоимости отдельных компонент. Последний фактор позволяет ставить вопрос о реализации боевых нейронных сетей (БНС), в которых каждый отдельный БПЛА играет роль отдельного нейрона (или группы нейронов) сети. Тактика использования такого рода сети может ориентироваться, в том числе, и на истощение боезапаса противника, что является наглядным проявлением тезиса о постиндустриальной войне как о войне стоимостей [5].

Создание эффективных БНС заведомо потребует не только совершенствования систем искусственного интеллекта, обеспечивающих их автономное (или частично автономное) применение, но и качественных изменений в подходах к реализации систем телеметрии. Действительно, вопрос об обмене информацией между БНС и оператором будет стоять даже при высокой степени автономности действий БНС и прежде всего это относится к обеспечению телеметрии, в частности, к передаче соответствующих изображений в центр управления (ЦУ).

Типовые методы боевого применения БПЛА предполагают комплектацию их видеокамерами, передающими видеоинформацию в ЦУ, где оператор принимает решение, в том числе, на основании анализа изображений.

При условии, что используется БНС, то есть достаточно большое количество БПЛА, объединенных в единую систему, такой подход заведомо является неприемлемым, поскольку один оператор не в состоянии обработать такой объем информации, кроме того, такой подход заведомо будет неэффективным, поскольку изображения, которые будут передаваться с этих аппаратов, во многом совпадают.

Следовательно, необходимо свести всю видеоинформацию, поступающую со отдельных элементов БНС, в единую картину. Делать это можно различными способами и наименее эффективный метод состоит в совмещении изображений, поступающих с отдельных БПЛА.

Как показано в нашей работе, для решения данной задачи гораздо более эффективным является спектральный метод, когда каждый из элементов БНС (иначе – каждый из отдельных БПЛА) передает на пульт управления только ограниченную информацию, связанную с отдельным фрагментом спектра пространственных частот (СПЧ) анализируемого изображения. Решающим аргументом в пользу использования спектральных методов является тот факт, что в зависимости от характера боевого использования БНС её элементы могут быть распределены в пространстве сугубо неоднородно.

Обосновать возможность передачи видеоизображения через спектральное представление, осуществляемое отдельными элементами БНС, можно на основе классического Фурье-анализа, хотя такой подход и не является оптимальным, что будет ясно из дальнейшего.

Обратимся к рисунку 1, на котором схематически показан процесс регистрации изображения двумя БПЛА.

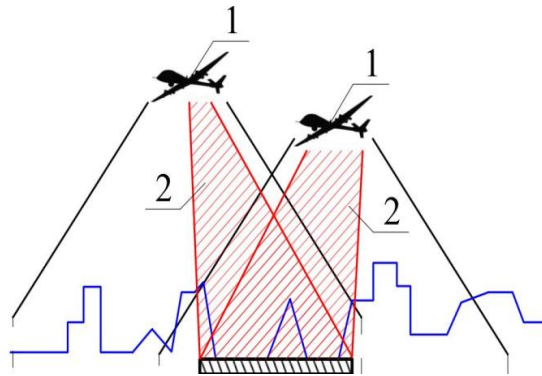


Рисунок 1 – К учету местоположения элемента БНС при вычислении компонент спектра пространственных частот (СПЧ); 1 – БПЛА, 2 – сектора обзора БПЛА

Будем исходить из предположения, что интерес представляет выделенный участок поверхности. Рассмотрим выражение для комплексных амплитуд СПЧ  $A(k_x, k_y)$ , получаемого при помощи преобразования Фурье (подчеркиваем, что речь идет о спектральном преобразовании интенсивности излучения оптического диапазона  $J(x, y)$ , а не о преобразовании амплитудных значений электромагнитного поля, как это обычно имеет место в Фурье-оптике).

$$A(k_x, k_y) \sim \int_{-\infty}^{\infty} J(x, y) \exp(-i(k_x x + k_y y)) dx dy \quad (1)$$

где  $k_x, k_y$  – пространственные частоты  $k_{x,y} = \frac{2\pi}{\lambda_{x,y}}$ ,  $\lambda_{x,y}$  – соответствующие им пространственные периоды.

При условии, что регистратор смещается на определенный вектор в плоскости, параллельной плоскости наблюдения СПЧ преобразуется в соответствии с формулой

$$A(k_x, k_y) \sim \int_{-\infty}^{\infty} J(x, y) \exp\left(ik_x(x - x_0) + ik_y(y - y_0)\right) dx dy \quad (2)$$

или

$$A(k_x, k_y) \sim \exp\left(-i(k_x x_0 + k_y y_0)\right) \int_{-\infty}^{\infty} J(x, y) \exp\left(-i(k_x x + k_y y)\right) dx dy \quad (3)$$

Уравнения (1)–(2) записаны с точностью до постоянного множителя, что вполне допустимо, так как они носят иллюстративный характер. А именно, они показывают, что СПЧ, получаемые различными регистраторами отличаются только фазовым множителем. Следовательно, возникает возможность получать интегральную телеметрическую информацию, используя совокупность БПЛА, каждый из которых регистрирует только определенный фрагмент СПЧ. Однако, использование СПЧ, основанного на представлении регистрируемых распределений интенсивности в ряд Фурье, обладает определенными недостатками по сравнению со спектрами, построенными на использовании разложения по базису Уолша или другим базисам, в состав которых входят кусочно-постоянные функции.

В первую очередь, это связано с тем, что современные видеорегистраторы, построенные на КМОП-технологии позволяют достаточно простыми средствами реализовывать управляемые маски (транспаранты), что позволяет автоматически получать пространственные спектры, причем оптимальным здесь является использование именно таких базисов как базис Уолша, так как они отвечают основным принципам цифровой обработки сигналов, принятых в настоящее время (так, функции, составляющие базис Уолша, могут принимать только одно из двух значений – +1 и -1).

Однако, применительно к вопросу об обмене информацией между БНС и ЦУ, непосредственное использование базиса Уолша обладает вполне определенным недостатком. А именно, амплитуда спектральных компонент, получаемых при его применении в традиционной форме, могут принимать значения из намного более широкого множества, нежели исходный сигнал, преобразованный к дискретной шкале (оцифрованный сигнал).

В данной работе показано, что имеет смысл перейти к использованию логических спектров, в которых амплитуда спектральных компонент может принимать значения из того же самого ограниченного дискретного набора значений, что и исходный оцифрованный сигнал.

Рассмотрим вначале случай, когда интересующая нас функция (например, зависимость интенсивности инфракрасного излучения от пространственной координаты) может быть приведена к трем дискретным уровням (-1, 0, 1). Разумеется, реальная интенсивность не может принимать отрицательных значений, однако при переходе к трехуровневой дискретной шкале для нумерации уровней можно использовать любые числа, в том числе и указанную выше тройку.

Логический базис Уолша может быть построен с использованием поля Галуа  $GF(3)$ . Данное поле Галуа имеет три компонента, оно может быть определено как множество

элементов  $G = GF(3) = (-1, 0, 1)$ , на котором заданы следующие правила сложения и умножения [6].

$$1 + 1 = -1, \tag{4}$$

$$(-1) + (-1) = 1, \tag{5}$$

$$(-1) + 1 = 1 + (-1) = 0 \tag{6}$$

$$0 + a = a + 0 = a, \quad \forall a \in G \tag{7}$$

$$(-1) \cdot (-1) = 1 \cdot 1 = 1$$

$$(-1) \cdot 1 = 1 \cdot (-1) = (-1) \tag{8}$$

$$\forall a \in G, a \cdot 0 = 0 \tag{9}$$

То, что рассматриваемое множество действительно является полем, доказывается прямой проверкой выполнимости аксиом поля (в смысле теории алгебр).

Напомним, что полем является непустое множество с двумя бинарными операциями «+» (сложение) и «·» (умножение), образующее коммутативную группу по сложению, причем все его ненулевые элементы образуют коммутативную группу по умножению и выполняется свойство дистрибутивности [6]

$$\forall a, b, c \in G, (a + b) \cdot c = a \cdot c + b \cdot c; a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c, \tag{10}$$

Для рассматриваемого множества  $G$  выполнение данного свойства доказывается непосредственно, а то, что его ненулевые элементы образуют группу по умножению, следует непосредственно из (8). Таким образом, данная группа  $G$ , при надлении её операцией умножения является полем. Используя данное поле можно предложить аналог базиса Уолша.

Определим вектор  $a$  через его компоненты, выбираемые из поля  $G$  в соответствии с обычной записью

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_n) \tag{11}$$

Определим операцию, по форме являющуюся аналогом скалярного произведения двух векторов друг на друга, как

$$\langle a, b \rangle = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n \tag{12}$$

где сложение и умножение проводится в соответствии с правилами (4) – (9).

Отличие состоит в том, что, при использовании правил сложения и умножения в смысле полей Галуа аксиомы скалярного произведения, вообще говоря, не выполняются.

Так, операция (12), применённая к двум векторам

$$a = (1, -1, 1, 1) \tag{13}$$

$$b = (1, 1, 1, 1) \tag{14}$$

дает значение не 2, как это имеет место, если под элементами векторов (13) и (14) понимаются вещественные числа, а

$$\langle a, b \rangle = 1 \cdot 1 - 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 1 + 1 = -1 \tag{15}$$

В пространстве векторов вида (13) можно, однако, определить базис  $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ , разложение по которому также дается общепринятой записью

$$a = \tilde{a}_1 e_1 + \tilde{a}_2 e_2 + \dots + \tilde{a}_n e_n \tag{16}$$

где  $\tilde{a}_i$  – компоненты вектора  $a$  именно в данном конкретном базисе.

Обычно данные компоненты трактуются как проекции вектора  $a$  на вектор  $e_i$ , но применительно к рассматриваемому случаю данные величины также могут принимать значения только из трехэлементного множества  $G$ .

Если для выбранного базиса имеет место

$$\langle e_i, e_j \rangle = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \tag{17}$$

то коэффициенты в разложении (16) допустимо трактовать как логический спектр независимо от того, определен ли на рассматриваемом множестве аналог операции скалярного произведения в смысле выполнения соответствующих аксиом или нет.

Процедура вычисления коэффициентов  $\tilde{a}_i$  дается записью, также совпадающей по форме с операцией скалярного произведения

$$\langle e_i, a \rangle = \tilde{a}_i \tag{18}$$

причем все величины  $\tilde{a}_i$  также принимают значения, равные -1, 0 или 1.

Для важного частного случая, когда вектор, заданный над рассматриваемым полем Галуа, имеет четыре компоненты, можно сразу указать базис (Таблица 1).

Непосредственной проверкой легко убедиться, что векторов с указанными в данной таблице компонентами выполняется условие (17). В частности, имеет место

$$(e_2 \cdot e_4) = 1 \cdot 1 + 1 \cdot (-1) + (-1) \cdot 1 + (-1) \cdot (-1) = 0$$

Таблица 1 – Компоненты векторов с элементами из поля  $G$ , образующими аналог базиса Уолша; случай четырехтактной последовательности.

Вектор	Компоненты, $e_j^m$			
$\vec{e}_1$	1	1	1	1
$\vec{e}_2$	1	1	-1	-1
$\vec{e}_3$	1	-1	-1	1
$\vec{e}_4$	1	-1	1	-1

Существенно, что норма каждого элемента базиса в точности равна 1.

$$(e_i \cdot e_i) = 1 + 1 + 1 + 1 = (-1) + 1 + 1 = 1 \quad (19)$$

Это, в частности, означает, что матрица

$$\hat{H}_{4^1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \quad (20)$$

является в точности обратной к себе самой:

$$\hat{H}_{4^1} \hat{H}_{4^1} = \hat{I} \quad (21)$$

где  $\hat{I}$  – единичная матрица.

Отталкиваясь от данного свойства, методом математической индукции легко показать, что все матрицы, которые строятся по правилу

$$\hat{H}_{4^{m+1}} = \begin{pmatrix} \hat{H}_{4^m} & \hat{H}_{4^m} & \hat{H}_{4^m} & \hat{H}_{4^m} \\ \hat{H}_{4^m} & -\hat{H}_{4^m} & \hat{H}_{4^m} & -\hat{H}_{4^m} \\ \hat{H}_{4^m} & \hat{H}_{4^m} & -\hat{H}_{4^m} & -\hat{H}_{4^m} \\ \hat{H}_{4^m} & -\hat{H}_{4^m} & -\hat{H}_{4^m} & \hat{H}_{4^m} \end{pmatrix} \quad (22)$$

обеспечивают формирование аналога базиса Уолша, заданного над полем Галуа  $G = GF(3) = (-1, 0, 1)$ .

Действительно, рассмотрим блочную матрицу, сформированную с тем же чередованием знаков, что и матрица (20), совпадающая по форме с одной из матриц Адамара

$$\hat{A} = \begin{pmatrix} \hat{a} & \hat{a} & \hat{a} & \hat{a} \\ \hat{a} & -\hat{a} & \hat{a} & -\hat{a} \\ \hat{a} & \hat{a} & -\hat{a} & -\hat{a} \\ \hat{a} & -\hat{a} & -\hat{a} & \hat{a} \end{pmatrix} \quad (23)$$

Под элементами матрицы (23) допустимо понимать элементы произвольного коммутативного поля. При этом только за счет выбора чередования знаков в данной матрице выполняется условие, аналогичное (17), что подчеркивает Таблица 2, полностью совпадающая по структуре с Таблицей 1.

Таблица 2 – Компоненты векторов с элементами из произвольного поля, образующими аналог базиса Уолша (векторов-матриц, например); случай четырехтактной последовательности.

Вектор-матрица	Компоненты вектор-матрицы			
$\hat{e}_1$	$\hat{a}$	$\hat{a}$	$\hat{a}$	$\hat{a}$
$\hat{e}_1$	$\hat{a}$	$\hat{a}$	$-\hat{a}$	$-\hat{a}$

$\hat{e}_1$	$\hat{a}$	$-\hat{a}$	$-\hat{a}$	$\hat{a}$
$\hat{e}_1$	$\hat{a}$	$-\hat{a}$	$\hat{a}$	$-\hat{a}$

Следовательно, в матрице, получаемой умножением матрицы (23) на саму себя отличными от нуля будут только диагональные элементы.

$$\hat{H}_{4^{m+1}}\hat{H}_{4^{m+1}} = \begin{pmatrix} \hat{Q}_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \hat{Q}_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \hat{Q}_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \hat{Q}_4 \end{pmatrix} \quad (24)$$

При этом прямым вычислением можно убедиться, что

$$\hat{Q}_i = \hat{H}_{4^m}\hat{H}_{4^m} + \hat{H}_{4^m}\hat{H}_{4^m} + \hat{H}_{4^m}\hat{H}_{4^m} + \hat{H}_{4^m}\hat{H}_{4^m} \quad (25)$$

Четыре слагаемых оставлены в записи (25) для корректности, так как элемент 4 не входит в рассматриваемое поле Галуа и использовать его в соотношениях вида (25) можно только в порядке символической записи.

По построению рассматриваемого поля Галуа, для любых элементов данного поля имеет место

$$a + a + a = 0 \quad (26)$$

Аналогичное соотношение заведомо верно и для матриц, сформированных над данным полем  $GF(3)$ . Следовательно, соотношение (25) переходит в

$$\hat{Q}_i = \hat{H}_{4^m}\hat{H}_{4^m} \quad (27)$$

Это соотношение означает, что если имеет место

$$\hat{H}_{4^m}\hat{H}_{4^m} = \hat{I}, \quad (28)$$

то имеет место и

$$\hat{H}_{4^{m+1}}\hat{H}_{4^{m+1}} = \hat{I} \quad (29)$$

Однако свойство (28) уже доказано для матриц рассматриваемого вида при  $m = 1$ , т.е. для матрицы (20). Следовательно, на основании математической индукции можно заключить, что свойство (28) выполняется для всех матриц построенного типа.

Таким образом, матрицы, построенные по тому же самому алгоритму, по которому строится базис Уолша, являются обратными сами себе в смысле троичной логики. Иначе говоря, можно осуществить переход от сигнала, заданного в терминах троичной логики к его логическому спектру, просто умножая вектор-столбец на соответствующую матрицу  $\hat{H}_{4^m}$ . Обратный переход, как было показано выше, даётся той же самой матрицей.

Подчеркнем еще раз, что преимуществом логического спектра является то, что спектральные компоненты также принимают только дискретные значения из определенного поля Галуа, т.е. спектр любого сигнала автоматически получается в «оцифрованной» форме. Однако непосредственное вычисление логического спектра, отвечающего троичной логике, допустимо только тогда, когда сам исходный сигнал может принимать только три значения, т.е., например, тогда, когда дискретизация аналогового сигнала осуществляется через его приведение к трём уровням.

Переход к ситуации, когда требуется использовать сигнал дискретизируемый через разбиение на большее количество уровней, обеспечивается за счет использования полей Галуа  $GF(3^p)$ , причем число  $p$  здесь отвечает числу двоичных разрядов.

Такие поля могут быть построены достаточно простым способом. А именно, как известно из теории абстрактных алгебр, существует возможность строить расширение полей Галуа, присоединяя к ним корни соответствующих полиномов. Благодаря этому, отталкиваясь от рассмотренного выше поля Галуа, можно ввести в рассмотрение поля, содержащие количество элементов, равное определенной степени тройки.

Подчеркнем, что для целей реальной телеметрии обычно используется количество уровней дискретизации сигнала порядка нескольких сотен (максимум – тысяч). Следовательно, если использовать, скажем, поле Галуа, содержащее 35 элементов, то этого уже будет достаточно для того, чтобы решать задачи, связанные с телеметрией по крайней мере для определенных типов БНС. В данном случае речь идет о том, что аналог базиса Уолша также может быть построен и применен, но к каждому из разрядов по отдельности.

Это связано с тем, что каждый из элементов поля Галуа  $GF(3^n)$ , содержащего  $3^n$  компонент, может быть представлен в следующем виде.

$$q = a_1\theta_1 + a_2\theta_2 + \dots + a_n\theta_n \quad (30)$$

где коэффициенты  $a_i$  принимают значения из примитивного поля, алгебраическим расширением которого является рассматриваемое поле Галуа. (В рассматриваемом случае это – поле  $GF(3^n)$ , отвечающее троичной логике.)

Таким образом, переход к троичной логике и цифровым спектрам обеспечивает весьма экономичный характер передачи информации, что является особенно критичным при передаче изображений. Более того, необязательно, чтобы один и тот же БПЛА передавал сегмент спектра, относящийся к определенному диапазону пространственных частот. Существует возможность выбрать отдельные участки спектра и даже отдельные пространственные частоты, что позволяет оптимизировать учет смещений регистраторов в пространстве. Действительно, функции, составляющие базис Уолша, не являются периодическими, однако, они представляю собой произведения периодических функций (функций Радемахера), поэтому указанный выше выбор пространственных частот (точнее, их цифровых аналогов действительно может представлять интерес).

Более того, для построения аналога СПЧ могут быть использованы и другие поля Галуа, что существенным образом расширяет возможности построения цифровых спектров. Кроме того, представление функций, описывающих распределение интенсивности излучения, через спектры, коэффициенты которых принимают значения в полях Галуа, представляет также интерес и с точки зрения совершенствования систем искусственного интеллекта, обеспечивающих функционирование БНС. А именно, такие системы могут быть применены

и к анализу спектров, поэтому задача по снижению объема информации, необходимой для передачи сведений о спектрах, важна и с этой точки зрения.

**Литература:**

1. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В., Привалов А. А. Анализ опыта боевого применения групп беспилотных летательных аппаратов для поражения зенитно-ракетных комплексов системы противовоздушной обороны в военных конфликтах в Сирии, в Ливии и в Нагорном Карабахе // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 4. – С. 163–191.
2. Bode I., Huelss H. Introduction to the Special Section: The Autonomisation of Weapons Systems: Challenges to International Relations. Global Policy. – 2019. – № 10(3). – P. 327–330.
3. Haner J., Garcia D. The Artificial Intelligence Arms Race: Trends and World Leaders in Autonomous Weapons Development. // Global Policy. – 2019. – №10(3). – P. 331–337.
4. Haas M. C., Fischer S. The evolution of targeted killing practices: Autonomous weapons, future conflict, and the international order. // Contemporary Security Policy. – 2017. – № 38(2). – P. 281–306.
5. 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.
6. ван дер Варден Б.Л. Алгебра. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1976. – 648 с.

**References:**

1. Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S. V., Privalov A. A. Analiz opyta boevogo primeneniya grupp bespilotnyh letatel'nyh apparatov dlja porazhenija zenitno-raketnyh kompleksov sistemy protivovozdushnoj oborony v voennyh konfliktah v Sirii, v Livii i v Nagornom Karabahe // Sistemy upravlenija, svjazi i bezopasnosti. – 2020. – № 4. – S. 163–191.
2. Bode I., Huelss H. Introduction to the Special Section: The Autonomisation of Weapons Systems: Challenges to International Relations. Global Policy. – 2019. – № 10(3). – P. 327–330.
3. Haner J., Garcia D. The Artificial Intelligence Arms Race: Trends and World Leaders in Autonomous Weapons Development. // Global Policy. – 2019. – №10(3). – P. 331–337.
4. Haas M. C., Fischer S. The evolution of targeted killing practices: Autonomous weapons, future conflict, and the international order. // Contemporary Security Policy. – 2017. – № 38(2). – R. 281–306.
5. 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. – № 4 (78). – S. 88–93.
6. van der Varden B.L. Algebra. M.: Nauka, Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1976. – 648 s.

*Поступила 2 февраля 2021 г.*

МРНТИ 50.49.37, 52.01  
УДК 004.9

## РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛУЖБ ГОРНОРУДНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ

Есмагамбетова М.М.<sup>1</sup>, Тен Т.Л.<sup>2</sup>, Яворский В.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан

<sup>2</sup> Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда

<sup>3</sup> Карагандинский технический университет, Караганда

Республика Казахстан

e-mail: marzhan1983@mail.ru, tentl@mail.ru, lanastasenok16@mail.ru, yavorskiy-v-v@mail.ru

*В работе рассматриваются возможности внедрения систем процессного управления на горнорудном предприятии с целью повышения эффективности его работы, в том числе в части обеспечения безопасности труда. С целью обеспечения хранения больших объемов данных системы анализа и процессного управления необходимо внедрение хранилища данных, что позволит обеспечить архивное хранения информации для дальнейших ретроспективных анализов. Для обеспечения безопасности работ необходимо поддерживать все производственные составляющие в работоспособном и актуальном состоянии, своевременно проводить техническое обслуживание и замену тех или иных машин. Предлагается реализовать ведение сравнительной статистики по работе оборудования для поддержки принятия решения по замене оборудования на новое, а также для цели поддержки принятия решений о марке / поставщике оборудования. Предлагается ведение в системе графика движения основных средств на основе данных системы о прогнозном исполнении поставок оборудования. Более точное прогнозирование поставок оборудования даст возможность эффективнее управлять работой оборудования и заранее заказывать ремонтные материалы. Для целей объективного сравнительного анализа и оценки необходимости капитальных расходов проводится группировка основных средств, по видам горно-капитальных работ и геологическим исследованиям, а также по целям расходов.*

**Ключевые слова:** процессное управление, планирование, анализ данных, безопасность, производственный процесс, ремонт оборудования, бюджетирование.

*Жұмыста тау-кен кәсіпорнында оның жұмысының тиімділігін арттыру мақсатында, оның ішінде еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету бөлігінде үдерісті басқару жүйесін енгізу мүмкіндіктері қарастырылады. Талдау және үдерісті басқару жүйесі деректерінің үлкен көлемін сақтауды қамтамасыз ету мақсатында деректер қоймасын енгізу қажет, бұл одан әрі ретроспективті талдаулар үшін ақпараттың мұрағаттық сақталуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Жұмыстардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін барлық өндірістік құрамдастарды жұмысқа қабілетті және өзекті күйде ұстау, белгілі бір машиналарға техникалық қызмет көрсетуді және ауыстыруды уақтылы жүргізу қажет. Жабдықты жаңасына ауыстыру туралы шешім қабылдауды қолдау үшін, сондай-ақ жабдықтың маркасы / жеткізушісі туралы шешім қабылдауды қолдау мақсатында жабдықтың жұмысы бойынша салыстырмалы Статистика жүргізуді іске асыру ұсынылады. Жүйеде жабдықтарды жеткізудің болжамды орындалуы туралы жүйенің деректері негізінде негізгі құралдардың қозғалыс кестесін жүргізу ұсынылады. Жабдықты жеткізуді дәлірек*

болжау жабдықтың жұмысын тиімді басқаруға және жөндеу материалдарына алдын-ала тапсырыс беруге мүмкіндік береді. Объективті салыстырмалы талдау және күрделі шығыстардың қажеттілігін бағалау мақсаттары үшін негізгі құралдарды тау-кен-күрделі жұмыстардың түрлері және геологиялық зерттеулер бойынша, сондай-ақ шығыстардың мақсаттары бойынша топтастыру жүргізіледі.

**Түйінді сөздер:** процесті басқару, жоспарлау, деректерді талдау, қауіпсіздік, өндіріс процесі, жабдықты жөндеу, бюджеттеу.

*The paper considers the possibilities of implementing process management systems at a mining enterprise in order to increase the efficiency of its work, including in terms of ensuring labor safety. In order to ensure the storage of large amounts of data in the analysis system and process management, it is necessary to implement a data warehouse, which will allow for the archival storage of information for further retrospective analyses. To ensure the safety of work, it is necessary to maintain all production components in a working and up-to-date state, to carry out timely maintenance and replacement of certain machines. It is proposed to implement the maintenance of comparative statistics on the operation of equipment to support the decision to replace equipment with a new one, as well as to support the decision-making about the brand / supplier of equipment. It is proposed to maintain a schedule of movement of fixed assets in the system based on the system data on the forecast performance of equipment deliveries. More accurate forecasting of equipment supplies will allow you to more effectively manage the operation of equipment and pre-order repair materials. For the purposes of comparative analysis and assessment of the need for capital expenditure is the grouping of fixed assets, by type of mining and capital works and geological studies, as well as costs.*

**Keywords:** process management, planning, data analysis, security, production process, equipment repair, budgeting.

Управление проектами и процессами деятельности предприятия является ключевой целью на пути от разработки планов к их реализации и оперативному реагированию на изменения в ходе реализации процессов. В настоящее время благодаря информационным технологиям существуют удобные и эффективные способы контроля всех процессов предприятия с помощью различных аналитических информационных систем. Одной из важнейших задач в рамках работы горнорудного предприятия является обеспечение безопасности его сотрудников. На течение производственных процессов влияет множество факторов, которые необходимо учитывать и анализировать на постоянной основе.

Целью работы является изучение вариантов совершенствования процессного управления на горнорудном предприятии за счет внедрения системы анализа данных.

На текущий момент в реализации процессов планирования и анализа деятельности горнорудных предприятий можно выделить три существенных недостатка [1]:

1. Отсутствие системного учета фактических результатов работы на различных уровнях организационной иерархии предприятия. Это приводит к тому, что для сбора и централизации сведений необходимо слишком много времени, что, в последствии снижает оперативность анализа и оптимизации тех или иных работ, процессов или затрат.

2. Применение универсальных средств учета и анализа деятельности. Универсальные средства не способны учитывать специфику работы предприятия, а, значит, возможны потери данных и времени, а также возникновение ошибочных данных.

3. Отсутствие возможности ретроспективного анализа за аналогичные периоды прошлых лет, нет вариантов проведения среза данных по различным аспектам и проведения существенного и эффективного анализа рентабельности структурных подразделений.

Система бюджетирования на предприятии позволяет обеспечить централизованное согласование действий всех структурных подразделений объекта и учитывать при этом специфику каждого производственного процесса. Применение многовариантного анализа данных в процессе планирования и мониторинга деятельности предприятия обеспечивает оперативный анализ соответствия всех текущих планов и бюджетов стратегическим целям предприятия. Реализация такого набора аналитических инструментов осуществляется на базе систем Business Intelligence (BI). Это класс систем, который позволяет интегрировать разнородные данные и предоставляет возможности для их изучения в различных ракурсах. Применение такого рода систем оказывается особенно эффективным на предприятиях со сложной организационной структурой [2].

Совершенствование системы бюджетирования может быть достигнуто за счет обеспечения гибкости и прозрачности процедур планирования, учета, контроля и анализа по всем уровням организационной структуры корпорации, интеграции со смежными информационными системами, увеличения точности, достоверности и аналитической ценности получаемой информации по показателям производственной деятельности на основе использования алгоритмов многомерного хранения и анализа данных (OLAP – многомерное моделирование) в системе IBM Cognos TM1 и IBM Cognos BI.

Среди основных целей внедрения системы процессного управления на горнорудном предприятии можно выделить следующие:

- введение единых стандартов планирования и распределения расходов на производственные процессы;
- повышение скорости получения информации об исполнении бюджетных планов предприятия;
- сокращение времени подготовки аналитической документации по различным показателям деятельности предприятия.

На рисунке 1 представлена общая схема процессов планирования на предприятии.



Рисунок 1 – Общая схема планирования на предприятии

С целью обеспечения хранения больших объемов данных системы анализа и процессного управления необходимо внедрение хранилища данных. Оно позволит объединить все

данные, поступающие от различных источников, в единый, удобный для дальнейшего использования и анализа, центр [3].

Кроме того, именно использование хранилища данных позволит обеспечить архивное хранения информации для дальнейших ретроспективных анализов, что позволит разгрузить смму систему процессного управления.

На рисунке 2 представлена схема взаимодействия структурных подразделений горнорудного предприятия в рамках аналитической системы.

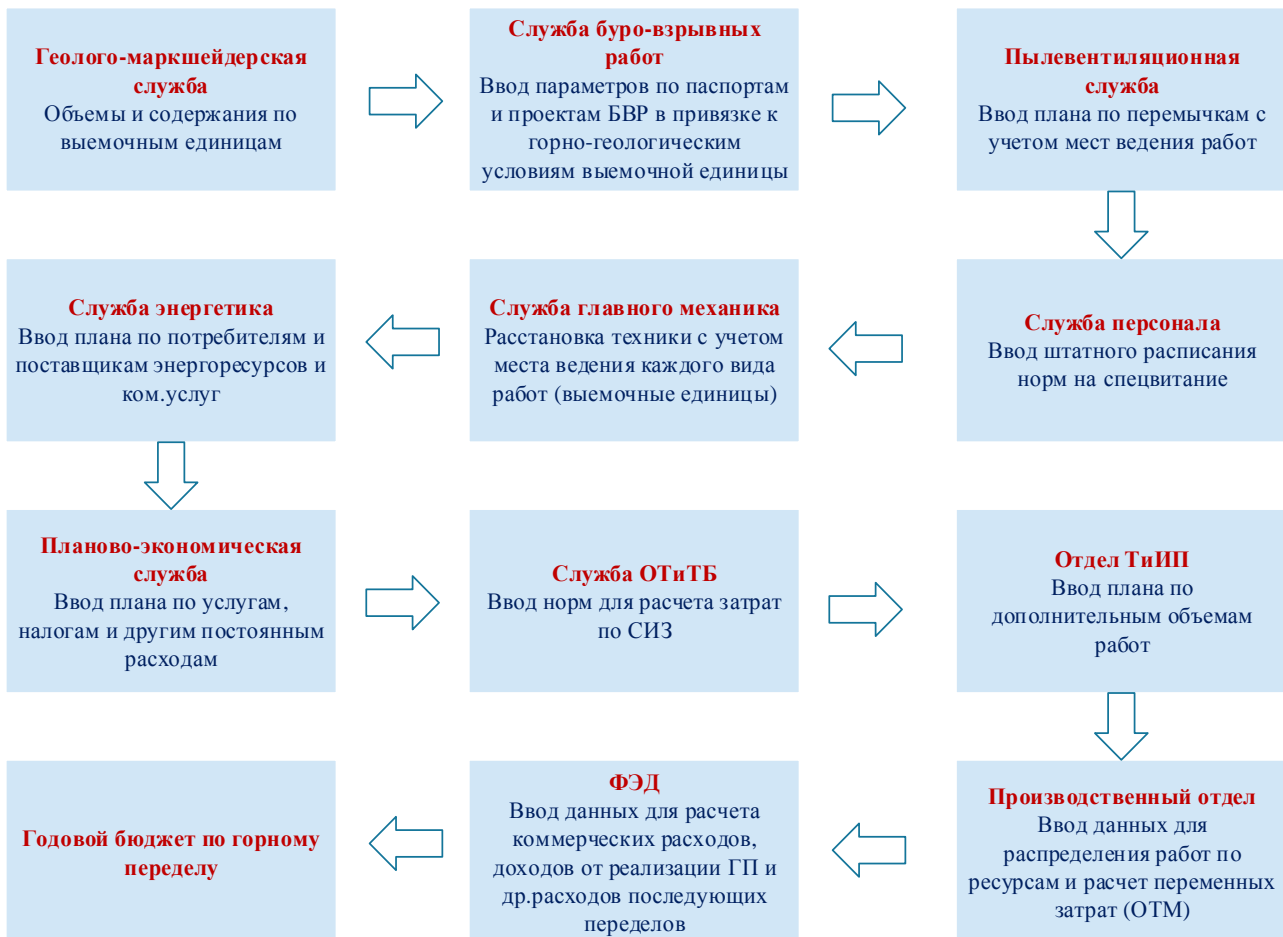


Рисунок 2 – Схема взаимодействия структурных подразделений

Одним из этапов работы предприятия является инвестиционное планирование в части закупки или ремонта оборудования [4]. Для обеспечения безопасности работ необходимо поддерживать все производственные составляющие в работоспособном и актуальном состоянии, своевременно проводить техническое обслуживание и замену тех или иных машин. Система процессного управления в данном контексте может существенно улучшить ситуацию в части повышения эффективности расходования средств на текущие ремонты и обновление оборудования, и, как следствие, на повышение общего уровня безопасности труда.

Одним из этапов работы предприятия является инвестиционное планирование в части закупки или ремонта оборудования [4]. Для обеспечения безопасности работ необходимо поддерживать все производственные составляющие в работоспособном и актуальном

состоянии, своевременно проводить техническое обслуживание и замену тех или иных машин. Система процессного управления в данном контексте может существенно улучшить ситуацию в части повышения эффективности расходования средств на текущие ремонты и обновление оборудования, и, как следствие, на повышение общего уровня безопасности труда.

Так, предлагается реализовать ведение сравнительной статистики по работе оборудования для поддержки принятия решения по замене оборудования на новое, а также для цели поддержки принятия решений о марке / поставщике оборудования.

В соответствии с подходами ведущих горнорудных компаний ключевой статистикой по оборудованию считается статистика производительности и эффективности работы оборудования в сравнении с расходами на ее эксплуатацию и ремонт, т.е. статистика по отработанным мото-часам, суммам затрат на эксплуатацию и ремонт, а также данные по ее производительности. Такая статистика будет направлена на определение экономического срока жизни оборудования.

Также в соответствии с подходами лучших практик в системе предлагается вести расчет показателей сумма расходов на ремонт и обслуживание в % от балансовой стоимости оборудования, стоимость 1 мото-часа или машино-часа оборудования (стоимость мото-часа включает расходы в плановом или фактическом периоде на эксплуатацию оборудования и ремонты). Статистика по стоимости 1 мото-часа или машино-часа также будет использоваться для сравнения между марками оборудования (сравнение стоимости в течение всего экономического срока жизни оборудования).

Здесь следует отметить, что в соответствии с практиками ведущих компаний для целей экономии на материалах на техническое обслуживание и ремонт, а также упрощения ремонтных процедур рекомендуется максимальная стандартизация парка оборудования. Для принятия решения о стандартизации (замене старого оборудования на оборудование определенной марки) также предлагается использовать данные по статистике работы оборудования в привязке к его жизненному циклу.

Предлагается ведение в системе графика движения основных средств на основе данных системы о прогнозном исполнении поставок оборудования (стандартный подход). Более точное прогнозирование поставок оборудования даст возможность эффективнее управлять работой оборудования и заранее заказывать ремонтные материалы. Также, при оценке потребности в новом оборудовании в обязательном порядке учитываются те основные средства, которые еще должны будут поступить по уже заключенным договорам. В случае изменения ситуации в подразделении, в результате чего заказанное, но еще не поступившее на рудник оборудование (например, из-за изменения уровня производства или передача основного средства с другого рудника), рекомендуется еще на этапе планирования инвестиций провести анализ таких случаев и разработать план действий: например, такое оборудование может быть передано другому подразделению (в рамках инвестиционного плана на следующий год) или же отказаться от заключения контракта на поставку (если будет возможным).

По графику (ведомости движения основных средств – имеющиеся на начало периода, выбытие основных средств, планируемые к получению по инвестиционному плану прошлого года, планируемые к получению по инвестиционному плану по месяцам) идет расчет плановой амортизации.

Формы планирования и учета инвестиций можно вести их в отдельном бюджете капитальных расходов (общепринятый подход к бюджетированию капитализируемых расходов компании).

Бюджет капитальных расходов будет включать все капитализируемые расходы, включая расходы на капитальный ремонт основных средств, расходы по проведению горно-капитальных работ, геологическим исследованиям и проектам по охране окружающей среды (только капитализируемые), закупке основных средств.

Предлагаемые разделы бюджета капитальных расходов:

- Капитальный ремонт основных средств
- Приобретение основных средств
- Горно-капитальные работы
- Геологические исследования
- Проекты по охране окружающей среды

Для целей объективного сравнительного анализа и оценки необходимости капитальных расходов проводится группировка основных средств (для капитальных ремонтов и приобретения основных средств), по видам горно-капитальных работ и геологическим исследованиям, а также по целям расходов (обновление текущих активов, выполнение требований законодательства, требования безопасности и т.д.). Такая группировка есть в существующих формах.

Внедрение аналитической системы процессного управления на горнорудном предприятии позволит повысить эффективность его работы в целом. Работа на горнорудном предприятии безусловно связана с необходимостью обеспечения производственной безопасности и охраны труда. На это влияет множество факторов, в том числе периодичность ремонта и обновления оборудования, контроль всех производственных процессов и правильность их течения. Аналитическая система позволит оптимизировать производственные процессы централизованно, что, в свою очередь, приведет и к повышению эффективности и безопасности производства в целом.

#### **Литература:**

1. Яворский В.В., Зартенова Л.Г., Проценко А.В., Байдикова Н.В. Корпоративные информационные системы на горнорудном предприятии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 8. – С. 21–24.
2. Бородулин А.Н. Программные средства бизнес-аналитики в системе управления современным предприятием // Экономическая наука сегодня: теория и практика: материалы III Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 26 дек. 2015 г.) Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – С. 286–289.
3. Спирли Э. Корпоративные хранилища данных. Планирование, разработка и реализация. Т.1. – СПб.: Вильямс, 2001. – 400 с.
4. Архипова Н.И., Кульба В.В. Управление в чрезвычайных ситуациях. Учебное пособие. – М.: Российский государственный гуманитарный университет, 2008. – 470 с.

#### **References:**

1. Javorskij V.V., Zartenova L.G., Procenko A.V., Bajdikova N.V. Korporativnye informacionnye sistemy na gornorudnom predpriyatii // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy. – 2018. – № 8. – S. 21–24.

2. Borodulin A.N. Programmnye sredstva biznes-analitiki v sisteme upravlenija sovremennym predprijatijem // Jekonomicheskaja nauka segodnja: teorija i praktika: materialy III Mezhdunar. nauch.–prakt. konf. (Cheboksary, 26 dek. 2015 g.) Cheboksary: CNS «Interaktiv pljus», 2015. – S. 286–289.
3. Spirli Je. Korporativnye hranilishha dannyh. Planirovanie, razrabotka i realizacija. T.1. – SPb.: Vil'jams, 2001. – 400 s.
4. Arhipova N.I., Kul'ba V.V. Upravlenie v chrezvychajnyh situacijah. Uchebnoe posobie. – M.: Rossijskij gosudarstvennyj gumanitarnyj universitet, 2008. – 470 s.

*Посутупила 21 января 2021 г.*

МРНТИ 49.34.01

УДК 654.1.02

## РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРЕДВИЖЕНИЙ МОБИЛЬНЫХ АБОНЕНТОВ

Гумеров Р.А, Лещинская Э. М.

Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева,

Алматы, Республика Казахстан

e-mail: gumrin97@gmail.com, e.leshinskaya@aues.kz.

*Предложен алгоритм построения распределенной информационной системы для анализа передвижений абонентов и определения мест расположения сервисных центров с использованием технологий Big Data. Разработана программа на языке программирования Python. Она позволяет выполнить анализ возможных маршрутов передвижения абонентов и оптимизировать число и расположение точек обслуживания в выделенном районе города. На примере города Алматы рассмотрен вариант использования технологии Big Data. Детально рассмотрены все шаги в предложенном алгоритме, а также обоснованы принятые решения в пользу тех или иных методов и ресурсов. Даны подробные описания, а также общие рекомендации для успешного выполнения подобной работы. В результате получены 3 наиболее оптимальные точки для последующего расположения в этих местах колл-центров. Также проведенная работа дает возможность в обработке и использовании полученных данных для иных целей.*

**Ключевые слова:** Big Data, Python, передвижение мобильных абонентов, метод k-means, сервисный центр, оператор мобильной связи, распределенная информационная система.

*Абоненттердің қозғалысын талдауға және Big Data технологияларын қолданып қызмет көрсету орталықтарының орналасуын анықтауға арналған таратылған ақпараттық жүйені құрудың алгоритмі ұсынылған. Python бағдарламалау тілінде бағдарлама жасалды. Бұл абоненттердің ықтимал қозғалыс маршруттарын талдауға және қаланың таңдалған аймағында қызмет көрсету орындарының саны мен орналасуын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Алматы қаласының мысалында Big Data технологиясын қолдану нұсқасы қарастырылған. Ұсынылған алгоритмдегі барлық қадамдар егжей-тегжейлі қарастырылып, белгілі бір әдістер мен ресурстардың пайдасына шешімдер негізделген. Егжей-тегжейлі сипаттамалар, сондай-ақ осындай жұмыстарды сәтті жүзеге асыру үшін жалпы ұсыныстар келтірілген. Нәтижесінде кейіннен осы жерлерде байланыс орталықтарын орналастыру үшін 3 оңтайлы ұпай алынды. Жүргізілген жұмыс алынған мәліметтерді басқа мақсаттарда өңдеуге және пайдалануға мүмкіндік береді.*

**Түйінді сөздер:** Big Data, Python, ұялы байланыс абоненттерінің қозғалысы, k-means әдісі, қызмет көрсету орталығы, ұялы байланыс операторы, таратылған ақпараттық жүйе.

*An algorithm for constructing a distributed information system for determining the location of service centers using Big Data technologies is proposed. A program in the Python programming language has been developed. It allows you to analyze the routes of movement of subscribers and optimize the number of service points in the selected city. On the example of the city of Almaty, a variant of using Big Data technology is considered. All steps in the proposed algorithm are considered in detail, and the decisions made in favor of*

*certain methods and resources are justified. Detailed descriptions are given, as well as general recommendations for the successful implementation of such work. As a result, 3 most optimal points were obtained for the subsequent location of call centers in these places. Also, the work carried out makes it possible to process and use the obtained data for other purposes.*

**Keywords:** *Big Data, Python, movement of mobile subscribers, k-means method, service center, mobile operator, distributed information system.*

*Введение.* Необходимость сокращения коммерческих затрат, стремление к улучшению показателей эффективности бизнеса побуждает мобильных операторов Казахстана искать дополнительные меры по оптимизации своих расходов.

Конкурентоспособность оператора мобильной связи во многом зависит от территориального расположения его сервисных центров. Этот фактор оказывает существенное влияние на приток абонентов, так как если абоненту не будет удобно пользоваться данным сервисным центром, он в любой момент может сменить сотового оператора, и компания понесет убытки. И наоборот, эффективное решение этого вопроса может положительно повлиять на доходность оператора, так как каждый удовлетворенный обслуживанием клиент может привлечь определенное количество новых потенциальных абонентов. Поэтому весьма актуальной является задача построения оптимальной схемы размещения сервисных центров оператора мобильной связи на территории города или района. Решение этой задачи предполагает исследование маршрутов передвижения абонентов и определение наиболее комфортных точек обслуживания.

В настоящей статье рассматриваются принципы построения распределенной информационной системы для анализа передвижений мобильных абонентов с использованием технологий Big Data, направленной на определение мест размещения колл-центров [1].

Ставилась задача анализа характера перемещения абонентов в заданном квадрате города Алматы и выбор оптимального расположения центров обслуживания на основании полученных результатов о направлении потоков передвижения абонентов. Полученная в ходе данного исследования информация может быть использована и для решения других задач, например, определения мест размещения рекламных баннеров и плакатов, бутиков и других объектов.

*Методы.* Для решения поставленной задачи использовались технологии Big Data, получившие широкое распространение в телекоммуникационной отрасли для решения задач, требующих обработки и анализа больших объемов данных.

В процессе работы появилась необходимость в исследовании полученных маршрутов и выявлении точек, через которые проходит больше всего абонентов. Необходимо было выбрать метод кластеризации вершин. Были рассмотрены такие методы как EM-алгоритм [2], алгоритм кластеризации графов MCL [3] и метод k-means. После анализа особенностей рассмотренных методов было принято решение воспользоваться методом k-means.

Метод k-средних (k-means) – наиболее популярный метод кластеризации. Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров. [4]

По аналогии с методом главных компонент центры кластеров называются также главными точками, а сам метод называется методом главных точек и включается в общую теорию

главных объектов, обеспечивающих наилучшую аппроксимацию данных. Метод к-средних имеет множество вариантов работы для различных типов данных. [5]

*Результаты и обсуждение.* В качестве объекта исследования был выбран квадрат в черте города Алматы: проспект Аль-Фараби – проспект Райымбека – проспект Достык – улица Розыбакиева, как наиболее проходимый и посещаемый. Для анализа маршрутов абонентов был выделен следующий интервал времени: за 2 часа до конца рабочего дня и через 2 часа после его окончания, то есть период с 16:00 до 20:00. Данный выбор был произведен исходя из предположения, что именно в это время абонент скорее всего решит воспользоваться услугами колл-центра сотового оператора. Главным аргументом в пользу этого времени было то, что наиболее вероятно, что абонент пойдет в колл-центр после завершения рабочего дня. Но так как рабочий день у горожан может оканчиваться в разное время, был выбран указанный временной интервал.

Данные для последующего анализа сгенерированы с помощью языка программирования Python (программа Jupyter Notebook). Было выделено 25 офисных зданий и 25 жилых комплексов, а также обозначены все перекрестки в заданном квадрате. С помощью сервиса Google Карты было найдено расположение всех необходимых объектов и получена информация о их долготе и широте. Предстояло сгенерировать маршруты от каждого жилого комплекса к 70 процентам всех офисных зданий.

На рисунке 1 отображены выбранные жилые комплексы и офисные здания. В таблице 1 приведен фрагмент базы данных о географических координатах жилых комплексов и офисных зданий, а в таблице 2 – о перекрестках в заданном квадрате.

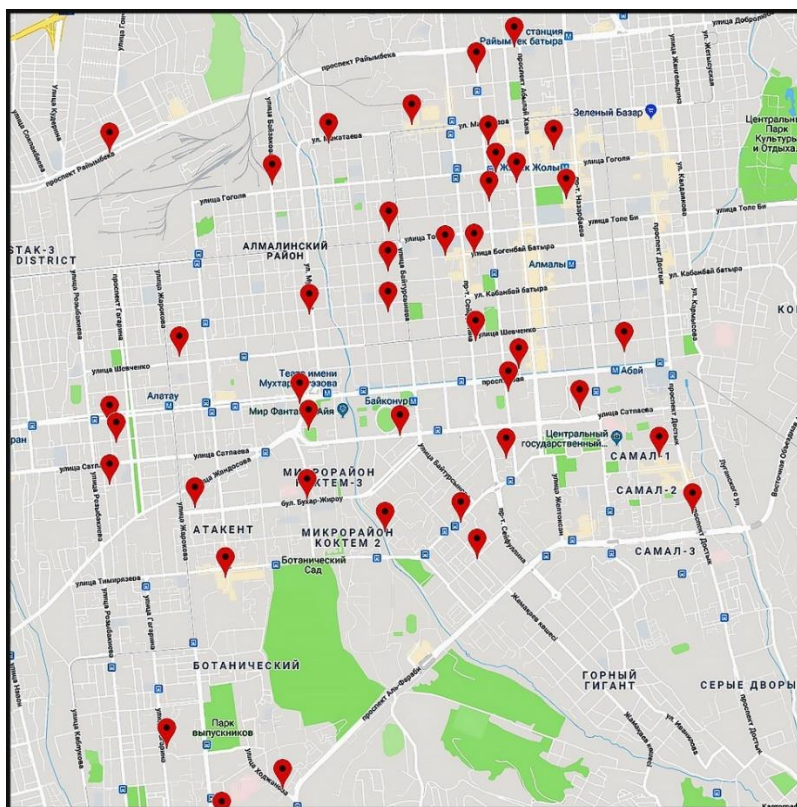


Рисунок 1 – Жилые комплексы и офисные здания, указанные в сервисе Google Карты

Таблица 1 – Географические координаты выбранных жилых комплексов, офисных зданий в заданном квадрате Географические координаты выбранных перекрестков в заданном квадрате

Название улицы (проспекта)	Широта, долгота
Сатпаева	43.234823, 76.894697
	43.235195, 76.899980
Достык	43.234450, 76.958508
	43.239338, 76.957339
Абая	43.238692, 76.894200
	43.239057, 76.899473

Таблица 2 – Географические координаты выбранных жилых комплексов, офисных зданий в заданном квадрате

Здания	Широта, долгота
Жилые комплексы	43.240643, 76.93824389
	43.2609546, 76.9435558
Офисные здания	43.2106054, 76.8988335
	43.2071929, 76.91222549

После добавления необходимых модулей NumPy [7] и Pandas [8] в программу были внесены полученные координаты офисных зданий, жилых комплексов и перекрестков [14].

На рисунке 2 приведено графическое отображение исходных данных. Красными точками отмечены офисные здания, синими – жилые комплексы, желтыми – перекрестки. По оси ординат указана долгота, а по оси абсцисс – широта рассматриваемых объектов.

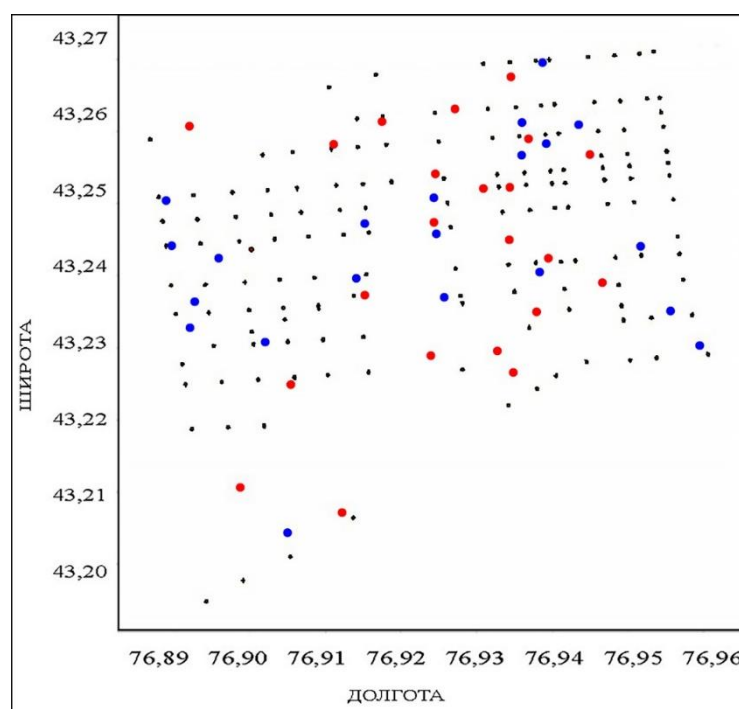


Рисунок 2 – Графическое отображение исходных данных

При построении маршрутов использовался набор интерфейсов прикладного программирования Google API, который дает возможность взаимодействовать со службами Google и интегрировать их в другие службы. Для работы с Google API был получен необходимый API-ключ, используемый в дальнейшем запросе к сервису Google [9].

Жилой комплекс задавался как начальная точка, а офисное здание – как конечная. Далее информация была передана Google API, который выдал все необходимые координаты. Для удобной работы при обмене информацией применен формат JSON, в котором были получены данные от Google [10–12].

Чтобы удостовериться в правильности написанного кода, был сгенерирован маршрут, показанный на рисунке 3.

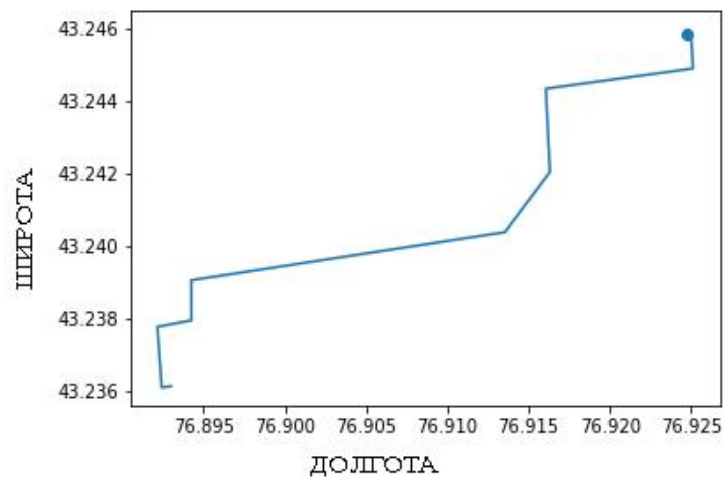


Рисунок 3 – Генерирование пробного маршрута

После проверки работоспособности написанного кода, аналогичная операция была проведена для всех маршрутов. Полученные маршруты представлены на рисунке 4.

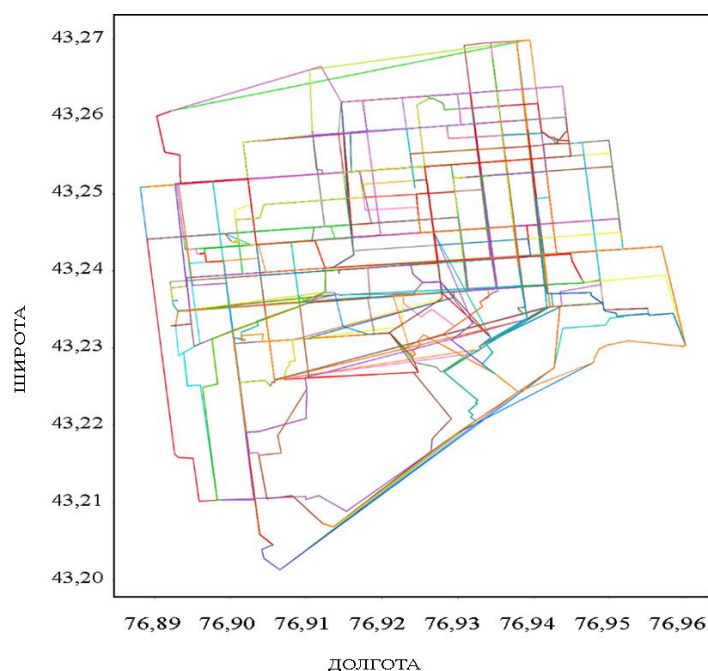


Рисунок 4 – Маршруты передвижений абонентов

Всего было сгенерировано 600 маршрутов. Так как в Jupyter Notebook недостаточное количество цветов, некоторые маршруты могут иметь один цвет, что для решения поставленной задачи не критично [13].

При обработке полученных маршрутов и выявлении наиболее проходимых точек использован метод k-means.

Приняты следующие допущения:

- в определенный момент времени расположением абонента является координата последней базовой станции, принявшей его сигнал;
- информация о координатах абонента не получается непрерывно; перемещение абонента является дискретным, поэтому достаточно знать его положение в дискретные моменты времени;
- базовые станции за пределами центральных районов не учитываются, потому что трафика в указанное время у рассматриваемых клиентов не наблюдалось.

Были выбраны 20 наиболее популярных точек, через которые проходит наибольшее количество маршрутов. В таблице 3 в столбиках долгота и широта указаны координаты этих точек, а в последнем столбце приведена частота прохождения маршрутов через данную точку. Самой проходимой точкой является точка № 304. Через нее проходит 496 маршрутов. Далее полученные точки были ранжированы и отмечены на графике. Из графика видно, что точки расположены с разной плотностью.

Таблица 3 – Координаты наиболее популярных точек

№ точки	долгота	широта	частота
304 (1)	76.9360059	43.2613482	496
14 (2)	76.91630959	43.2420365	465
15 (3)	76.9135411	43.240375	465
12	76.9053115	43.2250501	435
16	76.9125959	43.2400143	300
17	76.91253859	43.2371724	300
20	76.9091973	43.2353646	253
19	76.9091463	43.2358453	253
30	76.9250346	43.2584977	231
23	76.9055566	43.2255578	231
22	76.9059024	43.2254607	231
150	76.9149662	43.2527501	224
18	76.9122142	43.2402813	210

Анализ полученных результатов показал, что наибольший эффект будет достигнут, если расположить колл-центры в точках 1, 2, 3 (рисунок 5). Можно выделить и другие точки,

отличающиеся высокой проходимостью. Это зависит от бюджета фирмы и того, сколько колл-центров необходимо.

Проведенная работа является примером анализа данных. Было проложено всего 600 маршрутов из 25 жилых комплексов и 25 офисных зданий. Также был выбран небольшой промежуток времени – всего 4 часа. Если же рассматривать алгоритм работы в масштабах всего города (или более крупного города), с заданием всех объектов на протяжении длительного времени, то количество полученных данных увеличиться во много раз. Обработка таких массивов данных диктует необходимость использования современных технологий больших данных.

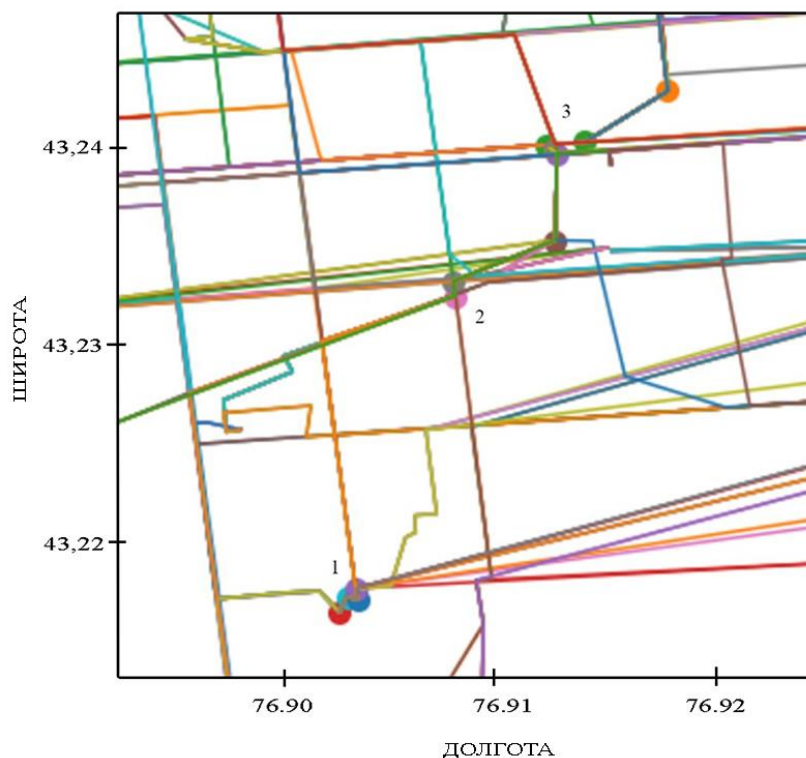


Рисунок 5 – Маршруты с указанием наиболее популярных точек

*Выводы.* В выполненной работе предложен алгоритм построения распределенной информационной системы для анализа передвижений абонентов и определения мест расположения колл-центров.

Данный анализ может позволить не только сэкономить на маркетинговых исследованиях, которые, скорее всего, должны были показать аналогичные результаты и выдать схожие рекомендации по размещению колл-центров, но и использовать эти наработки в решении других задач: размещении торговых точек, предоставляющих продукты, планирование дополнительных размещений базовых станций в часы пиковых нагрузок и многое другое.

#### Литература:

1. Пономарев А.А. Использование больших данных сотовыми операторами на примере построения маршрутов абонентов // Вестн. НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2017. – Т. 15. – № 1. – С. 70–78.
2. EM — масштабируемый алгоритм кластеризации // Электронный ресурс: <http://basegroup.ru/community/articles/em>

3. Марковский алгоритм кластеризации // Электронный ресурс: <http://www.machinelearning.ru>
4. Метод k-средних // Электронный ресурс: <http://datascientist.one/k-means-algorithm>
5. Метод k-средних // Электронный ресурс: <https://ru.wikipedia.org>
6. IPython // Электронный ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/IPython>
7. NumPy // Электронный ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/NumPy>
8. Pandas // Электронный ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Pandas>
9. Google API // Электронный ресурс: [https://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_APIs](https://en.wikipedia.org/wiki/Google_APIs)
10. JSON в Python // Электронный ресурс: <https://python-scripts.com/json>
11. Модуль json // Электронный ресурс: <https://pythonworld.ru/moduli/modul-json.html>
12. В чем разница между функциями json.load() и json.loads() в Python? // Электронный ресурс: <http://qaru.site/questions/211952/what-is-the-difference-between-jsonload-and-jsonloads-functions-in-python>
13. Jupyter // Электронный ресурс: <https://jupyter.org>
14. Импортирование модулей в Python// Электронный ресурс: <https://python-scripts.com/import-modules-python>

#### References:

1. Ponomarev A.A. Ispol'zovanie bol'shih dannyh sotovymi operatorami na primere postroeniya marshrutov abonentov // Vestn. NGU. Serija: Informacionnye tehnologii. – 2017. – Т. 15. – № 1. – С. 70–78.
2. EM — masshtabiruemyj algoritm klasterizacii // Jelektronnyj resurs: <http://basegroup.ru/community/articles/em>
3. Markovskij algoritm klasterizacii // Jelektronnyj resurs: <http://www.machinelearning.ru>
4. Metod k-srednih // Jelektronnyj resurs: <http://datascientist.one/k-means-algorithm>
5. Metod k-srednih // Jelektronnyj resurs: <https://ru.wikipedia.org>
6. IPython // Jelektronnyj resurs: <https://ru.wikipedia.org/wiki/IPython>
7. NumPy // Jelektronnyj resurs: <https://ru.wikipedia.org/wiki/NumPy>
8. Pandas // Jelektronnyj resurs: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Pandas>
9. Google API // Jelektronnyj resurs: [https://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_APIs](https://en.wikipedia.org/wiki/Google_APIs)
10. JSON v Python // Jelektronnyj resurs: <https://python-scripts.com/json>
11. Modul' json // Jelektronnyj resurs: <https://pythonworld.ru/moduli/modul-json.html>
12. V chem raznica mezhdru funkcijami json.load() i json.loads() v Python? // Jelektronnyj resurs: <http://qaru.site/questions/211952/what-is-the-difference-between-jsonload-and-jsonloads-functions-in-python>
13. Jupyter // Jelektronnyj resurs: <https://jupyter.org>
14. Importirovanie modulej v Python// Jelektronnyj resurs: <https://python-scripts.com/import-modules-python>

*Поступила 11 февраля 2021 г.*

МРНТИ 78.21.53  
УДК 623.09

## К ВОПРОСУ О ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОЙ ПАРАДИГМЕ РАЗВИТИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОГО СЕГМЕНТА ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РК

Мун Г.А.<sup>1,3</sup>, Молдахан И.<sup>2</sup>, Байпакбаева С.Т.<sup>3</sup>, Витулёва Е.С.<sup>2</sup>,  
Копишев Э.Е.<sup>4</sup>, Жумабай Р.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби

<sup>2</sup>Алматинский университет энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева

<sup>3</sup>Национальная инженерная академия РК

Алматы, Республика Казахстан

<sup>4</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

Нур-Султан, Республика Казахстан

e-mail: [mungrig@yandex.kz](mailto:mungrig@yandex.kz), [imoldakhan@gmail.com](mailto:imoldakhan@gmail.com), [saltanat.baipakbayeva@gmail.com](mailto:saltanat.baipakbayeva@gmail.com),  
[Lizavita@list.ru](mailto:Lizavita@list.ru), [eldar\\_kopishev@mail.ru](mailto:eldar_kopishev@mail.ru).

*Сформулированы основы постиндустриальной парадигмы развития инфокоммуникационного сегмента оборонно-промышленного комплекса РК. Показано, что в основе данной парадигмы лежит представление о постиндустриальной войне как о войне стоимостей, причем сюда входит стоимость разработки роботизированных боевых систем, а также стоимость подготовки соответствующих кадров. Показано, что для таких стран как РК ключевым вопросом является снижение стоимости разработки перспективных систем вооружений и боевой техники. Доказано, что снижение стоимости перспективных разработок оборонного значения может быть достигнуто за счет внедрения концепции инновационной лестницы, в частности, за счет разработки и внедрения их игровых прототипов. Для последовательной реализации концепции инновационной лестницы, в свою очередь, наиболее удобными являются деловые образовательные экосистемы, способные мобилизовать творческую энергию молодых ученых, студентов и магистрантов на решение задач, критически важных для национальной безопасности. Особенно актуальным создание деловых образовательных экосистем является именно в этой области в силу того, что сами по себе роботизированные системы, ориентированные на групповое применение (физические компоненты боевых нейронных сетей, например) неизбежно будут становиться все более дешевыми и простыми по конструкции. Наиболее важной компонентой становятся системы искусственного интеллекта, обеспечивающие автономное функционирование таких перспективных систем вооружений как боевые нейронные сети, что делает, в частности, более чем актуальным развитие многозначной логики.*

**Ключевые слова:** боевые нейронные сети, постиндустриальная война, деловые образовательные экосистемы, искусственный интеллект, многозначная логика, импортозамещение, оборонно-промышленный комплекс.

*Мақалада Қазақстан Республикасының әскери-өнеркәсіптік кешенінің инфокоммуникациялық сегментін дамытудың постиндустриялық парадигмасының негіздері тұжырымдалды. Сонымен қатар, бұл парадигма постиндустриалды соғыстың құндылықтар соғысы ретінде идеясына негізделген, және оған робототехникалық жекпе-жектің дамуына, сондай-ақ тиісті кадрларды*

даярлауға кететін шығындар кіреді. Қазақстан Республикасы сияқты елдер үшін басты мәселе жетілдірілген қару-жарақ жүйелері мен әскери техниканы әзірлеу құнын төмендету екендігі көрсетілген. Перспективалық қорғаныс әзірлемелерінің құнын төмендетуге инновациялық баспалдақ тұжырымдамасын енгізу арқылы, атап айтқанда, олардың ойын прототиптерін әзірлеу және енгізу арқылы қол жеткізуге болатындығы дәлелденді. Инновациялық баспалдақтың тұжырымдамасын дәйекті жүзеге асыру үшін өз кезегінде жас ғалымдардың, студенттердің және магистранттардың шығармашылық қуатын ұлттық қауіпсіздік үшін маңызды мәселелерді шешуге жұмылдыра алатын іскери білім беру экожүйелері ең қолайлы болып табылады. Іскери білім беру экожүйелерін құру осы салада әсіресе өзекті болып табылады, өйткені роботтандырылған жүйелердің өздері топтық қолдануға бағытталған (мысалы, жауынгерлік нейрондық желілердің физикалық компоненттері) дизайны бойынша сөзсіз арзан және қарапайым болады. Ең маңызды компонент жасанды интеллект жүйелері болып табылады, олар әскери жүйе сияқты перспективалы қару-жарақ жүйелерінің автономды жұмыс істеуін қамтамасыз етеді, бұл, атап айтқанда, көп мәнді логиканың дамуын өзектіліктен жоғары етеді.

**Түйінді сөздер:** жауынгерлік нейрондық желілер, индустриядан кейінгі соғыс, іскери білім беру экожүйелері, жасанды интеллект, көп мәнді логика, импортты алмастыру, әскери-өндірістік кешен.

*The foundations of the post-industrial paradigm of the development of the infocommunication segment of the military-industrial complex of the Republic of Kazakhstan are formulated in the article. It is shown that this paradigm is based on the idea of the post-industrial war as a war of values, and this includes the cost of developing robotic combat systems, as well as the cost of the training the relevant personnel. It is shown that for countries such as the Republic of Kazakhstan, the key issue is to reduce the cost of developing advanced weapons systems and military equipment. It has been proved that a reduction in the cost of promising defense developments can be achieved through the introduction of the concept of an innovative ladder through the development and implementation of their game prototypes. For the consistent implementation of the concept of the innovative ladder, in turn, the most convenient are business educational ecosystems that can mobilize the creative energy of young scientists, students and undergraduates to solve problems that are critical for the national security. The creation of the business educational ecosystems is especially relevant in this area, due to the fact that robotic systems themselves oriented to group use (physical components of combat neural networks, for example) will inevitably become cheaper and simpler in design. The most important component is becoming the artificial intelligence systems that ensure the autonomous functioning of such promising weapons systems as the combat neural networks, which makes, the development of multivalued logic more than relevant.*

**Keywords:** combat neural networks, post-industrial war, business educational ecosystems, artificial intelligence, multivalued logic, import substitution, military-industrial complex.

В работе [1] был выдвинут тезис о постиндустриальной парадигме развития оборонно-промышленного комплекса (ОПК) Республики Казахстан. Данный тезис, главным образом, основывается на выводе о том, что постиндустриальная война де-факто является «войной стоимостей», что со всей определенностью продемонстрировали бой и столкновение в Нагорном Карабахе/Арцахе осенью 2020 года. Даже для наиболее консервативной части научно-технического сообщества стало очевидным, что исход боестолкновений, главным образом, определяется эффективностью использования роботизированных систем, которое, в свою очередь, определяется такими факторами как степень интеллектуального развития военнослужащих, а также экономическими возможностями противоборствующих сторон.

В частности, не вызывает сомнений, что результат рассматриваемых боестолкновений во многом был обусловлен экономическими возможностями Республики Азербайджан,

определяемыми ее ресурсной базой. В то же время необходимо понимать, что представление о постиндустриальной войне как о «войне стоимостей» будет неполным, если в это понятие не будут заложены расходы на разработку и последующее внедрение наиболее передовых систем оборонного значения, в частности, основанных на принципах искусственного интеллекта.

Уже представляется очевидным, что существуют все предпосылки для резкого снижения стоимости отдельных компонент боевых нейронных сетей, в частности, барражирующих боеприпасов [2–6], которые могут применяться в автономном режиме с использованием тактики «осинового роя» [1]. В таких условиях определяющее значение для развития оборонно-промышленного комплекса имеют экономические факторы, причём здесь более чем значительная доля стоимости новых вооружений будет приходиться на разработку соответствующих инноваций. Иными словами, вопрос о постиндустриальной парадигме развития оборонно-промышленного комплекса оказывается теснейшим образом связан с теорией инноваций, конкретно с теми вопросами, которые рассматривались в работах [7, 8].

Для таких стран как Республика Казахстан определяющее значение имеет существенное снижение затрат на разработку новых систем вооружений в максимальной степени, использующих искусственный интеллект, нейронные сети, и т.д. Подчеркиваем, что в соответствии с выводами работы [1], действия беспилотных летательных аппаратов, особенно если говорить о таких тактических приемах как «осиный рой», становятся всё более и более автономными. Следовательно, именно алгоритмическая основа на которой строятся соответствующие системы искусственного интеллекта приобретают более чем существенное значение. Именно на разработку такого рода алгоритмов в обозримой перспективе и будет приходиться основная доля затрат, связанная с разработкой перспективной военной техники.

Соответственно для таких стран как Республика Казахстан необходимо принять все меры для того, чтобы иметь возможность существенным образом удешевить разработку соответствующих систем и их внедрение в практику.

Как показывает история развития военной техники, для этого существует несколько путей. Наиболее очевидный из них был реализован во второй половине XX века в Соединенных Штатах Америки. В этой стране затраты на разработку перспективных систем вооружений частично компенсировались тем, что аналогичные разработки использовались в гражданском секторе, т.е. одновременно шло их внедрение в массовое использование. Отчасти именно вследствие успеха такого рода концепции и был сформулирован тезис о том, что развитие ОПК является локомотивом для развития экономики.

Однако такой путь является далеко не единственным. В частности, в работе [1] было показано, что более чем перспективным является использование деловых образовательных систем [9, 10]. В соответствии с этим подходом, разработка систем искусственного интеллекта (и его носителей) первоначально осуществляется в игровом режиме, то есть используется концепция инновационной лестницы [11]. В соответствии с нею, достижение конечного результата осуществляется в несколько стадий, на каждой из которых осуществляется коммерциализация промежуточных продуктов.

Применительно к концепции деловых образовательных систем, рассматриваемых в преломлении тезиса о постиндустриальной войне как о войне стоимостей, первым из таких промежуточных продуктов является создание различного рода развивающих игр, использующих те же самые принципы построения искусственного интеллекта. что и боевые нейронные сети (БНС).

Однако, данный путь также не является единственно возможным. Точнее, данный путь целесообразно использовать только на первых стадиях реализации концепции инновационной лестницы. Действительно, дальнейшее усложнение систем искусственного интеллекта оборонного назначения потребует создания более сложных алгоритмов нежели те, которые могут быть использованы в игровых системах.

Фактически деловые образовательной системы способны только дать старт реализации новой парадигмы развития оборонно-промышленного комплекса РК, которая первоначально была сформулирована в [1].

Для того чтобы обеспечить реализацию концепции инновационной лестницы на последующих стадиях необходима разработка дополнительных мер что и составляет цель данной работы.

Необходимо отчётливо понимать, что внедрение любых систем, связанных с боевым использованием искусственного интеллекта, предусматривает оперирование в трёх различных сегментах: первый сегмент – это собственно алгоритмическая основа, второй сегмент — это реализующая его программное обеспечение и технические устройства, на которые оно устанавливается, и наконец, третий сегмент — это область практического их использования, например, отработка реального боевого применения.

Если говорить о разработке систем искусственного интеллекта оборонного значения, то наибольшие затраты с очевидностью будут связаны именно с первым из этих сегментов, поскольку, как однозначно показывают результаты современных исследований в данной области [12, 13], алгоритмическая основа систем искусственного интеллекта непрерывно совершенствуется. Более того, есть все основания полагать, что в обозримом будущем в системы искусственного интеллекта перейдут на многозначную логику как на средство, позволяющие максимально приблизить их к биологическому прототипу, то есть к интеллекту человека [14, 15].

Очевидно, что характер мыслительной деятельности человека не сводится к классической Аристотелевой логике, и, следовательно, разработка систем искусственного интеллекта, построенных на многозначной логике, представляется в более чем актуальной для решения любых прикладных задач. Отсюда вытекает, что отработка такого рода систем может вестись с использованием любых технических платформ в (любого Hardware and Software) при условии, что будет параллельно обеспечиваться решение задач как гражданского, так и оборонного назначения. Геополитическое соперничество де-факто смещается не просто в научно-техническую сферу, как это имело место в середине XX века, но конкретно в область конкуренции между алгоритмической основой ИИ.

Отсюда вытекает, что существует ещё одно весьма обширное поле деятельности, в котором можно обеспечить развитие многозначной логики для систем гражданского назначения (в целях последующего использования в оборонной сфере). Оттолкнемся от основной мысли, сформулированной в [1, 9]. Успех промежуточных стадий реализации концепции инновационной лестницы будет во многом определяться тем, насколько промежуточные результаты будут востребованные рынком. В работе [9] было показано, что деловые образовательные экосистемы, ориентирующиеся на разработку детских и подростковых развивающих игр, действительно могут обеспечить импортозамещение на весьма обширном сегменте рынка, что непосредственно подтверждается данными таможенной статистики [9]. В настоящее время в Казахстане существует еще один обширный сегмент рынка, на котором также можно оперировать в целях создания

алгоритмов систем искусственного интеллекта двойного назначения; конкретно речь идет о рынке лабораторного и измерительного (в том числе, медицинского) оборудования.

Конкретно, речь идёт о максимально широком внедрении подхода, впервые предложенного в работе [16]. В данной работе было показано, что существуют вполне определенные перспективы для импортозамещения на рынке лабораторного химико-технологического оборудования. Было показано, что в стоимость современных приборов химико-технологического назначения входят две основные составляющие: одна из них связана непосредственно с измерительными узлами, а другая – с вспомогательными радиоэлектронными схемами, выполняющими функцию управления, а также обеспечивающими преобразование первичного измеренного сигнала в значение измеряемых величин, представляющих интерес для экспериментатора.

Весьма показательным в данном отношении является пример вискозиметров, рассмотренных в [16]. Было показано, что значительная доля стоимости современных вискозиметров приходится именно на радиоэлектронное обеспечение. Там же было показано, что его функции в значительной степени могут быть заменены программным обеспечением, устанавливаемым на смартфон пользователя.

Фактически речь идёт о том, что значительная часть радиоэлектронных блоков приборов, представленных на рынке, заменяется смартфоном, который находится в распоряжении пользователя. В работе [16] данный подход был применён к созданию вискозиметров нового типа, в которых функции управления и получения данных по вязкости выполняются программным обеспечением, установленным на смартфон.

Очевидно, что данный подход может быть распространен на весьма и весьма широкий класс лабораторного измерительного оборудования химико-технологического и медицинского назначения. Вместо дорогостоящих радиоэлектронных компонент можно использовать Bluetooth модуль, обеспечивающий связь со смартфоном пользователя.

Подчеркиваем, что в данном случае значительная доля стоимости приходится именно на программное обеспечение, заменяющее собой радиоэлектронное оборудование. Разработка такого рода программного обеспечения (и соответствующих компонент оборудования) вполне может быть сделана централизованно. Более того, можно реализовать подход, при котором соответствующее программное обеспечение, разработанное структурами, аффилированными с государственными организациями, предоставляется пользователям бесплатно в обмен на возможность широкого распространения экспериментальных результатов, полученных его помощью.

Несколько упрощая, речь идёт о создании централизованного банка экспериментальных данных, получаемых непосредственно в ходе экспериментов. Создание такого банка данных представляет интерес как из объективных, так и субъективных соображений. К объективным относится тот факт, что очень часто конкретная исследовательская группа не обладает возможностью полностью обеспечить обработку полученных или экспериментальных данных, или же возникают обстоятельства, когда эти экспериментальные данные оказываются нужны другой исследовательской группе для подтверждения сделанных выводов и тому подобное. Помимо этого, существует такой фактор, как утеря текущих экспериментальных данных, вследствие их небрежного хранения и т. п.

Создание централизованного банка их позволит снять все эти затруднения, параллельно обеспечивая контроль над выполнением любых исследовательских проектов, финансируемых со стороны государства.

Очевидно, что программное обеспечение, используемое для реализации смартфон-ориентированных приборов различного назначения, обладает большой вариативностью. Иначе говоря, для того чтобы реализовать кондуктометр, использующий ту же идею, что и в работе [16], требуется создать новое программное обеспечение, пусть и сходное с программным обеспечением для вискозиметра, но всё-таки отличающимся от него.

Решить данную задачу можно системно, как вытекает из соображений, изложенных в работах [14, 15], используя ИИ. Точнее, здесь возникает вполне определенная, практически значимая задача для использования алгоритмов искусственного интеллекта. А именно, речь идёт о том, чтобы в режиме, максимально близком к автоматическому, создавать модули программного обеспечения, решающие поставленную задачу. Реализация такого рода алгоритмов, которые в значительной степени являются самообучающимися, позволяет далее перенести этот опыт и на создание алгоритмической основы для самообучающихся боевых нейронных сетей.

Несмотря на то, что существует кажущееся различие между этими двумя задачами, в действительности они достаточно близки. Более того такой подход позволяет создавать системы искусственного интеллекта, способные к самосовершенствованию, на основе коммерчески значимого продукта гражданского назначения. Именно эта идея и была заложена в философские концепции, отраженные в работах [14, 15], где рассматривалась иерархия уровней систем переработки информации.

Таким образом, деловые образовательные экосистемы действительно способны стать ядром формирования новой парадигмы развития инфокоммуникационного сегмента оборонно-промышленного комплекса за счет того, что они обеспечивают существенное снижение нагрузки на бюджет, что является более чем критичным для таких стран как Казахстан. Значительная часть задач в данном случае переносится на учебный процесс, причем в форме, допускающей эффективную мобилизацию интеллектуального потенциала учащейся молодежи.

### **Литература:**

1. 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.
2. Haner J., Garcia D. The Artificial Intelligence Arms Race: Trends and World Leaders in Autonomous Weapons Development. *Global Policy*. – 2019. – Vol.10(3). – P.331–337.
3. Haas M.C., Fischer S. C. The evolution of targeted killing practices: Autonomous weapons, future conflict, and the international order. *Contemporary Security Policy*. – 2017. – Vol. 38(2). – P. 281–306.
4. Kania E. B. Chinese Military Innovation in the AI Revolution // *The RUSI Journal*. – 2019. – Vol.164(5–6). – P.26–34.
5. Шегельман И.Р., Васильев А. С. Краткий обзор инноваций в сфере создания беспилотной техники // Новое слово в науке: перспективы развития. – 2015. – №. 2. – С. 243–244.
6. Корольов Р.В., Королюк Н.О., Петров О.В., Сюлев К.В. Аналіз сучасних засобів знищення безпілотних літальних апаратів // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Т.4. – С. 17–21.
7. Мун Г.А., Витулёва Е.С., Сулейменов И.Э. К теории решений инновационных задач // Вестник АУЭС. – 2019. – №1 (44). – С. 72–79.
8. Сулейменов И.Э., Габриелян О.А., Бакиров А.С., Тасбулатова З.С., Витулёва Е.С., Мун Г.А. Построение курса лекций «Общая теория информации» в свете тезиса о параллельной

интеллектуальной и духовной модернизации // Известия НТО «КАХАК». – 2018. – № 4 (63). – С. 33–45.

9. Сулейменов И.Э., Байпакбаева С.Т. Принципы построения деловой экосистемы для стимулирования инноваций в высших учебных заведениях //ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2018. – №. 5. С. 86-99.

10. Сулейменов И.Э., Кابدусhev Ш.Б., Байпакбаева С.Т., Витулёва Е.С., Евстифеев В.Н., Мун Г.А. Деловые экосистемы как фактор стимулирования инновационной активности в Республике Казахстан // Известия НТО «КАХАК». – 2018. – № 3 (62). – С. 4-17.

11. Теория и практика инноваций в учебной деятельности: междисциплинарный социально-ориентированный подход / Мун Г.А., Байпакбаева С.Т., Витулёва Е.С., Сулейменов И.Э. – Алматы: ТОО «Print Express», – 2019 – 294 с.

12. Вокин Г. Г. Элементы искусственного интеллекта, информационные средства и роботы как ключевые составные части дистанционно-кибернетического оружия // Информационно-технологический вестник. – 2017. – Т. 13. – №. 3. – С. 14–29.

13. Кокошин А. А. Перспективы развития военной техносферы и будущее войн и небоевого применения военной силы //Вестник академии военных наук. – 2019. – №. 2. – С. 26–29.

14. Suleimenov I., Gabrielyan O., Bakirov A., Vitulyova Ye. Dialectical Understanding of Information in the Context of the Artificial Intelligence Problems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019 – P.630. – doi 012007. 10.1088/1757-899X/630/1/012007.

15. Suleimenov I. E., Vitulyova Ye.S., Bakirov A.S., Gabrielyan O.A. Artificial Intelligence: what is it? // Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications (ICCTA '20). Association for Computing Machinery, New York. – 2020. – P. 22–25.

16. Suleimenov I.E., Kabdushev S.B., Kadyrzhan K., Shaltikova D.B., Moldakhan I. New Technologies for Measuring Viscosity: Using Mobile Applications. // In Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications. – 2020. – P. 129–133.

## 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. – № 4 (78). – S. 88–93.

2. Haner J., Garcia D. The Artificial Intelligence Arms Race: Trends and World Leaders in Autonomous Weapons Development. Global Policy. – 2019. – Vol.10(3). – P.331–337.

3. Haas M.C., Fischer S. C. The evolution of targeted killing practices: Autonomous weapons, future conflict, and the international order. Contemporary Security Policy. – 2017. – Vol. 38(2). – P. 281–306.

4. Kania E. B. Chinese Military Innovation in the AI Revolution // The RUSI Journal. – 2019. – Vol.164(5–6). – P.26–34.

5. Shegel'man I.R., Vasil'ev A. S. Kratkij obzor innovacij v sfere sozdaniya bespilotnoj tehniki //Novoe slovo v nauke: perspektivy razvitija. – 2015. – №. 2. – S. 243–244.

6. Korol'ov R.V., Koroljuk N.O., Petrov O.V., Sjulev K.V. Analiz suchasnih zasobiv znishhennja bezpilotnih lital'nih aparativ // Zbirnik naukovih prac' Harkivs'kogo universitetu Povitrjanih Sil. – T.4. – S. 17–21.

7. Mun G.A., Vituljova E.S., Sulejmenov I.Je. K teorii reshenij innovacionnyh zadach // Vestnik AUJeS. – 2019. – №1 (44). – S. 72–79.

8. Sulejmenov I.Je., Gabrieljan O.A., Bakirov A.S., Tasbulatova Z.S., Vitulёva E.S., Mun G.A. Postroenie kursa lekcij «Obshhaja teorija informacii» v svete tezisa o paralel'noj intellektual'noj i duhovnoj modernizacii // Izvestija NTO «КАХАК». – 2018. – № 4 (63). – С. 33–45.

9. Sulejmenov I.Je., Bajpakbaeva S.T. Principy postroenija delovoj jekosistemy dlja stimulirovanija innovacij v vysshih uchebnyh zavedenijah //JeTAP: jekonomicheskaja teorija, analiz, praktika. – 2018. – №. 5. S. 86-99.

10. Suleimenov I.Je., Kabdushev Sh.B., Baïpakbaeva S.T., Vitulëva E.S., Evstifeev V.N., Mun G.A. Delovye jekosistemy kak faktor stimulirovaniya innovacionnoj aktivnosti v Respublike Kazahstan // Izvestija NTO «КАНАК». – 2018. – № 3 (62). – S. 4-17.
11. Teorija i praktika innovacij v uchebnoj dejatel'nosti: mezhdisciplinarnyj social'no-orientirovannyj podhod / Mun G.A., Bajpakbaeva S.T., Vituljova E.S., Sulejmenov I.Je. – Almaty: TOO «Print Express», – 2019 – 294 s.
12. Vokin G. G. Jelementy iskusstvennogo intellekta, informacionnye sredstva i roboty kak ključevye sostavnye chasti distancionno-kibernetičeskogo oruzhija // Informacionno-tehnologičeskij vestnik. – 2017. – T. 13. – №. 3. – S. 14–29.
13. Kokoshin A. A. Perspektivy razvitija voennoj tehnosfery i budushhee vojn i neboevogo primenenija voennoj sily // Vestnik akademii voennyh nauk. – 2019. – №. 2. – S. 26–29.
14. Suleimenov I., Gabrielyan O., Bakirov A., Vitulyova Ye. Dialectical Understanding of Information in the Context of the Artificial Intelligence Problems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019 – R.630. – doi 012007. 10.1088/1757-899X/630/1/012007.
15. Suleimenov I. E., Vitulyova Ye.S., Bakirov A.S., Gabrielyan O.A. Artificial Intelligence: what is it? // Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications (ICCTA'20). Association for Computing Machinery, New York. – 2020. – P. 22–25.
16. Suleimenov I.E., Kabdushev S.B., Kadyrzhan K., Shaltikova D.B., Moldakhan I. New Technologies for Measuring Viscosity: Using Mobile Applications. // In Proceedings of the 2020 6th International Conference on Computer and Technology Applications. – 2020. – P. 129–133.

*Поступила 15 марта 2021 г.*

МРНТИ 78.25.01

УДК 623.09

## АЛГЕБРАИЗАЦИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТИЧНО АВТОНОМНЫМИ БОЕВЫМИ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

Пак И.Т.<sup>1</sup>, Матрасулова Д.К.<sup>2</sup>, Байкенов А.С.<sup>2</sup>, Кабдушев Ш.Б.<sup>3</sup>, Копишев Э.Е.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий

<sup>2</sup>Алматинский университет энергетики и связи

<sup>3</sup>Национальная инженерная академия РК  
Алматы, Республика Казахстан

<sup>4</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
Нур-Султан, Республика Казахстан

*Показано, что реализация новой парадигмы развития инфокоммуникационного сегмента оборонно-промышленного комплекса Республики Казахстан, отвечающая реалиям постиндустриальной эпохи, требует разработки принципиально новых подходов к построению алгоритмов управления роботизированными системами, действующими в автономном режиме. Примером соответствующей системы являются боевые нейронные сети, использующие тактику «осинового роя» или ей аналогичные. Одним из направлений разработки алгоритмической основы боевых нейронных сетей является алгебраизация нечеткой логики, позволяющая сделать «внутренний» язык команд максимально компактным. При алгебраизации нечеткой логики устанавливается соответствие между лингвистическими переменными («командами») и элементами некоторого поля Галуа, благодаря чему все операции над командами оказываются сведенными к алгебраическим. Показано, что для преодоления междисциплинарных барьеров, связанных с использованием широкого спектра полей Галуа в технических дисциплинах, важно обеспечить высокую степень наглядности понятий, относящихся к области абстрактной алгебры. Эта проблема решается через представление элементов Галуа в виде матриц и трактовку примитивных корней из единицы как логической мнимой единицы. Дан конкретный пример представления поля Галуа через матрицы, элементы которых являются переменными троичной логики.*

**Ключевые слова:** боевые нейронные сети, искусственный интеллект, нечеткая логика, поля Галуа, автономный режим, лингвистические переменные, логическая мнимая единица.

*Мақалада постиндустриалды кезеңнің шындықтарына сәйкес келетін Қазақстан Республикасының әскери-өнеркәсіптік кешенінің инфокоммуникациялық сегментін дамытудың жаңа парадигмасын жүзеге асыру құрылысқа принципалды жаңа тәсілдерді әзірлеуді қажет ететіндігі көрсетілген. автономды режимде жұмыс жасайтын роботтандырылған жүйелерді басқару алгоритмдерін басқару. Қолайлы жүйеге мысал ретінде орамал тактикасын немесе соған ұқсас нейрондық желілерді алуға болады. Жауынгерлік нейрондық желілердің алгоритмдік негізін дамыту бағыттарының бірі – бұл «ішкі» командалық тілді мүмкіндігінше ықшам етіп жасауға мүмкіндік беретін бұлдыр логиканың алгебрасы. Бұлыңғыр логиканы алгебралау кезінде тілдік айнымалылар («командалар») мен белгілі Галуа өрісінің элементтері арасында сәйкестік орнатылады, осыған байланысты командалардағы барлық амалдар алгебралыққа дейін азаяды.*

Галуа өрістерінің кең спектрін техникалық пәндерде қолданумен байланысты пәнаралық кедергілерді жеңу үшін абстракттілі алгебра саласына қатысты ұғымдардың жоғары айқындылығын қамтамасыз ету маңызды екендігі көрсетілген. Бұл мәселе Галуа элементтерін матрица түрінде бейнелеу және алғашқы тамырларды логикалық елестету бірлігі ретінде бірліктен түсіндіру арқылы шешіледі. Галуа өрісін матрица тұрғысынан бейнелеудің нақты мысалы келтірілген, олардың элементтері үштік логикалық айнымалылар болып табылады.

**Түйінді сөздер:** жауынгерлік нейрон желілері, жасанды интеллект, түсініксіз логика, Галуа өрістері, автономды режим, лингвистикалық айнымалылар, логикалық ойдан шығарылған бірлік.

*It is shown that the implementation of a new paradigm for the development of the infocommunication segment of the military-industrial complex of the Republic of Kazakhstan, which meets the realities of the post-industrial era, requires the development of fundamentally new approaches to the construction of control algorithms for robotic systems operating in an autonomous mode. An example of a suitable system is combat neural networks using the wasp swarm tactics or similar. One of the directions in the development of the algorithmic basis of combat neural networks is the algebraization of fuzzy logic, which makes it possible to make the "internal" command language as compact as possible. During the algebraization of fuzzy logic, a correspondence is established between linguistic variables ("commands") and elements of a certain Galois field, due to which all operations on commands are reduced to algebraic ones. It is shown that in order to overcome interdisciplinary barriers associated with the use of a wide range of Galois fields in technical disciplines, it is important to provide a high degree of clarity of concepts related to the field of abstract algebra. This problem is solved through the representation of Galois elements in the form of matrices and the interpretation of primitive roots from unity as a logical imaginary unit. A specific example is given of representing the Galois field in terms of matrices, the elements of which are variables of ternary logic.*

**Keywords:** combat neural networks, artificial intelligence, fuzzy logic, Galois fields, autonomous mode, linguistic variables, logical imaginary unit.

В работе [1] были проанализированы возможные пути развития инфокоммуникационного сегмента оборонно-промышленного комплекса (ОПК) РК в рамках парадигмы постиндустриальной войны, необходимость формирования которой уже не вызывает сомнений, особенно, если принять во внимание результаты боестолкновений в Нагорном Карабахе/Арцахе осенью 2020 г. Там же было показано, что одним из средств, способных обеспечить форсированное развитие данного сегмента ОПК при существенном снижении нагрузки на бюджет являются деловые образовательные экосистемы (ДЭО), характер формирования которых был подробно раскрыт в [2].

Одним из наиболее перспективных средств ведения боевых действий, комплементарных концепции постиндустриальной войны, являются боевые нейронные сети (БНС) [1], принцип действия которых является логичным развитием тактики группового использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которая обсуждалась в многочисленных работах [3–6]. Фактически речь идет об использовании тактики «осинового роя», способного действовать как единое целое, но состоящее из физически не связанных между собой компонент [1].

Одним из преимуществ такой тактики [1] является возможность перехода к использованию максимально дешевых компонент, обладающими низкими тактико-техническими характеристиками (ТТХ), в частности, низкой скоростью, относительно высокой степенью уязвимости и т.д. Это соответствует тезису о постиндустриальной войне как о «войне стоимостей»: при условии, что стоимость боезапаса, необходимого для уничтожения компонент БНС, будет существенно превышать их собственную стоимость,

продолжение боестолкновений станет экономически неприемлемо для одной из противоборствующих сторон. Этот фактор (величина прямых затрат на ведение боевых действий) является особенно существенным для локальных конфликтов, прокси-войн и т.д.

Минимизация расходов на создание и разработку физических компонент БНС, в свою очередь, полностью отвечает концепции ДЭО [1], так как их отработка может проводиться в рамках инновационной деятельности обучающихся, которая в соответствии с концепцией треугольника знаний [7,8] рассматривается как необходимая составляющая учебного процесса. Уместно также подчеркнуть, что переход к дистанционному обучению, который, по-видимому, уже становится необратимым, способен только усилить значение указанной концепции [9].

Далее, вопрос о обеспечении секретности при разработках физических компонент БНС в силу из дешевизны и специально сниженных ТТХ теряет смысл. Вопрос о защите информации (в самом широком понимании данного термина) целиком и полностью переходит в плоскость разработки и реализации алгоритмов управления БНС [1].

Вопросу об управлении группами БПЛА в настоящее время посвящена весьма обширная литература, в том числе, открытого характера [10-13]. На основании ее анализа можно сделать вывод о том, что складывается вполне определенная тенденция: характер управления группами БПЛА (шире – БНС) предусматривает все большую автономность их функционирования в реальной боевой обстановке, что в том числе, диктуется факторами радиоэлектронной борьбы (РЭБ). С очевидностью это отвечает повышению значимости систем искусственного интеллекта (СИИ), предусматривающих переход к ситуации, когда группам БПЛА (шире – БНС) отдаются максимально лаконичные команды, приближающиеся в отношении информационных аспектов к характеру команд, которые отдаются личному составу.

Фактически речь идет о том, что СИИ, обеспечивающие реализацию тактики осинового роя и им аналогичных, ориентированных на применение БНС, должны обладать своим собственным «языком команд», приближающихся по основным свойствам к естественным языкам. Это возвращает к вопросу о связи интеллекта и естественного языка, которому также посвящена обширная литература [14–17], а также к проблематике нечеткой логики [18].

В настоящей работе показано, что существенным шагом в данном направлении является дальнейшая алгебраизация теории кодирования и нечеткой логики. В сущности, этот тезис является дальнейшим развитием базового тезиса работы [19]

Оттолкнемся от следующего соображения. Базовые принципы нечеткой логики [18] предполагают преобразование численных значений тех или иных измеряемых параметров в лингвистические переменные. При этом, как правило, такие переменные соотносятся с определенными диапазонами изменения отдельной переменной; например, морские команды «полный вперед», «малый вперед» и т.д. отвечают определенным диапазоном скорости движения судна. Применительно к рассматриваемому классу задач этот подход, однако, целесообразно модернизировать. Действительно, при использовании любой цифровой техники все измеряемые параметры так или иначе оказываются преобразованными в двоичный (или иной) код. Следовательно, задачу нечеткой логики можно переопределить следующим образом. Имеется некое множество последовательностей переменных двоичной или троичной [20] логики. Требуется поставить им в соответствие некое множество «лингвистических переменных», т.е. объекты, отражающие поведение реальных систем в том же самом смысле, в котором это делает нечеткая логика [18].

На языке абстрактной алгебры данную задачу, в свою очередь, можно сформулировать следующим образом. Имеется множество цифровых кодов, требуется поставить ему в соответствие некоторое поле Галуа, которое, в том числе, допускает отображение на другое поле Галуа, обладающее существенно меньшим числом элементов (множество алгебраизованных лингвистических переменных).

Преимущества именно такой постановки задачи очевидны. Во-первых, морфизмы полей Галуа в настоящее время хорошо изучены [21]. Во-вторых, элементам поля Галуа, на которое отображается исходное поле, можно поставить в соответствие логические переменные той или иной многозначной логики. Это, помимо прочего обеспечивает возможность дальнейшего оперирования со «словами языка БНС» при помощи алгебраических методов, что обеспечивает реализацию явно прописанных управляющих алгоритмов.

Одной из очевидных проблем для реализации данного подхода является существование междисциплинарных барьеров. В частности, язык абстрактной алгебры сложен для применения специалистами в области технических наук, в том числе, в силу отсутствия наглядности. Данная проблема может быть решена через установление аналогий с теми разделами математики, которые давно используются в технических науках. В частности, для этой цели примитивные корни из единицы, степени которых образуют мультипликативную группу поля Галуа, целесообразно трактовать как логические мнимые единицы.

Как известно, с использованием полиномов над полем Галуа  $GF(2)$  могут быть построены поля Галуа  $GF(2^n)$ , каждый элемент которых представим в виде

$$A = \sum_0^{n-1} a_j \theta^j \tag{1}$$

где  $\theta$  – примитивный элемент,  $a_j$  – коэффициенты из поля  $GF(2)$ .

Уровень наглядности записи (1), очевидно, повышается, если элемент  $\theta$  трактовать как логическую мнимую единицу, поскольку теория комплексного переменного уже давно используется в технических дисциплинах, особенно широко – в радиотехнике.

Далее, в работах [20, 22] было показано, что представление троичной логики через форму, содержащую элемент «-1» обладает многими преимуществами по сравнению с любыми другими. В том числе, именно такая форма является наиболее удобной для отображения лингвистических переменных хотя бы в силу того, что она отвечает позволяет рассматривать лингвистические переменные («команды») в виде кодовой последовательности, отвечающей определенным оппозициям, например, «вперед – назад», «вверх-вниз» и т.д. Конкретная команда в данном случае, очевидно, здесь представляется через троичный код, причем элемент «0» отвечает ситуации, когда соответствующая оппозиция просто не входит в ее формирование. Более того, аналогичным образом в данный троичный код могут быть введены и переменные нечеткой логики, что фактически отвечает использованию троичного кода для шкалы дискретных значений [20, 22]. Командам в троичном коде, в свою очередь, могут быть поставлены элементы некоторого поля Галуа, что и является основой для алгебраизации нечёткой логики. Более того, тем самым базовый вывод работы [19], доказывающей существование теснейшей связи между теорией помехоустойчивого кодирования и характером функционирования широкого класса нейронных сетей, получает дальнейшее развитие – выявляется общность между теорией кодирования, нейронными сетями и нечеткой логикой.

Однако, поля Галуа, тем более построенные на применении троичной логики в форме [20,22], представляют собой весьма абстрактный объект, то же самое относится и к полям Галуа, представляющими собой расширение основного поля  $GF(2)$ , отвечающего двоичной логике.

Нашей задачей является установление удобной матричной формы для представления элементов поля Галуа  $GF(2^3)$ , соответствующих двоичным кодам. Это позволит обосновать использование такого термина как логическая мнимая единица. Аналогичным образом могут быть построены и матрицы, отвечающие алгебраическому расширению поля Галуа  $GF(3)$ , а, следовательно, и лингвистическим переменным.

Этот шаг представляется более чем оправданным, в том числе, в силу исторических причин. Как известно, многие математики долгое время отказывались признавать за мнимой единице право на существование; ситуация резко изменилась тогда, когда была построена теория пар, доказывающая, что использование мнимой единицы может быть редуцировано к использованию пар обычных действительных чисел, подчиняющихся определенным правилам оперирования.

Отыщем явный вид матриц над полем поле Галуа  $GF(2)$ , которые отвечают элементам поля Галуа  $GF(2^3)$ . Будем отталкиваться от неприводимого многочлена

$$f(x) = x^3 + x + 1 \tag{2}$$

Поскольку данный многочлен является неприводимым, он позволяет построить поле Галуа, все элементы которого представимы как

$$A = a_2\theta^2 + a_1\theta + a_0 \tag{3}$$

Существенно, что все величины  $a_i$  принадлежат основному полю  $GF(2)$ . Это, в частности, означает, что

$$2A = A + A = a_2\theta^2 + a_1\theta + a_0 + a_2\theta^2 + a_1\theta + a_0 = 0, \forall A \tag{4}$$

так как

$$2a_i = a_i + a_i = 0, \forall i \tag{5}$$

Подчеркиваем, что в формуле (5) множитель 2 является только символической записью для суммы двух одинаковых элементов, поскольку такого элемента нет ни в основном поле, ни в его рассматриваемом расширении. Отсюда, в частности вытекает, что из

$$x^3 + x + 1 = 0 \tag{6}$$

вытекает следующее выражение для третьей степени элемента, порождающего рассматриваемое алгебраическое расширение.

$$\theta^3 = \theta + 1 \tag{7}$$

Подчеркнем, что мнимая единица также вводится в употребление как корень неприводимого над полем действительных чисел уравнения. Следовательно, и элемент  $\theta$  допускает аналогичную трактовку – для обеспечения наглядности целесообразно говорить о нем как о логической мнимой единице.

Рассмотрим произведение двух произвольных элементов поля  $GF(2^3)$ , представленных в виде (3). Имеем

$$\begin{aligned} AB &= (a_2\theta^2 + a_1\theta + a_0)(b_2\theta^2 + b_1\theta + b_0) = \\ &= a_2b_2\theta(\theta + 1) + (a_1b_2 + a_2b_1)(\theta + 1) + (a_2b_0 + a_0b_2 + a_1b_1)\theta^2 + \\ &+ (a_0b_1 + a_1b_0)\theta + a_0b_0 \end{aligned} \quad (8)$$

Данное произведение также представимо в виде (3)

$$AB = c_2\theta^2 + c_1\theta + c_0 \quad (9)$$

Сравнивая (8) и (9), получаем

$$\begin{aligned} c_2 &= a_2b_0 + a_0b_2 + a_1b_1 + a_2b_2 = (a_2 + a_0)b_2 + a_1b_1 + a_2b_0 \\ c_1 &= a_0b_1 + a_1b_0 + a_2b_2 + a_1b_2 + a_2b_1 = (a_2 + a_1)b_2 + (a_2 + a_0)b_1 + a_1b_0 \\ c_0 &= a_1b_2 + a_2b_1 + a_0b_0 \end{aligned} \quad (10)$$

Из выражений (10) следует, что произведение (9) можно рассматривать как результат действия некоторой матрицы, соответствующей элементу  $A$ , на вектор-столбец, соответствующий элементу  $B$ .

$$\begin{pmatrix} c_2 \\ c_1 \\ c_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_2 + a_0 & a_1 & a_2 \\ a_2 + a_1 & a_2 + a_0 & a_1 \\ a_1 & a_2 & a_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_2 \\ b_1 \\ b_0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Или в иной форме записи

$$A \leftrightarrow \begin{pmatrix} a_2 + a_0 & a_1 & a_2 \\ a_2 + a_1 & a_2 + a_0 & a_1 \\ a_1 & a_2 & a_0 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Всего таких матриц 8, причем одна из них – нулевая. Укажем остальные семь.

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = A_0; \quad (13)$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \leftrightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} = A_1 \quad (14)$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = A_2 \quad (15)$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = A_3 \quad (16)$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \leftrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} = A_4 \quad (17)$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \leftrightarrow \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = A_5 \quad (18)$$

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \leftrightarrow \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} = A_6 \quad (19)$$

Выбор индексов определяется тем, что первая из записанных матриц (13) является единичной.

Проверим соответствие полученных матриц представлению элементов поля Галуа  $GF(2^3)$  вида (3). Должно выполняться соотношение, которое выражает любую их матриц (13) – (19) как

$$Q = a_2 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} + a_1 \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} + a_0 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (20)$$

где коэффициенты  $a_2, a_1, a_0$  могут принимать любые значения из  $GF(2)$ .

В это соотношение входят матрица (15), соответствующая квадрату элемента, присоединением которого к основному полю получается поле  $GF(2^3)$ , матрица (14), соответствующая первой степени этого элемента и единичная матрица (13).

Подставим в (20) для примера следующую комбинацию коэффициентов:  $a_2 = a_1 = 1$ ;  $a_0 = 0$ . Имеем

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} = A_4 \quad (21)$$

Как и следовало ожидать, результат суммирования дает матрицу (17), которая соответствует использованной комбинации коэффициентов. Аналогичные результаты дает использование и других комбинаций коэффициентов.

Так, для комбинации  $a_2 = a_0 = 1$ ;  $a_1 = 0$  результат сложения дает матрицу (19).

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} = A_6 \quad (22)$$

Для комбинации  $a_1 = a_0 = 1; a_2 = 0$  – матрицу (16)

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = A_3 \quad (23)$$

Для комбинации  $a_2 = a_1 = a_0 = 1$  – матрицу (18)

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = A_5 \quad (24)$$

Соотношения (21)–(24) наглядно подтверждают, что совокупность матриц (13)–(19), определенных над полем  $GF(2)$ , действительно формирует группу относительно операции сложения.

Проведем аналогичную проверку для демонстрации того, что полученная совокупность матриц действительно формирует группу относительно операции умножения. Для этого, в соответствии с общими положениями теории полей Галуа, убедимся, что все полученные матрицы представляют собой степени матрицы, соответствующей элементу, посредством которого было построено алгебраическое расширение. Имеем:

$$A_1^2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = A_2 \quad (25)$$

$$A_1^3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = A_3 \quad (26)$$

$$A_1^4 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} = A_4 \quad (27)$$

$$A_1^5 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = A_5 \quad (28)$$

$$A_1^6 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} = A_6 \quad (29)$$

$$A_1^7 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = A_1 = I \quad (30)$$

Как и следовало ожидать, все ненулевые элементы рассматриваемого поля представляют собой степени матрицы  $A_1$ , т.е. мультипликативная группа данных матриц является циклической, а ее порядок отвечает алгебраической степени расширения основного поля.

Далее, непосредственной проверкой можно убедиться, что матрица (14) удовлетворяет исходному уравнению (6), с помощью которого было построено рассматриваемое алгебраическое расширение.

$$F = X^3 + X + \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = 0 \quad (31)$$

Тем самым, прямые вычисления показывают, что полученная совокупность матриц действительно является представлением множества кодовых последовательностей из трех символов.

Данное построение без труда обобщается на последовательности произвольной длины. Для этого следует воспользоваться неприводимым над основным полем полиномом соответствующей степени.

$$f(x) = x^k + x + 1 \quad (32)$$

Данный многочлен является неприводимым, он позволяет построить поле Галуа, все элементы которого представимы как

$$A = \sum_{i=0}^{k-1} a_i \theta^i \quad (33)$$

Таким образом, существует реальная возможность установить соответствие между двоичными кодовыми последовательностями и матрицами вполне определенного типа, являющимися представлениями полей Галуа  $GF(2^k)$ . Над такими матрицами вполне можно осуществлять алгебраические операции, причем каждая из них отвечает конкретному двоичному коду, а примитивный элемент допускает трактовку в качестве логической мнимой единицы, причем ее интерпретация является аналогичной той, что используется в теории пар. Аналогичным образом могут быть построены и матрицы, отвечающие расширению поля  $GF(3)$ .

Это является ключевым для решения рассматриваемой задачи, т.е. для формирования «языка БНС» как совокупности лингвистических переменных, над которыми могут совершаться алгебраические операции. Более того, такое сопоставление может быть сделано достаточно наглядным за счет использования матриц, элементы которых являются переменными троичной логики, а примитивный элемент, отвечающий алгебраическому расширению основного поля Галуа, трактуется как логическая мнимая единица.

### Литература:

1. 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.
2. Сулейменов И.Э., Байпакбаева С.Т. Принципы построения деловой экосистемы для стимулирования инноваций в высших учебных заведениях // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2018. – №. 5. – С. 86–99.
3. Rodin E.Y., Amin S.M. Maneuver prediction in air combat via artificial neural networks // Computers & Mathematics with Applications. – 1992. – Vol. 24. – N 3. – P. 95–112.

4. Rodin E.Y., Lirov Y., Mitnik S., McElhanev B.G, Wilbur L. Artificial intelligence in air combat games // *Computers & Mathematics with Applications*. – 1987. – Vol. 13. – № 1–3. – P.261–274.
5. Jones R.M., Laird J.E., Nielsen P.E., Coulter K.J., Kenny P., Koss F.V. Automated intelligent pilots for combat flight simulation // *AI Magazine*. – 1999. – Vol. 20. – N 1. – P.27–42.
6. Mohammad R., McCluskey T.L. and Thabtah F. A., A Dynamic Self- Structuring Neural Network Model to Combat Phishing // *IJCNN 2016. IEEE*. – 2016. – P.1–8.
7. Hazelkorn E. Teaching, Research and Engagement: Strengthening the Knowledge Triangle // Paper presented at SIRUS seminar, November 25–26, 2010. – P. 1–8.
8. Markkula M., Lappalainen P. The knowledge triangle: Renewing the university culture. – Aalto: Aalto University. – P. 11–32.
9. Unger M., Polt W. The knowledge triangle between research, education and innovation. — A conceptual discussion // *Foresight and STI Governance*. – 2017. – N 11 (2). – P.10–26.
10. Dong X., Yu B., Shi Z., Zhong Yi. Time-Varying Formation Control for Unmanned Aerial Vehicles: Theories and Applications // *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. – 2015. – Vol. 23. – № 1. – P. 340 –348.
11. Abdessameud A., Tayebi A. Formation control of VTOL unmanned aerial vehicles with communication delays // *Automatica*. – 2011. – Vol. 47. – № 11. – P. 2383 –2394.
12. Seo J., Kim Y., Kim S., Tsourdos A. Consensus-based reconfigurable controller design for unmanned aerial vehicle formation flight // *J. Aerosp. Eng.* – 2012. – Vol. 226. – N 7. – P. 817 –829.
13. Karimodini A., Lin H., Chen B. M., Lee T. H. Hybrid three-dimensional formation control for unmanned helicopters // *Automatica*. – 2013. – Vol. 49. – N 2. – P. 424 –433.
14. Bruce B. Case systems for natural language // *Artificial Intelligence*. – 1975. – Vol. 6. – N 4. – P. 327 –360.
15. Nadkarni P.M., Ohno-Machado L, Chapman W.W. Natural language processing: an introduction // *Journal of the American Medical Informatics Association*. – 2011. – Vol. 18. – N 5. – P. 544 –551.
16. Goertzel B., Pennachin C., Araujo S. A General Intelligence Oriented Architecture for Embodied Natural Language Processing // *Proceedings of the 3d Conference on Artificial General Intelligence, June 2010*. – P. 1 –8.
17. Bach J. *Principles of Synthetic Intelligence*. Oxford University Press, 2009. – 400 p.
18. Kazuo Tanaka. *An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications*. – N-Y.: Springer, 1997. – 148 p.
19. Bakirov A., Suleimenov I. On the possibility of implementing artificial intelligence systems based on error-correcting code algorithms // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. – 2021. – N 99(1). – P. 83 – 99.
20. Moldakhan I., Shaltikova D.B., Egemberdyeva Z.M., Suleimenov I.E. Application of ternary logic for digital signal processing // *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – Vol. 946. – N 1. – P. 012002.
21. Borceux F., Janelidze G., *Galois Theories*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2001. – 341 p.
22. Suleimenov I., Bakirov A., Moldakhan I. Formalization of Ternary Logic for Application to Digital Signal Processing // *Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport – Cham: Springer*. – 2019. – P. 26 – 35.

## 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. – N 4 (78). – S. 88–93.
2. Sulejmenov I.Je., Bajpakbaeva S.T. Principy postroenija delovoj jekosistemy dlja stimulirovanija innovacij v vysshih uchebnyh zavedenijah // *JeTAP: jekonomicheskaja teorija, analiz, praktika*. – 2018. – N. 5. – S. 86–99.

3. Rodin E.Y., Amin S.M. Maneuver prediction in air combat via artificial neural networks // Computers & Mathematics with Applications. – 1992. – Vol. 24. – N 3. – P. 95–112.
4. Rodin E.Y., Lirov Y., Mittnik S., McElhanev B.G, Wilbur L. Artificial intelligence in air combat games // Computers & Mathematics with Applications. – 1987. – Vol. 13. – № 1–3. – P.261–274.
5. Jones R.M., Laird J.E., Nielsen P.E., Coulter K.J., Kenny P., Koss F.V. Automated intelligent pilots for combat flight simulation // AI Magazine. – 1999. – Vol. 20. – N 1. – P.27–42.
6. Mohammad R., McCluskey T.L. and Thabtah F. A., A Dynamic Self- Structuring Neural Network Model to Combat Phishing // IJCNN 2016. IEEE. – 2016. – P.1–8.
7. Hazelkorn E. Teaching, Research and Engagement: Strengthening the Knowledge Triangle // Paper presented at SIRUS seminar, November 25–26, 2010. – P. 1–8.
8. Markkula M., Lappalainen P. The knowledge triangle: Renewing the university culture. – Aalto: Aalto University. – P. 11–32.
9. Unger M., Polt W. The knowledge triangle between research, education and innovation. – A conceptual discussion // Foresight and STI Governance. – 2017. – N 11 (2). – P.10–26.
10. Dong X., Yu B., Shi Z., Zhong Yi. Time-Varying Formation Control for Unmanned Aerial Vehicles: Theories and Applications // IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2015. – Vol. 23. – № 1. – P. 340 –348.
11. Abdessameud A., Tayebi A. Formation control of VTOL unmanned aerial vehicles with communication delays // Automatica. – 2011. – Vol. 47. – № 11. – P. 2383 –2394.
12. Seo J., Kim Y., Kim S., Tsourdos A. Consensus-based reconfigurable controller design for unmanned aerial vehicle formation flight // J. Aerosp. Eng. – 2012. – Vol. 226. – N 7. – P. 817 –829.
13. Karimodini A., Lin H., Chen B. M., Lee T. H. Hybrid three-dimensional formation control for unmanned helicopters // Automatica. – 2013. – Vol. 49. – N 2. – P. 424 –433.
14. Bruce B. Case systems for natural language // Artificial Intelligence. – 1975. – Vol. 6. – N 4. – P. 327 –360.
15. Nadkarni P.M., Ohno-Machado L, Chapman W.W. Natural language processing: an introduction // Journal of the American Medical Informatics Association. – 2011. – Vol. 18. – N 5. – P. 544–551.
16. Goertzel B., Pennachin C., Araujo S. A General Intelligence Oriented Architecture for Embodied Natural Language Processing // Proceedings of the 3d Conference on Artificial General Intelligence, June 2010. – P. 1 –8.
17. Bach J. Principles of Synthetic Intelligence. Oxford University Press, 2009. – 400 p.
18. Kazuo Tanaka. An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications. – N-Y.: Springer, 1997. – 148 p.
19. Bakirov A., Suleimenov I. On the possibility of implementing artificial intelligence systems based on error-correcting code algorithms // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2021. – N 99(1). – P. 83 – 99.
20. Moldakhan I., Shaltikova D.B., Egemberdyeva Z.M., Suleimenov I.E. Application of ternary logic for digital signal processing // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 946. – N 1. – P. 012002.
21. Borceux F., Janelidze G., Galois Theories. – Cambridge: Cambridge University Press, 2001. – 341 p.
22. Suleimenov I., Bakirov A., Moldakhan I. Formalization of Ternary Logic for Application to Digital Signal Processing // Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. – Cham: Springer. – 2019. – P. 26–35.

*Поступила 15 марта 2021 г.*

МРНТИ: 27.35.33+04.15.41

УДК 51-7+316.4

## К ВОПРОСУ О КОЛИЧЕСТВЕННОМ ОПИСАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОБЩЕСТВО ЧЕРЕЗ ПАРАМЕТРЫ ПОДОБИЯ

Сулейменов И.Э., Фалалеев А.П.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского

Симферополь, Российская Федерация

e-mail: esenych@yandex.ru

*С использованием тестовых экспериментальных результатов построена математическая модель, описывающая отклик социума на информационные воздействия и последовательно учитывающая фактор вторичной рекламы (возникновения вторичных источников информации в виде копий исходной публикации в интернете и т.д.). Данная модель является усовершенствованным вариантом известной модели Басса, описывающей продвижение товаров на рынок. Показано, что на основе математических моделей такого типа могут быть определены параметры подобия, позволяющие осуществлять прогнозирование результата масштабных информационных воздействий на основании данных об отклике социума на тестовые воздействия. Показано, что в отличие от классической модели Басса предложенная модель позволяет отразить ситуацию, когда продвижение инновации на рынок (продвижение новости в информационное пространство) заканчивается неудачей. Это связано с тем, что вытекающее из построенной модели дифференциальное уравнение имеет второй порядок. В линейном приближении это отвечает существованию спадающего решения, отражающего случай неудачного продвижения товара на рынок. Показано, что в отличие от описания продвижения товаров на рынок, диапазон применения линейного приближения при продвижении информации в коммуникационное пространство является существенно более широким.*

**Ключевые слова:** информационные воздействия, фактор новизны, коммерциализация, Интернет-ресурсы, модель Басса, вторичная реклама.

*Мақалада тесттік эксперименттік нәтижелерді қолдана отырып, қоғамның ақпараттық әсерлерге реакциясын сипаттайтын және қайталама жарнама факторын (Интернеттегі түпнұсқа басылымның көшірмелері түрінде қайталама ақпарат көздерінің пайда болуы және т.б.) ескеретін математикалық модель құрылды. Бұл модель тауарларды нарыққа жылжытуды сипаттайтын танымал Басс моделінің жетілдірілген нұсқасы. Осы типтегі математикалық модельдер негізінде ұқсастық параметрлері анықталуы мүмкін екендігі көрсетілген, бұл қоғамның сынақ әсеріне реакциясы туралы мәліметтер негізінде ауқымды ақпараттық әсердің нәтижесін болжауға мүмкіндік береді. Классикалық Басс моделінен айырмашылығы, ұсынылған модель нарыққа инновацияны ілгерілету (жаңалықтарды ақпараттық кеңістікке жылжыту) аяқталмаған жағдайды бейнелеуге мүмкіндік беретіні көрсетілген. Бұл салынған модельден шығатын дифференциалдық теңдеу екінші ретті болатындығына байланысты. Сызықтық жуықтауда, бұл нарыққа өнімді сәтсіз жылжыту жағдайын көрсететін құлдырайтын шешімнің болуымен сәйкес келеді. Сонымен қатар нарықтағы тауарларды жылжыту сипаттамасынан айырмашылығы,*

байланыс кеңістігіне ақпаратты жылжытуда сызықтық жуықтауды қолдану аясы едәуір кең екендігі көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** ақпараттық әсер, жаңалық факторы, коммерциализация, Интернет-ресурстар, Басс моделі, екінші ретті жарнама.

*Using test experimental results, a mathematical model was built that describes the response of society to informational influences and consistently considers the factor of secondary advertising (the emergence of secondary sources of information in the form of copies of the original publication on the Internet, etc.). This model is an improved version of the well-known Bass model describing the promotion of goods to the market. It is shown that on the basis of mathematical models of this type, similarity parameters can be determined, which make it possible to predict the result of large-scale information influences based on data on the response of society to test influences. It is shown that, in contrast to the classical Bass model, the proposed model allows us to reflect the situation when the promotion of innovation to the market (promotion of news into the information space) ends in failure. This is due to the fact that the differential equation following from the constructed model is of the second order. In a linear approximation, this corresponds to the existence of a falling solution reflecting the case of unsuccessful promotion of a product to the market. It is shown that, in contrast to the description of the promotion of goods on the market, the range of application of the linear approximation when promoting information into the communication space is much wider.*

**Keywords:** informational influences, novelty factor, commercialization, Internet resources, the Bass model, secondary advertising.

*Введение.* В настоящее время актуализируется вопрос о количественном описании информационных воздействий на общество, что, главным образом, связано с нарастающим противостоянием в информационном пространстве между различными субъектами геополитики [1–3]. Для успешного противодействия современным формам ведения информационной войны необходимо, в том числе, адекватно прогнозировать результаты проведения различного рода информационных атак.

Результат информационного воздействия на социум определяется целым рядом факторов, в число которых входят:

- масштаб первичного информационного воздействия;
- ассимилируемость контента потребителями;
- скорость возникновения вторичных источников информации (дальнейшая передача сообщений по частным каналам, например) и т.д.

Современные подходы к созданию математических моделей, описывающих результат информационного воздействия на общество, ориентируются, в том числе, на весьма глубокие аналогии между характером распространением информации в обществе и характером распространения эпидемий [4]. Кроме того, вопрос о математическом описании распространения информации в обществе оказывается тесно связанным с количественным описанием продвижения товаров на рынок. Это связано с тем, что продвижение товаров на рынок, в том числе, зависит и от факторов информационной природы (например, от процессов передачи информации от потребителей к потенциальным потребителям в частном порядке).

В этой области построены многочисленные математические модели, которые, так или иначе восходят к классической модели Басса [5], ориентированной на теоретическое описание продвижения на рынок инновационных продуктов. Существенно, что всеми этими результатами в той или иной мере можно пользоваться и для изучения процессов, связанных с информационными атаками. Действительно, в обоих этих случаях первичным является

информационное воздействие (в одном случае – распространение рекламной информации о товаре, в другом – распространение призывов к тем или иным политическим акциям или иным ожидаемым результатам пропаганды).

Следовательно, говоря о количественном описании результата информационных воздействий можно абстрагироваться от природы этого результата и сконцентрироваться на собственно процессах распространения информации в обществе. Течение самих этих процессов, безусловно, зависит от характера распространяемой информации, непосредственно связанной с характером ожидаемого результата (приобретение товара, выход на протестные акции и т.д.), однако, с точки зрения математического описания распространения информации данные различия являются не качественными, а количественными. Иначе, характер ожидаемого результата влияет только на значения параметров, входящих в уравнения, описывающие процессы распространения информации в обществе, но не на их структуру.

Именно на этой основе и можно попытаться выявить параметры подобия, позволяющие прогнозировать результат масштабных воздействий на основе данных, относящихся к слабым тестовым воздействиям иной природы.

Первым шагом в данном направлении является модернизация модели Басса, позволяющая учесть специфику фактора вторичной рекламы в Интернет-ресурсах.

### **Недостатки модели Басса в современных условиях**

За последние десятилетия было создано значительно число модификаций модели Басса, например, [7], но их возможности их использования для описания продвижения на рынок инновационных продуктов, реализуемых СМСБ, остаются весьма ограниченными.

Основное уравнение, вытекающее из модели Ф. Басса, может быть записано в форме

$$\frac{dN}{dt} = (aN + b)(C - N) \quad (1)$$

где  $N$  – число лиц, приобретших данный товар,  $C$  – емкость рынка,  $b$  – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рекламы,  $a$  – коэффициент, характеризующий распространение информации о товаре в межличностных коммуникациях.

Разность  $(C - N)$  де-факто представляет собой число покупателей, способных приобрести данный товар, но еще этого не сделавших. Величину

$$I = aN + b \quad (2)$$

можно истолковать как интенсивность информационного воздействия на потенциальных покупателей.

В современных условиях (в особенности применительно к информационным атакам) представление информационного воздействия в форме (2) не является правомочным. Это связано с тем, что для таких целей, главным образом, используются средства интернета (создание сайтов, кампании в социальных онлайн сетях и т.д.). Важным аспектом такого метода продвижения продукта является стимулирование распространения информации о нем самими потребителями в социальных сетях.

Подчеркиваем, что в уравнении (1) отражено только два вида информационных воздействий: реклама, финансируемая самим поставщиком услуги и межличностные коммуникации, связанные с передачей информации «из уст в уста» (word-in-mouth). За полвека, прошедшие с момента создания модели Басса, появились дополнительные возможности для передачи информации. В частности, потребитель (или потенциальный

потребитель), публикующий на своей странице в социальной онлайн сети информацию о продукте, де-факто вносит вклад в его рекламу. Более того, именно такая «вторичная реклама» в современных условиях часто становится едва ли не основным средством продвижения на рынок инновационного продукта или тех или иных политических воззрений.

Еще одним выраженным недостатком модели Басса является невозможность описание неудачного продвижения инновационного продукта на рынок (или продвижения политических идей в массовое сознание). Такие случаи известны, однако модель Басса предсказывает только рост числа продаж. Для того, чтобы модель можно было применять для оценки инвестиционной привлекательности, скажем, стартаповской компании, очевидно, в нее должны входить параметры, позволяющие описывать и удачные, и неудачные попытки, причем с единообразных позиций.

### Эксперимент: характер реакции на единичное информационное воздействие

Предлагаемая модель строится на основе следующих представлений о характере информационных воздействий, осуществляемых через публикации в интернете различного рода. Можно ожидать, что интенсивность воздействия каждой конкретной публикации будет спадать по мере того, как «новость перестает быть свежей».

Такую точку зрения подтверждает описываемый ниже эксперимент, поставленный с использованием ресурса Research Gate. Данный ресурс позволяет отслуживать понедельную статистику скачиваний конкретной научной публикации.

В эксперименте (рис.1) отслеживалось зависимость числа просмотров и числа скачиваний полного текста учебника «История и философия науки» [7] от времени (по неделям) после организации рекламной мини-компании в социальных сетях (студентами было опубликовано 11 постов на своих страницах в социальных онлайн сетях).

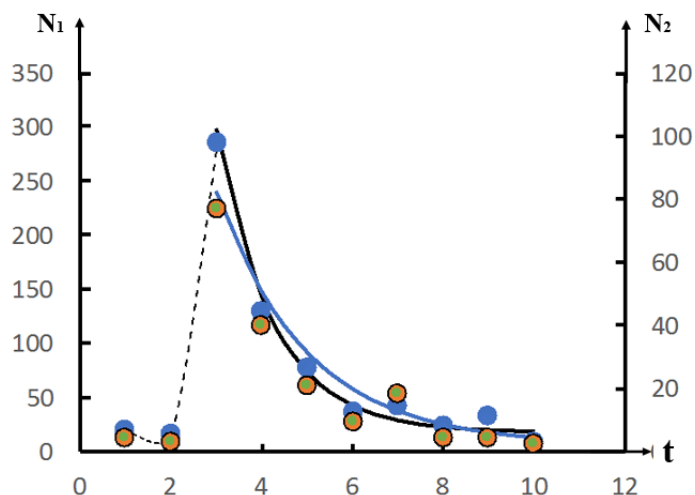


Рисунок 1 – Зависимости числа просмотров ( $N_1$ ) и числа скачиваний ( $N_2$ ) текста учебника «История и философия науки» от числа недель, истекших после организации рекламной мини-компании в социальных сетях; точки – экспериментальные данные, сплошные линии – аппроксимация экспоненциальными функциями

Публикация информации привела к всплеску интереса к учебнику, что привело к возрастанию числа просмотров и числа скачиваний на первой неделе. Далее имел место спад указанных показателей, причем их зависимости от времени с удовлетворительной точностью описываются спадающими экспоненциальными функциями вида:

$$f(t) = f_0 \exp(-\lambda t) + c \quad (3)$$

Данный простой эксперимент подтверждает точку зрения, которая является очевидной и из общих соображений: интенсивность информационного воздействия любой публикации в интернете не является постоянной, но спадает по экспоненте с течением времени до фонового значения. Данный факт позволяет построить модернизированную модель, обеспечивающую учет фактора публикаций интернете на продвижение продукта.

### Базовая теоретическая модель

В соответствии с результатом (3), амплитуду  $I_a$  информационного воздействия на потребителей за счет «вторичной рекламы» (публикации в Интернет-ресурсах, сделанные потребителями продукта) можно выразить формулой

$$I_a = \sum_{i=0}^K R_i \exp(-\lambda(t - t_i)) + r_i, \quad (4)$$

где  $R_i$  и  $r_i$  – пиковая и фоновые амплитуды информационного воздействия, создаваемые отдельной публикацией в Интернет-ресурсах, сделанной в момент времени  $t_i$ ,  $\lambda$  – показатель, обратный к характерному времени активного воздействия публикации  $\lambda = 1/\tau$ .

При условии, что такие публикации появляются достаточно часто, а их воздействие можно считать одинаковым, суммирование можно заменить интегрированием, что приводит к формуле

$$I_a = \int_0^t R_0 \omega(\tilde{t}) \exp(-\lambda(t - \tilde{t})) + r_0 \omega(\tilde{t}) d\tilde{t}, \quad (5)$$

где  $R_0$  и  $r_0$  – пиковая и фоновые амплитуды информационного воздействия, создаваемые отдельной публикацией в Интернет-ресурсах,  $\omega(t)$  – частота появления публикаций, являющаяся функцией времени.

Формула (5), как и следовало ожидать, представляет собой операцию свертки функции, отражающей число публикаций, появляющихся в единицу времени с функцией, описывающей информационное воздействие единичной публикации. Ее можно преобразовать к виду

$$I_a = \exp(-\lambda t) R_0 \int_0^t \omega(\tilde{t}) \exp(\lambda \tilde{t}) d\tilde{t} + r_0 \int_0^t \omega(\tilde{t}) d\tilde{t} \quad (6)$$

Из тех же соображений, из которых можно записать формулу (3), вытекает, что частота появления новых публикаций  $\omega$  в приемлемом приближении должна быть пропорциональна числу новых потребителей продукта:

$$\omega(t) = A \frac{dN}{dt} \quad (7)$$

где  $A$  – коэффициент пропорциональности.

Действительно, стимулом для создания добровольной публикации является интерес к продукту, т.е. здесь исключительно важен фактор новизны. Потребитель с наибольшей

вероятностью сделает публикацию о новом для него продукте, а не о том, который он использует в течение продолжительного времени.

Подставляя выражение (7) в формулу (6). имеем

$$I_a = \exp(-\lambda t)AR_0 \int_0^t \frac{dN}{dt}(\tilde{t})\exp(\lambda\tilde{t})d\tilde{t} + Ar_0N \quad (8)$$

Данное выражение можно использовать для уточнения формулы (2), выражающей интенсивность информационных воздействий на потребителей в модели Басса. Имеем

$$I = b + aN + \exp(-\lambda t)AR_0 \int_0^t \frac{dN}{dt}(\tilde{t})\exp(\lambda\tilde{t})d\tilde{t} + Ar_0N \quad (9)$$

Пользуясь далее той же логикой, что приводит к формуле (1), получаем следующее уравнение на зависимость числа состоявшихся потребителей продукта от времени

$$\frac{dN}{dt} = \left( b + a_sN + \exp(-\lambda t)AR_0 \int_0^t \frac{dN}{dt}(\tilde{t})\exp(\lambda\tilde{t})d\tilde{t} \right) (C - N) \quad (10)$$

где  $a_s = Ar_0 + a$

Данное уравнение является обобщением модели Басса на случай, когда явно учитывается третий фактор, определяющий продвижение продукта на рынок – вторичная реклама, т.е. публикации в Интернет-ресурсах, создаваемые самими потребителями продукта.

Разумно предположить, что факторы, приводящие к формуле вида (11) действовали и ранее, т.е. до массового использования Интернет-ресурсов. Действительно, даже если говорить о передаче информации о продукте в межличностных коммуникациях (на чем построена модель Ф. Басса), то здесь также является весьма важным фактор новизны для конкретного потребителя. Он с гораздо большей вероятностью будет передавать (пусть даже и устную) информацию о новом для него продукте, нежели о продукте, использование которого для него привычно. Иначе говоря, уравнение (10) применимо не только к публикациям в Интернете, но и к любым межличностным коммуникациям. Интернет, собственно, только делает наглядными соображения, приводящие к формуле (10).

Отталкиваясь от уравнения (10), можно получить дифференциальное уравнение на число состоявшихся пользователей.

Преобразуем его к виду

$$\frac{1}{(C-N)} \frac{dN}{dt} \exp(\lambda t) = (b + a_sN)\exp(\lambda t) + AR_0 \int_0^t \frac{dN}{dt}(\tilde{t})\exp(\lambda\tilde{t})d\tilde{t} \quad (11)$$

и продифференцируем по переменной  $t$ . Имеем

$$\left( \lambda + \frac{d}{dt} \right) \frac{1}{(C-N)} \frac{dN}{dt} = \lambda(b + a_sN) + (a_s + AR_0) \frac{dN}{dt}$$

или

$$\begin{aligned} (C - N) \frac{d^2N}{dt^2} + \left( \frac{dN}{dt} \right)^2 = \\ = \lambda \left( (b + a_sN)(C - N) - \frac{dN}{dt} \right) (C - N) + (C - N)^2 (a_s + AR_0) \frac{dN}{dt} \end{aligned} \quad (12)$$

поскольку

$$\frac{d}{dt} \frac{1}{(C-N)} \frac{dN}{dt} = \frac{1}{(C-N)} \frac{d^2N}{dt^2} + \frac{1}{(C-N)^2} \left( \frac{dN}{dt} \right)^2.$$

Видно, что данное уравнение в отличие от базового уравнения модели Басса имеет второй порядок. Данное нелинейное уравнение легко решается численными методами, однако для целей настоящей работы наибольший интерес представляет начальный этап продаж или внедрения тех или иных воззрений, т.е. ответ на вопрос о том, сможет ли отдельно взятая стартаповская компания инициировать свои продажи или же нет (может ли быть соответствующая информация ассимилирована социумом или нет). Иначе говоря, интерес представляет анализ начальной стадии продаж.

Для начального этапа продвижения продукта на рынок выполняется условие

$$C \gg N \tag{13}$$

т.е. продукция компании занимает только малую долю потенциального рынка сбыта.

В этом случае уравнение (12) переходит в

$$C \frac{d^2N}{dt^2} = \lambda \left( (b + a_s N) C^2 - C \frac{dN}{dt} \right) - \left( \frac{dN}{dt} \right)^2 + C^2 (a_s + AR_0) \frac{dN}{dt} \tag{14}$$

Причем слагаемым, квадратичным по числу продаж также можно пренебречь в силу условия (13). Тогда уравнение (12), как и следовало ожидать, становится линейным

$$\frac{d^2N}{dt^2} = b_0 + b_1 N + b_2 \frac{dN}{dt} \tag{15}$$

где  $b_0 = b\lambda C$ ,  $b_1 = \lambda a_s C$ ,  $b_2 = a_s C + AR_0 C - \lambda$

Общеизвестный метод решения линейных дифференциальных уравнений состоит в отыскании решений однородного уравнения в форме

$$N_{1,2} = N_{1,2}^0 \exp(\mu t) \tag{16}$$

Подстановка выражения (16) в однородное уравнение приводит к следующему характеристическому уравнению на величину  $\mu$

$$\mu^2 - b_2 \mu - b_1 = 0 \tag{17}$$

решения которого имеют вид

$$\mu_{1,2} = \frac{1}{2} b_2 \pm \frac{1}{2} \sqrt{b_2^2 - 4b_1} \tag{18}$$

Видно, что поведение решений уравнения (14) может быть существенно различным, в зависимости от того, какой знак приобретает коэффициент  $b_2$ . А именно, существуют условия, при которых коэффициент  $b_2$  отрицателен. Это означает, что даже если изначально

будут обеспечены продажи соответствующего продукта (например, за счет массовой рекламы), то далее они пойдут на спад: при отрицательных значениях  $b_2$  отрицательны оба корня уравнения (17). Аналогичная ситуация отражает и потерю интереса к той или иной новости (информационному вбросу и т.д.)

Следовательно, даже простейший анализ предложенной модели позволяет установить критерий успешности продвижения конкретного продукта

$$AR_0C - \lambda > 0 \quad (19)$$

Таким образом, учет фактора новизны сведений об инновационных продуктах, распространяемых в Интернет-ресурсах, позволяет отыскать критерий, позволяющий судить о перспективности продвижения на рынок инновационных продуктов или внедрения тех или иных суждений в массовое сознание. Существует вполне определенный критический порог информационного воздействия, который должен быть превышен для того, чтобы инициировать продажи или заставить тот или иной объект «зажить самостоятельной жизнью».

### **Практическое значение математических моделей информационных воздействий: переход к параметрам подобия**

Практическое значение полученных уравнений (равно как и уравнений, вытекающих из любых других моделей информационных воздействий на общество) определяется, главным образом тем, что они позволяют получать параметры подобия, связанные с различными информационными воздействиями, а, следовательно, проводить их классификацию.

Более того, сам факт существования параметров подобия позволяет адекватно ставить вопрос об использовании тестовых информационных воздействий малой интенсивности с тем, чтобы впоследствии прогнозировать последствия более мощных воздействий.

Наиболее наглядно это видно на примере уравнения (15), в которое входят только два параметра, представляющих собой комбинацию всех остальных параметров модели. При условии, что рассматриваемые процессы действительно укладываются в границы применимости модели, то относительная динамика продаж (или распространения информации в обществе) будет одинаковой даже при условии, что товары (или информационные продукты) различны по своей природе, а изначальная интенсивность информационного воздействия также была различной. Далее, применительно к вопросу о влиянии информационных воздействий на общество, условие (13), как правило, выполняется, поскольку потребителями практически любого информационного продукта, не относящегося к специфической профессиональной деятельности, является все население страны, относящееся к соответствующим возрастным (или иным) группам.

Отсюда вытекает, что соответствующая задача является линейной, что позволяет использовать в качестве количественной меры, скажем, ассимилируемости информационного воздействия, показатели, получаемые приведением экспоненциальных решений к линейным зависимостям.

*Заключение.* Таким образом, совершенствование моделей, первоначально разработанных для описания продвижения товаров на рынок, представляет интерес и применительно к проблематике информационных войн. Более того, такая аналогия создает удобные инструменты для экспериментального изучения процессов распространения информации в

обществе (и ее усвоения обществом). Данные инструменты основываются на существовании параметров подобия, которые могут быть получены на основании математических моделей, причем их получение становится особенно простым в том случае, когда модель приводится к линейной. При одинаковых значениях параметров подобия информация любого характера распространяется в обществе в соответствии с одними и теми же закономерностями, что и создает возможность для выполнения прогнозов на основе данных об отклике на тестовые воздействия.

### **Литература:**

1. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности информационных войн в условиях глобализации // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – 2020. – № 1. – С. 66–69.
2. Нежелский А.А. Теоретические основы исследования информационных войн и информационной безопасности государства // Власть. – 2018. – № 6. – С. 70–74.
3. Гожина А.В. Украинский кризис 2013-2016 годов как поле информационного противостояния, аспекты кибервойны // Мировая политика. – 2020. – № 1. – С. 51–59.
4. Калимолдаев М.Н., Сулейменов И.Э., Панченко С.В., Габриелян О.А., Пак И.Т. Распространение Мифов в обществе: аналогии с математическим описанием распространения эпидемий // Проблемы информатики. – 2015. – № 4 (29). – С. 35–44.
5. Bass F.M. A new product growth for model consumer durables // Management Science. – 1969. – Vol.15. – P. 215–227.
6. Guille A., Hacid H., Favre C., Zighed D. A. Information diffusion in online social networks: A survey // ACM SIGMOD Record. – 2013. – N 42 (2). – P. 17–28.
7. Сулейменов И.Э., Габриелян О.А., Седлакова З.З., Мун Г.А. История и философия науки. – Алматы: Изд-во КазНУ, 2018. – 406 с.

### **References:**

1. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Osobennosti informacionnyh vojn v uslovijah globalizacii // Informacionnye tehnologii v stroitel'nyh, social'nyh i jekonomicheskikh sistemah. – 2020. – N 1. – S. 66–69.
2. Nezhel'skij A.A. Teoreticheskie osnovy issledovanija informacionnyh vojn i informacionnoj bezopasnosti gosudarstva // Vlast'. – 2018. – N 6. – S. 70–74.
3. Gozhina A.V. Ukrainskij krizis 2013-2016 godov kak pole informacionnogo protivostojanija, aspekty kibervojny // Mirovaja politika. – 2020. – N 1. – S. 51–59.
4. Kalimoldaev M.N., Sulejmenov I.Je., Panchenko S.V., Gabrieljan O.A., Pak I.T. Rasprostranenie Mifov v obshhestve: analogii s matematicheskim opisaniem rasprostraneniya jepidemij // Problemy informatiki. – 2015. – N 4 (29). – S. 35–44.
5. Bass F.M. A new product growth for model consumer durables // Management Science. – 1969. – Vol.15. – P. 215–227.
6. Guille A., Hacid H., Favre C., Zighed D. A. Information diffusion in online social networks: A survey // ACM SIGMOD Record. – 2013. – N 42 (2). – P. 17–28.
7. Sulejmenov I.Je., Gabrieljan O.A., Sedlakova Z.Z., Mun G.A. Istorija i filosofija nauki. – Almaty: Izd-vo KazNU, 2018. – 406 s.

*Поступила 1 марта 2021 г.*

МРНТИ 81.93.29  
УДК 002:004.056

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАМОТНОСТИ РАБОТНИКОВ АПК КАЗАХСТАНА

Те А.Л.<sup>1</sup>, Бугубаева Р.О.<sup>2</sup>, Дрозд В.Г.<sup>2</sup>, Спанова Б.Ж.<sup>2</sup>, Тен Т.Л.<sup>2</sup>, Когай Г.Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Алматинская академия экономики и статистики, Алматы

<sup>2</sup>Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза, Караганда

<sup>3</sup>Карагандинский технический университет, Караганда  
Республика Казахстан

*Проводится рассмотрение уровня компьютерной грамотности работников агропромышленного комплекса Казахстана. Изучается глобальный тренд развития социально-экономического показателя, определяющего перспективы цифровизации АПК. Направление исследования данного показателя нацелено на развитие конкурентоспособной аграрной экономики и повышение качества продукции сельхозпроизводителей. Полученные результаты представляют собой математически обоснованное научное суждение, которое выражает будущее состояние изучаемого показателя. Расчетные вычисления основываются на алгоритме нахождения оценок коэффициентов уравнения регрессии. Применяются методы статистического анализа полученного уравнения регрессии. Проводится математический анализ расчетов возможных траекторий развития факторного признака на среднесрочный период упреждения. Выполняется проверка общего качества уравнения множественной регрессии.*

**Ключевые слова:** моделирование, факторы, цифровые технологии, государственная поддержка, цифровизация экономики, факторные переменные, коэффициент, уравнение модели.

*Қазақстанның агроөнеркәсіптік кешеніндегі жұмысшылардың компьютерлік сауаттылық деңгейі қарастырылады. Агроөнеркәсіптік кешенді цифрландыру перспективаларын анықтайтын әлеуметтік-экономикалық индикаторды дамытудың әлемдік тенденциясы зерттелді. Бұл көрсеткішті зерттеу бағыты бәсекеге қабілетті агроөнеркәсіптік экономиканы дамытуға және ауылшаруашылық өнімдерінің сапасын арттыруға бағытталған. Алынған нәтижелер зерттелген индикатордың болашақ күйін білдіретін математикалық негізделген ғылыми тұжырымды білдіреді. Есептелген есептеулер регрессия теңдеуінің коэффициенттерінің бағаларын табу алгоритміне негізделген. Алынған регрессия теңдеуін статистикалық талдау әдістері қолданылады. Жетекшінің аралық кезеңі үшін фактор атрибутының дамуының мүмкін траекторияларының есептеулеріне математикалық талдау жүргізілді. Көптік регрессия теңдеуінің жалпы сапасы тексеріледі.*

**Түйінді сөздер:** модельдеу, факторлар, цифрлық технологиялар, мемлекеттік қолдау, экономиканы цифрландыру, факторлық айнымалылар, коэффициент, модель теңдеуі.

*The level of computer literacy of workers in the agro-industrial complex of Kazakhstan is considered. The global trend in the development of a socio-economic indicator that determines the prospects for digitalization of the agro-industrial complex is being studied. The direction of research of this indicator is aimed at developing a competitive agricultural economy and improving the quality of agricultural products. The results obtained represent a mathematically sound scientific judgment that expresses the future state of the studied indicator. Calculated calculations are based on the algorithm for finding estimates of the coefficients of the regression equation. Methods of statistical analysis of the obtained regression equation*

*are applied. The mathematical analysis of calculations of possible trajectories of development of the factor attribute for the mid-term period of the lead is carried out. The overall quality of the multiple regression equation is checked.*

**Keywords:** *modeling, factors, digital technologies, government support, digitalization of the economy, factor variables, coefficient, model equation.*

*Введение.* На протяжении последних лет международные эксперты активно заявляли о цифровизации экономики и общественно-социального уклада жизни населения многих стран мира. Говорили об этом, как о тренде, меняющем привычные бизнес-модели, и как о философском понятии, которое каждый воспринимает по-своему.

На период текущего времени человечество столкнулось с новой реальностью. По всему миру большинство производств и субъекты частного бизнеса переходят на удаленную работу [1]. В сложившихся условиях в Республике Казахстан предоставление услуг в электронном формате, в том числе в сфере аграрного сектора экономики, становится все более актуальным и остро необходимым. На сегодня, население страны обладает потенциально высоким уровнем подготовки и квалификации к получению услуг и ведению бизнеса в электронном формате. Так, по состоянию на конец 2019 года доля пользователей ПК в возрасте 6–74 лет увеличилась до 82,2 % (годом ранее – 80,3 %), а доля пользователей сети интернет выросла до 84,2 % (годом ранее – 81,3 %).

В целом, на сегодня автоматизировано более 82 % госуслуг, а к концу 2020 года планируется довести этот показатель до 90 %. Получить государственные услуги в онлайн-режиме казахстанцы могут через портал электронного правительства, мобильное приложение mGov и Telegram-бот. В оффлайн-режиме можно обратиться в один из фронт-офисов госкорпорации «Правительство для граждан».

За пять месяцев текущего года на портале электронного правительства РК было оказано около 16 млн государственных услуг. Из них наибольшее количество пришлось на оформление назначения социальной выплаты участникам системы обязательного социального страхования на период чрезвычайного положения – 8,1 млн услуг.

Стоит отметить, что в глобальном рейтинге развития электронного правительства, который формирует ООН, Казахстан поднялся на 29-е место среди 190 стран мира (годом ранее – 39-е место). При составлении текущего рейтинга (2020 года) оценивалась работа, проведенная государствами в 2018–2019 годах. Непосредственно среди стран СНГ Казахстан занял 1 место. Ниже расположились Россия (36 место), Беларусь (40), Молдова (79), Украина (69), Узбекистан (87) и др.

В тройку мировых лидеров по развитию электронного правительства вошли Дания, Южная Корея и Эстония. Замыкают ТОП-5 стран Финляндия и Австралия [2].

*Цель работы:* Разработка экономико-математический сценария динамики развития показателя компьютерной грамотности работников АПК Казахстана, выполненного на базе включенных в многофакторную модель прогнозных показателей инвестиционных поступлений отраслевых ориентиров в основной капитал предприятий связи, а также показателей государственной программы «Информационный Казахстан».

*Основные результаты.* Количественный анализ прогнозирования проводится на базе формализованного эконометрического метода, в котором использован фактический имеющийся информационный материал.

Полученная с помощью регрессионного анализа модель позволяет прогнозировать варианты развития экономических процессов и явлений, изучать тенденции изменения экономических показателей, то есть служит инструментом научно-обоснованных предсказаний [3].

Таблица 1 – Показатели государственной программы «Информационный Казахстан-2020» за 2014–2019 годы

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Уровень компьютерной грамотности работников АПК	18,6	22,2	16,9	20,3	17,9	20,1
Инвестиции в основной капитал предприятий связи, млн. тенге	107222	90788	47241	57941	69256	62832
Доля предприятий АПК, имеющих доступ к сети Интернет	26,4	27,1	35,5	31,4	35,6	37,1
Уровень компьютерной грамотности населения в возрасте 6-74 лет	64,1	74,2	76,2	78,2	80,3	82,2

Примечание – Составлено авторами на основе источника: данные Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан [www.stat.gov.kz](http://www.stat.gov.kz)

При изучении закономерностей развития социально-экономических процессов весомое значение имеют выявленные связи между развивающимися во времени социально-экономическими факторами, проведение связанного анализа динамики. С этой целью строятся многофакторные модели взаимосвязанных временных рядов [4,5]. Проведем разработку уравнения множественной регрессии, в котором общее решение может иметь следующий вид:

$$\hat{Y}_l = a_0 x_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m ; \quad (1)$$

где  $Y_l$  – моделируемый показатель  $l^{\text{го}}$  года ;

$x_i$  – факторы, влияющие на данный показатель,  $i = \overline{0, m}$  ;  $a_i$  – параметры модели,  $i = \overline{0, m}$  ;  $m$  – число факторных признаков.

Как показывают исследования, описанные в работах многих отечественных и зарубежных авторов [1, 2, 3], результаты прогнозов по модели, построенной по рядам динамики, вполне удовлетворительные.

Алгоритм нахождения оценок коэффициентов уравнения регрессии, требует предварительной проверки ряда предпосылок метода наименьших квадратов (МНК):

1. Находим математическое ожидание случайного отклонения  $\varepsilon_i$ , которое должно равняться 0 для всех наблюдений ( $M(\varepsilon_i) = 0$ ).

2. Исследуем постоянство дисперсий отклонений  $\varepsilon_i$ , которая должна быть постоянна:  $D(\varepsilon_i) = D(\varepsilon_j) = S^2$  для любых  $i$  и  $j$ .

3. Исключение наличия автокорреляции.

4. Расчетное значение случайного отклонения должно быть независимо от объясняющих переменных.

5. Получаемая модель относительно параметров является линейной.

6. Рассчитываемые ошибки  $\varepsilon_i$  должны иметь нормальное распределение, т.е. выполнимость данной предпосылки важна для построения доверительных интервалов и проверки статистических гипотез.

Для расчета оценок параметров уравнения множественной регрессии используем МНК. Рассчитаем вектор оценок коэффициентов регрессии, согласно МНК, вектор  $s$  получается из выражения:  $s = (X^T X)^{-1} X^T Y$

К матрице с переменными  $X_j$  добавляем единичный столбец:

1	107222	26,4	64,1
1	90788	27,1	74,2
1	47241	35,5	76,2
1	57941	31,4	78,2
1	69256	35,6	80,2
1	62832	37,1	85,6

Матрица  $Y$

18,6
22,2
16,9
20,3
17,9
20,05

Проводим транспонирование матрицы  $X^T$ :

1	1	1	1	1	1
107222	90788	47241	57941	69256	62832
26,4	27,1	35,5	31,4	35,6	37,1
64,1	74,2	76,2	78,2	80,2	85,6

Выполняем операцию умножения матрицы  $(X^T X)$ :

6	435280	193,1	458,5
435280	34072143550	13583999,3	32672900,6
193,1	13583999,3	6321,35	14894,52
458,5	32672900,6	14894,52	35295,53

В расчетной матрице  $(X^T X)$  число, находящееся на пересечении 1-го столбца и 1-й строки, получаем как сумму произведений элементов строки матрицы  $X^T$  и столбца матрицы  $X$ :

Умножаем матрицы, $(X^T Y)$	Находим обратную матрицу $(X^T X)^{-1}$																				
<table border="1"> <tr><td>115,95</td></tr> <tr><td>8483862</td></tr> <tr><td>3711,125</td></tr> <tr><td>8866,6</td></tr> </table>	115,95	8483862	3711,125	8866,6	$(X^T X)^{-1} =$ <table border="1"> <tr><td>85,474</td><td>-0,000277</td><td>-0,658</td><td>-0,576</td></tr> <tr><td>-0,000277</td><td>0</td><td>4,0E-6</td><td>1,0E-6</td></tr> <tr><td>-0,658</td><td>4,0E-6</td><td>0,0449</td><td>-0,0143</td></tr> <tr><td>-0,576</td><td>1,0E-6</td><td>-0,0143</td><td>0,013</td></tr> </table>	85,474	-0,000277	-0,658	-0,576	-0,000277	0	4,0E-6	1,0E-6	-0,658	4,0E-6	0,0449	-0,0143	-0,576	1,0E-6	-0,0143	0,013
115,95																					
8483862																					
3711,125																					
8866,6																					
85,474	-0,000277	-0,658	-0,576																		
-0,000277	0	4,0E-6	1,0E-6																		
-0,658	4,0E-6	0,0449	-0,0143																		
-0,576	1,0E-6	-0,0143	0,013																		

Рассчитываем вектор оценок коэффициентов регрессии:

$$Y(X) = \begin{matrix} \begin{matrix} 85,474 & -0,000277 & -0,658 & -0,576 \\ -0,000277 & 0 & 4,0E-6 & 1,0E-6 \\ -0,658 & 4,0E-6 & 0,0449 & -0,0143 \\ -0,576 & 1,0E-6 & -0,0143 & 0,013 \end{matrix} * \begin{matrix} 115,95 \\ 8483862 \\ 3711,125 \\ 8866,6 \end{matrix} = \begin{matrix} 9,342 \\ 8,0E-6 \\ -0,703 \\ 0,419 \end{matrix} \end{matrix}$$

В итоге получаем уравнение регрессии следующего вида:

$$Y = 9,3423 + 8,0E-6 X_1 - 0,7028 X_2 + 0,4188 X_3$$

Далее, используя матрицу парных коэффициентов корреляции R, выполняем оценку взаимосвязи между рядами значений. Имеем число независимых переменных в модели равное 3, число наблюдений  $n = 6$ , а число регрессоров с учетом единичного вектора равно числу неизвестных коэффициентов. С учетом рассчитываемого признака Y, размерность матрицы становится равным 5. Матрица независимых переменных X имеет размерность (6 x 5). Таким образом, получаем расчетные матрицы:

- Матрица составленная из Y и X;
- Транспонированная матрица;
- Матрица  $X^T X$ .

Получаемая матрица будет иметь следующее соответствие:

$\sum n$	$\sum y$	$\sum x_1$	$\sum x_2$	$\sum x_3$
$\sum y$	$\sum y^2$	$\sum x_1 y$	$\sum x_2 y$	$\sum x_3 y$
$\sum x_1$	$\sum y x_1$	$\sum x_1^2$	$\sum x_2 x_1$	$\sum x_3 x_1$
$\sum x_2$	$\sum y x_2$	$\sum x_1 x_2$	$\sum x_2^2$	$\sum x_3 x_2$
$\sum x_3$	$\sum y x_3$	$\sum x_1 x_3$	$\sum x_2 x_3$	$\sum x_3^2$

Находим парные коэффициенты корреляции:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s(x) \cdot s(y)} \tag{2}$$

$$r_{yx_1} = \frac{1413977 - 72546,667 \cdot 19,325}{20388,03 \cdot 1,741} = 0,338$$

$$r_{yx_2} = \frac{618,521 - 32,183 \cdot 19,325}{4,218 \cdot 1,741} = -0,466$$

$$r_{yx_3} = \frac{1477,767 - 76,417 \cdot 19,325}{6,564 \cdot 1,741} = 0,0888$$

$$r_{x_1x_3} = \frac{5445483,433 - 76,417 \cdot 72546,667}{6,564 \cdot 20388,03} = -0,735$$

$$r_{x_1x_2} = \frac{2263999,883 - 32,183 \cdot 72546,667}{4,218 \cdot 20388,03} = -0,823$$

$$r_{x_2x_3} = \frac{2482,42 - 76,417 \cdot 32,183}{6,564 \cdot 4,218} = 0,834$$

Признаки x и y	$\sum x_i$	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	$\sum y_i$	$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$	$\sum x_i \cdot y_i$	$\overline{xy} = \frac{\sum x_i y_i}{n}$
Для y и x <sub>1</sub>	435280	72546,667	115,95	19,325	8483862	1413977,000
Для y и x <sub>2</sub>	193,1	32,183	115,95	19,325	3711,125	618,5210
Для y и x <sub>3</sub>	458,5	76,417	115,95	19,325	8866,6	1477,767
Для x <sub>1</sub> и x <sub>2</sub>	193,1	32,183	435280	72546,667	13583999,3	2263999,883
Для x <sub>1</sub> и x <sub>3</sub>	458,5	76,417	435280	72546,667	32672900,6	5445483,433
Для x <sub>2</sub> и x <sub>3</sub>	458,5	76,417	193,1	32,183	14894,52	2482,420

Выполняем расчет дисперсии и среднеквадратических отклонений:

Признаки x и y	$D(x) = \frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2$	$D(y) = \frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2$	$s(x) = \sqrt{D(x)}$	$s(y) = \sqrt{D(y)}$
Для y и x <sub>1</sub>	415671747,22	3,03	20388,03	1,741
Для y и x <sub>2</sub>	17,791	3,03	4,218	1,741
Для y и x <sub>3</sub>	43,081	3,03	6,564	1,741
Для x <sub>1</sub> и x <sub>2</sub>	17,791	415671747,22	4,218	20388,03
Для x <sub>1</sub> и x <sub>3</sub>	43,081	415671747,22	6,564	20388,03
Для x <sub>2</sub> и x <sub>3</sub>	43,081	17,791	6,564	4,218

Получаем матрицу парных коэффициентов корреляции R следующего вида:

-	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>
y	1	0,3385	-0,4661	0,0888
x <sub>1</sub>	0,3385	1	-0,8232	-0,7345
x <sub>2</sub>	-0,4661	-0,8232	1	0,8335
x <sub>3</sub>	0,0888	-0,7345	0,8335	1
-	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>

Найдем частные коэффициенты корреляции. От простого коэффициента линейной парной корреляции коэффициент частной корреляции отличается тем, что он оценивает парную корреляцию соответствующих факторных признаков ( $y$  и  $x_i$ ) при условии, что влияние на них всех остальных признаков ( $x_j$ ) устранено.

Полученные частные коэффициенты позволяют сделать вывод об обоснованности включения переменных в полученную регрессионную модель. В случае, если оценка коэффициента слишком мала или имеет незначительную величину, то из этого следует, что связь между факторным признаком и результативной расчетной переменной либо вовсе отсутствует, либо очень слаба и поэтому данный фактор можно исключить из модели.

$$\begin{aligned} r_{yx_1/x_2} &= \frac{0,338 - (-0,466) \cdot (-0,823)}{\sqrt{(1 - 0,466^2) \cdot (1 - 0,823^2)}} = -0,09 && , \text{ т.е. теснота связи низкая.} \\ r_{yx_1/x_3} &= \frac{0,338 - 0,0888 \cdot (-0,735)}{\sqrt{(1 - 0,0888^2) \cdot (1 - 0,735^2)}} = 0,597 && , \text{ т.е. теснота связи умеренная} \\ r_{yx_2/x_1} &= \frac{-0,466 - 0,338 \cdot (-0,823)}{\sqrt{(1 - 0,338^2) \cdot (1 - 0,823^2)}} = -0,351 && , \text{ т.е. теснота связи не сильная} \\ r_{yx_2/x_3} &= \frac{-0,466 - 0,0888 \cdot 0,834}{\sqrt{(1 - 0,0888^2) \cdot (1 - 0,834^2)}} = -0,982 && , \text{ т.е. теснота связи сильная} \\ r_{yx_3/x_1} &= \frac{0,0888 - 0,338 \cdot (-0,735)}{\sqrt{(1 - 0,338^2) \cdot (1 - 0,735^2)}} = 0,528 && , \text{ т.е. теснота связи умеренная} \\ r_{yx_3/x_2} &= \frac{0,0888 - (-0,466) \cdot 0,834}{\sqrt{(1 - 0,466^2) \cdot (1 - 0,834^2)}} = 0,977 && , \text{ т.е. теснота связи сильная} \\ r_{x_1x_2/y} &= \frac{r_{x_1x_2} - r_{x_1y} \cdot r_{x_2y}}{\sqrt{(1 - r_{x_1y}^2) \cdot (1 - r_{x_2y}^2)}} && (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{x_1x_2/y} &= \frac{-0,823 - 0,338 \cdot (-0,466)}{\sqrt{(1 - 0,338^2) \cdot (1 - 0,466^2)}} = -0,799 && , \text{ т.е. теснота связи сильная} \\ r_{x_1x_2/x_3} &= \frac{-0,823 - (-0,735) \cdot 0,834}{\sqrt{(1 - 0,735^2) \cdot (1 - 0,834^2)}} = -0,563 && , \text{ т.е. теснота связи умеренная} \\ r_{x_1x_3/y} &= \frac{r_{x_1x_3} - r_{x_1y} \cdot r_{x_3y}}{\sqrt{(1 - r_{x_1y}^2) \cdot (1 - r_{x_3y}^2)}} && (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{x_1x_3/y} &= \frac{-0,735 - 0,338 \cdot 0,0888}{\sqrt{(1 - 0,338^2) \cdot (1 - 0,0888^2)}} = -0,816 && , \text{ т.е. теснота связи сильная} \\ r_{x_1x_3/x_2} &= \frac{-0,735 - (-0,823) \cdot 0,834}{\sqrt{(1 - 0,823^2) \cdot (1 - 0,834^2)}} = 0,154 && , \text{ т.е. теснота связи низкая, а межфакторная связь слабая.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{x_2x_3/y} &= \frac{r_{x_2x_3} - r_{x_2y} \cdot r_{x_3y}}{\sqrt{(1 - r_{x_2y}^2) \cdot (1 - r_{x_3y}^2)}} && (5) \\ r_{x_2x_3/y} &= \frac{0,834 - (-0,466) \cdot 0,0888}{\sqrt{(1 - 0,466^2) \cdot (1 - 0,0888^2)}} = 0,993 && , \text{ т.е. теснота связи сильная.} \end{aligned}$$

$$r_{x_2x_3/x_1} = \frac{0,834 - (-0,823) \cdot (-0,735)}{\sqrt{(1 - 0,823^2) \cdot (1 - 0,735^2)}} = 0,594, \text{ т.е. теснота связи умеренная.}$$

Перейдем к статистическому анализу полученного уравнения регрессии, т.е. проверке значимости уравнения и его коэффициентов, исследованию абсолютных и относительных ошибок аппроксимации [6,7].

Для несмещенной оценки дисперсии сделаем следующие вычисления: Несмещенная ошибка  $\varepsilon = Y - Y(x) = Y - X*s$  (абсолютная ошибка аппроксимации).

Y	Y(x)	$\varepsilon = Y - Y(x)$	$\varepsilon^2$	$(Y - Y_{cp})^2$	$ \varepsilon : Y $
18,6	18,517	0,0831	0,00691	0,526	0,00447
22,2	22,119	0,0806	0,0065	8,266	0,00363
16,9	16,695	0,205	0,0421	5,881	0,0121
20,3	20,502	-0,202	0,0408	0,951	0,00995
17,9	18,481	-0,581	0,338	2,031	0,0325
20,05	19,636	0,414	0,172	0,526	0,0207
			0,606	18,179	0,0833

Рассчитаем среднюю ошибку аппроксимации. Для этого умножаем полученную матрицу на  $X_0$  и находим  $V = 85,47$

$$S_y = S\sqrt{V} = 0,55\sqrt{85,47} = 5,09$$

Для значения результативного признака  $M(Y)$  получаем следующие доверительные интервалы с вероятностью 0,95:

$$(Y - t \cdot S_y ; Y + t \cdot S_y)$$

где  $t(6-3-1; 0,05/2) = 6,205$  находим по таблице Стьюдента.

$$(9,34 - 6,205 \cdot 5,09; 9,34 + 6,205 \cdot 5,09)$$

$$(-22,24; 40,92)$$

Среднее значение  $Y$  при  $X_{0i}$  находится в указанных пределах с вероятностью 0,95.

Для индивидуального значения результативного признака доверительные интервалы с вероятностью 0,95 получаем по следующей расчетной формуле:

$$S_y = S\sqrt{1 + V} = 0,55\sqrt{1 + 85,47} = 5,12$$

$$(9,34 - 6,205 \cdot 5,12; 9,34 + 6,205 \cdot 5,12)$$

$$(-22,43; 41,11)$$

Индивидуальное значение  $Y$  при  $X_{0i}$ , также находится в указанных пределах с вероятностью 0,95.

Выполним проверку на значимость параметров полученного множественного уравнения регрессии, т.е. проверяем выдвинутую гипотезу относительно коэффициентов уравнения регрессии [8].

Расчетное значение числа  $\nu = n - m - 1$  определяет, так называемое, число степеней свободы. Принято считать, что в ходе оценивания уравнения множественной линейной регрессии для обеспечения статистической надежности рекомендовано, чтобы общее число проводимых наблюдений, по меньшей мере, в 3 раза превышало число оцениваемых параметров.

$$\text{Получаемая t-статистика: } T_{\text{табл}}(n - m - 1; \alpha/2) = (2; 0,025) = 6,205$$

$$t_i = \frac{b_i}{S_{b_i}} \quad (6)$$

$$t_0 = \frac{9,342}{5,088} = 1,836 < 6,205$$

$$t_1 = \frac{8,0E-6}{2,0E-5} \leq 6,205$$

$$t_2 = \frac{-0,703}{0,117} = 6,025 < 6,205$$

$$t_3 = \frac{0,419}{0,0627} = 6,678 > 6,205$$

При этом, статистическая значимость коэффициента регрессии  $b_0$ ,  $b_1$  и  $b_2$ , не подтверждается, а коэффициента  $b_3$  подтверждается.

Проведем определение доверительных интервалов коэффициентов регрессии, которые с надежностью в 95 % будут следующими:

$$(b_i - t_i \cdot S_{b_i}; b_i + t_i \cdot S_{b_i})$$

$$b_0: (9,342 - 6,205 \cdot 5,088; 9,342 + 6,205 \cdot 5,088) = (-22,23; 40,915)$$

$$b_1: (8,0E-6 - 6,205 \cdot 2,0E-5; 8,0E-6 + 6,205 \cdot 2,0E-5) = (8,0E-6; 8,0E-6)$$

$$b_2: (-0,703 - 6,205 \cdot 0,117; -0,703 + 6,205 \cdot 0,117) = (-1,427; 0,021)$$

$$b_3: (0,419 - 6,205 \cdot 0,0627; 0,419 + 6,205 \cdot 0,0627) = (0,0297; 0,808)$$

Завершающим этапом будет проведение проверки общего качества уравнения множественной регрессии. Для этого, оценка значимости уравнения множественной регрессии будет выполняться за счет проверки гипотезы о равенстве нулю коэффициента детерминации, который рассчитан по данным генеральной совокупности:  $b_1 = b_2 = \dots = b_m = 0$  или  $R^2$ .

Для проверки этой гипотезы используют F-критерий Фишера.

При этом вычисляют наблюдаемое (фактическое) значение F-критерия, через рассчитанный по данным конкретного наблюдения коэффициент детерминации  $R^2$ .

По каталогам таблиц распределения Фишера-Снедекора подбирается критическое значение F-критерия ( $F_{кр}$ ). Для этого задаются уровнем значимости  $\alpha$ , которое обычно выбирают с двумя числами степеней свободы  $k_1=m$  и  $k_2=n-m-1$  и  $\alpha = 0,05$ .

Проводим F-статистику и проверяем критерий Фишера:

$$R^2 = 1 - \frac{s_e^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{0,606}{18,18} = 0,9667$$

Для этого проверяем гипотезу об общей значимости, т.е. гипотезу об одновременном равенстве нулю всех коэффициентов регрессии при объясняющих переменных:

$$H_0: R^2 = 0; \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_m = 0.$$

$$H_1: R^2 \neq 0.$$

Проверка данной гипотезы осуществляется с помощью F-статистики распределения Фишера. Если  $F < F_{кр} = F_{\alpha; n-m-1}$ , то нет оснований для отклонения гипотезы  $H_0$ :

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} \quad (8)$$

$$F = \frac{0,9667}{1 - 0,9667} \cdot \frac{6 - 3 - 1}{3} = 19,339$$

Значения использованные при степенях свободы являются табличной величиной, т.е.  $k_1 = 3$  и  $k_2 = n - m - 1 = 6 - 3 - 1 = 2$ ,  $F_{кр}(3 ; 2) = 19,2$ . Следуя из того, что фактическое значение  $F > F_{кр}$ , можно констатировать, что коэффициент детерминации статистически значим, а значит и уравнение регрессии статистически надежно (поэтому, рассчитанные коэффициенты  $b_i$  совместно значимы).

*Заключение.* В результате выполненных расчетов было получено уравнение множественной регрессии:

$$Y = 9,3423 + 8,0E-6 \cdot X_1 - 0,7028 \cdot X_2 + 0,4188 \cdot X_3.$$

Данное уравнение имеет и экономическую интерпретацию параметров модели. Т.е. можно характеризовать динамику изменения результирующего значения, когда увеличение  $X_1$  на 1 ед.изм. ведет к увеличению  $Y$  в среднем на  $8,0E-6$  ед.изм.; -увеличение  $X_2$  на 1 ед.изм. ведет к уменьшению  $Y$  в среднем на  $0,703$  ед.изм., а увеличение  $X_3$  на 1 ед.изм. ведет к увеличению  $Y$  в среднем на  $0,419$  ед.изм.

По максимальному коэффициенту делаем вывод, что наибольшее влияние на результат  $Y$  оказывает фактор  $X_3$ . Статистическую значимость уравнения подтвердили с помощью проверки коэффициента детерминации и критерия Фишера. По итогам проведенного исследования доказательно установлено, что в исследуемой ситуации 96,67 % общей вариабельности значений  $Y$  будет объясняться изменением факторов  $X_j$ .

#### **Литература:**

1. Ерешко Ф.И., Сальников С.Г., Меденников В.И. Проектирование единого информационного интернет-пространства страны // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. – 2016. – №6. – С. 184–187.
2. Буданов В.Г., Румянцев В.Ю., Кешелава А.В. и др. Введение в «цифровую» экономику. На пороге «цифрового будущего». Книга первая. – Москва.: ВНИИ Геосистем, 2017. – 28 с.
3. Бабич Т.Н., Вертакова Ю.В., Козьева И.А., Кузьбожев Э.Н. Прогнозирование и планирование в условиях рынка. Учебное пособие. – Москва.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 336 с.
4. Гамбаров Г.М., Королев Ю.Г., Журавель Н.М. Статистическое моделирование и прогнозирование: Учеб. Пособие. – Москва: Финансы и статистика, 1990. – 383 с.
5. Толстопятенко А.В., Замков О.О., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике – Москва: ДИС, 1997. – С.45 –56.
6. Федосеев В.В., Дайитбегов Д.М., Гармаш А.Н. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов. – Москва: ЮНИТИ, 2000. – 391 с.
7. Френкель А.А. Прогнозирование производительности труда: методы и модели. – Москва: Экономика, 1989. – 154 с.
8. Черныш Е.А., Молчанова Н.П., Новикова А.А. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учеб. Пособие. – Москва: ПРИОР, 1999. – 176 с.

#### **References:**

1. Ereshko F.I., Sal'nikov S.G., Medennikov V.I. Proektirovanie edinogo informacionnogo internet-prostranstva strany // Biznes v zakone. Jekonomiko-juridicheskij zhurnal. – 2016. – №6. – S. 184–187.
2. Budanov V.G., Rumjancev V.Ju., Keshelava A.V. i dr. Vvedenie v «cifrovuju» jekonomiku. Na poroge «cifrovogo budushhego». Kniga pervaja. – Moskva.: VNII Geosistem, 2017. – 28 s.
3. Babich T.N., Vertakova Ju.V., Koz'eva I.A., Kuz'bozhev Je.N. Prognozirovanie i planirovanie v uslovijah rynka. Uchebnoe posobie. – Moskva.: NIC INFRA-M, 2013. – 336 s.

4. Gambarov G.M., Korolev Ju.G., Zhuravel' N.M. Statisticheskoe modelirovanie i prognozirovanie: Ucheb. Posobie. – Moskva: Finansy i statistika, 1990. – 383 s.
5. Tolstopjatenko A.V., Zamkov O.O., Cheremnyh Ju.N. Matematicheskie metody v jekonomike – Moskva: DIS, 1997. – S.45 –56.
6. Fedoseev V.V., Dajitbegov D.M., Garmash A.N. Jekonomiko-matematicheskie metody i prikladnye modeli: Ucheb. posobie dlja vuzov. – Moskva: JuNITI, 2000. – 391 s.
7. Frenkel' A.A. Prognozirovanie proizvoditel'nosti truda: metody i modeli. – Moskva: Jekonomika, 1989. – 154 s.
8. Chernysh E.A., Molchanova N.P., Novikova A.A. Prognozirovanie i planirovanie v uslovijah rynka: Ucheb. Posobie. – Moskva: PRIOR, 1999. – 176 s.

*Поступила 4 ноября 2020 г.*

МРНТИ 49.03.00

УДК 004.715

## **CISCO PACKET TRACER ЖЕЛІЛІК ЖАБДЫҒЫ НЕГІЗІНДЕ ВИРТУАЛДЫ ЖЕЛІЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ҚҰРУ**

**Чежимбаева К.С., Смажанова А.С.**

*Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті*

*Алматы, Қазақстан Республикасы*

*e-mail: katira67@yandex.ru, a\_smazhanova@mail.ru*

Қазіргі таңда компьютерлік желілер ақпараттық технологиялар саласының ажырамас бөлігі болып табылады. Осы технологиялардың күрделілігін және әр түрлі өндірушілер нарықта ұсынатын жабдықтардың кең спектрін ескере отырып, желіні құрудың оңтайлы нұсқасын таңдау мақсатында әр түрлі жобалық шешімдерді модельдеу кезеңі желілік жобаларды әзірлеу үшін қажет және осы кезең желілік жобаларды модельдеуге және сипаттауға арналған заманауи құрылғылардың көмегімен орындалады. Сондықтан, бұл мақалада барлық қажетті цифрлық қадамдарды орындауға және қажетті ақпаратты (ішкі желі идентификаторы, тарату идентификаторы, ішкі желінің қол жетімді адрестері және басқалары) орындауға арналған негізгі графикалық симулятор ұсынылған.

Бұл жұмыста Cisco Packet Tracer бағдарламалық жасақтамасы қолданылған. Бұл бағдарламалық жасақтама студенттерге, оқытушыларға және желілік инженерлерге VLSM желісін талдауға және енгізуге, барлық қажетті ақпаратты жылдам және қарапайым түрде ұсынуға пайдалы. Ішкі желілердің ыңғайлылығын жақсарту үшін көбінесе «ішкі желі» деп аталатын өзгермелі ұзындықты ішкі желі масклары (VLSM) қолданылады. Желілік әкімші бірнеше хосттары бар желілерде ұзын масканы және хосттары көп ішкі желілерде қысқа масканы қолдана алады [1].

**Түйінді сөздер:** Cisco Packet Tracer, желілік жабдық, VLSM, FLSM, IP мекенжайы, ішкі желілер, мекенжалылықтың максималды тиімділігі.

*Today computer networks are an integral part of information technology. Proposed by various derivatives on the market for network projects requiring the modeling of various projects, solutions for choosing an alternative, a wide range of equipment is offered and this stage can be performed using modern devices for modeling and describing network projects. So, in this paper, a basic graph simulator is proposed to execute all the desired numerical steps and show the required information (Subnet ID, broadcast ID, sub network available addresses, and others).*

*In this work, we use the Cisco Packet Tracer software simulator. This simulator is beneficial for students, teachers and network engineers to analyze and implement a VLSM network, providing all data they need, in a fast and easy way. Variable-Length Subnet Covers (VLSM), regularly alluded to as "subnetting a subnet, are used to improve the usability of subnets. The network administrator can use a long mask on networks with multiple hosts and a short mask on subnets with a large number of hosts [1].*

**Keywords:** Cisco Packet Tracer, network hardware, VLSM, FLSM, IP address, subnets, maximize addressing efficiency.

*Сегодня компьютерные сети являются неотъемлемой частью информационных технологий. Учитывая сложность технологий и широкий спектр оборудования, рекомендованного разными*

производителями на рынке, разработка сетевых проектов требует этапа моделирования различных проектных решений с целью выбора альтернативы и данный этап можно выполнить с помощью современных устройств моделирования и описания сетевых проектов. Поэтому, в данной статье предлагается симулятор графа для выполнения все необходимые математические действия и отобразить полученную требуемую информацию, таких как (идентификатор подсети, идентификатор трансляции, используемые адреса для подсетей и другие).

В данной работе используется программный симулятор Cisco Packet Tracer. Этот симулятор полезен для студентов, преподавателей и сетевых инженеров для анализа и реализации сети VLSM, предоставив всю необходимую информацию, быстрым и легким способом. Маски подсети переменной длины (VLSM), часто называемые «разбиением на подсети», применяется для повышения удобства использования подсетей. Сетевой администратор может использовать длинную маску в сетях с несколькими хостами и короткой маской в подсетях с большим количеством хостов [1].

**Ключевые слова:** Cisco Packet Tracer, сетевое оборудование, VLSM, FLSM, IP-адресация, подсети, максимальная эффективность адресации.

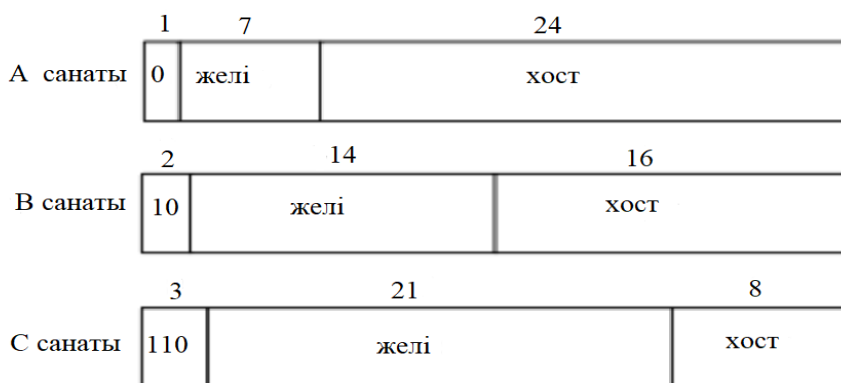
Қазіргі замандағы жаңа технологиялар әлемінде желілік инженерлер өз қызмет саласындағы жиі мәселелерге тап болады және соның бір тығырықтан шығу жолы виртуальды желілерді модельдеу және құру болып саналады [1–5].

Жұмыстың мақсаты – Cisco Packet Tracer бағдарламалық жабдығы арқылы виртуалды компьютерлік желілерді имитациялық модельдеу және осы желілік жабдықты қолдану арқылы VLSM мекенжай сызбасына қатысты IP-адресстерді тиімді бөлу үшін қолданылатын процедураны ұсыну.

Осы мақсатқа жету үшін ең алдымен Cisco Packet Tracer желілік жабдығы туралы анықтама береміз. Cisco Packet Tracer – бұл пайдаланушыларға қауіпсіз ортада желілік мәселелерді жобалауға, жасауға және жоюға мүмкіндік беретін визуализация мен модельдеудің қуатты құралы. Ол оңай функционалды топологияңызды жасауға мүмкіндік беретін қарапайым интерфейсі бар құрал болып табылады. Стандартты маршрутизаторлар мен Packet Tracer коммутаторларынан басқа IP-телефондардың, сымсыз қатынау нүктелері мен стандартты қызметтер жиынтығымен серверлердің эмуляциясын қолдайды. Packet Tracer-де қандай да бір құрылғыға берілетін барлық деректер блоктары туралы толық ақпарат алуға мүмкіндік беретін снифферлер, жүктемені жасанды жасауға мүмкіндік беретін желілік трафиктің генераторлары және кез келген пакетпен желі өту бағытын немесе әртүрлі құрылғылардан өту кезінде пакеттің өзгеру процесін қадағалауға мүмкіндік беретін деректер ағындарынан құралады.

Негізгі зерттеу жұмысымыздың өзектілігі ішкі желілерді бөлу болып табылғандықтан VLSM масқаларымен мекенжай сызбасына қатысты IP-адресстерді тиімді бөлуді қарастырамыз. Ішкі желіні жасау арқылы желі адресін хосттың адресі немесе ішкі желі блогының қажеттіліктеріне сәйкес келтіру үшін бірнеше кіші ішкі желі блоктарына бөлуге болады. Ішкі желінің бірнеше белгілі әдістері бар, яғни VLSM және FLSM (Fixed length subnet mask). VLSM айнымалы ұзындығының ішкі желілік масқасын білдіреді, мұндағы ішкі желі құрылымы бір желіде бірнеше масқаны пайдаланады, яғни бір кластың А, В, С санатының немесе желінің әртүрлі ішкі желілері үшін бірнеше масқасы қолданылады. Олар айнымалы көлемде болғандықтан, ол ішкі желілердің ыңғайлылығын арттыру үшін қолданылады.

Классикалық IP-мекен-жай сұлбасында IP мекен-жайы 32 биттік ақпараттан тұрады. Бұл биттер төрт байтқа бөлінеді; ол құрылымдық немесе иерархиялық мекен-жай болып табылады және бұл схеманың артықшылығы, ол көптеген мекен-жайларды өңдей алады, атап айтқанда 4,3 млрд. IP мекенжайды желіге бөлу және түйін адресі біреудің желісінің санатын белгіленуімен анықталады.



1-сурет– Үш желі санатының көрінісі

Интернет құрылымшылары желінің көлеміне негізделген желілер санатын құруға шешім қабылдады. Түйіндер саны өте аз желілер үшін олар А санатты желіні құрды. Басқа шеткі нүктелерде көптеген желілерге арналған санатты С санатты желі деп, ал өте үлкен және өте кіші санаттық айыршылықты болжам бойынша В санатты желі деп аламыз. Бір желідегі кез-келген құрылғы осы IP мекен-жайдың бір бөлігі ретінде сол адреспен бөліседі. Одан ары қарай түйін адресі тағайындайды және желідегі әрбір құрылғыны бірегей анықтайды. Бұл нөмірді хост мекен-жайы деп те атауға болады. 1-кестеде үш санатты желілер туралы толығырақ мәліметтер келтірілген [2].

1-кесте – IP мекенжай санаттары

Мекенжай санаттары	1-ші октет диапазоны	1-ші октет біті	Негізгі ішкі желі маскасы	Желі мен хосттардың саны
А	1+127*	00000000 – 01111111	255.0.0.0	128 желі ( $2^7$ ) 16777214 хосттар ( $2^{24} - 2$ )
В	128–191	10000000 – 10111111	255.255.0.0	16384 желі ( $2^{14}$ ) 65534 хосттар ( $2^8 - 2$ )
С	192–223	11000000 – 11011111	255.255.255.0	2097150 желі ( $2^{21}$ ) 254 хосттар ( $2^8 - 2$ )
Д	224–239	11100000 – 11101111		
Е	240–255	11110000 – 11111111		

Жоғарыда айтылғандай, IP мекенжай кеңістігінде екі деңгейлі иерархия бар, онда әр адрес өзінің 32-биттік құрылымындағы желі адресі мен хост адресінен тұрады. Мұндай жазықтық масштабтылықты бірнеше жолмен нақты шектейді. Мүмкін, ең шегі ретінде мекен-жай кеңістігі барлық желілерді үш әр түрлі, кіші, орта және өте үлкен, көлемдегі желілердің біріне сәйкес келеді деп болжайды.

Ішкі желі маскасы – 32 биттік екілік сан; ішкі желі маскасы құрылымдық жағынан IP-адреске ұқсас. Дегенмен, ішкі желі маскасы маңызды функцияны орындайды: ол ішкі жүйені анықтау үшін IP-мекен-жайдың хост өрісінің қанша биті алынғанын соңғы жүйелерге (жергілікті желідегі маршрутизаторлар мен хосттарды қосқанда) айту үшін қолданылады. Маскадағы желі адресін, сонымен қатар ішкі желі адресін анықтайтын биттер 1-ге орнатылған. Әр ішкі желідегі хост адрестері үшін пайдаланылатын қалған биттер 0-ге теңестірілген [4].

Кеңейтілген желінің префиксі. Қолданыстағы биттер әрдайым хост өрісіндегі ең сол жақ биттер екенін ескеру маңызды. Осылайша, ішкі желі мекен-жайы желі адресімен сандық жағынан сабақтас. Олар бірге желінің кеңейтілген префиксін құрайды. Қалған биттер хост идентификациясы үшін қолданылады. Желі биттерінің өсу деңгейі қажетті ішкі желілер санына және әр ішкі желідегі қажетті хосттар санына байланысты. 2-кестеде префикстің ұзындығы және В санатындағы желілерді қосудың мүмкін жолдары көрсетілген.

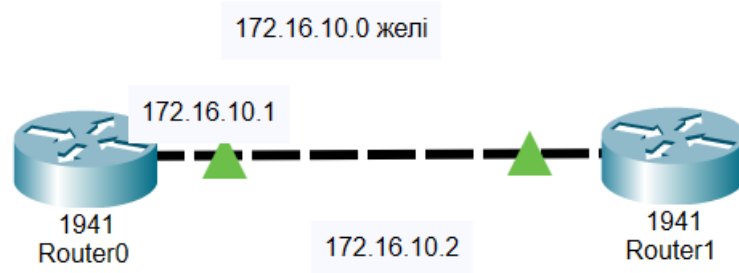
2-кесте – В санатының ішкі желісі

Желі маскасы	Префикс	Ішкі желі биті	Шеткі бит	Ішкі желі	Хосттар
255.255.0.0	/16	0	16	0(1 желі)	65534
255.255.128.0	/17	1	15	2	32766
255.255.192.0	/18	2	14	4	16382
255.255.224.0	/19	3	13	8	8190
255.255.240.0	/20	4	12	16	4094
255.255.248.0	/21	5	11	32	2046
255.255.252.0	/22	6	10	64	1022
255.255.254.0	/23	7	9	128	510
255.255.255.0	/24	8	8	256	254
255.255.255.128	/25	9	7	512	126
255.255.255.192	/26	10	6	1024	62
255.255.255.224	/27	11	5	2048	30
255.255.255.240	/28	12	4	4096	14
255.255.255.248	/29	13	3	8192	6
255.255.255.252	/30	14	2	16384	2

Ауыспалы ұзындықтағы ішкі желі маскарлары. Ішкі желі, жалпы, адрестік кеңістікті тиімді пайдалануды қамтамасыз етуге арналған, бұл санатқа негізделген желілік адрес блоктарын

кіші адрес блоктарына бөлуге мүмкіндік береді. Алғашқыда желіні енгізу тәсілі тиімді болмады. FLSM қалдықтарының және тиімсіздіктің көзі, барлық ішкі желілер үшін бір өлшемді маска болды. FLSM-ді енгізу IP-мекен-жайлар үшін тиімсіз болып табылады, себебі көп мекенжайлар жоғалады [4].

Мысалы, 2-суретте көрсетілгендей, екі маршрутизатор арасындағы сериялық байланыс сөйлесу үшін бірдей желіні бөліседі.



2-сурет– IP мекенжай мысалы

Бұл жерде екі IP нөмір қажет, өкінішке орай әр сериялық интерфейс үшін бір-бірден бөлінеді және сегіз биттік ішкі желі маскасы бар (яғни, 255.255.255.0), сондықтан ішкі желідегі 254 нөмірдің 252 IP-мекен-жайы ысырап болады. Осы дилемманы шешудің бір мүмкіндігі – айнымалы ұзындықты ішкі желі маскаларын (VLSM) пайдалану.

Аты айтып тұрғандай, айнымалы ұзындықтағы ішкі желі маскаларымен әр түрлі ішкі желілерге арналған әр түрлі ішкі желі маскалары бар. Сонымен, 2 суреттегі сериялық сілтеме үшін желінің мекен-жайы 172.16.10.0/30, ішкі желінің маскасы 255.255.255.252 және IP-адрестерді есептеу арқылы осы желіде тек екі хост биті қарастырылатындығын 6-кестеден көруге болады [3].

Сондықтан, бұл ішкі желі маскасы тек екі хост IP-ін береді ( $2^2 - 2 = 2$ ), дәл осы сериялық сілтеме үшін қажет [5].

VLSM желілерін енгізу. VLSM-ді жылдам және тиімді құру үшін және VLSM маскаларын жасау үшін блок өлшемдері мен диаграммалары қалай жұмыс істейтінін түсіну қажет. 3-Кестеде С санаты бар желілермен VLSM құру кезінде қолданылатын блок өлшемдері көрсетілген.

3-кесте –Блок өлшемдері

Префикс	Маска	Хост	Блок өлшемі
/25	128	126	128
/26	192	62	64
/27	224	30	32
/28	240	14	16
/29	248	6	8
/30	252	2	4

Мысалы, егер 25 хосттың ішкі желісі қажет болса, онда ол 32 блок өлшеміне жатады. Сондай-ақ, егер 11 хосттың ішкі желісі қажет болса, онда ол 16 блок өлшеміне жатады. Сонымен қатар, егер 40 хосттың ішкі желісі қажет болса, онда ол 64 блок өлшеміне жатады.

VLSM желісін құрудың келесі қадамы VLSM жұмыс парағын немесе диаграммасын пайдалану болып табылады. Бұл кесте мен диаграмманы қолдану себебім желілердің қабаттасуын болдырмау болып табылады.

Мысалға алатын болсақ, компанияның IP мекен-жайы 222.124.191.0 құрайды және бұл компания 5-суретте көрсетілгендей алты ішкі желі және алты WAN (60, 30, 28, 25, 10, 5 және 2-ден хост / ішкі желі) құрғысы келеді делік. Келесі 4-кестеден VLSM-нің ішкі желілерге бөлінуін көре аласыздар.

4-кесте – VLSM көмегімен ішкі желілерді есептеу

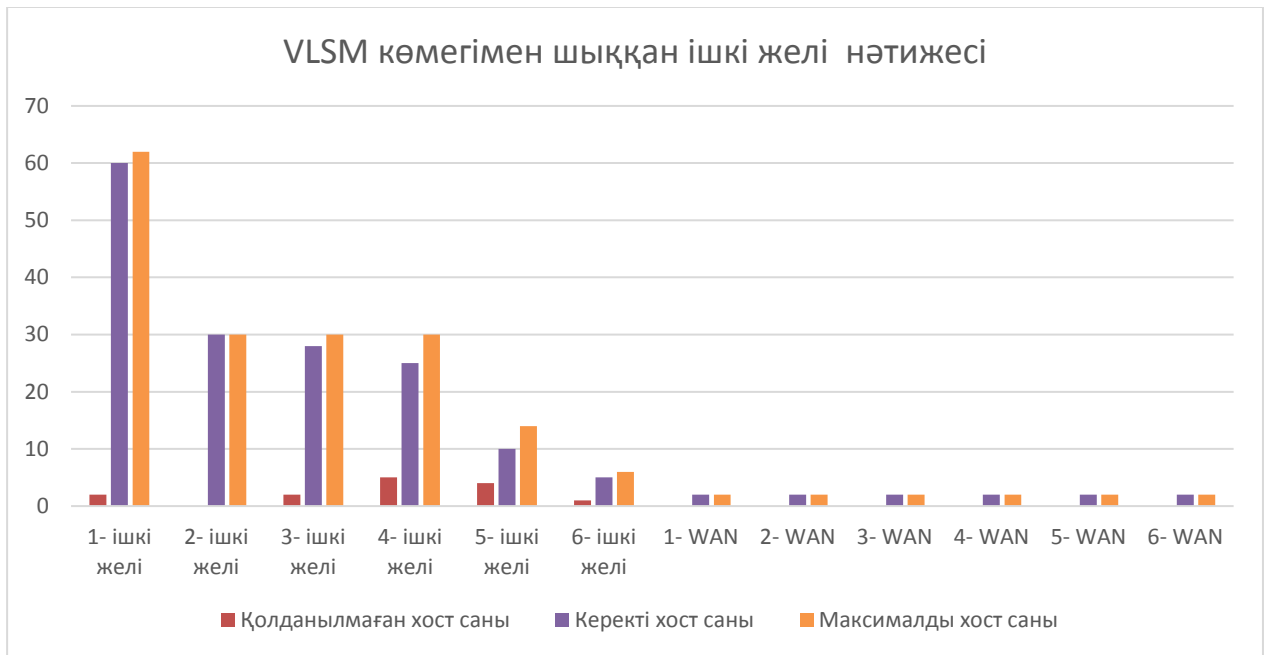
Ішкі желі	Қолданылмаған хост саны	Керекті хост саны	Максималды хост саны
1-желі	2	60	62
2-желі	0	30	30
3-желі	2	28	30
4-желі	5	25	30
5-желі	4	10	14
6-желі	1	5	6
1-WAN	0	2	2
2-WAN	0	2	2
3-WAN	0	2	2
4-WAN	0	2	2
5-WAN	0	2	2
6-WAN	0	2	2

VLSM диаграммасы көмегімен ішкі желілерді елестету. VLSM диаграммасы – бұл ішкі желілер мен адресстердің кішірек өлшемдерге бөлінуін бейнелеу үшін қолданылатын әдіс. Жәшіктерге көлеңке қою немесе бояу арқылы адресстердің қабаттасуынсыз ішкі желілерді оңай бұзуға болады. Әрбір ішкі желідегі ішкі желіні қажетті мөлшерде реттеуге болады [5].

Содан кейін VLSM диаграммасын қолдану арқылы қажетті аймақты көлеңкелендіру арқылы әр ішкі желінің қажетті блок өлшемін дұрыс өлшемге бөлуге болады. Аймақтың көлеңкеленуі оны басқа ішкі желі орналастыруынан сақтайды.

Келесі кесте мен диаграммада FLSM ішкі желілерді бөлу нәтижесін байқауға болады.

Осы зерттеу жағдайындағы қолданбалы мысалда талдау нәтижелері көрсеткендей, VLSM-ді презентация әдісімен қолдану FLSM ішкі желісіне қарағанда 43% тиімді екенін көреміз. Барлық ішкі желілерді таратқаннан кейін, желі 5-суретте көрсетілгендей болады.



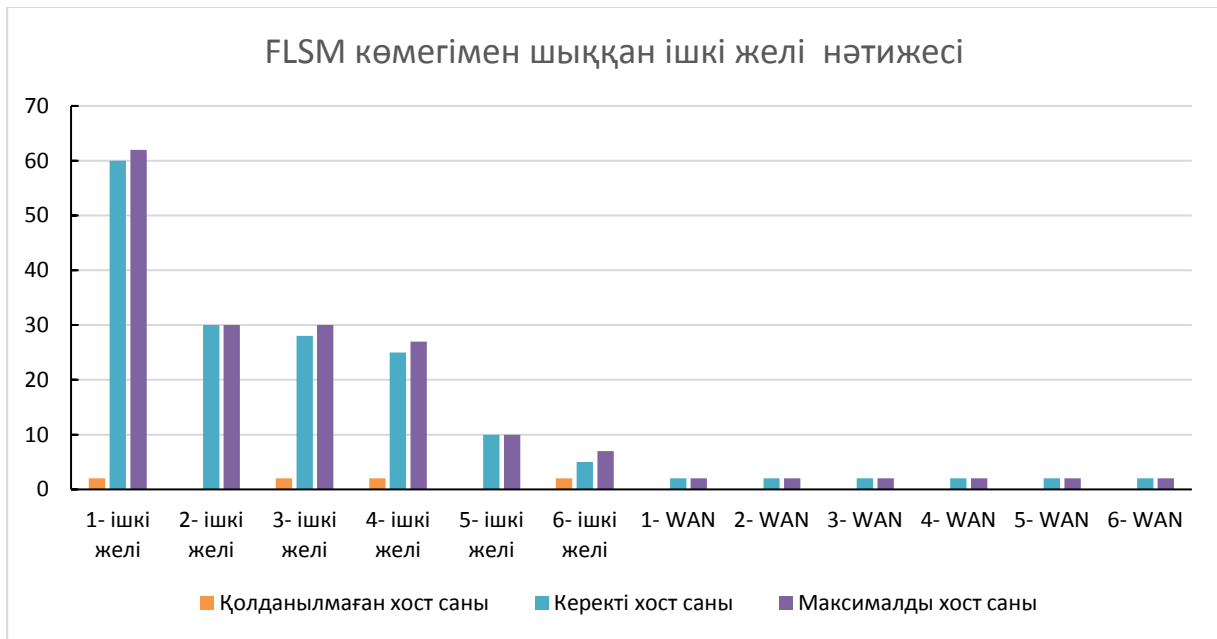
3-сурет – VLSM көмегімен шыққан ішкі желінің анализдік диаграммасы

5-кесте – FLSM көмегімен ішкі желіні есептеу

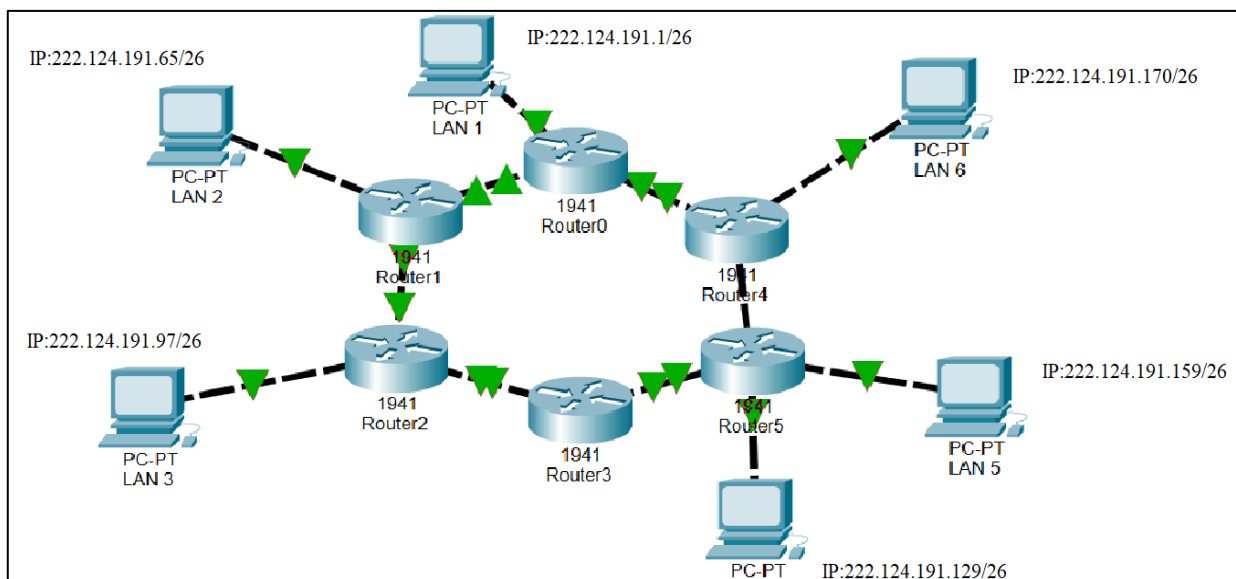
Ішкі желі	Қолданылмаған хост саны	Керекті хост саны	Максималды хост саны
1-желі	2	60	62
2-желі	0	30	30
3-желі	2	28	30
4-желі	2	25	27
5-желі	0	10	10
6-желі	2	5	7
1-WAN	0	2	2
2-WAN	0	2	2
3-WAN	0	2	2
4-WAN	0	2	2
5-WAN	0	2	2
6-WAN	0	2	2

*Қорытынды.* Бұл жұмыста көптеген қорытындылар мен ерекшеліктерді төмендегі нәтижеден байқауға болады:

– Симулятор жазбаларды тексеріп, IP өрістерінде қате сандардың қолданылуына жол бермейді (дұрыс диапазон 0-ден 255-ке дейін).



4-сурет – FLSM көмегімен шыққан ішкі желінің анализдік диаграммасы



5-сурет – Cisco Packet Tracer симуляторында салынған қажетті ішкі желілер сұлбасы

– IP мекенжайын өзгерте отырып, бағдарламалық жасақтама IP санатына сәйкес желілік префикстің диапазонын автоматты түрде өзгертеді (А сыныбы үшін желілік префикстің ауқымы 8-ден 30-ға дейін, В класы үшін 16-дан 30-ға дейін, D класы үшін 24-тен 30-ға дейін).

– Бағдарламалық жасақтама IP-адресстердің рұқсат етілген ауқымынан асып кетуіне байланысты әрбір ішкі желіге қосымша хост қосуға жол бермейді.

– VLSM және FLSM ішкі желі тәсілерін салыстыра отырып, VLSM әдісімен қолданған тиімдірек екенін диаграмма нәтижесі арқылы көрсеттік.

– Соңында Cisco Packet Tracer бағдарламалық жасақтамасында маршрутизаторлар мен ішкі желілерді бөлудің схемасы құрылды.

**References:**

1. Mark A.D., Rick M.D., Antoon W.R. CCNA Exploration Curriculum-Network Fundamentals, Version 4. – Indy.: Cisco Press, 2010. – 312 p.
2. John Albritton: Cisco IOS Essentials, First edition. – Texas: McGraw-Hill Press, 1999. – 263 p.
3. Mark A.D. IP Addressing Fundamentals, First Edition. – Indy.: Cisco Press, 2003. – 281 p.
4. Lammle T.: Cisco Certified Network Associate-Study Guide, Seventh Edition. – Twin: Sybex Press, 2011. – 289 p.
5. Lammle T, Odom S., Wallace K. CCNP Routing Study Guide. – London: Sybex Press, 2001. – 548 p.

*Поступила 8 января 2021 г.*

МРНТИ 49.27.00

УДК 621.395.91:044.738.5.057.4

## EVALUATION OF THE QUALITY OF THE CONTACT CENTER WHEN USING THE IP IVR SYSTEM

**Чезимбаева К.С., Тлеулесова А.А.**

*Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті*

*Алматы, Қазақстан Республикасы*

*e-mail: katira67@yandex.ru, e-mail: tleulessova.altynkul@gmail.com*

*Мақалада IP IVR жүйесін қолдану кезіндегі зерттеу нәтижелері ұсынылады. Екі түрлі типтегі шақырулардың  $\omega=0,5; 0,7; 0,9$  аралас тәртіп кезінде шақыруларға қызмет көрсету сипаттамаларын есептеу нәтижелері келтіріледі. Есептеулер үшін телетрафик теориясының қызмет көрсетудің аралас жүйесіне арналған формулалары қолданылады. Сонымен қатар аралас қызмет көрсету тәртібін қолданудың байланыс орталығының шақыруларға қызмет көрсету сапасына әсер ету дәрежесіне баға беріледі. Шақырулардың жоғалу ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелді екенін көрсетілген және олардың тәуелділік графиктері келтірілген. Алынған нәтижелер кіріс қоңырауларға қызмет көрсетудің аралас тәртібі қызмет көрсетуден бас тарту ықтималдығына әсер ететіндігін көрсетеді. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып жалпылама қорытынды беріледі.*

**Түйінді сөздер:** *IP, IVR, қызмет көрсету сапасы, шақырулардың қарқындылығы, күту уақыты, шақырулардың келіп түсу ықтималдығы, телетрафик теориясы.*

*В статье представлены результаты исследования использования IP IVR. Два разных типов звонков; 0,5; 0,7. Приведены результаты расчета характеристик обслуживания вызовов в комбинированном режиме 0,9. Для расчетов используются формулы теории телетрафика для комбинированной системы услуг. Он также оценивает степень, в которой использование смешанного режима обслуживания влияет на качество связи центра обработки вызовов. Показано, что вероятность потери звонков зависит от входящей нагрузки, и приведены графики их зависимости. Результаты показывают, что смешанный режим обслуживания входящих вызовов влияет на вероятность отказа в обслуживании. По результатам исследования делается общий вывод.*

**Ключевые слова:** *IP, IVR, качество обслуживания, интенсивность звонков, время ожидания, вероятность прихода звонков, теория телетрафика.*

*The article presents the results of a study on the use of IP IVR. Two different types of calls; 0.5; 0.7. The results of calculating the characteristics of call service in the combined mode 0.9 are presented. The formulas of teletraffic theory for the combined system of services are used for calculations. It also assesses the extent to which the use of mixed service mode affects the call center communication quality. It is shown that the probability of losing calls depends on the incoming load, and graphs of their dependence are given. The results show that the mixed mode of service of incoming calls affects the probability of denial of service. A general conclusion is drawn from the results of the study.*

**Keywords:** *IP, IVR, quality of service, intensity of calls, waiting time, probability of incoming calls, theory of teletraffic.*

IP IVR бағдарламалық жүйесі -абоненттермен дербес әрекеттесу арқылы қоңырауларды өңдеуді автоматтандыратын мультимедиялық (дауыс, деректер, Интернет) интерактивті дауыстық жауап шешімі.IVR интерактивті дауыстық мәзір жүйесі абоненттің тілектерін автоматты режимде нақтылау үшін қолданылады. IVR міндеті операторды сөйлесуге дайындау және осы сөйлесуге кететін уақытты қысқарту үшін қоңырау шалушыдан барынша көбірек ақпарат алу. Интерактивті дауыстық мәзір жүйесін есепке ала отырып, қоңырауға қызмет көрсететін байланыс орталығының жұмыс сипаттамасын есептейік. Келіп түсетін шақырулардың екі типі бар деп есептейміз. Егер келіп түскен сәтте барлық операторлар бос емес болса, бірден жүйеден кететін төзімсіз клиенттер шақырудың бір түрі. Екіншісі, керісінше, оператор босағанша өз кезегін күте алады.Мысалы, интерактивті дауыстық мәзірге күту арқылы қызмет көрсетілетін қоңыраулардың бір бөлігі келіп түседі. Қалған шақыруларға қызмет көрсетуден бас тарту режимінде қызмет көрсетіледі. Байланыс орталығының жұмысын аралас қызмет көрсету тәртібі бар жүйе ретінде қарастырамыз. Бұл ЖҚКЖ ерекшелігі-бұл:

- бірінші типтегі сұраныстар өз кезегін күте алады;
- екінші түрдегі сұраныстар, барлық құралдардың бос еместігін көріп, жүйеден кетіп, жоғалады.

Екі ағын да  $V$  операторлардан толық қатынайтын жүйемен қызмет көрсетіледі. 1-ші ағынның шақырулары  $\lambda_1$  қарқындылығы бар Пуассон Заңы бойынша келіп түседі.Олар бастапқы қызмет көрсету үшін IVR жүйесіне жіберілетін шақырулардың түсу процесін модельдейді,сондықтан күту моделі шеңберінде қызмет көрсетіледі. Қызмет көрсетуден бас тартқан жағдайда қоңырау кезекке тұрады.

Есептеулерді жеңілдету мақсатында күту орындарының саны шектелмеген деп есептейміз. 2-ші ағынның шақырулары да Пуассон Заңы бойынша  $\lambda_2$  қарқындылығымен келіп түседі. Олар байланыс орталығының операторларына жіберілетін шақырулардың түсу процесін модельдейді,сондықтан шығыны бар модельдер шеңберінде қызмет көрсетіледі. Қызмет көрсетуден бас тартқан жағдайда, шақыру бас тарту алады және жаңартылмайды. 1-ші және 2-ші ағындардың шақыруына қызмет көрсету уақыты  $\mu$  тең параметрімен экспоненциалды үлестірімге ие. Тұрғызылған модель екі өлшемді Марковтік үрдіспен сипатталады. Есептік формулалар тепе-теңдік теңдеулер жүйесін түрлендіруден алынған.

Есептеулер үшін телетрафик теориясының қызмет көрсетудің аралас жүйесіне арналған формулаларын аламыз [1, 2].

Барлық операторлар қызмет көрсетуден бос болуының ықтималдығы:

$$P_0 = \frac{V - \alpha_1}{[V - \alpha_1 + \alpha_1 E_v(\alpha_1 + \alpha_2)] N_v(\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (1)$$

мұндағы  $\alpha_1 = \lambda_1 / \mu$  және  $\alpha_2 = \lambda_2 / \mu$  – бірінші және екінші типті жүктеменің қарқындылығы.

$$N_v(\alpha_1 + \alpha_2) = \sum_{k=0}^v \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)^k}{k!}$$

$$E_v(\alpha_1 + \alpha_2) = \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)^V}{V!} N_v(\alpha_1 + \alpha_2) \text{ – Эрлангтің I формуласы.}$$

Шақырудың жоғалу ықтималдығы былай анықталады:

$$P_{\text{жоғ}} = \sum_{k=0}^{\infty} P_k = \frac{VE_v(\alpha_1 + \alpha_2)}{V - \alpha_1 + \alpha_2 E_v(\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (2)$$

мұндағы k операторлардың қызмет көрсетумен айналысатын жай-күй ықтималдығы  $0 < k < V$  шартымен анықталады:

$$P_k = \frac{V - \alpha_1}{V - \alpha_1 + \alpha_2 E_v(\alpha_1 + \alpha_2)} \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)^k}{k!} \sum_{k=0}^V \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)^k}{k!} \quad (3)$$

Және k операторлардың  $k > V$  шартымен берілген сұраныстарға қызмет көрсетумен айналысатын жай-күй ықтималдығы мына өрнекпен анықталады:

$$P_k = \frac{(V - \alpha_1) E_v(\alpha_1 + \alpha_2)}{V - \alpha_1 + \alpha_2 E_v(\alpha_1 + \alpha_2)} \left( \frac{\alpha_1}{V} \right)^{k-V} \quad (4)$$

бірінші типтегі сұранысты күту уақыты t уақытынан артық болуы ықтималдығы өрнегімен анықталады:

$$P(> t) = P_{\text{күт}} e^{-(V - \alpha_1)\mu t} \quad (5)$$

бірінші үлгідегі талаптардың орташа күту уақыты:

$$T_{\text{күт}} = \frac{P_{\text{күт}}}{\mu(V - \alpha_1)} \quad (6)$$

P және P(>t) шамаларын есептеу формулаларын IVR технологиялық тордың интерактивті жүйесінде алдын ала бағдарлауды өткен телефон шақыруларына қызмет көрсету сапасының көрсеткіштерін бағалау үшін пайдалану ұсынылады. Практикалық қызығушылық аралас тәртіптің телефон шақыруларына қызмет көрсету сапасына әсер ету дәрежесін зерттеу болып табылады. Келесі белгілеулерді енгіземіз:

$$A = (\alpha_1 + \alpha_2) \text{ – жүктеменің қорытқы қарқындылығы;}$$

$\omega = \alpha_1 / A$  – күтумен қызмет көрсетілетін шақырулардың үлесін сипаттайтын коэффициент.

IVR жүйесі  $\lambda_1$  және  $\lambda_2$  шақырулар ағынының қарқындылығын реттеу үшін орнатылуы мүмкін.

Бірінші және екінші түрдегі сұраныстар  $\mu=40$  шақыру/сағ. қарқындылығымен бірдей қызмет көрсетіледі деп болжанып отыр,  $t_0=20$ с клиенттердің күту уақыты  $t_0$ -ден артық болуы ықтималдығын есептеу үшін.  $\omega=0,5; 0,7; 0,9$  кезінде аралас тәртіп кезінде шақыруларға қызмет көрсету сипаттамаларын есептеу нәтижелері 1, 2, 3, 4, 5, 6. кестелерінде берілген.

1–кесте –  $V=8$  және  $\omega=0,5$  кезіндегі есептеулер

A (Эрл)	$\alpha_1$ (Эрл)	$\alpha_2$ (Эрл)	$E_V(\alpha_1 + \alpha_2)$	$P_{\text{жог}}$	$T_{\text{күт}}(\text{с})$	$P(>t)$
3	1,5	1,5	0,008132	0,01	0,14	0,002
5	2,5	2,5	0,07	0,10	1,64	0,030
7	3,5	3,5	0,178822	0,28	5,60	0,100
8	4,0	4,0	0,23557	0,38	8,50	0,160
9	4,5	4,5	0,289158	0,48	12,34	0,220
11	5,5	5,5	0,382756	0,66	23,76	0,380
14	7,0	7,0	0,490459	0,89	80,00	0,710
15	7,5	7,5	0,519256	0,95	171,00	0,850

2 – кесте.  $V=8$  және  $\omega=0,7$  кезіндегі есептеулер

A (Эрл)	$\alpha_1$ (Эрл)	$\alpha_2$ (Эрл)	$E_V(\alpha_1 + \alpha_2)$	$P_{\text{жог}}$	$T_{\text{күт}}(\text{с})$	$P(>t)$
3	2,1	9	0,008132	0,011	0,17	0,003
5	3,5	1,5	0,070000	0,12	2,4	0,044
7	4,9	2,1	0,178822	0,36	10,45	0,18
8	5,6	2,4	0,23557	0,51	19	0,3
9	6,3	2,7	0,289158	0,66	35	0,45
10	7	3	0,338318	0,8	72	0,64
11	7,7	3,3	0,382756	0,94	282	0,88

3–кесте –  $V=8$  және  $\omega=0,9$  кезіндегі есептеулер

A (Эрл)	$\alpha_1$ (Эрл)	$\alpha_2$ (Эрл)	$E_V(\alpha_1 + \alpha_2)$	$P_{\text{жог}}$	$T_{\text{күт}}(\text{с})$	$P(>t)$
3	2,7	0,3	0,008132	0,012	0,2	0,001
4	3,6	0,4	0,03042	0,054	1,1	0,02
5	4,5	0,5	0,07	0,15	3,86	0,07
6	5,4	0,6	0,121876	0,3	10,38	0,17
7	6,3	0,7	0,178822	0,51	27	0,35
8	7,2	0,8	0,23557	0,76	85,5	0,64

4–кесте –  $V=16$  және  $\omega=0,5$  кезіндегі есептеулер

A (Эрл)	$\alpha_1$ (Эрл)	$\alpha_2$ (Эрл)	$EV(\alpha_1 + \alpha_2)$	Ржоғ	Ткүт(с)	$P(>t)$
8	4	4	0,00453	0,0060	0,05	0,0004
9	4,5	4,5	0,011052	0,0153	0,12	0,0012
10	5	5	0,022302	0,0321	0,26	0,0028
11	5,5	5,5	0,038852	0,0580	0,50	0,0056
12	6	6	0,06	0,0927	0,83	0,0100
13	6,5	6,5	0,086	0,1368	1,30	0,0166
14	7	7	0,11	0,1801	1,80	0,0244
15	7,5	7,5	0,1446	0,2414	2,56	0,0365
16	8	8	0,175308	0,2983	3,36	0,0504
17	8,5	8,5	0,205852	0,3561	4,27	0,0673
18	9	9	0,235695	0,4131	5,32	0,0873
19	9,5	9,5	0,26449	0,4695	6,50	0,1108
20	10	10	0,292033	0,5238	7,86	0,1381
21	10,5	10,5	0,318224	0,5759	9,42	0,1696
22	11	11	0,34303	0,6256	11,26	0,2059
23	11,5	11,5	0,366466	0,6728	13,46	0,2475
24	12	12	0,388576	0,7177	16,15	0,2950
25	12,5	12,5	0,40942	0,7601	19,55	0,3492
26	13	13	0,429066	0,8003	24,01	0,4109
27	13,5	13,5	0,447589	0,8383	30,18	0,4810
28	14	14	0,46506	0,8743	39,34	0,5606
29	14,5	14,5	0,481551	0,9083	54,50	0,6508
30	15	15	0,497129	0,9405	84,65	0,7531
31	15,5	15,5	0,511859	0,9711	174,79	0,8689

5–кесте –  $V=16$  және  $\omega=0,7$  кезіндегі есептеулер

A (Эрл)	$\alpha_1$ (Эрл)	$\alpha_2$ (Эрл)	$EV(\alpha_1 + \alpha_2)$	Ржоғ	Ткүт(с)	$P(>t)$
8	5,6	2,4	0,00453	0,0070	0,06	0,0007
9	6,3	2,7	0,011052	0,0181	0,17	0,0021
10	7	3	0,022302	0,0390	0,39	0,0053
11	7,7	3,3	0,038852	0,0723	0,78	0,0114
12	8,4	3,6	0,06	0,1185	1,40	0,0219

13	9,1	3,9	0,086	0,1791	2,34	0,0387
14	9,8	4,2	0,110000	0,2418	3,51	0,0610
15	10,5	4,5	0,144600	0,3297	5,39	0,0971
16	11,2	4,8	0,175308	0,4147	7,78	0,1427
17	11,9	5,1	0,205852	0,5029	11,04	0,2022
18	12,6	5,4	0,235695	0,5920	15,67	0,2781
19	13,3	5,7	0,26449	0,6806	22,69	0,3735
20	14,0	6	0,292033	0,7674	34,53	0,4921
21	14,7	6,3	0,318224	0,8517	58,97	0,6380
22	15,4	6,6	0,340300	0,9330	139,95	0,8165

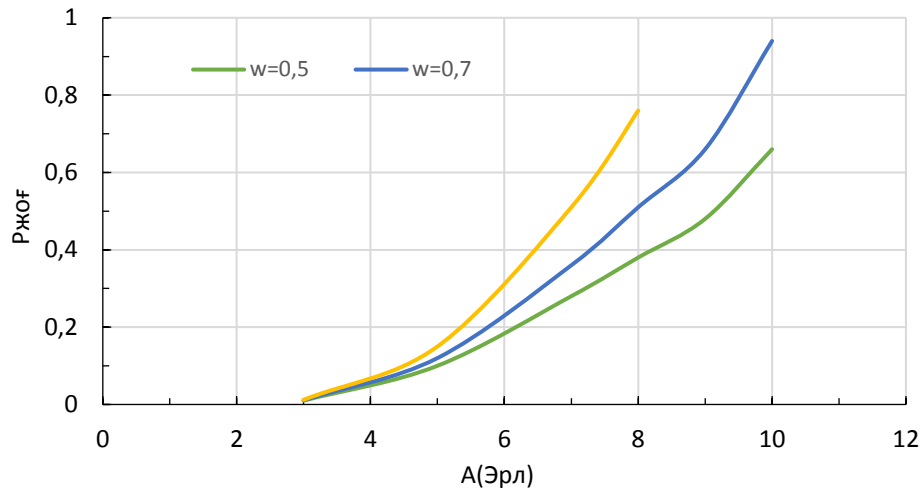
6 – кесте –  $V=16$  және  $\omega=0,9$  кезіндегі есептеулер

A (Эрл)	$\alpha_1$ (Эрл)	$\alpha_2$ (Эрл)	$E_V(\alpha_1 + \alpha_2)$	$P_{\text{жог}}$	$T_{\text{күт}}(с)$	$P(>t)$
8	7,2	0,8	0,00453	0,0082	0,08	0,0012
9	8,1	0,9	0,011052	0,0221	0,25	0,0038
10	9,0	1,0	0,022302	0,0496	0,64	0,0105
11	9,9	1,1	0,038852	0,0959	1,41	0,0247
12	10,8	1,2	0,060000	0,1642	2,84	0,0517
13	11,7	1,3	0,086000	0,2593	5,43	0,0997
14	12,6	1,4	0,110000	0,3677	9,73	0,1727
15	13,5	1,5	0,144600	0,5197	18,71	0,2982
16	14,4	1,6	0,175308	0,6801	38,25	0,4766
17	15,3	1,7	0,205852	0,8556	110,00	0,7323

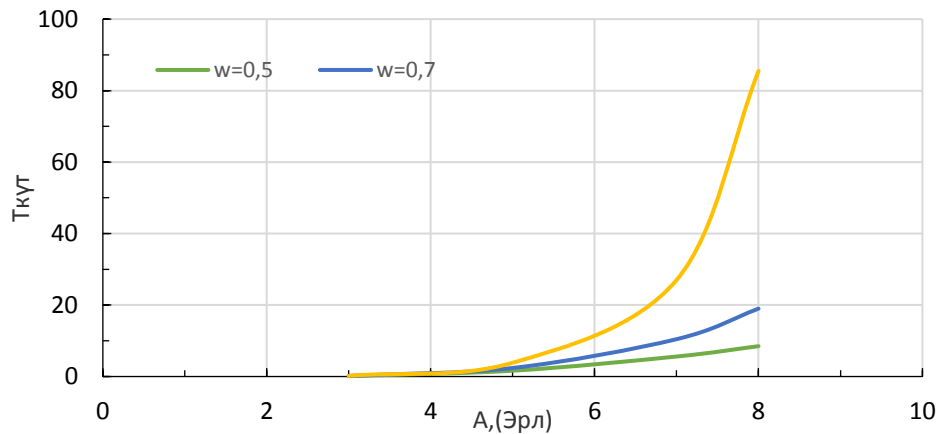
1–суреттен көріп тұрғанымыздай екінші типтегі шақырулардың жоғалу ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділік графигі берілген ( $V=8$  оператор кезінде). Келіп түскен жүктеме артқан сайын олардың жоғалу ықтималдығы экспоненциалды түрде артып жатыр. Ең көп жоғалуға бейім кез ол  $\omega=0,7$  болғанда, ал  $\omega=0,9$  және  $\omega=0,5$  болғанда шамамен бірдей мәнге ие екенін тұрғызылған графиктен байқаймыз.

2–суретте бірінші типтегі шақырулардың орташа күту уақытының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі графигі тұрғызылған ( $V=8$  оператор кезінде). Графикке қарап жүктеме артқан сайын кезекте шақырулардың күту уақытының пропорционалды түрде артып бара жатқанын айта аламыз. Талдау нәтижесінде 8 операторы бар байланыс орталығы үшін  $\omega=0,9$  болғанда қолайлы екенін байқаймыз, себебі күту уақыты артқанымен де шақырулар кезекті тастап кетпейді, төзімдірек болады.

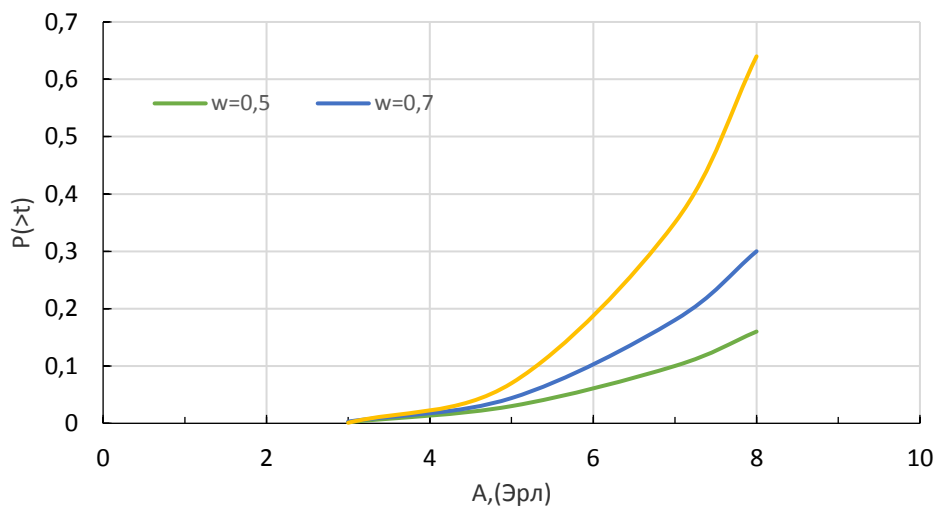
3–суретте  $P(>t)$  ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділік графигі тұрғызылған ( $V=8$  оператор кезінде). Алдыңғы графиктердегідей жүктеме артқан сайын  $P(>t)$  ықтималдығы да артатынын көреміз. Бұл графиктен байқайтынымыз  $P(>t)$  ықтималдығы бойынша ең қолайлысы  $\omega=0,9$  болғанда.



1–сурет – Екінші типтегі шақырулардың жоғалу ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі (V=8 кезінде)

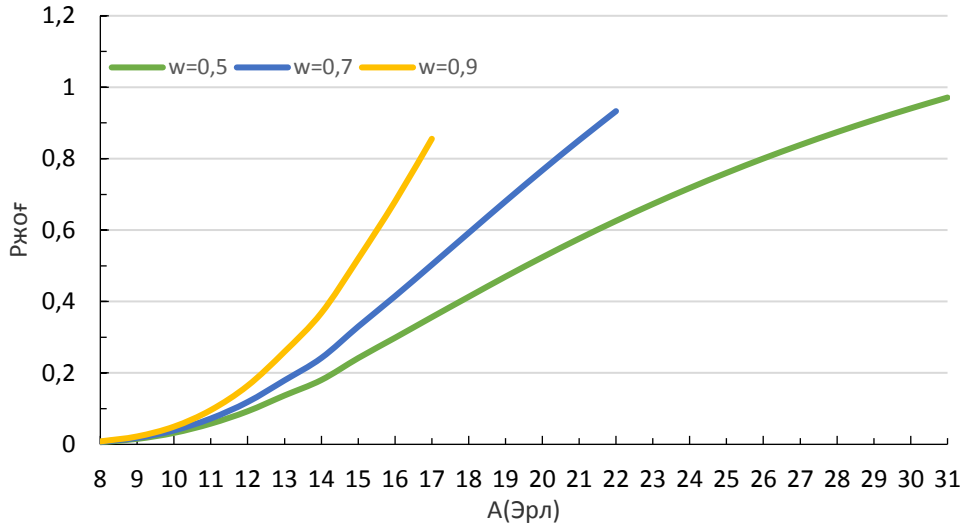


2 – сурет – Бірінші типтегі шақырулардың орташа күту уақытының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі (V=8 кезінде)



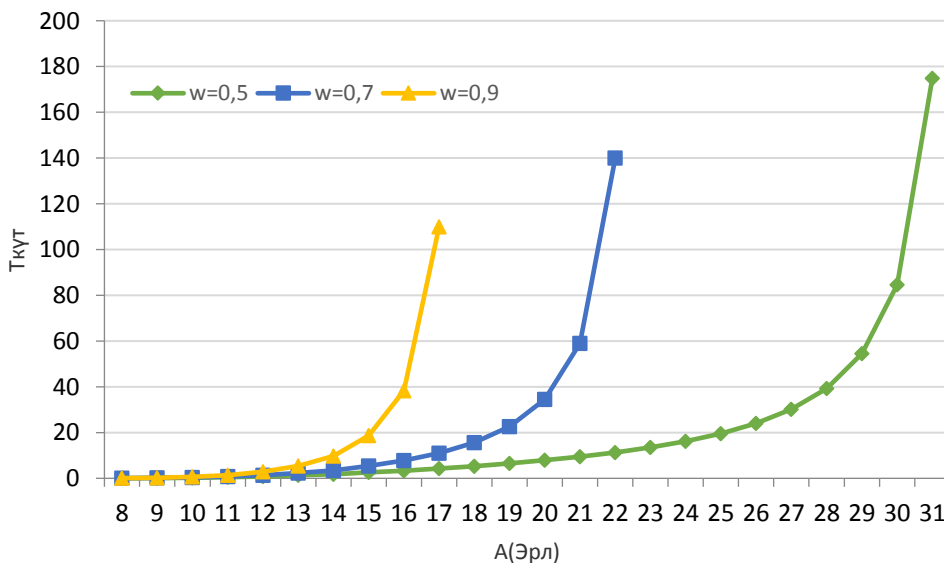
3–сурет –  $P(>t)$  ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі (V=8 кезінде)

4–суреттен көріп тұрғанымыздай екінші типтегі шақырулардың жоғалу ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділік графигі берілген ( $V=16$  оператор кезінде). Келіп түскен жүктеме артқан сайын олардың жоғалу ықтималдығы экспоненциалды түрде артып жатыр. Ең көп жоғалуға бейім кез ол  $\omega=0,5$  болғанда, ал керісінше  $\omega=0,9$  болғанда ең аз мәнге ие екенін тұрғызылған графиктен байқаймыз.



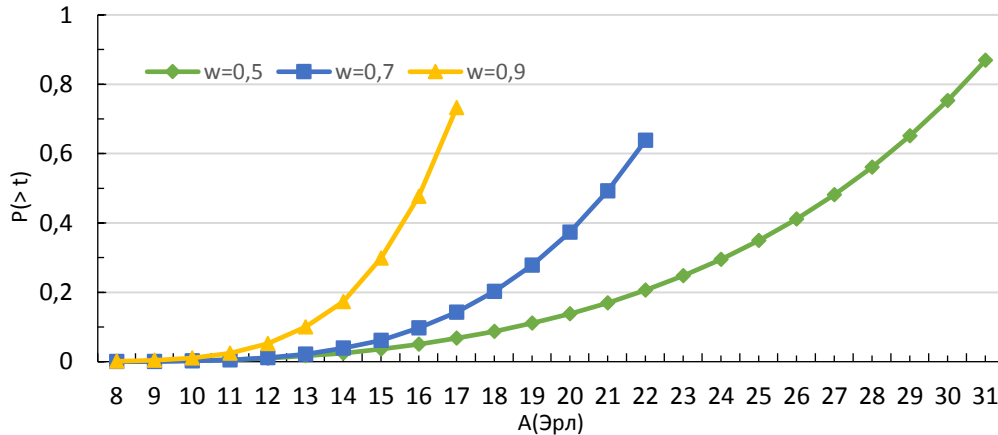
4–сурет – Екінші типтегі шақырулардың жоғалу ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі ( $V=16$  кезінде)

5–суреттен көретіндеріңіз бірінші типтегі шақырулардың орташа күту уақытының келіп түскен жүктемеге тәуелділігінің графигі. Бұл көріністен көріп тұрғанымыздай берілген қисықтар экспоненциалды түрде артып жатыр, яғни жүктеме көбейген сайын кезекте күту уақыты да арта түседі. Ең көп уақыты  $\omega=0,5$  болғанда. Ал байланыс орталығының жұмысына ең тиімдісі  $\omega=0,9$ -ға сәйкес келеді.



5–сурет – Бірінші типтегі шақырулардың орташа күту уақытының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі ( $V=16$  кезінде)

Ал төмендегі 6–суреттен көретіндеріңіз  $P(>t)$  ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі ( $V=16$  кезінде). Яғни бұл жерде  $t=40$ с нормаланған күту уақытынан асып кету ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі жайлы айтылады. Талдау нәтижесі бойынша ең тиімдісі  $\omega=0,7$  болғандағы қисық.



6–сурет –  $P(>t)$  ықтималдығының келіп түскен жүктемеге тәуелділігі ( $V=16$  кезінде)

*Қорытынды.* Кіріс қоңырауларға қызмет көрсетудің аралас тәртібі қызмет көрсетуден бас тарту ықтималдығына әсер етеді. Алынған нәтиже аралас қызмет көрсету тәртібінің байланыс орталығының шақыруларға қызмет көрсету сапасына әсер ету дәрежесіне баға береді. Қоңыраудың бірінші түрінің орташа күту уақыты  $\omega$  коэффициенті өзгерген кезде күрт артады. Орташа уақыт бұл жағдайда  $T_{\text{күт}}$  8,5 с-тан ( $\omega=0,5$ ) 85,5 с-қа ( $\omega=0,9$ ) дейін өседі, яғни  $A=8$  Эрл және  $V=8$  болғанда  $T_{\text{күт}}$  10 есеге дейін артқанын байқаймыз.

**Әдебиет:**

1. Теория телетрафика: Учебник для ВУЗов / Ю.Н. Корнышев, А.П. Пшеничников, А.Д. Харкевич. – М.: Радио и связь, 1996. – 272 с.
2. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложение. – СПб:БХВ-Петербург, 2005. – 288с.
3. Описание продукта IP Call-центр. – Технические материалы фирмы Nauman. – 2007. – 23с. – <https://www.naumen.ru/>
4. Левин Г. Измеряем качество работы контакт-центра // Сети и системы связи. – 2007. – №9. – С.20–26.
5. <https://www.cisco.com/>

**References:**

1. Teorija teletrafika: Uchebnik dlja VUZov / Ju.N. Kornyshev, A.P. Pshenichnikov, A.D. Harkevich. – М.: Radio i svjaz', 1996. – 272 s.
2. Krylov V.V., Samohvalova S.S. Teorija teletrafika i ee prilozhenie. – SPb: BHV-Peterburg, 2005. – 288s.
3. Opisanie produkta IP Call-centr. – Tehnicheskie materialy firmy Nauman. – 2007. – 23с. – <https://www.naumen.ru/>
4. Levin G. Izmerjaem kachestvo raboty kontakt-centra // Seti i sistemy svjazi. – 2007. – №9. – S.20–26.
5. <https://www.cisco.com/>

Поступила 22 января 2021 г.

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЯ

МРНТИ 34.25;34.45;76.31.35

УДК 616.98-036-07-08:578.834.11:615.31

### **СТРУКТУРА, МЕХАНИЗМ ПАТОГЕНЕЗА, КЛИНИЧЕСКАЯ КАРТИНА КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ SARS-COV-2 И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРЕПАРАТОВ**

**Бактыбаева Л.К.<sup>1</sup>, Тен А.Ю.<sup>2</sup>, Умбетьярова Л.Б.<sup>1</sup>, Даулет Г.Д.<sup>1</sup>, Бактыбаева А.М.<sup>1</sup>,  
Пралиев К.Д.<sup>2</sup>, Ю В.К.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Казахский национальный университет им. аль-Фараби*

<sup>2</sup> *Институт химических наук им. А.Б. Бектурова*

*Алматы, Республика Казахстан*

*e-mail: ten-assel@mail.ru, yu\_vk@mail.ru*

*В статье на основании литературных источников представлены данные о структуре, механизме патогенеза и клинической картине коронавирусной инфекции, связанной с вирусом SARS-CoV-2. Вирус стремительно распространился в 194 странах. По определению Всемирной организации здравоохранения он вызвал пандемию. Рассмотрен механизм проникновения, вирусной репликации и упаковки вирусной РНК COVID-19 в клетке человека. Обсуждается возможность использования противовирусных препаратов, применяемых при лечении вируса Эбола, против COVID-19. Приведены результаты некоторых актуальных исследований по лечению коронавирусной инфекции сочетанием различных одобренных FDA противовирусных средств. Представлены химические структуры некоторых препаратов, применяемых в клинической практике терапии коронавирусной инфекции.*

**Ключевые слова:** *Коронавирусная инфекция SARS-COV-2, патогенез, геном коронавируса, терапия коронавирусной инфекции, препараты ВИЧ-1 (ингибиторы протеазы), противовирусные, противомалярийные лекарства.*

*Мақалада әдебиет көздеріне сүйене отырып, SARS-CoV-2 вирусымен байланысты коронавирустық инфекцияның құрылымы, патогенезінің механизмі және клиникалық көрінісі туралы мәліметтер келтірілген. Вирус 194 елде тез таралды. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы анықтағандай, бұл пандемия тудырды. Адам жасушасында вирустық РНК COVID-19 ену, вирустық репликация және орау механизмі қарастырылған. Эбола вирусын емдеуде қолданылатын вирусқа қарсы препараттарды COVID-19-қа қарсы қолдану мүмкіндігі талқылануда. Коронавирустық инфекцияны әр түрлі FDA мақұлдаған вирусқа қарсы агенттердің тіркесімімен емдеу бойынша кейбір тиісті зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Коронавирустық инфекцияны емдеу үшін клиникалық тәжірибеде қолданылатын кейбір дәрілердің химиялық құрылымдары келтірілген.*

**Түйінді сөздер:** *SARS-COV-2 коронавирустық инфекциясы, патогенез, коронавирустық геном, коронавирустық инфекцияға қарсы терапия, ВИЧ-1 препараттары (протеаза ингибиторлары), вирусқа қарсы, безгекке қарсы дәрілер.*

*Based on literature sources there are presented the data on the structure, mechanism of pathogenesis and clinical presentation of coronavirus infection associated with the SARS-CoV-2 virus. The virus has spread*

*rapidly in 194 countries. As defined by the World Health Organization, it caused a pandemic. The mechanism of penetration, viral replication and packaging of viral RNA COVID-19 in a human cell is considered. The possibility of using antiviral drugs used in the treatment of the Ebola virus against COVID-19 is being discussed. The results of some relevant research on the treatment of coronavirus infection with a combination of various FDA approved antiviral agents are presented. The chemical structures of some drugs used in clinical practice for the treatment of coronavirus infection are presented.*

**Keywords:** SARS-COV-2 coronavirus infection, pathogenesis, coronavirus genome, therapy for coronavirus infection, HIV-1 drugs (protease inhibitors), antiviral, antimalarial drugs.

В 2019 году в Китае был выявлен новый вирус, получивший официальное обозначение как тяжелый острый респираторный синдром коронавируса 2 (SARS-CoV-2 или COVID-19). 11 Марта 2020 года Всемирная организация здравоохранения охарактеризовала COVID-19 как пандемическое заболевание [1]. Сейчас COVID-19 стремительно распространился в 194 странах Европы, Северной Америки, Азии, Ближнего Востока, Африки и Латинской Америки [2]. До сих пор нет лекарств, которые бы были эффективны при лечении людей от данного заболевания. В настоящий момент борьба с COVID-19 отнесена к проблеме глобального масштаба.

Коронавирусная инфекция распространяется при вдыхании или проглатывании вирусных капель, через слизистые поверхности глаз, через микротравмы на коже человека. Геном коронавируса, который представлен на рисунке 1, состоит из 30000 нуклеотидов. Он кодирует четыре структурных белка: нуклеокапсидный (N) белок, мембранный (M) белок, шип (S) белок, белок оболочки (E) и несколько неструктурных белков (nsp). Капсид – это белковая оболочка, внутри капсида находится N-белок, который связан с вирусной одноцепочечной РНК, что позволяет вирусу захватывать человеческие клетки и превращать в вирусные фабрики. N-белок покрывает вирусный геном РНК, который играет жизненно важную роль в его репликации и транскрипции. N-концевая часть N-белка является обязательной для процесса вирусной репликации и транскрипции. Это одно из важных открытий для разработки эффективного таргетного лекарственного вещества со способностью предотвращать контакт между N-концом N-белка и единственной положительной цепью РНК, которая может остановить репликацию и транскрипцию вируса. Sarma et al. (2020) сообщили, что два важных класса препаратов - теофиллин и пиримидон, являются возможными ингибиторами связывания РНК с N-концевым доменом N-белка коронавируса [3].

Одноцепочечные РНК-геномы COVID-19 кодируют два больших гена, гены ORF1a и ORF1b, которые кодируют 16 неструктурных белков (nsp1–nsp16). Структурные гены кодируют структурные белки, спайк (S), оболочку (E), мембрану (M) и нуклеокапсид (N). Вспомогательные гены обозначены зеленым цветом (Рисунок 1). Белок S состоит из субъединиц S1 и S2. Участки расщепления S1/S2 выделены пунктирными линиями. В S-белке показаны: домен цитоплазмы (CP); слитый пептид (FP); гептадный повтор (HR); рецептор-связывающий домен (RBD); сигнальный пептид (SP); трансмембранный домен (TM). Поверхностные белки вируса - спайк, оболочки и мембраны - встроены в липидный бислой мембраны. Одноцепочечная положительная вирусная РНК связана с белком нуклеокапсида.

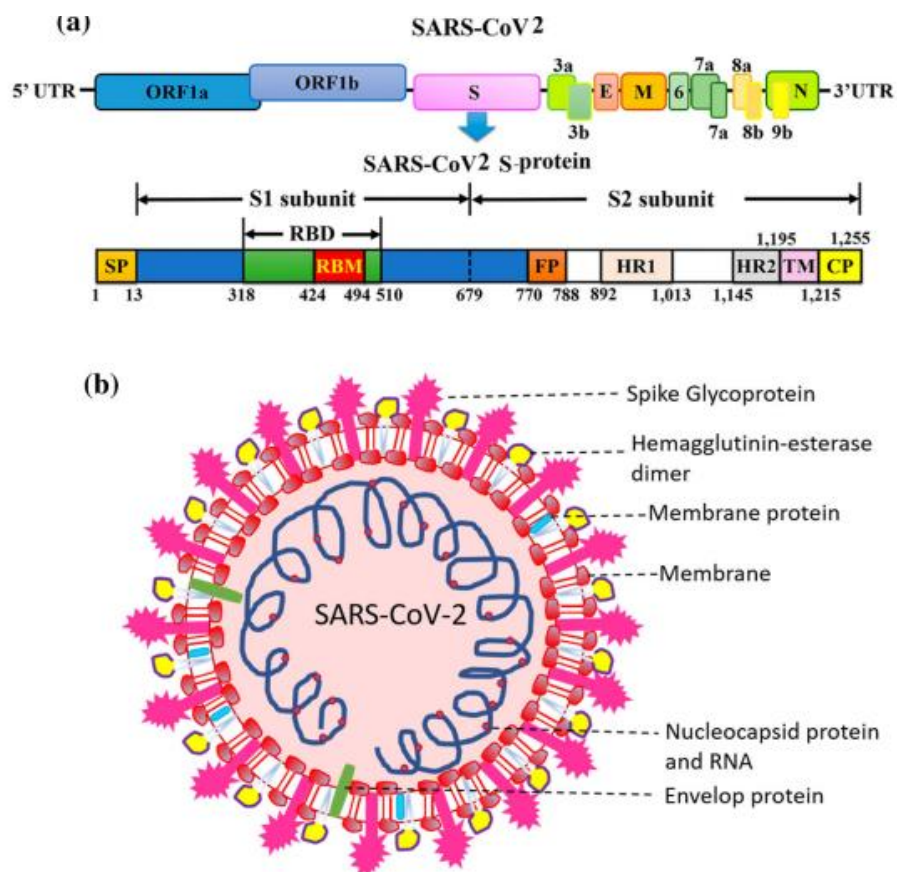
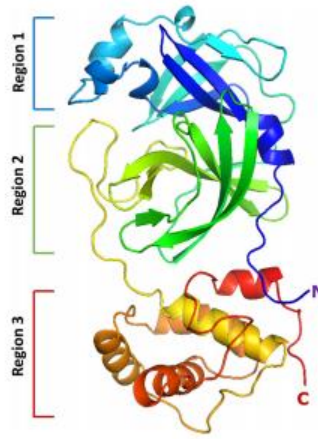


Рисунок 1 – Схематическое представление организации генома и функциональных доменов белка S в вирусе COVID-19

M-белок наиболее распространен на поверхности вируса, и считается, что он является центральным организатором сборки коронавируса. S-белок интегрирован над поверхностью вируса, он опосредует прикрепление вируса к рецепторам поверхности клетки-хозяина и слияние между вирусной и клеточной мембранами хозяина и нужен для облегчения проникновения вируса в клетку-хозяина [4]. S-белок коронавируса по своей структуре имитирует ангиотензинпревращающий фермент 2 (АПФ2). Именно благодаря S-белку вирус способен проникать во все клетки организма, которые имеют рецепторы к АПФ2 ферменту. E-белок представляет собой небольшой мембранный белок, состоящий из 76-109 аминокислот и второстепенного компонента вирусной частицы, который играет важную роль в сборке вируса, проницаемости мембраны клетки-хозяина и во взаимодействии вируса с клетками хозяина [5]. Липидная оболочка инкапсулирует генетический материал. Димер гемагглютинина-эстеразы (HE) расположен на поверхности вируса. Данный белок не может быть вовлечен в процесс проникновения вируса, не требуется для репликации, но, по-видимому, важен для инфицирования клетки-хозяина [6]. Крио-ЭМ эксперименты показали полную структуру спайк (S) белка в закрытом [pdbid: 6VXX] и открытом (перфузия) состоянии [pdbid: 6VYB] [7]. Гликопротеин спайк белка состоит из трех одинаковых цепей по 1273 аминокислоты в каждой и состоит из двух четко определяемых областей белкового домена: S1 и S2 субъединицы, которые играют роль при распознавании клеток и слиянии вирусных и клеточных мембран соответственно. Последний процесс происходит через различные конформационные изменения белка, которые остаются все еще нераскрытыми (рисунок 2).

Рисунок 2 – Трехмерная структура COVID-19 M<sup>pro</sup>

Спайк белок (S) коронавируса прикрепляется к рецепторам ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE2), который находится на поверхности многих клеток человека, в том числе в легких. Белок коронавируса S подвергается протеолитическому расщеплению протеазами хозяина (т.е. трипсином и фурином) в двух участках, расположенных на границе между субъединицами S1 и S2 (сайт S1/S2). На более поздней стадии происходит расщепление домена S2 с целью высвобождения пептида слияния. Это событие вызывает активацию механизма слияния мембран. Для поиска антител для таргетной разработки препаратов нужна информация о структуре (последовательность aa) области связывания ангиотензинпревращающего фермента 2 рецептора с вирусом. Таким образом, этот протокол мог бы способствовать разработке лечения для блокирования проникновения вируса. Как правило, человеческая клетка поглощает вирус путем эндоцитоза. Было высказано предположение, что COVID-19 использует уникальный трехступенчатый метод слияния мембран, включающий связывание рецепторов и индуцированные конформационные изменения в спайке гликопротеина с последующим протеолизом катепсина L через внутриклеточные протеазы и дальнейшую активацию механизма слияния мембран в эндосомах. Затем эндосома открывается для высвобождения вируса в цитоплазму, и размораживание вирусного нуклеокапсида (N) начинается через протеасомы, которые обычно могут гидролизовать эндогенные белки, но они также способны разрушать экзогенные белки, такие как SARS нуклеокапсидного белка. Наконец, вирусный генетический материал одноцепочечной РНК полностью высвобождается в цитоплазму. Там происходят процессы репликации и транскрипции, которые опосредованы в так называемой репликационно/транскрипционный комплекс (RTK). Такой комплекс кодируется в вирусном геноме и состоит из неструктурных белков (nsp). Считается, что RTK индуцирует двух мембранные структуры в цитоплазме инфицированной клетки [8]. Далее позитивный РНК геном транслируется для генерации репликации белков из открытой рамки считывания 1a/b(ORF 1a/b). Эти белки используют геном в качестве шаблона для генерации полноразмерных отрицательных смысловых РНК, которые впоследствии служат шаблонами для генерации добавочных полноразмерных геномов. Структурные вирусные белки M, S и E синтезируются в цитоплазме, а затем вводятся в эндоплазматический ретикулум (ER) (рисунок 3) и переносятся в эндоплазматический ретикулум Гольджи (ERGIC) [9]. Кроме того, в цитоплазме нуклеокапсиды образуются в результате энкапсидации реплицированных геномов N-белком, и в результате они сливаются внутри ERGIC ретикулума путем самосборки в новые вирионы.

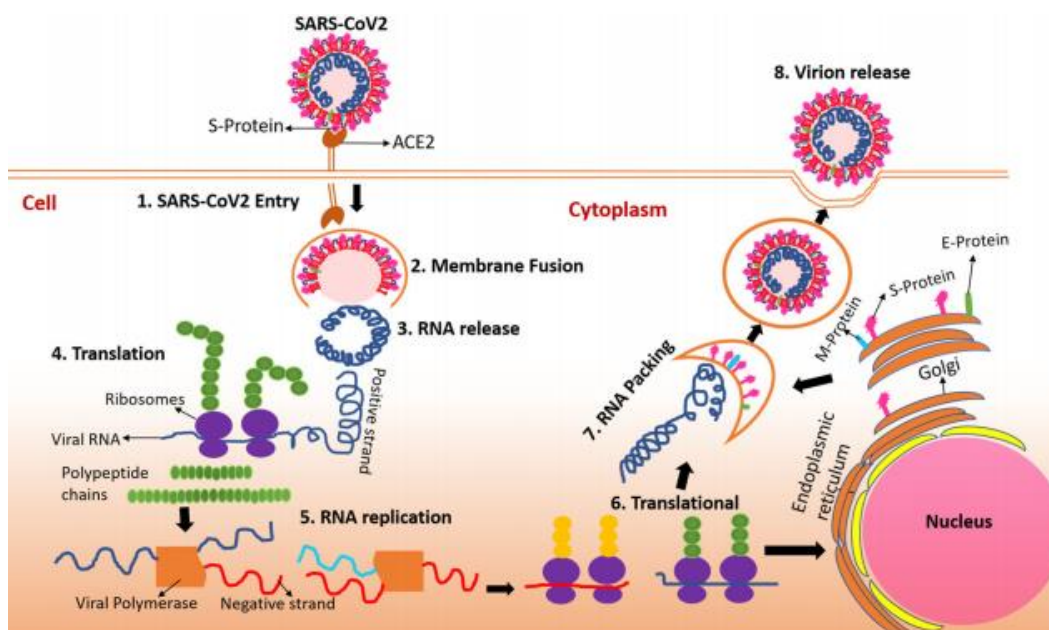
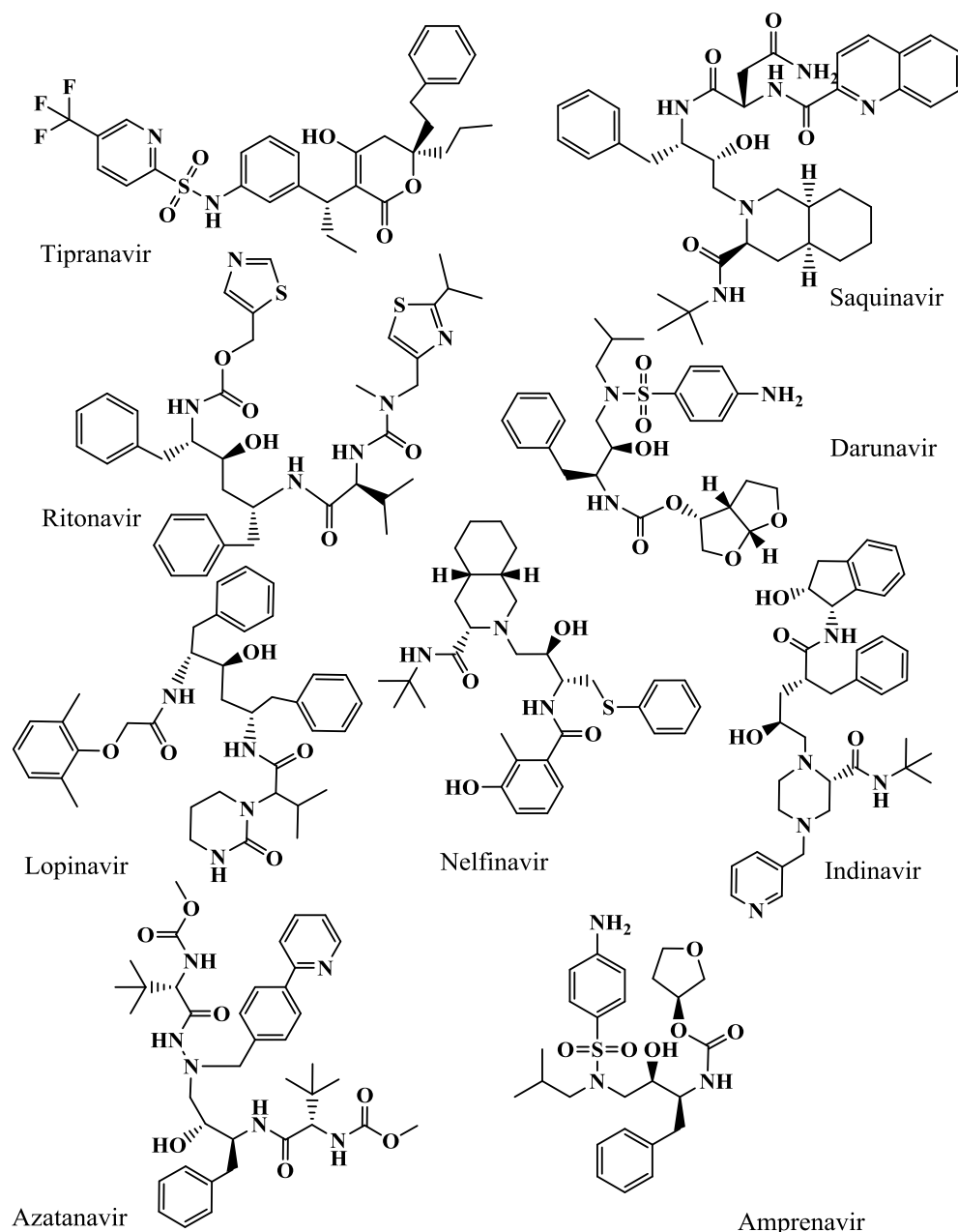


Рисунок 3 – Схема механизма проникновения, вирусной репликации и упаковки вирусной РНК COVID-19 в клетке человека

Наконец, новые вирионы экспортируются из инфицированных клеток и транспортируются к клеточной мембране в гладкостенных везикулах, а затем секретируются с помощью экзоцитоза, так что могут инфицировать другие клетки. В то же время, стресс - вирусная продукция на эндоплазматическом ретикулуме, в конечном итоге, приводит к гибели клетки хозяина. Однако полный механизм действия нового COVID-19 до сих пор неизвестен.

Ген репликазы COVID-19 кодирует два полипротеина -pp1a и pp1ab с молекулярной массой 450 и 750 КД соответственно, эти полипротеины необходимы для репликации и транскрипции вируса [10]. В протеолитическом процессе функциональные полипептиды шипа, мембраны, оболочки, нуклеопротеина, репликазы и полимеразы высвобождаются из полипротеинов. Этот процесс осуществляется химотрипсин-фолдпротеиназой, а именно основной протеазой ( $M^{pro}$ ) [11].  $M^{pro}$  играет жизненно важную роль в обработке полипротеинов и созревании вирусов, поэтому он считается привлекательной мишенью для разработки противовирусных препаратов в качестве подхода к лечению COVID-19. Китайские ученые впервые опубликовали геном и в сотрудничестве с зарубежными коллегами получили кристаллическую трехмерную структуру основной протеазы COVID-19 ( $M^{pro}$ ) и депонировали ее в банк данных о белках [12]. Кристаллическая структура COVID-19  $M^{pro}$  имеет 306 аминокислот с тремя областями, в первой области, представленной синим цветом, содержится 8-101 остатков аминокислот, вторая область зеленого цвета содержит 102-184 аминокислотных остатков, а третья область оранжевого цвета содержит 201-303 аминокислотных остатков (Рисунок 2).

Первая и третья области имеют антипараллельную  $\beta$ -листовую структуру, третья область имеет пять  $\alpha$ -спиралей, расположенных в кластере. Третья область соединена со второй областью через длинную петлевую область и содержит 185-200 остатков. Масс-спектрометрия определила, что масса COVID-19  $M^{pro}$  составляет 33797,0 Да. Теоретические исследования подтвердили, что вес составляет 33796,8 Да. Препараты ВИЧ-1 (ингибиторы протеазы) – типранавир, саквинавир, ритонавир, нелфинавир, лопинавир, индинавир, дарунавир, атазанавир и ампренавир, способны деактивировать  $M^{pro}$ .



Е-белок COVID-19 – это короткий и цельный мембранный белок, содержащий 76–109 аминокислот, размер которых колеблется от 8,4 до 12 kDa, состоящий из 35  $\alpha$ -спиралей и 40 петель. Белок имеет короткий гидрофильный аминокислотный комплекс, состоящий из 7–12 аминокислот, за которым следует большой гидрофобный трансмембранный домен из 25 аминокислот с длинным гидрофильным С-концевым доменом. Гидрофобная область может генерировать олигомеризацию и образовывать ионопроводящие поры в мембранах, она играет значительную роль в сборке вирусного генома. Этот белок участвует в нескольких стадиях жизненного цикла вируса, таких как сборка, почкование, формирование оболочки и патогенез [13]. Мембранный потенциал регулируется Е-белком, контролирующим поток ионов между внутриклеточной и внеклеточной средой (рисунок 3).

Ионная проводимость, вызванная Е-белком посредством манипулирования геномом COVID-19, по-видимому, является новым путем, участвующим в патогенезе вируса. Активность Е-белковых ионных каналов является важным фактором для производства вируса. Было обнаружено, что мутация Е-белка во внеклеточной мембране может нарушать

ионную проводимость и нормальную сборку вируса, следовательно, контроль активности белка E является перспективной мишенью для предотвращения патогенеза, связанного с COVID-19 [14].

Уилсон и соавт., показали, что Амилорид способен блокировать E-белок, ионную проводимость в канале клеточных мембран и ингибировать репликацию родительского коронавируса в культуре клеток. Недавно Gupta et. al. (2020) выявили лекарственные свойства ингибиторов Belachinal, Macaflavanone E и Vibsanol B, которые успешно прошли тест ADMET [5]. Это одна из наиболее важных тем исследования, которая касается активности ионных каналов E-белка в вирусной продукции для снижения смертности больных путем удаления E-белка ингибитором.

Yang et.al. разработали ряд ингибиторов акцептора N3, которые, как оказалось, обладают оптимальной фармацевтической активностью против вирусной протеазы путем необратимого ингибирования [15]. Они также оценивали ряд ингибиторов, ориентированных на M<sup>pro</sup> протеазы нескольких коронавирусов, включая SARS и MERS [16].

Впоследствии кристаллическая структура COVID-19 M<sup>pro</sup> в комплексе с ингибитором N3 была определена с разрешением 2,3 Å и депонирована в банке данных белков [pdbid: 6LU7], где ингибитор N3 связывается с остатками 164-168 в длинной цепи 155-168 остатков, а также с остатками 189-191 петли, соединяющей вторую и третью области. Кроме того, он может образовывать несколько водородных связей с основной цепью остатков в субстратсвязывающем кармане. Контакт между N3 и M<sup>pro</sup> блокирует вирус внутри субстратсвязывающего кармана. Несколько рентгеновских исследований (COVID-19 featured content, 2020) продемонстрировали, что противовирусное соединение лопинавир, фиксирует в том же положении N3 в субстратсвязывающем кармане, как показано в левой части рисунка 2 [17].

Таким образом, исследования показали, что вирус проникает в клетки человека и других млекопитающих с помощью рецептор-связывающего домена (RBD) и сайта расщепления. 2019-nCoV использует S-белок на короне для прикрепления к рецепторам человека ACE2 [18,19]. Далее он с помощью другой белковой структуры проникает в клетку хозяина. РНК вируса имеет 5'-метилированное начало и 3'-полиаденилированное окончание. Это позволяет вирусу инициировать сборки своих белков и копий в рибосоме клетки хозяина. Геном вируса состоит из более чем 20 000 нуклеотидов и кодирует два репликативных полипротеина pp1a и pp1ab, из которых в следующий проход репликации/трансляции формируется копия РНК вируса, а также 8 отдельных мРНК-шаблонов для белков вирусов, которые бесконечно их генерируют. Генерация белков вируса из РНК происходит в эндоплазматическом ретикулуме и аппарате Гольджи. После получения РНК вируса и необходимых его белков вирусные нуклеокапсиды собираются из геномной РНК вируса и N-белка в цитоплазме. Вирионы затем высвобождаются из инфицированной клетки. После выхода вирионов клетка хозяина погибает. Бетакоронавирусы разрушают клетки с ACE2 рецепторами. ACE2 экспрессируется в большинстве тканей человека. Главным образом белок находится на мембранах пневмоцитов II типа, энтероцитов тонкого кишечника, эндотелиальных клеток артерий и вен, а также гладкомышечных клеток в большинстве органов. Кроме этого, мРНК для ACE2 обнаружена в клетках коры головного мозга, полосатого тела, гипоталамуса и ствола головного мозга [20–22]. Наличие ACE2 на нейронах головного мозга и глиии делает эти клетки чувствительными к инфицированию вирусом SARS-CoV-2, что может приводить к потере обоняния и развитию невропатий, наблюдаемых при заболевании COVID-19. Потеря обоняния и потеря вкуса наблюдается у многих больных COVID-19 и рассматривается как особенность симптоматики заболевания. Академия отоларингологии США считает эти

нарушения важными симптомами COVID-19. Но в 87 % случаев в первую очередь поражается ткань легких, которые становятся мишенью и для бактерий, которые активизируются при условии снижения иммунитета, так как вирус вызывает лимфоцитопению [23, 24]. Активация альвеолярных макрофагов с выбросом провоспалительных компонентов, куда входит группа интерлейкинов: IL-6, IL-8, TNF $\alpha$ , группа хемоаттрактантов, стимулирующих перемещение моноцитов и нейтрофилов из крови через эндотелий и альвеолярный эпителий. Конечно, этому способствует воспалительная реакция. Начинается цитокиновый шторм. Далее лейкоциты выделяют лейкотриены, факторы агрегации тромбоцитов, протеаз, оксидантов, что вызывает выпадение фибрина в альвеолах, образование гиалиновых мембран, микротромбообразование в сосудистом русле легких. Цитокины приводят к обширному воспалительному процессу с расширением сосудов, накоплению жидкости в легких, развитию тромбоэмболических осложнений, развивается интерстициальный или некардиогенный отек легких [25, 26]. Дистресс-синдром приводит к выраженной общей гипоксии, которая отражается на состоянии головного мозга, сердечно-сосудистой системы: резко снижается артериальное давление, нарушается деятельность сердца, развивается шоковое состояние. Довольно быстро присоединяется полиорганная недостаточность, когда один за другим начинают отказывать различные органы. Без немедленных врачебных действий человек умирает.

Кроме того, появились данные исследований, проведенные Вэньчжуном Лю из Сычуаньского университета и Хуалан Ли из Ибиньского университета, которые показали, что вирус SARS-CoV-2 может атаковать эритроциты человека, связываясь с молекулами гемоглобина [архив препринтов ChemRxiv27,28]. Гемоглобин – сложный металлсодержащий белок, способный обратимо связываться с кислородом. В центре каждой молекулы гемоглобина находится гем или же порфириновое ядро, содержащее атом двухвалентного железа. Порфириновое ядро способно связывать четыре молекулы O<sub>2</sub>. Вирусные частицы SARS-CoV-2 не взаимодействуют с эритроцитами непосредственно. За это отвечает ряд неструктурных белков, кодируемых вирусной РНК. Китайские ученые Ли и Лю выяснили, что мешают транспортировке кислорода 4 обнаруженных белка: orf1ab, orf10, orf3a и участвующий лишь поверхностно orf8. Они связываются с порфириновыми кольцами и вытесняют железо из гемоглобинового ядра. Уровень гемоглобина падает, а уровень циркулирующего в крови ферритина увеличивается. У большинства больных наблюдается повышение уровня железосодержащего белка ферритина в плазме крови. Лишенные железа красные кровяные тельца теряют способность транспортировать кислород, что, в свою очередь, приводит к усилению воспалительных процессов в легких, гипоксемии, развитию симптомов острого респираторного дистресс-симптома (ОРДС) и полиорганной кислородной недостаточности. Вирусные белки вызывают диссоциацию железа через взаимодействие с бета-цепью гемоглобина, которая является структурной частью HbA – нормального гемоглобина взрослого человека. У младенцев же в крови преобладает так называемый фетальный гемоглобин HbF, который не содержит бета-цепей и, вероятно, неуязвим для вирусных белков. Возможно, схожая особенность в строении гемоглобина обуславливает невысокую степень заболеваемости в некоторых странах Африки. В тех регионах, где распространена малярия, высока доля людей с талассемией – генетическим заболеванием, у носителей которого синтезируется мутантный гемоглобин без  $\beta$ -цепей. Отмечается, что выводы исследователей могут привести к пересмотру тактики лечения тяжелых больных с COVID-19 [29, 30]. Также есть научная публикация врача отделения интенсивной терапии в Нью-Йорке Кэмерон Кайл-Сиддела. Он подтверждает данные многих

ученых, что у большинства больных коронавирусной инфекцией в крови падает уровень гемоглобина и повышается уровень белка ферритина, связывающего свободные ионы железа и увеличивается количество белков воспаления.

На данный момент работа китайских ученых позволяет пересмотреть механизмы лечения. Например, большую пользу сможет принести не вентиляция легких, а переливание крови и оксигенацию в барокамерах. На сегодняшний день, всем больным, перенесшим коронавирусную инфекцию, диагностируют анемию. Поэтому рекомендуют обогащенную витаминами, микроэлементами белково-углеводную диету. Применение эритропоэстимулирующих препаратов во время острого течения болезни считают не эффективным, в виду цитокинового шторма, иммуноглобулинового выброса, антибиотикотерапии и применения хлорсодержащих соединений. Но в фазе реабилитации для пожилых людей (которых большинство) возможно применение эритропоэстимулирующих препаратов, так как длительная полиорганная гипоксия может привести к различным некробиозным изменениям тканей. В режиме гипоксии в клетках снижается продукция АТФ. В клетках активируется анаэробный распад гликогена. В этом случае в режиме бескислородного гликолиза для продукции молекул АТФ необходимо в 6 раз больше молекул глюкозы. Это токсичный и малопродуктивный гликолиз, который в свою очередь приводит к уменьшению энергетического запаса. В итоге уровень производства энергии падает, рабочие функции клеток и деление замедляются. В сердечной мышце продолжительный недостаток кислорода вызывает стенокардию, плюс микронекрозы. В истощенной миокардиальной ткани все может закончиться инфарктом миокарда. При гипоксии в тканях организма накапливаются не до конца расщепленные, потенциально опасные токсические продукты обмена веществ — лактат и ионы  $H^+$ . Запасы глюкозы быстро заканчиваются, и организм начинает сжигать жиры. Но без кислорода жирные кислоты тоже расщепляются не полностью, поэтому в клетках и крови накапливаются кетокислоты. Так возникает лактат-ацидоз, который сдвигает рН ткани в кислую среду. Это серьезно ухудшает работу митохондрий и клеток в целом, они быстро теряют свою активность. Скорость деления клеток, как и любых других биохимических процессов замедляется. Таким образом, снижение интенсивности окислительно-восстановительных процессов проявляется в виде снижения метаболизма, увеличения ватат-кислорода и окислительного коэффициента мочи, увеличения содержания в крови молочной кислоты, кетоновых тел, редуцированного глутатиона (снижение окисленного), уменьшения резервной щелочности. Если гипоксия длится долго, а бикарбонатный буфер истощен — клетки погибают, а на их месте появляется соединительная ткань (фиброз). Недостаток энергии, дистрофия, некробиоз, а также ацидоз, наряду с другими патологическими изменениями обмена веществ, вызывают тяжелые нарушения функций органов и систем. Серьезное повреждение токсинами клеток, нарушение физиологических функций органов приводит к гибели человека.

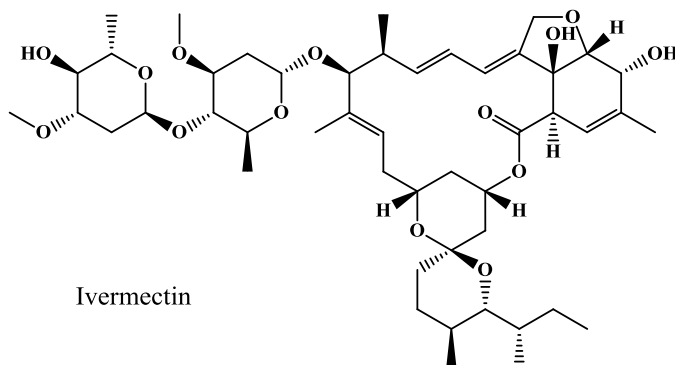
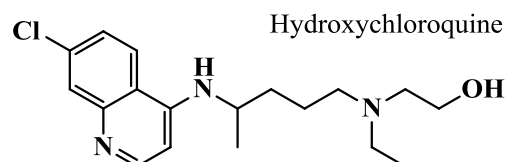
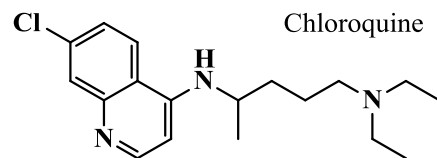
ВОЗ предоставила разрешение врачам и ученым провести пробный тест с сочетанием различных одобренных FDA препаратов для лечения COVID-19. С учетом актуальности и текущей необходимости, чтобы снизить стоимость, время и риски процесса разработки лекарственных средств, ученые участвуют в повторном использовании уже одобренных лекарств для тестирования у пациентов с COVID-19. За короткое время реакция научного сообщества такова, что требуются огромные усилия для разработки новой терапии и лечения.

Например, Хлорохин, Гидрохсихлорохин – старые лекарства, которые использовались для лечения малярии, ревматоидного артрита, волчанки и солнечных аллергий уже более шестидесяти лет.

Действие гидрохсихлорохина на вирусы, вероятно, такое же, как и у хлорохина, поскольку механизм действия этих двух молекул идентичен.

Хлорохин, как противомаларийный и противоаутоиммунный лекарственный препарат показал синергически усиливающий эффект в качестве противовирусных препаратов в исследованиях *in vivo*. Он препятствует терминальному гликозилированию клеточного рецептора, ангиотензин-превращающего фермента. Это может негативно влиять на связывание рецепторов хозяина с вирусом, в результате чего распространение вируса в клеточной культуре предотвращается.

Гидрохсихлорохин показал эффективность в лечении пациентов с пневмонией COVID-19. Более чем на ста пациентах хлорохин показал высокую эффективность по сравнению с лечением стандартными медицинскими препаратами в плане снижения обострения пневмонии, вирусной нагрузки и симптоматики [31]. Группа Colson предположила, что Хлорохин и Гидрохсихлорохин являются доступным оружием для борьбы с COVID-19 [32].

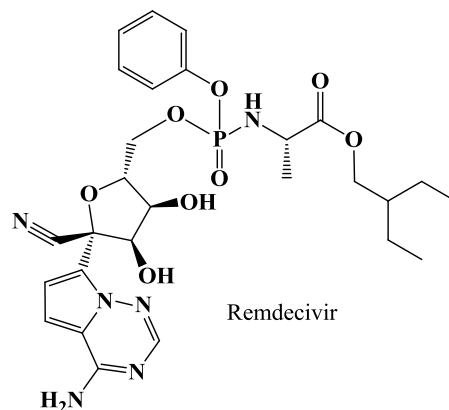


Ивермектин – противовирусный препарат, который используется для лечения инфекции Денге, при ежедневном пероральном введении значительно снижал уровень вирусного белка NS1 в сыворотке крови. Caly и соавт. (2020) было продемонстрировано, что обработка Ивермектином может снизить нагрузку вирусной РНК в 5000 раз по сравнению с

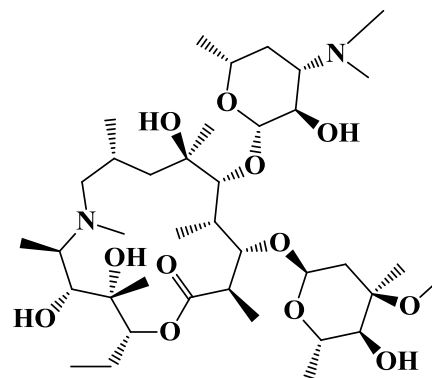
контрольным образцом в культуре клеток через 48 ч, но дальнейшего снижения не наблюдается через 72 ч. [33].

Ремдесивир был представлен, как противовирусный препарат против РНК вирусов, включая SARS/MERS, в культивируемых клетках, на мышах, на модели приматов. Он находится в стадии клинической разработки для лечения вируса Эбола и обычно распространяется по всему человеческому организму, включая легкие, после перорального приема. Sheahan et al. (2017) протестировали ингибитор Ремдесивир,

который показал активность против вируса Эбола в качестве потенциального агента для борьбы с коронавирусами. К сожалению, его не применяли для лечения больных вирусом Эбола во время вспышки в 2019 году. Исследование коронавируса в Университете Айовы показало, что Ремдесивир действует гораздо более эффективно, если пациент принимает его на ранних стадиях заболевания.

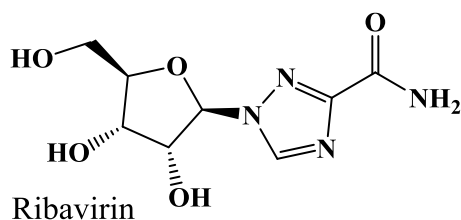


Азитромицин обладает противовирусным свойством в отношении вирусов Зика и Эбола *in vitro*. Он может предотвратить тяжелую инфекцию дыхательных путей в случае вирусного заражения пациентов. Группа Gautret успешно лечила пациентов с хроническими заболеваниями препаратами гидроксихлорохина по 600 мг в сут в течение 12–18 месяцев. По состоянию на 17 марта 2020 года в газете сообщалось, что они контролируют вирусную нагрузку у пациентов COVID-19 с получением лекарств и без них в течение шести дней. Они обследовали в общей сложности 36 пациентов: 20 пациентов, получавших гидроксихлорохин, и 16 пациентов контрольной группы. Среди пациентов, получавших гидроксихлорохин, шесть пациентов получали азитромицин в дозе 500 мг в 1-й день с последующим приемом 250 мг в день в течение следующих четырех дней. На 6-й день 100 % пациентов, получавших комбинацию гидроксихлорохина и азитромицина, вылечились по сравнению с 57,1 % пациентов, получавших только гидроксихлорохин, и 12,5 % в контрольной группе. Окончательно, они обнаружили, что комбинация гидроксихлорохина и азитромицина излечила пациентов с COVID-19, но недостатком этого исследования является использование очень небольшого объема обследованных.

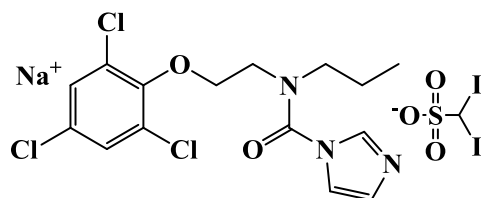


Azithromycin

СРАМ рекомендует принимать лопинавир 400 мг, ритонавир 100 мг (две таблетки внутрь два раза в день) или хлорохин (500 мг таблетки внутрь два раза в день) для пожилых пациентов или пациентов с сопутствующими заболеваниями и серьезными симптомами. В случае отсутствия хлорохина следует рассмотреть возможность применения гидроксихлорохина (400 мг внутрь один раз в день). Применение препаратов рибавирин и интерферон необходимо проводить только в условиях стационара из-за высокого риска развития побочных эффектов.



Ribavirin



Interferon alfa-2b

Возможно применение этих препаратов с лопинавиром, ритонавиром, хлорохином или гидроксихлорохином.

Таким образом, в настоящее время происходит интенсивное накопление экспериментального материала как по поиску эффективных препаратов для лечения COVID-19, так и по механизму действия вируса, «внедрения» его в организм.

#### Литература:

1 WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February (n.d.) [Электронный ресурс] // World Health Organization, 2020. URL: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020> (дата обращения: 10.02.2021).

2 Coronavirus COVID-19 Global Cases by the Center for Systems Science and Engineering [Электронный ресурс] // (CSSE) at Johns Hopkins University , 2020. – URL: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> (дата обращения: 10.02.2021), retrieved from <https://coronavirus.jhu.edu> URL: <https://pdbj.org/featured/covid-19> (дата обращения: 12.02.2021).

3 Sarma P., Sekhar N., Prajapat M., Avti P., Kaur H., Kumar S., Singh S., Kumar H., Prakash A., Dhibar D. P., Medhi B. In-silico homology assisted identification of inhibitor of RNA binding against 2019- nCoV N-protein (N terminal domain) [Электронный ресурс] // J. of Biomolecular Structure & Dynamics. – 2020. – URL: <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1753580> (дата обращения: 01.02.2021).

4 Kirchdoerfer R. N., Cottrell C.A., Wang N., Pallesen J., Yassine H. M., Turner H.L., Corbett K.S., Graham B.S., McLellan J.S., Ward A.B. Pre-fusion structure of a human coronavirus spike protein // Nature. – 2016. – Vol. 531 (7592). – P. 118–121. – URL: <https://doi.org/10.1038/nature17200>.

5 Gupta M. K., Vemula S., Donde R., Gouda G., Behera L., Vadde R. In silico approaches to detect inhibitors of the human severe acute respiratory syndrome coronavirus envelope protein ion channel [Электронный ресурс] // J. of Biomolecular Structure and Dynamics. – 2020. – URL: <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1751300> (дата обращения: 05.02.2021).

6 Lissenberg A., Vrolijk M.M., van Vliet A.L.W., Langereis M.A., de Groot-Mijnes J.D.F., Rottier P. J. M., de Groot R. J. Luxury at a Cost? Recombinant mouse hepatitis viruses expressing the accessory hemagglutinin esterase protein display reduced fitness in vitro // J. of Virology. – 2005. – Vol. 79 (24). – P. 15054–15063. – URL: <https://doi.org/10.1128/JVI.79.24.15054-15063.2005>.

7 Wrapp D., Wang N., Corbett K.S., Goldsmith J.A., Hsieh C.-L., Abiona O., Graham B.S., McLellan J.S. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation // Science. – 2020. – Vol. 367 (6483). – P. 1260–1263. – URL: <https://doi.org/10.1126/science.abb2507>.

8 Van Hemert M.J., Van Den Worm S.H.E., Knoops K., Mommaas A.M., Gorbalenya A.E., Snijder E.J. SARS-coronavirus replication/ transcription complexes are membrane-protected and need a host factor for activity in vitro // PLoS Pathogens. – 2008. – Vol. 4 (5). – e1000054. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000054>.

9 Masters P.S. The molecular biology of coronaviruses // Advances in Virus Research. – 2006. – Vol. 65 (06). – P. 193–292. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0065-3527\(06\)66005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-3527(06)66005-3)

10 Wu F., Zhao S., Yu B., Chen Y.-M., Wang W., Song Z.-G., Hu Y., Tao Z.-W., Tian J.-H., Pei Y.-Y., Yuan M.-L., Zhang Y.-L., Dai F.-H., Liu Y., Wang Q.-M., Zheng J.-J., Xu L., Holmes E.C., Zhang, Y.-Z. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China // Nature. – 2020. – Vol. 579 (7798). – P. 265–269. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2008-3>.

11 Anand K., Ziebuhr J., Wadhwani P., Mesters J.R., Hilgenfeld R. (3CL pro) Structure: Basis for design of Anti-SARS drugs // Science. – 2003. – Vol. 300 (5626). – P. 1763–1767. – URL: <https://doi.org/10.1126/science.1085658>.

12 Jin Y.-H., Cai L., Cheng Z.-S., Cheng H., Deng T., Fan Y.-P., Fang C., Huang D., Huang L.-Q., Huang Q., Han Y., Hu B., Hu F., Li B.-H., Li Y.-R., Liang K., Lin L.-K., Luo L.-S., Ma J., Ma L.-L., Peng Z.-Y., Wang X.-H., for the Zhongnan Hospital of Wuhan University Novel Coronavirus Management and Research Team, Evidence-Based Medicine Chapter of China International Exchange and Promotive Association for Medical and Health Care (CPAM). A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version) // Military Medical Research. – 2020. – Vol. 7 (1). – P. 1–23. – URL: <https://doi.org/10.1186/s40779-020-0233-6>.

13 Schoeman D., Fielding B.C. Coronavirus envelope protein: Current knowledge // Virology Journal. – 2019. – 16 (1). – P. 1–22. – URL: <https://doi.org/10.1186/s12985-019-1182-0>. Wang C., Horby P.W., Hayden F.G., Gao G.F. A novel coronavirus outbreak of global health concern // Lancet. – 2020. – Vol. 395 (10223). – P. 470–473. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30185-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30185-9) PMID31986257.

14 Pervushin K., Tan E., Parthasarathy K., Lin X., Jiang F.L., Yu D., Vararattanavech A., Soong T.W., Liu D.X., Torres J. Structure and inhibition of the SARS coronavirus envelope protein ion channel // PLoS Pathogens. – 2009. – Vol. 5 (7). – e1000511. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000511>.

15 Yang H., Xie W., Xue X., Yang K., Ma J., Liang W., Zhao Q., Zhou Z., Pei D., Ziebuhr J., Hilgenfeld R., Yuen K.Y., Wong L., Gao G., Chen S., Chen Z., Ma D., Bartlam M., Rao Z. Design of wide-spectrum inhibitors targeting coronavirus main proteases // *PLoS Biology*. – 2005. – Vol. 3 (10). – e324. – URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0030324>.

16 Ren Z., Yan L., Zhang N., Guo Y., Yang C., Lou Z., Rao Z. The newly emerged SARS-Like coronavirus HCoV-EMC also has an “Achilles” heel”: Current effective inhibitor targeting a 3C-like protease // *Protein & Cell*. – 2013. – Vol. 4 (4). – P. 248–250. – URL: <https://doi.org/10.1007/s13238-013-2841-3>.

17 Zhao Q., Li S., Xue F., Zou Y., Chen C., Bartlam M., Rao Z. Structure of the main protease from a Global Infectious Human Coronavirus, HCoV-HKU1 // *Journal of Virology*. – 2008. – Vol. 82 (17). – P. 8647–8655. – URL: <https://doi.org/10.1128/JVI.00298-08>.

18 Lvov D.K., Alkhovsky S.V., Kolobukhina L.V., Burtseva E.I. Etiology of epidemic outbreaks COVID-19 in Wuhan, Hubei province, Chinese People Republic associated with 2019-nCoV (Nidovirales, Coronaviridae, Coronavirinae, Betacoronavirus, Subgenus, Sarbecovirus): lessons of SARS-CoV outbreak // *Voprosy Virusologii*. – 2020. – Vol. 65, issue 1. – P. 6–15. – URL: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-1-6-15>. 19 Schiffri E.L., Flack J.M., I. Sadayoshi, Muntner P., Webb R.C. Response to COVID-19 and ACEI/ARB: NOT ASSOCIATED? // *American Journal of Hypertension*, – 4 Aug, 2020. – Vol. 33 (8). – P. 789–790. – URL: <https://doi.org/10.1093/ajh/hpaa077>.

20 Kabbani N., Olds J.L. Does COVID19 infect the brain? If so, smokers might be at a higher risk // *Molecular Pharmacology: journal*. – 2020. – Vol. 97, N 5. – P. 351–353. – URL: <https://doi:10.1124/molpharm.120.000014>. - PMID 32238438.

21 Baig A.M. Neurological manifestations in COVID-19 caused by SARS-CoV-2 // *CNS Neurosci. Ther.* – 2020. – Vol. 26 (5). – P. 499–501. – URL: <https://doi:10.1111/cns.13372>.

22 Baig A.M., Khaleeq A., Ali U., Syeda H. Evidence of the COVID-19 Virus Targeting the CNS: Tissue Distribution, Host-Virus Interaction, and Proposed Neurotropic Mechanisms // *ACS Chem. Neurosci.* – 2020. – Vol. 11 (7). – P. 995–998. 23 George P.M., Wells A.U., Jenkins R.G. Pulmonary fibrosis and COVID-19: the potential role for antifibrotic therapy // *The Lancet Respiratory Medicine*. – 2020. – Vol. 8, issue 8. – P. 807–815.

24 McGrath B.A., Brenner M.J., Warrillow S.J., Pandian V., Arora A., Cameron T.S. Tracheostomy in the COVID-19 era: global and multidisciplinary guidance // *The Lancet Respiratory Medicine*. – Jul, 2020. – Vol. 8 (7). - P. 717–725. 25 Pain C.E, Felsenstein S., Cleary G., Mayell S., Conrad K., Harave S. Novel paediatric presentation of COVID-19 with ARDS and cytokine storm syndrome without respiratory symptoms // *The Lancet Rheumatology*. – 2020. – Vol. 2 (7). – P. e376–e379.

26 Chen N., Min Zh., Dong X., Qu J., Gong F., Han Ya., Qiu Ya., Wang J., Liu Yi., Wei Yu., Xia J., Yu T., Zhang X., Zhang L. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study // *Lancet*. – 2020. – Vol. 395. – P. 507–13. – URL: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30211-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30211-7).

27 Liu W., Li H. COVID-19: Attacks the 1-Beta Chain of Hemoglobin and Captures the Porphyrin to Inhibit Human Heme Metabolism [Электронный ресурс] // *ChemRxiv*. – 12 Jul., 2020. – Preprint. – URL: <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.11938173.v5> (дата обращения: 07.01.2021).

28 Abrahams L. Covid-19: Acquired Acute Porphyria Hypothesis [Электронный ресурс] // *OSF Preprints*. - 2020. - URL: <https://doi:10.31219/osf.io/4wkfy> (дата обращения: 08.01.2021). 29 Wang Ch., Li W., Drabek D., Nisreen M.A. Okba, Rien van Haperen, Osterhaus A.D.M.E., Frank J.M. van Kuppeveld, Haagmans B.L., Grosveld F., Bosch B.-J. A human monoclonal antibody blocking SARS-cov-2 infection // *Nature Communications*. – 2020. – Vol. 11. – P. 2251.

30 Amanat F., Krammer F. SARS-CoV-2 vaccines: status report // *Immunity*. – 2020. – Vol. 52(4). – P. 583–589. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.immuni>.

31 Bacharier L.B., Guilbert T.W., Mauger D.T., Boehmer S., Beigelman A., Fitzpatrick A.M., Jackson D.J., Baxi S.N., Benson M., Burnham C.-A.D., Cabana M., Castro M., Chmiel J.F., Covar R., Daines M., Gaffin J.M., Gentile D.A., Holguin F., Israel E., Kelly H.W., Lazarus S.C., Martinez F.D., for the National

Heart, Lung, and Blood Institute's AsthmaNet. Early Administration of azithromycin and prevention of severe lower respiratory tract illnesses in preschool children with a history of such illnesses a randomized clinical trial // J. of the American Medical Association. – 2015. – Vol. 314 (19). – P. 2034–2044. – URL: <https://doi.org/10.1001/jama.2015.13896>.

32 Colson P., Rolain J.-M., Lagier J.-C., Brouqui P., Raoult D. Chloroquine and hydroxychloroquine as available weapons to fight COVID-19 // International J. of Antimicrobial Agents. –2020. – Vol. 55 (4). – 105932. - URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.105932>.

33 Caly L., Druce J.D., Catton M.G., Jans D.A., Wagstaff K.M. The FDA-approved Drug Ivermectin inhibits the replication of SARSCoV-2 in vitro [Электронный ресурс] // Antiviral Research. – 2020. – Vol.178 – P.104787. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2020.104787> (дата обращения: 05.02.2021).

*Поступила 18 марта 2021 г.*

МРНТИ: 31.23.17

УДК 547-31/-39, 547-315

## DETERMINATION OF SURFACE ACTIVITY OF SAPONINS EXTRACTED FROM GLYCYRRHIZA ROOTS AND THEIR DERIVATIVES

**Kalugin S.N.<sup>1</sup>, Adilbek N.A.<sup>1</sup>, Rusinov V.L.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Institute of Chemical Engineering of Ural Federal University named after the first*

*President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russian Federation*

*e-mail: adilbek\_nurai@mail.ru*

*Saponins are natural surfactants, which are safe and environmentally friendly. Also, this class of substances has biological activity. Plants containing saponins grow in Kazakhstan. In this article is presented data on the study of the surface activity of saponins and their chemically modified derivatives in order to search for new environmentally friendly surfactants. Surface activity was studied by the stalagmometric method and the Ross–Miles method. The stability of the foam of aqueous solutions of saponins and sulfated saponins is from 2 to 2.5 hours. The surface tension of these substances is lower than water.*

**Keywords:** *saponins, extraction, extract, surfactants, surface activity, surface tension, foam stability.*

*Сапониндер – уытты емес және экологиялық таза табиғи беттік-белсенді заттар. Сондай-ақ, бұл заттар класы биологиялық белсенділікке ие. Құрамында осы клас қосылысы бар өсімдіктер Қазақстанда кең таралған. Мақалада жаңа экологиялық таза беткі белсенді заттар іздеу мақсатында сапониндер мен олардың химиялық түрлендірілген туындыларының беттік белсенділігін зерттеу туралы мәліметтер келтірілген. Беттік белсенділік сталагмометриялық әдіспен және Росс-Майлз әдісімен зерттелген. Сапониндер мен сульфатталған сапониндердің сулы ерітінділерінің көбік тұрақтылығы 2-ден 2,5 сағатты құрайды. Бұл заттардың беттік керілісі суға қарағанда төмен.*

**Түйінді сөздер:** *сапониндер, беттік активті заттардың экстракциясы, сығынды, беттік белсенділік, беттік керілу, көбіктің тұрақтылығы.*

*Сапонины – это природные поверхностно-активные вещества, которые не токсичны и экологически безвредны. Также этот класс веществ обладает биологической активностью. Растения, в составе которого имеется данный класс соединений, широко распространены в Казахстане. В статье приводятся данные исследования поверхностной активности сапонинов и их химически модифицированных производных с целью поиска новых экологически безвредных ПАВ. Поверхностная активность была изучена сталагмометрическим методом и методом Росс–Майлса. Устойчивость пены водных растворов сапонинов и сульфатированных сапонинов составляет от 2 до 2,5 часов. Поверхностное натяжение данных веществ ниже, чем у воды.*

**Ключевые слова:** *сапонины, экстракция, экстракт, поверхностно–активные вещества, поверхностная активность, поверхностное натяжение, устойчивость пены.*

*Introduction.* Saponins are plant origin triterpenes or steroidal glycosides [1]. Its molecule consists two parts, which are sugar part (glucone) and non-sugar (aglycone). Both parts bound by a glycosidic bond. Aglycone part is triterpenoid or steroid [2]. So as saponins have difilic structure (Figure 1), they are surface active compounds with detergent, emulsifying, and foaming properties, also its biological activity depend with their structure [3].

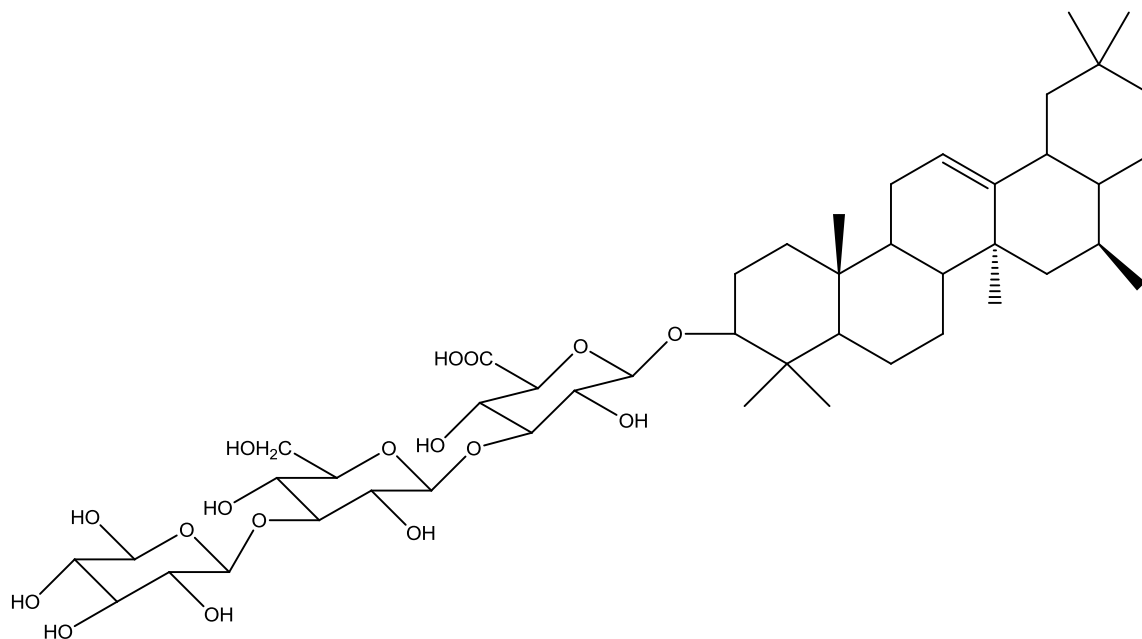


Figure 1 – Beet triterpene saponin 3- $\alpha$ - [P- $\alpha$  glucopyranosyl- (1-2) - (P-B-xylopyranosyl- (1-3)) - (3-B glucuronopyranosyl-3P-oxy-olean-12- en-28- oic] acid

Saponins have many useful biologically active properties, for example antioxidant, antimicrobial, antidiabetic, cholesterol-lowering, allelopathic and antiviral activity [4]. The cytotoxicity and antifungal activity of protobasic acid saponins from the *Palaquium formosanum* nucleus have been studied by Scientists from the National University of Taiwan. Thirteen protobazine saponins were isolated and characterized by them [5].

Saponins of the ocotillol type (Figure 2) exhibit excellent biological and stereoselective activity in the configuration against reperfusion injury of myocardial ischemia [6].

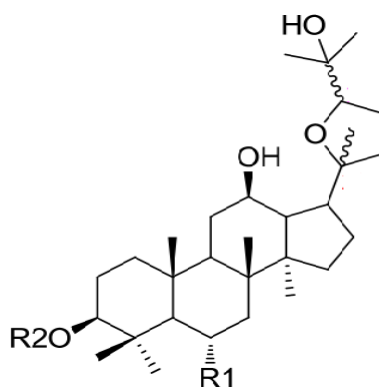


Figure 2 – Structural formula of saponins such as okotillol

Also, saponins extracted from the roots of *P. notoginseng* has antitumor activity in human lung cancer (NCI-H460) and a human breast cancer cell line (BT474) [8].

Scientists from China have proven that saponins, which are extracted from waste generated during tea production, can become a more sustainable and economically viable source of natural surfactants [7]. In the work of scientists of Warsaw University of technology has information the use of saponins in food and cosmetics manufacturing so as saponins are biosurfactants, which have foaming and emulsifying properties [2].

In the article Saponins: Properties, Applications and Processing, was written about using saponins as the food additives from natural origins in Japan. Saponins used for producing mouth washes and toothpastes. Also, them add to cosmetics, because they delay the aging process of the skin and prevent acne [3].

Ultrasonic extraction to extract saponins from alfalfa was used scientists from Spain. They selected optimal extraction conditions by ultrasonic extraction. The optimal extraction conditions were as follows: solvent /feed ratio 11.4 ml/g; a extraction time of 2.84 hours; recovery temperature 76.8 °C; ultrasound power 112.0 W; and solvent was an ethanol concentration of 78.2 %. Under the most suitable conditions, the yield and bioavailability of total saponins were 1.61% and 18.6 % [4].

*Methods.* Extraction of saponins. Twenty grams of crushed root of Glycyrrhiza L were placed in a conical flask, and 200 ml 80 % ethanol were added. The mixtures were shaken for 30 minutes at temperature 40 °C using horizontal shaking equipment [9]. The extraction was repeated three times, and the combined filtrates were evaporated to dryness in a rotary evaporator and weighed to determine the yield of soluble components.

Synthesis of sulfated saponins. In a three-necked flask equipped with a reflux condenser, a thermometer and a dropping funnel to 5.37 g (0.012 mol) of saponins, 5 g (0.024 mol) of 92 % sulfuric acid solution were gradually added with continuous stirring. At the same time, the release of heat was observed, so the dropping was carried out at such a speed that the temperature did not exceed 40 °C. At the end of the reaction, the reaction mixture was dried under natural ventilation. The product is a brown solid. Due to the high hygroscopicity of the obtained compound, it is not possible to determine its melting point [10].

Stalagmometric method for determining surface tension. Solutions of the researching substances were prepared with the following concentrations: 2 g/l, 1 g/l, 0.5 g/l, 0.125 g/l, 0.0625 g/l, 0.03125 g/l. Using a stalagmometer, we counted the number of drops, the first of water, after solutions of saponin and sulfated saponin of different concentrations, starting with the lowest concentration.

The surface tension was calculated for each concentration of saponins using the following formula (1):

$$\sigma = \sigma_0 \times \frac{\rho \times n_0}{\rho_0 \times n} \quad (1)$$

where  $\sigma$  – the surface tension of the studying solution, Erg;  $\sigma_0$  – surface tension of water, Erg;  $n$  – the number of drops of the studying solution,  $n_0$  – the number of water drops;  $\rho_0$  – the density of water, kg/m<sup>3</sup>;  $\rho$  – the density of the studying solution, kg/m<sup>3</sup>.

Determination of foam stability by the Ross-Miles method. The Ross-Miles device is shown in Figure 3. Funnel 1 is fixed and the distance between the bottom edge of tube 3 and the surface of the solution in cylinder 4 is 450 mm. Container 5 is intended for measuring temperature control.

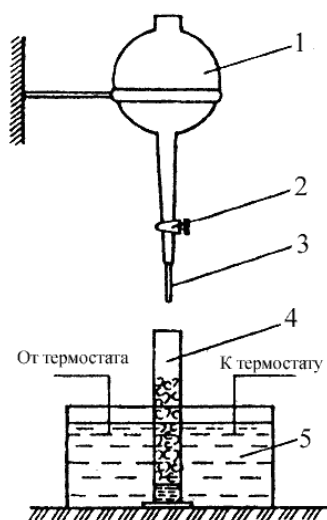
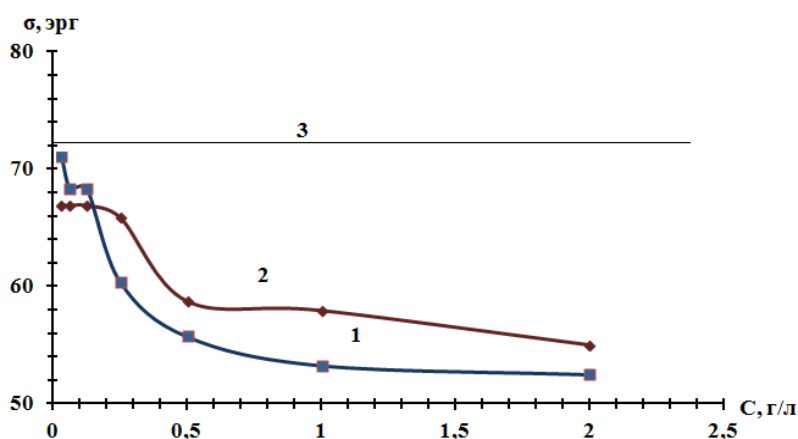


Figure 3 – Ross-Miles device

Into the measuring cylinder 4, initially containing 50 ml of the surfactant solution, 100 ml of the initial surfactant solution was poured from the funnel 1 through the tube 3. At the end of the expiration and simultaneous closing of valve 2, a stopwatch was turned on and the height of a column of foam in the cylinder was measured after 30 seconds (foaming ability). The measurement was carried out until the foam completely disappeared.

*Results and discussion.* According to Figure 4, the concentration dependence of the surface tension of saponins and sulfated saponins is typical: in dilute solutions it sharply decreases to a certain concentration (0.8 g/l), then the decrease slows down and, starting from a certain concentration, practically stops.

The data are presented in tables 1 and 2 and in figure 4.



1 – graph of an aqueous solution of sulfated saponin; 2 – graph for an aqueous solution of saponin; 3 – surface tension of water

Figure 4 – Surface tension data for saponins and sulfated saponins

Figure 4 shows that the surface tension for the two studying substances decreases with increasing concentration. For two solutions, the surface tension is sharp when the concentration reaches 0.4 g/L. Then the graphs go to a plateau when the concentration reaches 0.8 g/l. As the concentration

decreases, the surface tension of sulfated saponins becomes slightly less than the surface tension of water.

Table 1 – Surface tension of water solution of saponins

Solution, concentration	Number of drops	Density, kg/m <sup>3</sup>	σ, erg	H, cm	
				after 1 min	after 3 min
Water	60	0.96	72.4	–	–
2 g/l	79	0.96	55.02	3.7	3.6
1 g/l	75	0.96	57.95	3.5	2.6
0.5 g/l	74	0.96	58.73	1.4	1.0
0.25 g/l	66	0.96	65.85	0.4	0.3
0.125 g/l	65	0.96	66.87	0.1	0.1
0.0625 g/l	65	0.96	66.87	0.1	0.1
0.03125 g/l	65	0.96	66.87	0.1	–

Table 2 – Surface tension of water solution of sulfated saponins

Solution. concentration	Number of drops	Density, kg/m <sup>3</sup>	σ, erg	H, cm	
				after 1 min	after 1 min
Water	50	0.96	72.44	–	–
2 g/l	69	0.96	52.49	2.7	2.6
1 g/l	68	0.96	53.26	2.5	1.9
0.5 g/l	65	0.96	55.72	1.0	0.5
0.25 g/l	60	0.96	60.36	0.6	0.4
0.125 g/l	53	0.96	68.34	0.2	0.1
0.0625 g/l	53	0.96	68.34	0.1	–
0.03125 g/l	51	0.96	71.02	0,1	–

As seen in Figure 5, the foam stability of the sulfated saponins and the saponins slowly decreases over 2 hours. In this case, the height of the foam for water solution of sulfated saponins is much greater than the height of the foam of water solution of saponins.

It can also be seen from the graph that the foam height for water solution of saponin changes with small jumps. After 1.5 hours, the height of the foam drops sharply, which indirectly indicates a lower stability. The foam height of sulfated saponins gradually decreases during the entire period.

Foam stability data for saponins and sulfated saponins are presented in Figure 5.

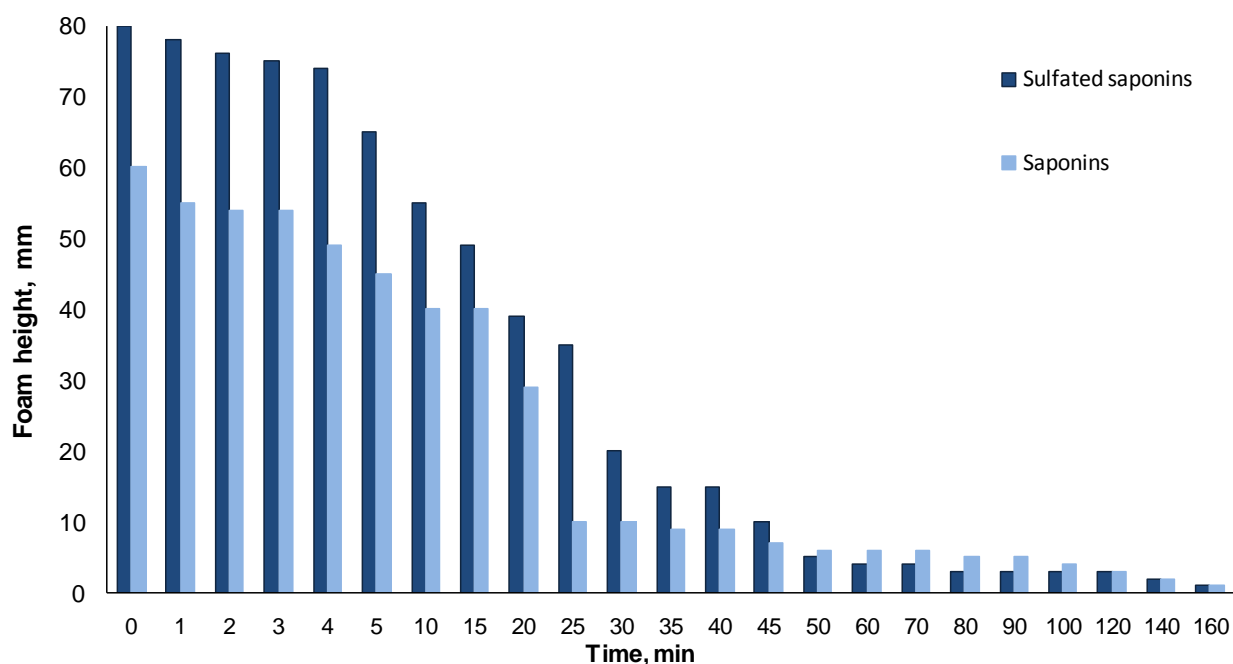


Figure 5 – Data on foam stability for saponins and sulfated saponins

From the data obtained, it can be concluded that saponins and their sulfated derivatives are substances capable of reducing the surface tension of water. Based on the results of the study of foam stability by the Ross-Miles method, it was proved that the foam stability of aqueous solutions of saponins and sulfated saponins is from 2 to 2.5 hours.

#### References:

1. Saien J., Marzban V., Karamian R. Saponin-rich extract from *Glycyrrhiza glabra* plant, a safe matter for low interfacial tension oil/water extraction // *Journal of the Iranian Chemical Society*. – 2020. – Vol. 17. – P. 1163–1171.
2. Wojciechowski K., Kezwon A., Lewandowska J., Marcinkowski J. Effect of b-casein on surface activity of Quillaja bark saponin at fluid/fluid interfaces // *Food Hydrocolloids*. – 2014. – Vol. 34. – P. 208–216.
3. Güçlü-Üstündağ O., Mazza G. Saponins: Properties, Applications and Processing // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2007. – Vol. 47. – P. 231–258.
4. Hadidi M., Ibarz A., Pagan J. Optimisation and kinetic study of the ultrasonic-assisted extraction of total saponins from alfalfa (*Medicago sativa*) and its bioaccessibility using the response surface methodology // *Food Chemistry*. – 2020. – Vol. 309. – P. 191–198.
5. Chen H., Liu J., Tsai S., Lin Yi., Lee Sh. Cytotoxic protobassic acid saponins from the kernels of *Palaquium formosanum* // *Journal of food and drug analysis*. – 2018. – N 26. – P. 557–564.
6. Liu J., Xu Ya., Yang J., Wang W., Zhang J., Zhang R., Meng Q. Discovery, semisynthesis, biological activities, and metabolism of ocotillol-type Saponins // *Ginseng Res*. – 2017. – N 41. – P. 373–378.
7. Zhu Z., Wen Y., Yi J., Cao Y., Liu F., Julian D. McClements Comparison of natural and synthetic surfactants at forming and stabilizing nanoemulsions: Tea saponin, Quillaja saponin, and Tween 80 // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2019. – Vol. 537. – P. 80–87.
8. Kim T., Thanh H., Thuy D., Duc L., Thi T., Manh H., Boonsiri P., Thanh T. Anticancer effects of saponin and saponin-phospholipid complex of *Panaxnotoginseng* grown in Vietnam // *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. – 2016. – Vol. 9. – N 6. – P 795–800.

9. Chen Y., Xie M., Gong X. Microwave–assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from *Ganoderma atrum* // Food Engineering. – 2007. – Vol. 81. – P. 162–170.

10. Kreshkov A.P., Kurbatov I.N. Laboratornye raboty po sintezu i analizu organicheskikh soedinenij. – Moskva: Artillerskaja Ordena Lenina Akademija Krasnoj Armii im. F.Je. Dzerzhinskogo, 1940. – 512 s.

*Посупила 10 апреля 2021 г.*

МРНТИ 76.33.29  
УДК 613.5

## СВЧ-ПЕЧИ И СВЧ-ЭКСТРАКТОРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Кенесова З.А.<sup>1</sup>, Колдаева С.Н.<sup>3</sup>, Байпакбаева С.Т.<sup>2</sup>, Аликулов А.Ж.<sup>1</sup>,  
Кабдушев Ш.Б.<sup>2</sup>, Агибаева Л.Е.<sup>1</sup>, Тин М.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби

<sup>2</sup>Национальная Инженерная Академия Республики Казахстан  
Алматы, Республика Казахстан

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет транспорта, Минск, Республика Беларусь  
e-mail: zarina.kenesova@gmail.com

*Предложен новый подход к переработке сельскохозяйственной продукции, обеспечивающий освобождение фермерских хозяйств от диктата крупных закупочных и торгово-распределительных сетей. Рассмотрены варианты систем, обеспечивающих глубокую переработку сельскохозяйственного сырья непосредственно на поле. Показано, что такие системы не только создают значительные преференции для малого и среднего бизнеса на селе, но и позволят обеспечить сохранение наиболее ценных легколетучих компонент, безвозвратно теряющихся при использовании существующих логистических схем и подходах к переработке растительного сырья. Показано, что для улавливания таких компонент перспективными являются экстракторы, укомплектованные сепарационными системами на основе полимерных гидрогелей. Разогрев и/или упаривание сырья осуществляется при помощи микроволнового излучения, что позволяет сделать системы переработки компактными. Рассматривается вопрос об обеспечении полевых микроволновых печей электроэнергией, показано, что перспективным средством для этого являются солнечные фотоэлектрические панели, устанавливаемые на дирижаблях, несущих перерабатывающую систему. Рассматривается также вопрос о получении воды для предварительной мойки сырья, показано, что при экономичном ее расходе водоснабжение может быть организовано с использованием воды, испаряемой из самого сырья в процессе его переработки и улавливаемой установками, комплектующими дирижабль.*

**Ключевые слова:** сельскохозяйственное производство, малый и средний бизнес, экономическая независимость, зеленая энергетика, СВЧ-нагрев, экстракция, солнечные дирижабли.

*Фермерлік шаруашылықтарды ірі сатып алу және сауда-тарату желілерінің диктатурасынан босатуды қамтамасыз ететін ауыл шаруашылығы өнімдерін қайта өңдеуге жаңа тәсіл ұсынылды. Ауыл шаруашылығы шикізатын тікелей егістікте терең өңдеуді қамтамасыз ететін жүйелердің нұсқалары қаралды. Мұндай жүйелер ауылдағы шағын және орта бизнес үшін айтарлықтай артықшылықтар беріп қана қоймай, өсімдік шикізатын қайта өңдеудің қолданыстағы логистикалық схемалары мен тәсілдерін пайдалану кезінде біржола жоғалып кететін аса құнды тез ұшатын компоненттердің сақталуын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні көрсетілген. Мұндай компоненттерді ұстап алу үшін полимерлі гидрогельдерге негізделген бөлу жүйелерімен жабдықталған экстракторлар перспективалы екендігі көрсетілген. Шикізатты жылыту және/немесе буландыру микротолқынды сәулеленудің көмегімен жүзеге асырылады, бұл өңдеу жүйелерін ықшам етуге мүмкіндік береді. Далалық микротолқынды пештерді электр қуатымен*

қамтамасыз ету мәселесі қарастырылуда, бұл үшін перспективалы құрал-өңдеу жүйесін тасымалдайтын әуе кемелеріне орнатылған күн фотоэлектрлік панельдер екендігі көрсетілген. Сондай-ақ, шикізатты алдын-ала жуу үшін су алу мәселесі қарастырылып жатыр, оны үнемді пайдалану арқылы сумен жабдықтауды оны өңдеу кезінде шикізаттың өзінен буланған және дирижабльді құрайтын қондырғылар ұстап тұрған суды пайдалану арқылы ұйымдастыруға болатындығы көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** ауыл шаруашылығы өндірісі, шағын және орта бизнес, экономикалық тәуелсіздік, жасыл энергетика, микротолқынды қыздыру, экстракция, күн дирижабльдері.

*A new approach to the processing of agricultural products is proposed, which ensures the liberation of farms from the dictates of large purchasing and trade distribution networks. Variants of systems providing deep processing of agricultural raw materials directly on the field are considered. It is shown that such systems not only create significant preferences for small and medium-sized businesses in rural areas, but also ensure the preservation of the most valuable volatile components that are irretrievably lost when using existing logistics schemes and approaches to processing plant materials. It is shown that extractors equipped with separation systems based on polymer hydrogels are promising for trapping such components. Heating and / or evaporation of raw materials is carried out using microwave radiation, which makes processing systems compact. The issue of providing field microwave ovens with electricity is considered, and it is shown that solar photovoltaic panels installed on airships carrying a processing system are a promising means for this. The issue of obtaining water for preliminary washing of raw materials is also considered, it is shown that, with its economical consumption, water supply can be organized using water evaporated from the raw material itself during its processing and captured by the installations that complete the airship.*

**Keywords:** agricultural production, small and medium business, economic independence, green energy, microwave heating, extraction, solar airships.

В настоящее время в таких странах как Казахстан существуют более чем серьезные диспропорции между закупочными ценами для фермеров и ценами реализации фермерской продукции на рынке. Иначе говоря, продукция фермеров, которая зачастую является скоропортящейся (фрукты, например), делает их заложниками закупочных организаций, которые могут диктовать фермерам свои условия. В результате фермеры вынуждены сбывать продукцию по заниженной цене, вследствие чего они лишаются не только экономического дохода, но и многих гражданских прав в силу того, что крупные торговые сети диктуют им самые различные условия.

Следовательно, для таких стран как Казахстан, в том числе и с точки зрения проблемы становления гражданского общества, является остро необходимым создание технических средств, которые позволили бы мелкому и среднему бизнесу, занятым в агропромышленном секторе, избавиться от диктата закупочных организаций. Очевидно, что такого рода технические средства, в первую очередь, должны ориентироваться на непосредственную переработку сельскохозяйственной продукции на месте, позволяя перевести их продукцию в режим долгосрочного хранения.

Параллельно этот подход позволяет решить вопрос с логистикой и складским оборудованием. Типичной в данном отношении является переработка таких продуктов как клубника и помидоры. Известно, что значительная часть данной плодоовощной продукции в конечном счете перерабатывается в продукты длительного хранения, такие как концентрированный клубничный сок, томатная паста и т.п., объем которых существенно меньше объема исходной продукции. Существование вполне определённых логистических цепочек, связывающих фермерские хозяйства и перерабатывающие организации, приводит к

тому, что возникает целый ряд проблем, связанных, например, с использованием складских помещений.

Существование промежуточных логистических узлов приводит, во-первых, к тому, что возникают значительные потери исходной продукции, а во-вторых, к тому, что здесь вновь проявляется фактор диктата крупных закупочных и торговых сетей, которые так или иначе связаны с организациями, оказывающими логистические услуги. Следовательно, имеет смысл и с этой точки зрения обеспечить фермерские хозяйства техническими средствами, которые бы обеспечили глубокую переработку сельскохозяйственной продукции непосредственно в поле.

Рассматриваемый вопрос имеет, в том числе, и выраженный аспект, связанный с выделением ценных веществ из растительного сырья. Показательным является пример, связанный с переработкой такой плодоовощной продукции как клубника, облепиха и т.д. В процессе транспортировки и хранения данная продукция теряет многие ценные свойства теряя, в частности, значительную часть наиболее легко летучих соединений, которые и создают запах свежих фруктов. Следовательно, переработка сельскохозяйственной продукции такого профиля непосредственно на поле не только позволит решить целый ряд социально-экономических проблем, о которых говорилось выше, но также и обеспечить дополнительные преференции с точки зрения утилизации ценных компонент, содержащихся в растительном сырье.

Следовательно, более чем обоснована задача по обеспечению малого и среднего бизнеса, занятого в агропромышленном секторе, высокотехнологичной малой агропромышленной техникой, к тому же ориентированной на малую зеленую энергетику. Действительно, многие трудности агропромышленного сектора Республики Казахстан связаны со снабжением горюче-смазочными материалами. Необходимость тратить значительные ресурсы на приобретение горюче-смазочных материалов делают фермеров заложником топливного рынка в ничуть не меньшей степени, чем заложником закупочных организаций.

Следовательно, изначально необходимо ориентироваться на то, что все технические системы, которые обеспечат глубокую переработку агропромышленного сырья в конечный продукт, должны быть, в том числе, и энергонезависимыми (что возвращает к вопросу о малой зеленой энергетике [1–3]). В конечном счете, становление институтов гражданского общества на селе связано с экономической независимостью фермеров, и эта экономическая независимость должна, в первую очередь, обеспечиваться свободой сбыта конечной продукции, а также максимальной независимостью от поставщиков энергоносителей.

В идеале, фермерские хозяйства в современных условиях, особенно в таких странах как Казахстан, должно быть максимально независимыми от любых внешних поставщиков, точнее, от любых крупных компаний.

Такая постановка вопроса, на первый взгляд, может показаться не вполне адекватной с учётом того, что фермерским хозяйствам для обеспечения независимости от поставщиков энергоносителей и от диктата закупочных сетей придется использовать именно высокотехнологичную технику. Однако здесь главным является фактор времени. Если фермерское хозяйство имеет возможность выбирать некий продукт на рынке в течение достаточно длительного времени, и оно не является лимитированным теми или иными сезонными факторами, то тогда оно уже становится гораздо более свободным.

Главное же, системы малой зеленой энергетике и техники, обеспечивающие непосредственную переработку продукции агропромышленного комплекса, могут эксплуатироваться фермерскими хозяйствами достаточно длительное время.

В данной работе рассматриваются возможные пути решения задачи по обеспечению логистической и экономической независимости фермерских хозяйств на конкретных примерах.

Рассмотрим, каким именно образом системы малой зеленой энергетики могут быть применены в сельском хозяйстве. Подчеркнем, что в данном отношении определяющее значение имеет не формальный коэффициент полезного действия устройств малой зеленой энергетики, и даже не формальная стоимость электроэнергии, но ее приведенная стоимость  $S_q$ , определяемая по формуле

$$S_q = kS_0$$

где  $S_0$  – истинная стоимость электроэнергии,  $k$  – коэффициент пересчета, меньший единицы.

Данный коэффициент в приемлемом приближении можно определить через отношение закупочной цены непосредственно у фермера к розничной, что позволяет использовать для оценок  $k < 0,3$ , причем данная оценка является заведомо завышенной. Иначе говоря, при существующих показателях фотоэлектрических панелей их использование является вполне оправданной для решения рассматриваемой задачи.

Формула (1) подчеркивает, что даже если стоимость электроэнергии для фермера при использовании систем солнечной энергетики является завышенной из-за относительно низкого КПД солнечных фотоэлектрических панелей, представленных на рынке, то их использование вполне может стать экономически оправданным благодаря возможности освобождения от диктата закупочных сетей.

Подчеркнем, что значительная часть работ, посвященных проблемам зеленой энергетики, так или иначе построена на принципах, отражающих интересы крупного бизнеса, в частности, на схемах, которые обеспечивают вовлечение солнечных панелей в распределительные глобальные энергосети и т.п. Однако при определенных условиях даже сравнительно низкий КПД и самих солнечных фотоэлектрических панелей, и устройств, которые от них запитываются, могут обеспечить значительные экономические преференции, особенно тогда, когда речь идет об освобождении конкретных секторов экономики от диктата глобальных поставщиков [4]. И именно этот фактор заставляет начать рассмотрение с проблем, связанных с малой зелёной энергетикой.

Очевидно, что именно фотоэлектрические панели являются наиболее приемлемым источником энергии для решения поставленной задачи. При этом такой недостаток, как зависимость их генерации от погодных условий, в данном случае автоматически снимается практически полностью. При неблагоприятных погодных сбор многих разновидностей сельскохозяйственных культур не ведется. Иначе говоря, для оценок можно исходить из предпосылки, что солнечные панели будут использоваться при коэффициенте инсоляции до 0,7 от среднего для солнечных дней [4].

Следующий количественный показатель, который необходимо рассмотреть, это – площадь задействованных солнечных панелей. В большинстве статей по данной проблеме [5, 6] ставился вопрос о приведении напряжения, вырабатываемого фотоэлектрическими панелями к стандартам, принятым для крупных распределительных сетей. В настоящей работе так вопрос не стоит; предполагается, что фотоэлектрические панели будут обеспечивать соответствующие сравнительно небольшие установки по переработке сельскохозяйственного сырья в сугубо автономном режиме. Следовательно, возникает

возможность рассчитать мощность, генерируемую этими панелями исходя из объема перерабатываемого сырья.

Содержание воды в основных сельскохозяйственных культурах составляет величину, превышающую 80-90%. Следовательно, какие бы не использовались механизмы термической переработки сырья, энергозатраты могут быть оценены, исходя из объема исходного сырья в пересчете на количество содержащейся в нем воды. Более того, в первом приближении можно считать, что сырье на 100 % состоит из воды. Отсюда вытекает возможность для непосредственной оценки необходимых энергозатрат на обеспечение одного рабочего места сельскохозяйственного работника, исходя из таких величин как удельная теплота парообразования.

Под одним рабочим местом сельхозработника здесь и далее понимается техническое оснащение автономного оператора, который обеспечивает непосредственно сбор растительного сырья, его направление в приёмник перерабатывающего устройства, а также сопутствующие операции (помывка при необходимости и т.д.). Одно рабочее место задаёт количество сырья, которое может поступать в приёмник в час. Иными словами, приведенные выше рассуждения позволяют получить исчерпывающую информацию необходимую для того чтобы рассчитать размеры солнечных фотоэлектрических панелей, обеспечивающих одно рабочее место по известным тепловым характеристикам.

Проведенный на основе перечисленных выше соображений расчет показывает, что при определенных условиях мощности в 1,5 кВт\*ч достаточно для обеспечения одного рабочего места. Такая мощность может быть достигнута при использовании солнечной панели порядка 7,5 м<sup>2</sup>. При расчетах использовались конкретные значения для гибких и максимально облегченных солнечных панелей, имеющих в открытой продаже (<https://clck.ru/RpMST>). Конкретно речь идет о гибких фотоэлектрических панелях китайского производства (например, производителя Dongguan Sunlight Solar Energy Co., Ltd.). Совокупный вес данных панелей составляет менее 9 кг.

Отсюда вытекает неожиданная, но вполне реальная возможность решения вопроса об автономном питании для рабочего места сборщика сельскохозяйственного сырья за счет использования солнечных дирижаблей.

Уместно подчеркнуть, что в последнее время вопрос об использовании дирижаблей вновь приобретает актуальность, вплоть до возможности военного применения [7-10]. Только на первый взгляд может показаться, что летательные аппараты легче воздуха окончательно ушли в прошлое. В связи с обострением экологических проблем использование такого рода аппаратов приобретает актуальность, главным образом, это относится к солнечным дирижаблям (дирижаблям на солнечной тяге). Разогрев воздуха внутри оболочки, обеспечивающий возникновение архимедовой силы, создается солнечным излучением. Существуют также разновидности дирижаблей, для которых подъемная сила создается за счет нагнетания пара в оболочку. Во многих случаях именно такие системы являются предпочтительными, так как молекулярная масса воды составляет 18 против средней молекулярной массы воздуха около 29, т.е. при таком наполнении дирижабль будет обладать значительной подъемной силой даже при равенстве температур газа внутри оболочки и окружающей среды.

Более того, использование солнечных или паровых дирижаблей (или дирижаблей на комбинированной тяге) приобретает актуальность также и с точки зрения обеспечения комфортности для сборщика. И именно, сбор сырья, в особенности на предприятиях малого и среднего агропромышленного бизнеса, осуществляется вручную. Более того, определенные

сельскохозяйственные культуры, такие как клубника, требует ручного сбора сырья вне зависимости от масштабов производства. С учетом погодных условий, в которых обычно осуществляется сбор сырья, работникам приходится трудиться под воздействием прямых солнечных лучей.

Следовательно, защита от солнечных лучей, которая параллельно обеспечивает выработку солнечной энергии, является актуальной, в том числе и с точки зрения повышения комфортности рабочего места. На данной основе можно предложить комбинированную систему, в которой будет использоваться дирижабль на солнечно-паровой тяге, укомплектованный солнечными фотоэлектрическими панелями, обеспечивающими получение электрической энергии и параллельно обеспечивающим функцию защиты сборщика от прямых солнечных лучей (рисунок 1). Подчеркиваем, что термическая обработка сельскохозяйственной продукции непосредственно на месте предполагает получение достаточно больших объемов пара (порядка 50% исходного объема с учетом потерь и образующихся отходов). Этот пар может быть использован для наполнения оболочки дирижабля, а вода, образующаяся после его конденсации – для предварительной помывки сырья.

Не исключено, что при дальнейшем развитии такого рода систем передвижные энергетические установки, комплектующие рабочее место, будет логично снабжать вентиляторами и иными устройствами, призванными и далее повысить комфортность рабочего места.

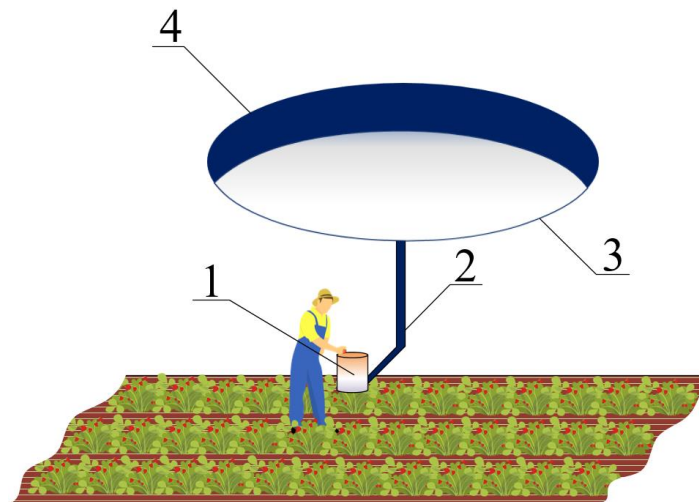


Рисунок 1 – Принцип организации рабочего места сельхозработника при уборке урожая:  
 1 – приемоперерабатывающая система, 2 – фиксатор, включающий в себя шины токоподвода, 3 – несущий дирижабль, 4 – солнечные фотоэлектрические панели

Фактором, лимитирующим возможность использования дирижаблей, является скорость переработки сырья. Чем выше этот показатель, тем меньший вес должен нести дирижабль в каждый данный момент времени. Исходя из этого, можно заключить, что оптимальным является термическая обработка растительного сырья при помощи СВЧ-поля, которое формируется генераторами, обладающими сравнительно небольшим весом. Несколько упрощая, речь идет об использовании портативных микроволновых печей, запитываемых от солнечных панелей и транспортируемых при помощи дирижабля. Подчеркнем, что методы экстракции ценных компонент из растительного сырья при помощи СВЧ-излучения в последнее время также развиваются достаточно активно, например, известны работы по применению микроволнового излучения в виноделии [11–16]. В настоящее время

установлено, что данные методы самым способны повысить эффективность процесса экстракции существенным образом.

Такой подход позволяет также обеспечить эффективное отделение наиболее летучих и наиболее ценных компонентов, которые безвозвратно теряются при переработке по существующим логистическим схемам. Этот вопрос для Республики Казахстан представляет выраженный интерес, главным образом, с точки зрения импортозамещения парфюмерной продукции.

Упрощая, в Казахстане не имеется плантаций роз, обеспечивающих получение розового масла, не имеется плантаций лаванды, как это имеет место, скажем, во Франции. Однако многие фермеры по историческим причинам ориентированы на производство клубники, облепихи и многих других сельскохозяйственных культур, которые в состоянии выставить на рынок дополнительное ароматическое сырье без ущерба для конечного продукта.

В современных условиях весьма важна проблема импортозамещения и, в тоже время, все ароматические компоненты, производимые промышленным сырьем, являются импортными, и нет возможности создать собственные плантации лаванды или роз (во всяком случае на уровне предприятий малого и среднего агропромышленного бизнеса). Поэтому наиболее приемлемый путь состоит в том, чтобы извлекать ценные компоненты из сырья, которое используется в пищевых целях. При этом важно обеспечить отсутствие потерь с точки зрения вкусовых качеств и других полезных компонентов продукта. Иными словами, речь идет именно об улавливании тех компонентов, которые оказываются безвозвратно потерянными, и которые могут быть использованы в парфюмерных и косметических целях.

Наиболее наглядно этот вопрос проявляется на примере компонент для фиточаёв. Фиточаи в настоящее время в Казахстане пользуется повышенной популярностью в связи с внедрением норм здорового образа жизни. Вместе с тем даже по таким компонентам как мята, которая хорошо произрастает в климатических условиях Казахстана, наблюдается устойчивый импорт. При этом импортный продукт, даже выполненный из мяты, стоит очень дорого, до нескольких тысяч и даже более тенге за килограмм. Очевидно, что при обеспечении адекватной логистики производство таких компонент будет необычайно выгодным для казахстанских фермеров, если они сумеют найти дорогу непосредственно к прилавку. Более того при обработке фитокомпонент, используемых в современных чаях, основным методом консервации является сушка с последующим добавлением в тот или иной продукт, например, зеленый чай.

Очевидно, что в этом процессе безвозвратно теряется заметное количество ценных компонент, которые могли использоваться в том числе и в парфюмерных целях. Более того, производство простейших разновидностей парфюмерных изделий может быть налажено в Казахстане сравнительно простыми средствами, в том числе на уровне малого и среднего бизнеса. Конкретно речь идет об ароматизаторах, которые самым активным образом сейчас продвигаются на рынок. Стоимость наполнения для одной аромалампы в настоящее время также достигает нескольких тысяч и более тенге. При этом носитель аромакомпоненты может быть различным. В сущности, необязательно осуществлять для этой цели глубокую очистку сырья, достаточно сделать ее безопасной с точки зрения эксплуатации для здоровья и выделяющей только ценную компоненту. Тем самым данный вопрос является актуальным и с этой точки зрения. При переработке непосредственно в поле такие компоненты как мята могут одновременно давать и продукт в виде добавок в фиточаи, и продукт, обеспечивающий ароматизацию жилых помещений.

Вопрос о разделении газовой фазы, образующейся при скоростном нагреве растительного сырья, имеет еще один аспект. Действительно если сырье нагревается в скоростном режиме, то в результате экстрагирования образуется достаточно сложная смесь, в которой значительная часть приходится непосредственно на воду. Традиционно для обеспечения экстракции именно эфирных масел используется вполне определенный температурный режим. Однако такой подход является неприемлемым с точки зрения работы устройства непосредственно в полевых условиях. Действительно здесь лимитирующим фактором является скорость обработки сырья: если эта скорость является достаточно высокой, тогда

количество сырья, находящегося в обрабатывающей системе в данный конкретный момент, может быть существенно сниженным. Именно поэтому встает вопрос об эффективном разделении газообразных продуктов уже отходящих из обрабатываемого сырья при нагреве.

Общая схема, которая была разработана на основе высказанных соображений, представлена на рисунке 2. Схема содержит базовую камеру, в которой располагаются, предназначенная для нагрева сельскохозяйственной продукции (1), источник СВЧ-излучения, который может быть собран на базе магнетрона стандартного типа, используемого в настоящее время в микроволновых печах (2). Подчеркнем, что современные микроволновые печи по объему вполне отвечают поставленной задаче. Следовательно, возникает возможность использовать наиболее распространённый и удобный источник СВЧ-излучения, то есть промышленно выпускаемый магнетрон. Как и при схеме типовой микроволновой печи источник СВЧ-излучения подключается к камере (1) через волновод (3). Внутри камеры располагается обрабатываемый сельскохозяйственный продукт (4), который нагревается с повышенной скоростью до приемлемой температуры. Питание всех узлов системы в соответствии со сказанным выше осуществляется от солнечной фотоэлектрической панели (5), расположенной, например, на солнечном дирижабле.

Отвод ценной компоненты, а также любых других газофазных продуктов, образующихся при нагреве, осуществляется по каналу (6). Канал дополнительно снабжается покрытием, выполненным из материала, активно сорбирующего воду из газовой фазы, например, из дисперсии частиц гидрогеля. При этом существует возможность задействовать частицы геля в качестве микронасоса, обеспечивающего непрерывный отвод сорбируемого продукта при помощи блока (8).

Регулирование взаимодействия газовой фазы с гидрогелем здесь также осуществляется при помощи СВЧ-излучения, отводимого из базовой камеры. Иначе говоря, предлагаемая конструкция СВЧ-камеры отличается от конструкции стандартной микроволновой печи главным образом тем, что в ней СВЧ-энергия распределяется на два отделения, хотя генерация данного излучения осуществляется одним и тем же магнетроном. Конденсация полезной компоненты и ее сбор осуществляется в блоке (9). Перераспределение СВЧ-энергии между базовой камерой и камерой сепарации газовой фазы осуществляется при помощи аттенуаторного элемента (10), который обеспечивает направление высокочастотных колебаний в заданном режиме в канал (6). Тем самым возникает возможность обеспечить скоростную обработку продукта при параллельном сборе выделенных ценных компонент из отходящих газовой фазы.

Наиболее приемлемой такая конструкция очевидно является при обработке растительного сырья, предназначенного для использования в целях ароматизации. Здесь влага, испаряющаяся из базового сырья, затем разделяется при помощи канала (6). Подчеркиваем еще раз, что техническая реализация данной конструкции является сравнительно простой так как она реализуется фактически на базе стандартной микроволновой печи с тем отличием что возникает дополнительный канал для отвода энергии, которая собственно и обеспечивает сепарацию газовой фазы.

Работа блока, обеспечивающего сепарацию газовой фазы, основывается на том факте, что микроволновое излучение по своей физической природе не отличается от излучения оптического диапазона, они описываются одними и теми же фундаментальными закономерностями. В частности, принцип действия данного блока использует явление полного внутреннего отражения, которое в настоящее время широко используется в волоконно-оптических линиях связи. Конкретно речь идет о том, что излучения, распространяющиеся в оптически более плотной среде, отражаются от границы раздела сред. Иными словами, возникает возможность селективно нагревать определенные участки среды и за счёт этого регулировать процессы сорбции компонент, находящихся в газовой фазе.

В данном случае аналог волновода может быть выполнен из любого материала лишь бы он удовлетворял условию полного внутреннего отражения. С точки зрения использования в

системах, обеспечивающих селективную сорбцию компонент в газовой фазе, очевидно, что перспективным материалом является полимерный гидрогель, а точнее дисперсия полимерных гидрогелей.

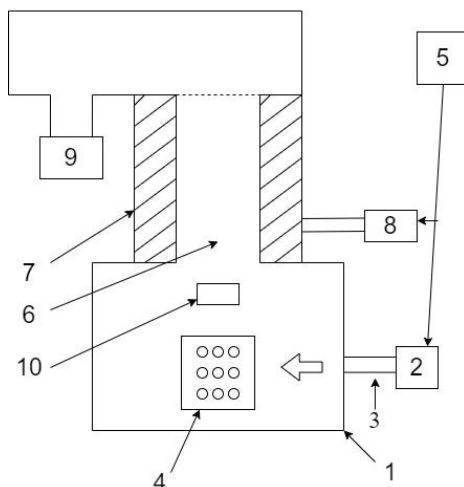


Рисунок 2 – Функциональная схема базовой модификации экстрактора на основе СВЧ-излучения и полимерных гидрогелей

В данном случае аналог волновода может быть выполнен из любого материала лишь бы он удовлетворял условию полного внутреннего отражения. С точки зрения использования в системах, обеспечивающих селективную сорбцию компонент в газовой фазе, очевидно, что перспективным материалом является полимерный гидрогель, а точнее дисперсия полимерных гидрогелей.

Действительно, для того чтобы придать произвольную форму изделию из гидрогеля, удобнее всего использовать диспергированные частицы, которые являются достаточно эластичными и при больших степенях набухания ими можно заполнить любой объем любой формы. При этом объем может задаваться формообразующими элементами с проницаемыми сетчатыми стенками. Именно такая конструкция и предлагается для обеспечения процесса селективной сорбции.

Устройство (рисунок 3) включает в себя следующие элементы:

- канал, образованный стенками, выполненными из диспергированного полимерного гидрогеля (1);
- наружные стенки (2), служащие для придания механической прочности, которые могут выполняться из любого материала, в том числе и из стекла;
- сетку, обеспечивающую экранирование сверхвысокочастотных колебаний (3);
- элементы, обеспечивающие сбор ценных компонент (4).

В состав устройства входят также узлы, обеспечивающие отвод гидрофильных компонент и воды, которые их содержат из системы.

Данное устройство предназначено для того, чтобы обеспечить именно ускоренную экстракцию ценных компонент из растительного сырья. Как отмечалось выше, если нагревание растительного сырья проводится в ускоренном режиме, то происходит отделение не только эфирных масел, но и воды. В результате использования при этом обычных конденсационных устройств, образуется жидкость, в которой содержится большое количество воды, и которая представляет собой достаточно устойчивую смесь, что, по-

видимому, связано с тем, что в состав растительного сырья входят, в том числе, и поверхностно-активные вещества, стабилизирующие смесь.

В этой конструкции пары, образованные при экстракции ценной компоненты, направляются вверх по каналу, сформированному из дисперсии частиц гидрогеля. При этом гидрофильная компонента аккумулируется самим гидрогелем. Гидрофобные компоненты перегоняются дальше за счет нагрева СВЧ-излучением.

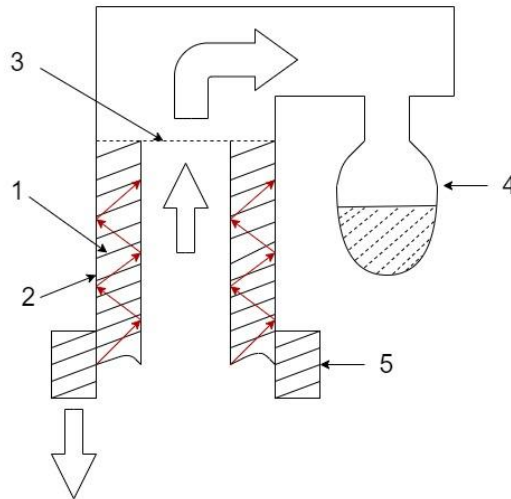


Рисунок 3 – Функциональная схема базовой модификации блока сепарации гидрофильной компоненты на основе СВЧ-излучения и полимерных гидрогелей

Для обеспечения контролируемого нагрева гидрогеля и отделения гидрофобной компоненты используется волноводные свойства данного материала. В силу того, что при больших коэффициентах набухания гидрогеля данное вещество практически полностью состоит из воды, то и коэффициент преломления этого канала близок непосредственно коэффициенту преломления воды. Следовательно, цилиндрическая оболочка канала в данном случае представляет собой волновод, по которому может распространяться микроволновое излучение, при условии, что характерные поперечные размеры волновода превышают длину волны. При использовании длины волны менее 1 сантиметра, что отвечает микроволновому диапазону, такая система вполне становится реализуемой геометрически. СВЧ-колебания заполняют стенки волновода, поддерживая определенную температуру, необходимую для того, чтобы бы гидрофобные компоненты, в частности эфирные масла, содержащиеся в отходящих парах, не поглощались непосредственно гидрогелем. Фактически, данный канал представляет собой устройство для селективного извлечения из отходящих паров гидрофильных компонент. Поддержание постоянства концентрации воды содержание воды в канале обеспечивается за счёт элементов (5), которые представляют собой элемент кольцеобразной формы, заполненный гидрогелем.

Отвод жидкости из данной системы осуществляется в непрерывном режиме за счет направленного коллапса гелей под воздействием постоянного электрического тока. В соответствии с результатами фундаментальных работ [38, 39], коллапс геля под воздействием электрического тока является обратимым и поэтому возникает возможность осуществить некий аналог электрического насоса, который непрерывно будет отводить воду из системы, обеспечивающей эффективное разделение подходящих паров.

Таким образом, методы высокоскоростной экстракции и обработки сельскохозяйственной продукции, обеспечиваемой при помощи электромагнитного излучения радиодиапазона, в том числе сверхвысокочастотного, могут кардинально изменить подходы к построению логистических схем, используемых в агробизнесе. Конкретно, данные схемы позволяют существенно снизить зависимость фермерских хозяйств как от поставщиков горюче-смазочных материалов, так и от диктата распределительных торгово-закупочных сетей. Этот и аналогичные ему подходы позволяют развить простые, надежные и энергетически экономичные методы переработки скоропортящейся продукции непосредственно на сельскохозяйственных полях, что и обеспечивает существенные преференции для малого и среднего бизнеса.

### Литература:

1. Suleimenov I.E., Gabrieliyan O.A., Shaltykova D.B., Mun G.A., Baipakbayeva S.T., Panchenko S.V., Nurtazin A.A. Energy efficiency of society in post-soviet states as a socio-economic problem // «Future energy: innovation scenarios and methods of their implementation» WSEC-2017, Astana. – Vol.3 – P. 64–69.
2. Байпакбаева С.Т., Витулева Е.С. Некоторые вопросы становления энергоэффективного общества // Известия НТО «КАХАК». – 2017. – № 58. – С. 51–59.
3. Baipakbayeva S.T. Possible-strategy of small green energy concept introduction in the Republic of Kazakhstan // The 3<sup>rd</sup> Annual International Academic Conference of IASS 2017, Ho Chi Minh City. – Vol. 1. – P. 257–268.
4. Альтернативная энергетика, искусственный интеллект и проблема консолидации казахстанской науки / Калимолдаев М.Н., Сулейменов И.Э., Пак И.Т., Кабдушев Ш.Б., Байпакбаева С.Т., Витулёва Е.С., Мун Г.А., – 1 том. – Алматы: ТОО «Print Express», 2019. – 339 с.– ISBN 978-601-332-228-5.
5. Кувшинов В.В., Какушина Е.Г., Каширин Д.А. Установка трекерных систем для повышения генерации электрической энергии солнечными батареями // Энергетические установки и технологии. – 2020. – Т. 6. – №. 1. – С. 71–76.
6. Афлятонов Р.Ф., Насипов Р.В. Развитие солнечной энергетики в Крыму в постсоветский период. // Исследование различных направлений современной науки. VIII Международная научно-практическая конференция. – Астрахань: Научный центр "Олимп", 2016. – С. 88–94.
7. Маврицкий В.И., Редькин А.В. Методика оценки эффективности применения солнечной энергии для энергообеспечения силовой установки высотного дирижабля // Мат. 53-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского «Идеи КЭ Циолковского в контексте современного развития науки и техники». – Калуга: Издательство АКФ "Политоп, 2018. – С. 224–225.
8. Сажнев А.И. Перспективы развития и использования дирижаблей // Мат. 24 Межд. Научно-практ. конф. «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». – 2018. – С. 715–715.
9. Челябин В.Ф. Энергоустановка для перспективного дирижабля на основе ЭХГ и электролизера // Изобретательство. – 2008. – Т. 8. – №. 8. – С. 27–34.
10. Карпович Э.В. Обеспечение энергией с помощью солнечных батарей и лазеров // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – №. 2. – С. 1–3.
11. Гусейнова Б.М., Исмаилов Э.Ш., Даудова Т.И. Интенсификация процесса экстракции нутриентов из плодов и ягод действием микроволн // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2011. – Т. 322. – №. 4. – С. 50–53.
12. Пунегов В.В. и др. Экстрагирование гиперицина и псевдогиперицина из зверобоя продырявленного в условиях микроволновой активации процесса // Химия растительного сырья. – 2014. – №. 1. – С. 125–130.

13. Maran J.P., Sivakumar V., Thirugnanasambandham K., Sridhar R. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel // *Carbohydrate polymers*. – 2013. – Vol. 97(2). – P. 703–709.

14. Upadhyay R., Ramalakshmi K., Rao L.J.M. Microwave-assisted extraction of chlorogenic acids from green coffee beans // *Food Chemistry*. – 2012. – Vol. 130(1). – P. 184–188.

15. Krishnaswamy, K., Orsat, V., Gariépy, Y., & Thangavel, K. Optimization of microwave-assisted extraction of phenolic antioxidants from grape seeds (*Vitis vinifera*) // *Food and Bioprocess Technology*. – Vol. 6(2). – P. 441–455.

16. Христюк В.Т., Алексеева Р.В., Якуба Ю.Ф. Использование процесса СВЧ-экстракции в технологии красных специальных вин // *Виноделие и виноградарство*. – 2008. – №. 2. – С. 17–19.

## References:

1. Suleimenov I.E., Gabrieliyan O.A., Shaltykova D.B., Mun G.A., Baipakbayeva S.T., Panchenko S.V., Nurtazin A.A. Energy efficiency of society in post-soviet states as a socio-economic problem // «Future energy: innovation scenarios and methods of their implementation» WSEC-2017, Astana. – Vol.3 – P. 64–69.

2. Bajpakbaeva S.T., Vituleva E.S. Nekotorye voprosy stanovlenija jenergojefektivnogo obshhestva // *Izvestija NTO «КАХАК»*. – 2017. – № 58. – S. 51–59.

3. Baipakbayeva S.T. Possible-strategy of small green energy concept introduction in the Republic of Kazakhstan // *The 3rd Annual International Academic Conference of IASS 2017, Ho Chi Minh City*. – Vol. 1. – P. 257–268.

4. Al'ternativnaja jenergetika, iskusstvennyj intellekt i problema konsolidacii kazahstanskoj nauki / Kalimoldaev M.N., Sulejmenov I.Je., Pak I.T., Kabdushev Sh.B., Bajpakbaeva S.T., Vituljova E.S., Mun G.A., - 1 tom. – Almaty: TOO «Print Express», 2019. – 339 s.– ISBN 978-601-332-228-5.

5. Kuvshinov V.V., Kakushina E.G., Kashirin D.A. Ustanovka trekernyh sistem dlja povyshenija generacii jelektricheskoy jenerгии solnechnymi batarejami // *Jenergeticheskie ustanovki i tehnologii*. – 2020. – T. 6. – №. 1. – S. 71–76.

6. Afljatonov R.F., Nasipov R.V. Razvitie solnechnoj jenergetiki v Krymu v postsovetskij period. // *Issledovanie razlichnyh napravlenij sovremennoj nauki. VIII Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija*. – Astrahan': Nauchnyj centr "Olimp", 2016. – S. 88–94.

7. Mavrickij V.I., Red'kin A.V. Metodika ocenki jeffektivnosti primenenija solnechnoj jenerгии dlja jenergoobespechenija silovoj ustanovki vysotnogo dirizhablja // *Mat. 53-h Nauchnyh chtenij pamjati K.Je. Ciolkovskogo «Idei KJe Ciolkovskogo v kontekste sovremennogo razvitija nauki i tehniki»*. – Kaluga: Izdatel'stvo AKF "Politop, 2018. – S. 224–225.

8. Sazhnev A.I. Perspektivy razvitija i ispol'zovanija dirizhablej // *Mat. 24 Mezhd. Nauchno-prakt. konf. «Radioelektronika, jelektrotehnika i jenergetika»*. – 2018. – S. 715–715.

9. Cheljaev V.F. Jenergoustanovka dlja perspektivnogo dirizhablja na osnove JeHG i jelektrolizera // *Izobretatel'stvo*. – 2008. – T. 8. – №. 8. – S. 27–34.

10. Karpovich Je.V. Obespechenie jenergiej s pomoshh'ju solnechnyh batarej i lazerov // *Jelektronnyj nauchno-metodicheskij zhurnal Omskogo GAU*. – 2016. – №. 2. – S. 1–3.

11. Gusejnova B.M., Ismailov Je.Sh., Daudova T.I. Intensifikacija processa jekstraccii nutrientov iz plodov i jagod dejstviem mikrovoln // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaja tehnologija*. – 2011. – T. 322. – №. 4. – С. 50–53.

12. Punegov V.V. i dr. Jekstragirovanie gipericina i psevdogipericina izzveroboja prodyrjavlennogo v uslovijah mikrovolnovoj aktivacii processa // *Himija rastitel'nogo syr'ja*. – 2014. – №. 1. – С. 125–130.

13. Maran J.P., Sivakumar V., Thirugnanasambandham K., Sridhar R. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel // *Carbohydrate polymers*. – 2013. – Vol. 97(2). – P. 703–709.

14. Upadhyay R., Ramalakshmi K., Rao L.J.M. Microwave-assisted extraction of chlorogenic acids from green coffee beans // Food Chemistry. – 2012. – Vol. 130(1). – P. 184–188.
15. Krishnaswamy, K., Orsat, V., Gariépy, Y., & Thangavel, K. Optimization of microwave-assisted extraction of phenolic antioxidants from grape seeds (*Vitis vinifera*) // Food and Bioprocess Technology. – Vol. 6(2). – P. 441–455.
16. Hristjuk V.T., Alekseeva R.V., Jakuba Ju.F. Ispol'zovanie processa SVCh-jekstrakcii v tehnologii krasnyh special'nyh vin // Vinodelie i vinogradarstvo. – 2008. – №. 2. – S. 17–19.

*Поступила 15 марта 2021 г.*

МРНТИ 31.21.  
УДК 547.917+54.057

## ГЕЛЛАН ЖӘНЕ ӨСІМДІК ӨСУІН РЕТТЕУШІ НЕГІЗІНДЕ ГИДРОФИЛЬДІ ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИТТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ ҚҰРУ

Оңласын А.Ғ.<sup>1</sup>, Бурханова П.А.<sup>2</sup>, Ахмедия А.Т.<sup>1</sup>, Оналбек А.Н.<sup>1</sup>  
Маңғазбаева Р.А.<sup>1</sup>, Ю В.К.<sup>3</sup>, Сисен Г.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті

<sup>2</sup>Қазақстан-Британ Техникалық Университеті

<sup>3</sup>А.Б. Бектұров атындағы Химия Институты

Алматы, Қазақстан Республикасы

e-mail: akhmediyaaganym@gmail.com

Мақалада геллан негізінде калий хлоридінің әртүрлі концентрациялы ( $I \div 4 M$ ) сулы ерітінділері ортасында бірдей өлшемді капсулалар алынды. Капсулаларлар уақыт бойынша ауданының өзгеруі және әр түрлі ортада (су,  $pH=5, 9, 11$  буфер ерітіндісі) ісіну дәрежесі бойынша зерттелді. Алынған нәтижелерден  $3M KCl$  сулы ерітіндісі ортасында алынған капсулалар ең жақсы көрсеткіштер көрсетті. Осыған орай, геллан және Каз-6 (ӨӨР) негізіндегі капсулаларды алу осы  $3M KCl$  сулы ерітіндісі ортасында жүзеге асырылды. Алынған капсулалар уақыт бойынша ауданының өзгеруіне, механикалық беріктігіне, фитобелсенді препараттың босап шығу мүмкіндігіне сыналып, оң нәтижелер көрсетті.

Жұмыста алынған капсулалар бидай дәндерінің өсу процесіне қатысты сыналды. Зерттеу нәтижелері бойынша геллан-Каз-6 негізіндегі капсуланың қатысуымен өсірілген бидай тұқымдары басқа сынамалармен салыстырғанда қарқынды өсіп және жақсы нәтижелер берді. Жалпы зерттеу жұмыстарының нәтижелері бойынша геллан мен Каз-6 негізіндегі капсулалармен өңделген бидай үлгілері сабақ өлшемінің ұзаруы бойынша да, бидай дәндерінің өну дәрежесі бойынша да жоғары нәтиже көрсетіп, өзінің қолданыста тиімділігін көрсетті.

**Түйінді сөздер:** ауыл шаруашылығы, өсімдік өсуін реттеушілер, фитобелсенді препарат, фитобелсенді полимер, геллан, капсула, бидай дәні.

В статье получены капсулы одинакового размера в среде водных растворов хлорида калия различной концентрации ( $I \div 4 M$ ) на основе геллана. Капсулы исследовали по изменению площади во времени и степени набухания в различных средах (вода,  $pH=5, 9, 11$  буферный раствор). Из полученных результатов наилучшие показатели были у капсул, полученных в среде водного раствора  $3 M KCl$ . В связи с этим, получение капсул на основе геллана и Каз-6 (РРР) осуществлялось в среде данного водного раствора  $3 M KCl$ . Полученные капсулы были испытаны на изменение площади во времени, механическую прочность, возможность высвобождения фитоактивного препарата и показали положительные результаты.

Полученные в работе капсулы были протестированы в отношении процесса роста зерен пшеницы. По результатам исследований семена пшеницы, выращенные в присутствии капсулы на основе геллана-Каз-6, интенсивно прорастали и давали хорошие результаты по сравнению с другими образцами. По результатам общих исследований образцы пшеницы, обработанные капсулами на основе геллана и Каз-6, показали высокие результаты как по удлинению размеров стебля, так и по степени всхожести зерен пшеницы и показали свою эффективность в использовании.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, регуляторы роста растений, фитоактивный препарат, фитоактивные полимеры, геллан, капсула, пшеница.

*In this article, capsules of the same size were obtained in the medium of aqueous solutions of potassium chloride of different concentrations (1÷4 M) based on gellan. The capsules were examined by changing the area over time and the degree of swelling in different media (water, pH=5, 9, 11 buffer solution). Of the results obtained, the best performance was shown by capsules obtained in an aqueous solution of 3 M KCl. In this regard, the preparation of capsules based on gellan and Kaz-6 (PGR) was carried out in the medium of this aqueous solution of 3 M KCl. The obtained capsules were tested for changes in the area over time, mechanical strength, the possibility of releasing the phytoactive drug and showed positive results.*

*The capsules obtained in the work were tested for the growth process of wheat grains. According to the results of the studies, wheat seeds grown in the presence of a capsule based on gellan-Kaz-6 sprouted intensively and gave good results compared to other samples. According to the results of general studies, wheat samples treated with capsules based on gellan and Kaz-6 showed high results both in lengthening the size of the stem and in the degree of germination of wheat grains and showed their effectiveness in use.*

**Keywords:** agriculture, plant growth regulators, phytoactive drug, phytoactive polymers, gellan, capsule, wheat.

Өсімдік өсуін реттеушілер (ӨӨР) иммобилизацияланған түрлері әлем бойынша үлкен қызығушылық тудыруда, себебі ол өсімдіктің тек өсуін ғана қамтамасыз етіп қана қоймай сонымен қатар оны қорғау мәселелерін шешеді. Осылайша елдің климаттық жағдайы мен жыл мезгіліне қарай өнімділікті арттыруды реттеуге болады. Алайда, көптеген жағдайда ӨӨР-тің қасиеттері мен өзіндік биологиялық белсенділігі оларды қолданудың қиындықтары мен шектеулерін туғызады. Мәселен, көптеген ӨӨР өзіндік өсуді ынталандырушы қасиеттерін тар концентрациялық диапазонда көрсетеді, ал сол шамадан асқан жағдайда кері әсер беріп, өсімдіктің өлуіне әкелуіне мүмкін. Келесі мәселе, көптеген ӨӨР табиғат жағдайларына байланысты сумен шайылып, желмен ұшып, биологиялық бұзылуларға ұшырайтындықтан жиі жағдайларда керекті нәтижеге жету үшін препаратты артық дозалауға тура келеді. Ал ол өз кезегінде адам мен жануарларға улылық қасиет көрсетеді. Тағы бір айта кететін жайт, көптеген эффективті ӨӨР-дің нашар ерігіштік қасиеті оларды қолдануда қиындық тудырады [1, 2].

Аталған келеңсіздіктерді жою мақсатында фитобелсенді препараттармен толтырылған бөлшектен белсенді заттың босап шығуы бақыланатын жүйелерді алу мәселесі туындайды. Осындай жүйелер қатарына бойындағы белсенді заттың босауын реттейтін ӨӨР-дің полимерлі туындылары – фитобелсенді полимерлер (ФБП) жатады [3].

ФБП бірегей қасиеттер кешенін құрайтын өсімдік шаруашылығына арналған жаңа препараттардың негізі болуы мүмкін. Полимерлік түрге ауыстыру ӨӨР-дің судағы ерігіштігін жақсартып, ынталандырушы дозалар мен концентрациялар аймағын кеңейтуге мүмкіндік береді. Бұл композитті материалдардың маңызды артықшылығы олардың макромолекулалық табиғаты болып табылады, ол биологиялық объектіге қолдану барысында жоғары адгезиялық және жақсы адсорбциялық қасиетті қамтамасыз етеді [4].

Әдетте, ФБП тасымалдаушы қызмет атқаратын полимерлі негізгі тізбектен және сол негізгі тізбекке гидролиттік лабильді топтар арқылы жалғанған ӨӨР бөлшектерінің жанама тізбегінен құралған. Сонымен қатар, полимер құрамында бүкіл жүйеге суда ерігіштік қасиет беретін лиофильдеуші топтар да болады. Гидрофильді полимерлі жүйелер биологиялық белсенді заттарды тасымалдағыш жүйе ретінде кеңінен қолданылады. Қолдану саласына

байланысты полимер тасымалдағыштарға бірнеше талаптар қойылады: усыздық, биоыдырағыш, фитобелсенді препаратпен үйлесімділігі, әсер ету уақытын ұзарту, фитобелсенді препаратты жүйеден белгілі бір ретпен босату және т.б. [4]

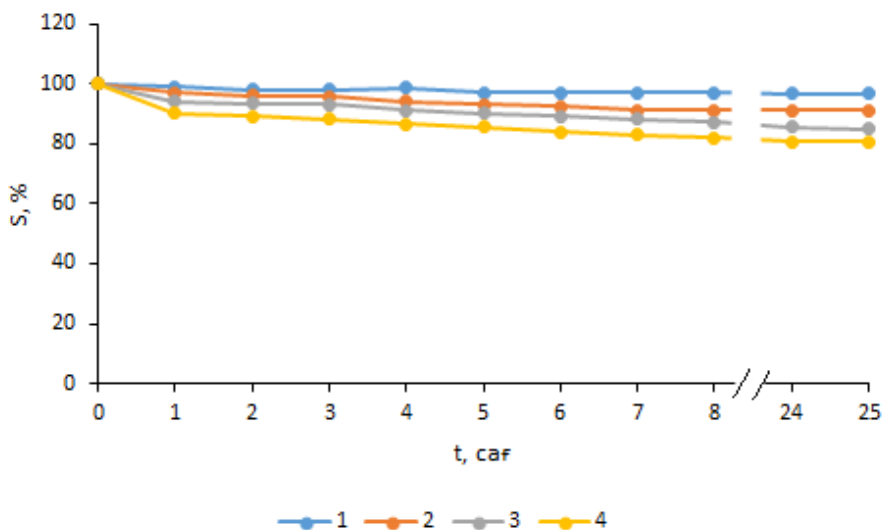
Инкапсулаланған заттың қоршаған ортаға зиян келтірместен әрекет ету аймағына жетуін қамтамасыз ету үшін материалдардың капсуляциясы қолданылады. Өртүрлі өнімдерді капсулаға айналдыру арқылы реакцияға бейім, тез бүлінетін және тұрақсыз заттарды ұзақ сақтауға; бір-бірімен араласпайтын заттардан композит алуға; өнімнің улылық дәрежесін төмендетуге; өнімнің босатылуын сыртқы орта әсерімен реттей алу мүмкіндігіне қол жеткіземіз.

Капсулалардың ең маңызды ерекшелігі микроскопиялық өлшемі болып табылады. Ол үлкен бетінің ауданын ескереді, мысалы, 0,1 мм диаметрі бар шамамен 1 шаршы метрлік қуыс капсулалардың жалпы ауданы шамамен 60 м<sup>2</sup> құрайды [5].

Ұсынылған жұмыста аталған талаптарды қанағаттандыратын геллан негізінде алынған фитобелсенді капсулалардың түзілуінің негізгі заңдылықтары зерттелді.

*Зерттеу нәтижелері және оларды талдау.* Жұмыс барысында 1÷4 М калий хлориді ерітіндісіне геллан және геллан мен 1-(2-этоксипирол)-4-диметоксифосфорил-4-гидроксипиролдиннің оксифосфонаты (Каз-6) ерітіндісінің бірдей көлемін тамшылату жолымен геллан және геллан-Каз-6 негізінде капсулалар алынды.

Түзілген капсулалардың уақыт бойынша салыстырмалы аудан өзгерісі капсулаларды фотоға түсіріп, суреттерді ImageJ бағдарламасымен өңдеу арқылы зерттелді. Жүргізілген зерттеу нәтижелері 1-суретте келтірілген.

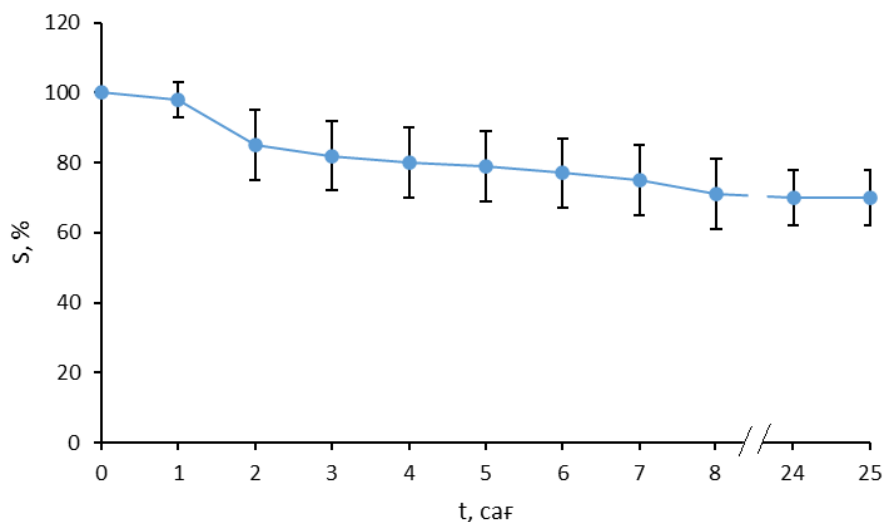


[Геллан] = 1%; капсулалардың қалыптасу ортасы: [KCl]=1 (1); 2 (2); 3 (3); 4М (4)

1-сурет – Өртүрлі KCl ерітінділері ортасында геллан негізінде алынған капсулалардың салыстырмалы аудан өзгерісі

Алынған нәтижелерге сәйкес геллан негізінде алынған капсулалардың сызықты өлшемі алғашқы сағаттарда біршама төмендеп 1 тәулік өткен соң тұрақтанатынын байқауға болады және сығылу мөшері ортадаға калий хлоридінің концентрациясына тәуелді болатыны байқалды. KCl ерітіндісінің 1 және 2 М концентрацияларында капсулалардың еруі, 4 М концентрациялы ерітіндісінде полимердің тұнбаға шөгуі байқалды. Осы нәтижелерден

капсуланы қалыптастыру үшін калий хлоридінің оңтайлы концентрациясы 3 М-ге сәйкес келеді деп қорытынды жасалынды. Осыған байланысты, геллан мен Каз-6 негізінде 3 М КСІ ортасында алынған капсулалардың салыстырмалы аудан өзгерісі зерттелді (2-сурет). Екі жағдайда да капсулалардың қайта құрлымдануы жүріп, сызықты өлшемдері уақыт бойынша кемиді. Бұл жағдайда жүйеде түзілетін сутектік байланыстарының есебінен геллан мен Каз-6 арасында өзара әрекеттесу нәтижесінде гидрофильді өнімнің қалыптасуы жүруі мүмкін.



2-сурет – Геллан мен Каз-6 негізінде 3 М КСІ ортасында алынған капсулалардың салыстырмалы аудан өзгерісі

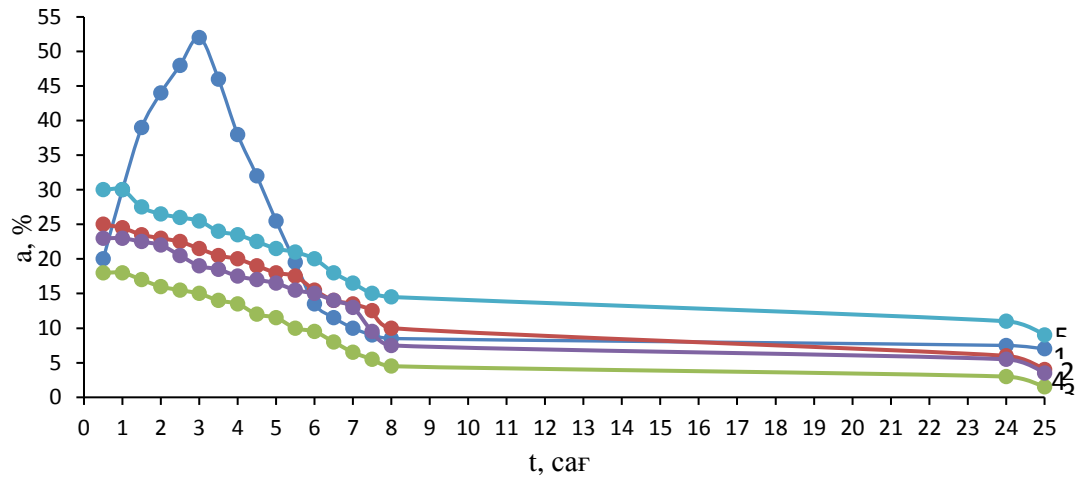
Жұмыста гидрофильді материалдардың маңызды сипаттамаларының бірі *ісіну дәрежесі* зерттелді (3-сурет). Заттың ісіну дәрежесі полимер бойына сіңірген сұйықтың массасынсың (көлемінің) құрғақ/бастапқы күйдегі полимер массасына (көлеміне) қатынасы арқылы есептеледі. Капсулалардың ісіну дәрежесі молекулааралық байланыстар берік болған сайын төмен мән көрсетеді, яғни ісіну аз болады. Алынған капсулалардың ісіну кинетикасы су, буфер ерітінділері (рН=5; 9; 11), калий хлориді ерітіндісінде анықталды.

Таза геллан негізінде алынған капсулаларды буферлік ерітінділерге көшіру кезінде ісіну дәрежесінің шамасы төмендегені байқалды (3-сурет (3), (4), (5)). Капсулалар қышқыл ортада төзімділігі жоғары болады деген қорытынды жасалынды. Байқалған құбылыс гелланның құрылымындағы карбоксильді топтардың диссоциация үдерісінің тежелуімен байланысты болуы ықтимал.

Геллан негізіндегі капсулалардың суда ісіну кинетикасы 3-суретте 1 қисықпен келтірілген. Осы суретте көрсетілгендей суға ауыстырылған капсулалар алғашқы сәтте бойына қосымша суды сіңіріп, артынан еріп кететінін байқауға болады.

Жоғарыда келтірілген нәтижелер бойынша 3-суреттен бірыңғай заңдылық байқалады: барлық жағдайда геллан негізіндегі капсулалар қосымша сығылып, салмағы төмендейді. Тек таза суға ауыстырылған капсулалардың ісінуі максимум арқылы өтіп, еру процесіне жалғасады.

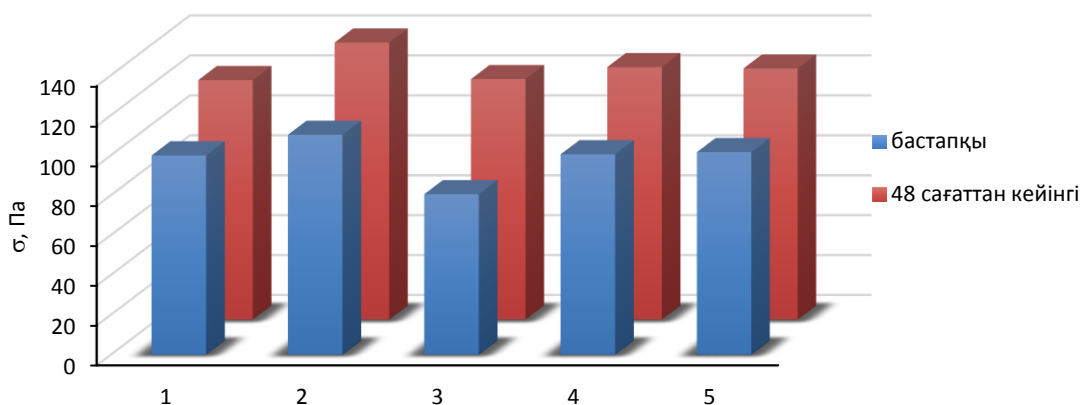
Геллан және геллан-Каз-6 негізіндегі капсулаларды алған кездегі және 48 сағаттан кейінгі беріктілік дәрежесін зерттеу нәтижелері 4-суретте көрсетілген. *Капсуланың механикалық беріктілік дәрежесі* арнайы TA.XT.plus Texture analyzer (Англия) аппараты көмегімен анықталды. Зерттеу нәтижелерінен капсулалардың беріктілік шегі барлық үлгілерде ерітіндіде ұсталу уақыты артқанда өсетіні байқалды.



Капсулалардың қалыптасу ортасы:  $[KCl]=3\text{ M}$ ; су (1);  $KCl=3\text{ M}$  (2);  $pH=5$  (3); 9 (4); 11 (5) .  $[Геллан]=1\%$

3 сурет – Геллан ерітіндісі негізінде алынған капсулалардың әртүрлі ортада ісіну дәрежесі

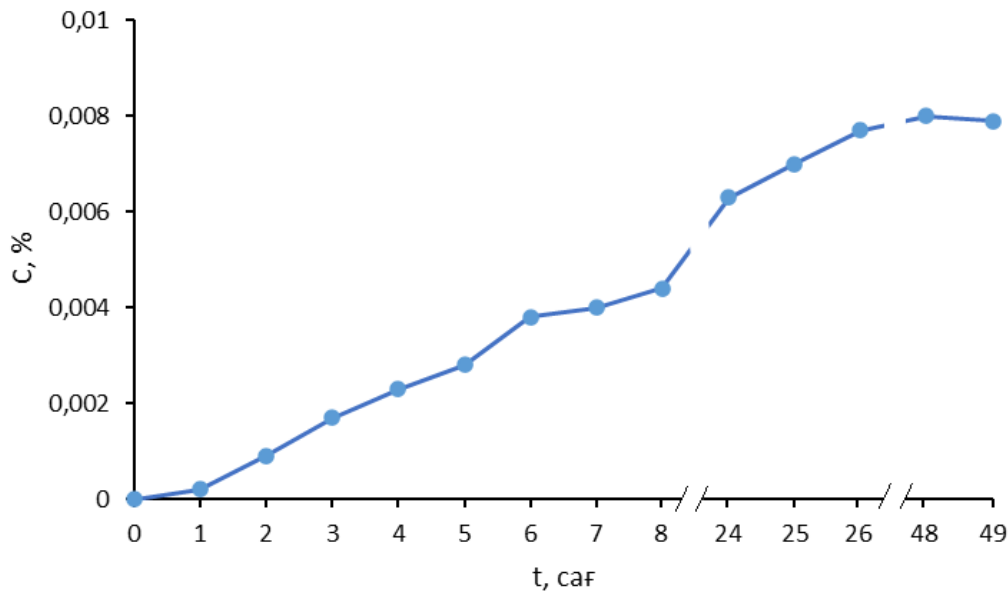
Беріктілік дәрежесін анықтау барысында геллан мен Каз-6 негізінде түзілген капсулалардың үлгілері  $pH=5$  буфер ерітіндісінде алынған кезде – 80,6 Па; ал 48 сағаттан кейін – 120,5 Па мәнін көрсетіп, ең төмен беріктік қасиетіне ие болды. Ал, ең жоғары беріктілікке ұқсас шарттарда – 110,32 Па және 133,8 Па нәтижесімен геллан мен Каз-6 негізінде алынып 3 М калий хлориді ерітіндісінде сақталған капсулалардың үлгісі ие болды. Геллан мен Каз-6 негізіндегі капсулалардың механикалық беріктігін зерттеу арқылы қосымша тігу тораптарын қалыптастыру есебінен жоғары беріктілік қасиетін көрсетті деген тұжырым жасауға болады.



Капсулалар құрамы: Геллан (1); Геллан мен Каз-6 (2–5);  $[KCl]=3\text{ M}$  (2);  $pH=5$  (3); 9 (4); 11 (5);  $[Геллан]=1\%$ ;  $[Каз-6]=0,01\%$

4–сурет – Капсулалардың сығылуға механикалық беріктілік шегі

Алынған капсулалардан *фитобелсенді препараттың (Каз-6) босап шығу кинетикасы* диализдік мембрананы (12–14 кДа) қолдана отырып, УК спектрометрдің көмегімен анықталды (5-сурет). Каз-6-ның фитопрепаратының капсулалардан босап шығу кинетикасы тікелей диффузия әдісімен зерттелді.



[Геллан]=1%; 1 – Каз-6 (ӨӨР)

5 сурет – Капсулалардан Каз-6 босап шығу кинетикасы

Фитобелсенді препараттың (Каз-6) босап шығуын зертеу барысында диффузиялық орта ретінде су қолданылды, УК-спектрофотометрде 270 нм толқын ұзындығы мен 25°C температура жағдайында сынамалар талданды. 5-суреттен геллан мен Каз-6 негізінде алынған капсулалардан Каз-6 препаратының босап шығуы 49 сағат ішінде 80 %-ға дейін жететіні анықталды. Осылайша, геллан мен Каз-6 негізінде алынған капсулалардан Каз-6 босап шығуы уақыты барысында пролонгирленген түрде жүреді деп қорытынды жасауға болады.

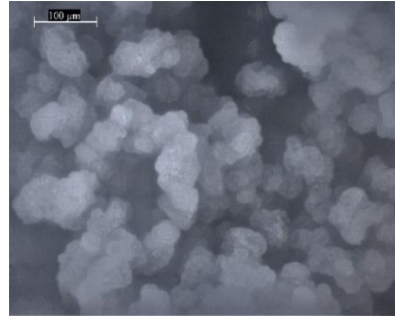
*Капсулалардың құрылымы мен кеуектілік дәрежесі* оптикалық микроскоп DM6000 MLeica (Германия) және электрондық микроскоп Quanta 3D 200iDualsystem, FEI көмегімен анықталды (6-сурет).

Физика-химиялық қасиеттерін зерттеумен қатар жұмыста геллан мен Каз-6 негізінде алынған капсулалардың «Жеңіс» және «Алмакен» сұрыпты бидай дәндерінің өсіп-өнуіне әсері зерттеліп, дайындалған сынамалар өзгерісі бір апта бойына бөлме температурасында бақыланды.

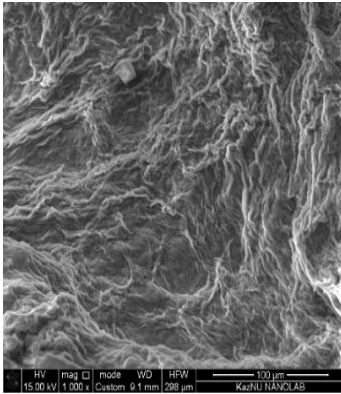
Бақылау нәтижелеріне сай 3 М калий хлориді ортасында жібітілген бидай дәндері ешқандай өміршеңдік қасиет көрсетпеді (7-сурет (1)). Оның себебі, бидай дәндерінің өсу ортасы тұзды ерітінді екендігімен түсіндіріледі. Геллан негізінде алынған капсулалар қатысынсыз өсірілген бидай дәндері сынақтың соңғы күнінде L= 18 мм (7-сурет (2)); капсулалар қатысында бидай дәні L=62 мм (7-сурет (4)) сабақ ұзындығын көрсетті. Каз-6 ерітіндісінің қатысында жібітілген бидай дәндері L= мм (7-сурет (3)) ұзындыққа дейін өсіп, орташа нәтижелер байқалды. Суда жібітілген бидай дәндері сабақтың өсу ұзындығы

бойынша жақсы нәтижелер көрсеткенімен L=80 мм (7-сурет (5)) ең жоғары өсу қабілеті геллан мен Каз-6 негізіндегі капсулаларының қатысында жібітіліп, сол капсулалар қатысында өсірілген бидай дәндерінде бақыланды (7-сурет (6,7)): өсу жағдайы: капсулалар қатысынсыз L=55 мм және капсулалар қатысында L=140 мм.

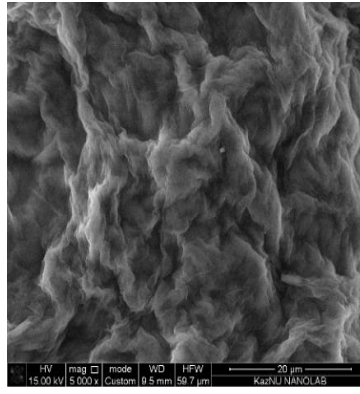
А)



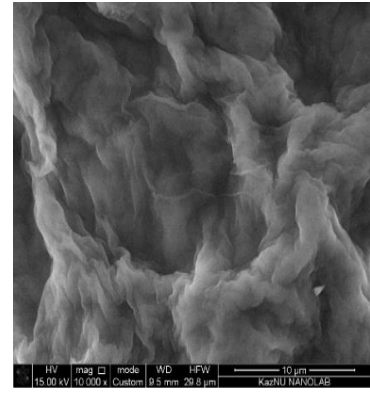
Ә)



1



2



3

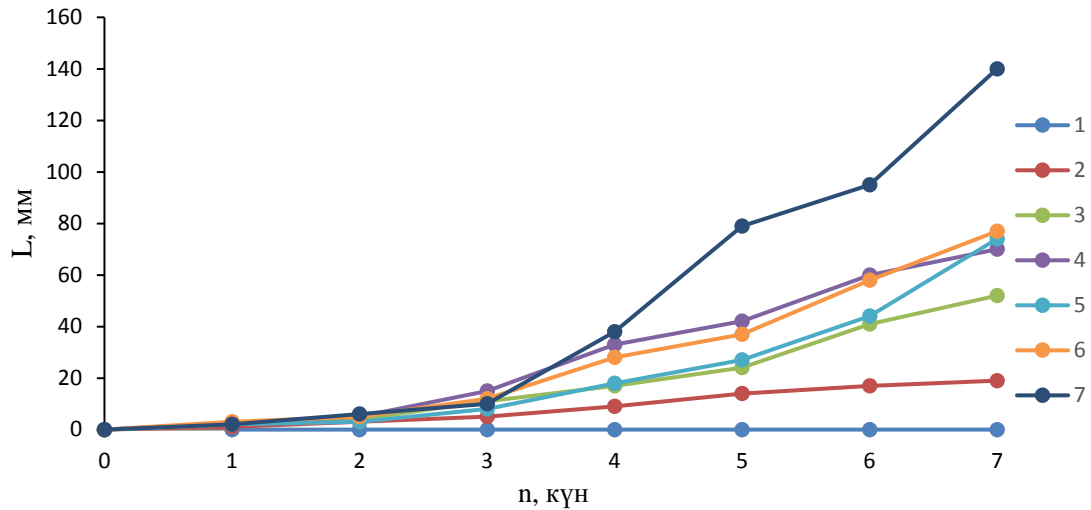
Микроскоп: оптикалық (А); электрондық (Ә);

Масштаб: 100 (1); 20 (2); 10μm (3)

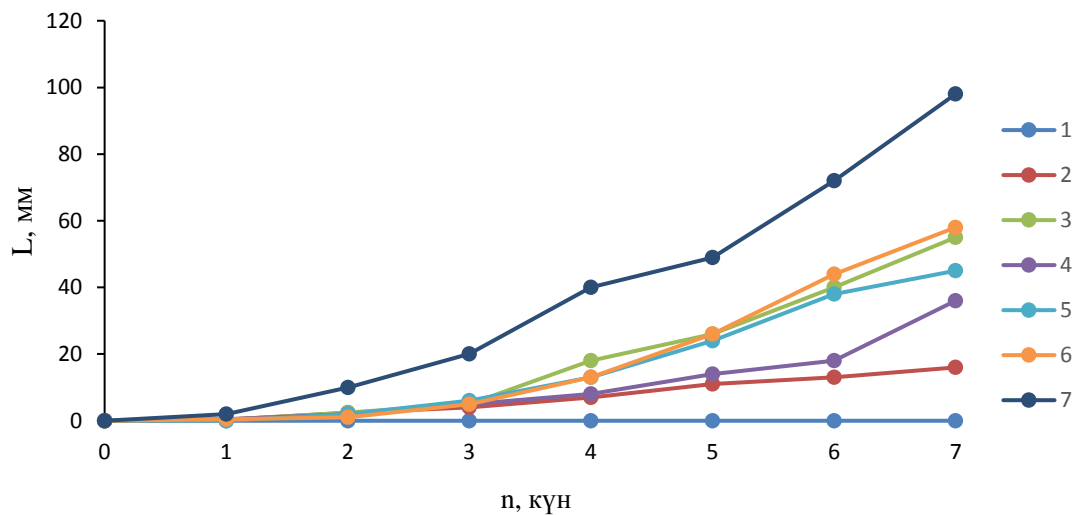
6 сурет – Геллан мен Каз-6 негізінде алынған капсулалардың микросуреттері

*Қорытынды.* Капсулалар геллан және геллан мен Каз-6 негізінде гелланның 1% концентрациясы мен калий хлоридінің сулы ерітінділері ортасында алынды. Сондай-ақ, осы орталарда капсуляция үдерісі зерттелінді. Калий хлориді ерітінділері ортасында капсулалардың қалыптасуы  $K^+$  иондарымен диссоциацияланған топтардың экрандалуы есебінен жүретіндігі анықталды. Гелланның 1% концентрциясында алыну жағдайына тәуелсіз геллан және геллан мен ӨӨР негізінде алынған капсулалардың орта жағдайына байланысты өлшемі бойынша сығылуға және аздап ісіну арқылы ары қарай ұзақ еритіндігі анықталды. Геллан мен Каз-6 негізінде алынған капсулалар ауыл шаруашылық саласында өсімдіктің өсуін реттеуші композитті материал ретінде қолданылу мүмкіндігі сыналды.

А)



Ә)



Бидай сорты: “Жеңіс”(А); “Алмакен”());

Бидай дәндерінің өсу ортасы: [Каз-6]=0,01 масс.% (3); [KCl]=3М (1); су (5);  
геллан негізіндегі капсулалар; (4, 5); геллан+Каз-6 негізіндегі капсулалар (6, 7);  
капсулалар қатысынсыз (2, 6); капсулалар қатысында (4, 7)

7 сурет – Бидай дәндерінің әртүрлі ортада өсу қарқындылығы

#### Әдебиет:

1. Котляров В.В. Применение физиологически активных веществ в агротехнологиях. Учебное пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 169 с.
2. Атабаева М.А. Полимерные формы регуляторов роста растений // Успехи химии и химической технологии. – 2019. – Том 33. – С. 18–19.
3. Шаймурзин А.Х. Водорастворимые препараты амфифильных полимеров: Дис. на соискание ученой степени кандидата химических наук. – М., 2015. – 129 с.

4. Завьялова Е.В., Шумилова Е.В., Малышева Е.Н. Синтез и биотестирование новых регуляторов роста и развития растений // Modern Trends In The Development Of Science Management. – 2019. – № 3. – P. 58–65.

5. Jyothi N.V.N., Prasanna P.M., Sakarkar S.N., Prabha K.S., Ramaiah P.S., Srawan G.Y. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency // Journal of Microencapsulation. – 2010. – Vol. 27. – N 3. – P. 187–197.

**References:**

1. Kotljarov V.V. Primenenie fiziologicheski aktivnyh veshhestv v agrotehnologijah. Uchebnoe posobie. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – 169 s.

2. Atabaeva M.A. Polimernye formy reguljatorov rosta rastenij // Uspehi himii i himicheskoj tehnologii. – 2019. – Tom 33. – S. 18–19.

3. Shajmurzin A.X. Vodorastvorimye preparaty amfifil'nyh polimerov: Dis. na soiskanie uchenoj stepeni kandidata himicheskikh nauk. – M., 2015. – 129 s.

4. Zav'jalova E.V., Shumilova E.V., Malysheva E.N. Sintez i biotestirovanie novyh reguljatorov rosta i razvitija rastenij // Modern Trends In The Development Of Science Management. – 2019. – N 3. – P. 58–65.

5. Jyothi N.V.N., Prasanna P.M., Sakarkar S.N., Prabha K.S., Ramaiah P.S., Srawan G.Y. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency // Journal of Microencapsulation. – 2010. – Vol. 27. – N 3. – P. 187–197.

*Поступила 5 марта 2021 г.*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

МРНТИ 20.23.19

УДК 004.912

### METHODS OF APPLYING LINGUISTIC ONTOLOGIES IN TEXT PROCESSING

**Aitim A.K.<sup>1</sup>, Satybaldiyeva R.Zh.<sup>1</sup>, Wojcik W.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>International Information Technology University, Almaty, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>Lublin University of Technology, Lublin, Poland

e-mail: [aitim.aigerim@gmail.com](mailto:aitim.aigerim@gmail.com), [r.satybaldiyeva@edu.iitu.kz](mailto:r.satybaldiyeva@edu.iitu.kz), [w.waldemar@pollub.pl](mailto:w.waldemar@pollub.pl)

*Many researchers are currently working on the creation of systems for morphological and syntactic analysis. There are many developments in the Russian language, but in the Kazakh language this area has been studied less. The article is devoted to the generalization of methods for processing texts in natural language, which are based on the formation and use of ontological data representation. In the article describes the approaches applicable to agglutinative languages, and research on automating the semantic analysis of texts in the Kazakh language is presented in very small numbers. It is shown that the proposed methods of processing texts in natural language are suitable for highlighting text features for constructing search indexes, automatic generalization of scientific and technical documents, assigning text to a subject area and searching in a collection of documents. The article describes the approaches applicable to agglutinative languages, and research on automating the semantic analysis of texts in the Kazakh language is presented in very small numbers. The method described in the article expands the methods of linguistic statistics and logical-statistical methods for extracting knowledge and building an associative ontology of a given subject area.*

**Keywords:** ontology, graphematis, semiological approach, semantics, text processing, natural language, linguistic approach.

*Қазіргі кезде көптеген зерттеушілер морфологиялық және синтаксистік талдау жүйелерін құру үстінде. Орыс тілінде көптеген зерттеу жұмыстарын кездестіруге болады, бірақ қазақ тілінде бұл бағыт аз зерттелген. Мақала онтологиялық деректерді ұсынуды қалыптастыру мен пайдалануға негізделген, табиғи тілдегі мәтіндерді өңдеу әдістерін қорытуға арналған. Бұл мақалада агглютинативті тілдерге қолданылатын тәсілдер сипатталған және қазақ тіліндегі мәтіндерді семантикалық талдауды автоматтандыру бойынша зерттеулер көрсетілген. Ұсынылған мәтіндерді табиғи тілде өңдеу әдістері іздеу индекстерін құру, ғылыми-техникалық құжаттарды автоматты түрде жалпылау, мәтіндік тақырып аймағына тағайындау және құжаттар жинағында іздеу үшін мәтіндік ерекшеліктерді бөлектеуге жарамды екендігі көрсетілген. Қазақ тіліндегі мәтіндерді өңдеу кезінде морфологиялық, синтаксистік және семантикалық талдау кезеңдерін нақты бөліп алу қиынға соғады, олардың бірізділігі байқалады. Мақалада сипатталған әдіс лингвистикалық статистика мен білімді шығарудың логикалық-статистикалық әдістерін және берілген тақырыптық аймақтың ассоциативті онтологиясын құруды кеңейтеді.*

**Түйінді сөздер:** онтология, графематика, семиологиялық тәсіл, семантика, мәтінді өңдеу, табиғи тіл, лингвистикалық тәсіл.

*Многие исследователи в настоящее время работают над созданием систем морфологического и синтаксического анализа. По русскому языку разработок немало, однако по казахскому языку эта область изучена меньше. Статья посвящена обобщению методов обработки текстов на естественном языке, которые основаны на формировании и использовании онтологического представления данных. В статье описаны подходы, применимые к агглютинативным языкам, а исследования по автоматизации семантического анализа текстов на казахском языке представлены в очень небольшом количестве. Показано, что предложенные методы обработки текстов на естественном языке пригодны для выделения признаков текста для построения поисковых индексов, автоматического обобщения научно-технических документов, отнесения текста к предметной области и поиска в коллекции документов. В процессе семантического анализа осуществляется смысловая интерпретация слов и структур, устанавливаются отношения между более крупными элементами текста. Описанный в статье метод расширяет методы лингвистической статистики и логико-статистические методы для извлечения знаний и построения ассоциативной онтологии заданной предметной области.*

**Ключевые слова:** онтология, графематика, семиологический подход, семантика, обработка текста, естественный язык, лингвистический подход.

*Introduction.* The article summarizes and systematizes previously developed approaches to natural language text processing. When processing natural language texts, the most common linguistic approach is to use a syntax-based text analyzer.

The complexity of implementing a high-precision analyzer of Kazakh-language texts is due to the close connection of syntax and semantics, and a lot of syntactically similar constructions that do not allow unambiguous interpretation without knowledge of the semantic combination of words.

The approach originally proposed in differs from the linguistic approach and adaptation to the implementation capabilities of computer systems. This is called semiological approach. Semiology as a science in the interpretation of U. Eco considers the totality of information processes as sign systems, assuming that they are such, and hence the phenomena of communication [1].

Thus, it meets the needs of many modern scientific disciplines that try to reduce phenomena of different orders to the fact of communication.

The subject orientation of the texts shows that some components of linguistics are not important for the communicative act.

### **The subject area of Ontology**

The ontology of a subject area is shown not in words, but in the connections between concepts. The associative connection between concepts is used as the main type of connection in such an ontology [2]. A word that denotes a concept in a particular ontology can be an arbitrary identifier, and the ways they are connected are determined only by the structure of the language.

In addition, the semiological approach to visual communication was manifested to visually present the content of text messages in iconographic form (projects "visual dictionary", "visual search") [2].

Subsequently, this approach was expanded by adding a special type of text processing (encyclopedic and lexical) to highlight denotative links of text processing of any type with the allocation of connotative links and began to be referred to in the literature as "infological" and "associative-visual". This modified approach involves the use of special type of text processing methods, as well as natural language texts using an ontology system. automatically generated during operation. The principal difference of this approach is automatic generation of ontology

(semantic environment) in the process system, in contrast to the a priori given ontology used in the approaches based on the use of the Semantic Web.

There is a group of approaches to automated construction of ontologies, which are based on the structure search for patterns in a predetermined structure [3].

In contrast, in the developed approach, the associative formation of ontologies occurs during the system operation, and the graph of associative relationships formed directly on the texts of the thematic anthology is used as a conceptual graph. An anthology (in several works, a special case of an anthology is understood as a corpus of texts) is a collection of texts selected considering a certain condition (thematic proximity, unity of source, proximity of time of appearance, so forth).

Many authors suggest using expert methods to select the main terms and determine the relationships between them. It should be said that it is necessary to involve specialists in this task, but it is not advisable to rely on them completely, since errors may appear, since all people associate concepts with different objects, and the terminology used in each case depends very much on the scope of the expert's activity [4].

The current stage of development of science, education and production is characterized by the development and use of information technologies based on knowledge, based on computer technology, and the use of artificial intelligence methods in creating information systems. Currently, one of the priority areas of information technology development is the transition to working with information semantics.

Classification of the ontology of objects and facts of reality in such a way that:

- a) it serves as a convenient metalanguage for describing the meanings of words;
- b) it was convenient to correlate the meanings of words in different natural languages with their objects;
- c) it provided knowledge useful for removing ambiguity in text analysis any topic

Many knowledge management systems mostly work with superficial knowledge. This is because now there are no universal methods that allow you to identify deep knowledge structures and work with them.

To build an ontology, it is more profitable to understand the need for ontology and some works on ontology based on text analysis. An ontology is an explicit formal specification of a condition in an explicit specification of the subject and the relations between them [4].

Ontologies can be used to support the sharing and reuse of knowledge. This reuse approach assumes that the modeling scheme, i.e., the ontology, is specified in detail and mutually agreed by the parties, and then it can be shared, reused, and disseminated. Many disciplines are now developing standard ontologies that can be used by experts in the field to share and annotate information in their field. Problem-solving methods, domain-independent applications, and software agents use ontologies and a knowledge base built on ontology data.

Reuse of existing ontologies may be necessary if our system is to interact with other applications that have already arrived at ontologies or managed vocabularies. There are libraries of reusable ontologies on the Internet and in the literature, for example, in the Ontolingua ontology library or the DAML ontology library [5].

The need for ontologization is associated with the inability of existing methods to process texts adequately automatically in the native language. For high-quality text processing, it is necessary to have a detailed description of the problem area with many logical connections that show the connections between terms. The use of ontologies makes it possible to process text in the native language in such a way that it becomes available for automatic processing [6].

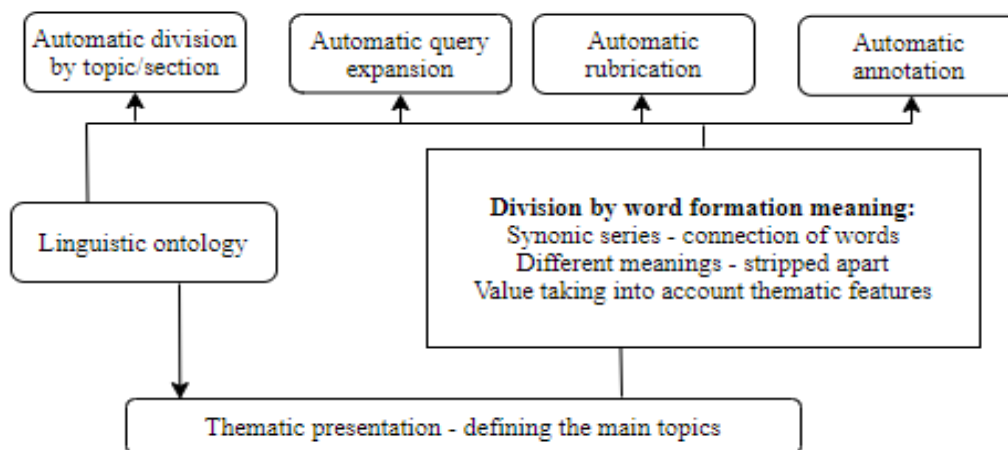


Figure 1 - Block diagram of automatic text processing based on the linguistic method

Based on the results of the study, the following stages of automatic text analysis are performed:

- automatic resolution of lexical ambiguity
- building a thematic representation of the text
- division of words according to the structure of the structure
- formation of a block of words
- based on the built thematic presentation
- automatic division of words into sections / topics
- automatic categorization
- automatic annotation (figure 1).

Many words processing models in the field of information retrieval assume of independent use of words in a connected text. Meanwhile it is known that the text contains many related within the meaning of the words and has an internal hierarchical structure. There are quite a few different applications of automatic text processing that could produce better results if it were possible to automatically identify the content structure of a coherent text. Among them are applications such as automatic segmentation of texts, resolution of polysemy, proper information search, better definition of term weights in a document, text categorization, automatic annotation of texts, etc. The concept of text connectivity can be considered in several aspects.

Structural coherence and coherence of the text are distinguished. In fact, we are talking about internal (structural) and external (pragmatic) connectivity. Cohesion is the relationship of text elements, in which the interpretation of some text elements depends on others. Coherence is the connectedness introduced by something external to the text, first by the knowledge of its addressee. Based on this knowledge, the addressee can construct a certain list and complete the links that are not explicitly present in the text. From another point of view, the global and local connectednesses of the text are distinguished. The global coherence of the text is ensured by the fact that the text has a single theme. The local connectedness of discourse manifests itself in the relationship between adjacent minimal units of the text.

Determining the main topic of a text is an important step for many information retrieval applications. The concept of the main (or global) theme of the text is associated with such properties of the text as thematic coherence and thematic structure. A text can be formally connected through various types of connectivity, but if it does not have a single theme, then it cannot be considered as a text. The topic of a whole text can be characterized in terms of subtopics, and subtopics in terms of even more local subtopics. Each sentence of the text corresponds to one or

another subtopic of the hierarchical structure of the text. The macrostructure of a text determines its global connectivity. "Without such global connectivity, it would be impossible to control local connections. Sentences can be well connected according to local connectivity criteria, but they might deviate if there were no global restrictions on their content"[7].

Semantic networks are one of the artificial intelligence methods for representing knowledge in natural language. The semantic network is an information model of the subject area, which has the form of a directed graph, the vertices of which correspond to the objects of the subject area, and the edges determine the relationship between them. Objects can be concepts, events, properties, processes. Thus, semantic networks are one of the ways to represent knowledge in natural language. In recent years, in the works of many scientists, it is proposed to use graphodynamic systems as a formal basis for projected intelligent systems, abstract logical-semantic models of intelligent systems [8].

*Conclusion.* The automatic construction of an ontology from texts of requirements in natural languages involves the extraction of concepts of the ontology, as well as relations over concepts. As applied to the terminology of computational linguistics, relations over concepts of ontology can be referred to semantic relations. Relationships over concepts can be obtained because of semantic analysis of the text, which is preceded by graphematic, morphological and syntactic analysis [9].

Semantics as a branch of linguistics deals with the study of the meaning of linguistic units. The meaning of a unit of the Kazakh language depends on its relationship with other units of the language, on its lexical and syntactic compatibility with them. One of the priority problems in the process of automatic text processing is the problem of resolving lexical ambiguity. In case of incorrect definition, the meaning can be completely distorted.

In automatic text processing systems, five main stages of analysis are traditionally distinguished: graphematic, morphological, fragmentation, syntactic and semantic. In our research, we focused on the Kazakh and Russian languages to cover languages of at least two types: agglutinative and inflectional. It was noted that when processing texts in the Kazakh language, it is difficult to clearly separate the stages of morphological, syntactic, and semantic analysis, their coherence is observed. This is due to the peculiarities of word formation in languages of this structure. In addition, it is these three stages that cause the greatest difficulties in automation regardless of the language. Therefore, in this article we will limit ourselves only to their consideration [10].

Many teams are currently working on the creation of systems for morphological and syntactic analysis. There are quite a few developments for the Russian language, however, for the Kazakh language, this area has been studied less. In approaches are described that are applicable for agglutinative languages, and research on the automation of semantic analysis of texts in the Kazakh language is presented in very small numbers.

The purpose of semantic analysis is to build a semantic graph of the text. In contrast to the morphological and syntactic, at the semantic stage a formal representation of the meaning of the text appears. In the process of semantic analysis, the semantic interpretation of words and structures is carried out, relations are established between the larger elements of the text.

## References:

1. Navigli R., Velardi P. Structural semantic interconnections: a knowledge-based approach to word sense disambiguation // Journal of science. – 2005. – N 1. – P.1075–1086.
2. Gomez-Perez A., Manzano-Macho D. An overview of method and tools for ontology learning from

texts // Knowledge Eng Rev. – 2005. – N 13. – P.187–212.

3. Tudorache T, Noy N, Tu S, Musen M. Supporting collaborative ontology development in Protégé // The seventh International Semantic Web Conference. – 2008. – N 2. – P.31–45.

4. Gruber T.R. A translation approach to portable ontologies // Knowledge Acquisition. – 1993. – N 5. – P.199–220.

5. Boguslavsky I., Iomdin L., Sizov V., Timoshenko V. Interfacing the Lex icon and the Ontology in a Semantic Analyzer // The 6th Workshop on Ontologies and Lexical Resources. – 2010. – P.67–76.

6. Hamon T., Nazarenko A. Detection of synonymy links between terms: experiment and results // Recent Advances in Computational Terminology, John Benjamins Publishing Company. – 2012. – N 5. – P.185–208.

7. Boguslavsky I. Semantic Analysis based on linguistic and ontological resources // The 5th International Conference on the Meaning – Text Theory. – 2011. – P.25–36.

8. Navigli R., Velardi P., Gangemi A. Ontology learning and its application to automated terminology translation // IEEE Intell Systems – 2003. – P.22–31.

9. Maedche A, Staab S. Discovering conceptual relations from text // The 14th European Conference on Artificial Intelligence. – 2000. – P.321–325.

10. Niles I. Linking Lexicons and Ontologies: Mapping WordNet to the Suggested Upper Merged Ontology // International Conference on Information and Knowledge Engineering. – 2003. – P.201–215.

*Поступила 23 декабря 2020 г.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

1. Агибаева Л.Э. – PhD, старший преподаватель кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0002-5058-5305.
2. Адилбек Н.А. – магистрант факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби Orcid ID 0000-0003-1963-5578.
3. Аликулов А.Ж. – старший преподаватель кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0003-0380-0612.
4. Ахмедия А.Т. – магистрант факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0003-0337-5951.
5. Әйтiм Ә.Қ.  
Aitim A.K. – магистр технических наук, сениор-лектор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий, Orcid ID 0000-0003-2982-214X.
6. Байкенов А.С. – доктор технических наук, профессор Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева, Orcid ID 0000-0002-6490-3159.
7. Байпакбаева С.Т. – докторант PhD кафедры инфокоммуникационных технологий Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева, Orcid ID 0000-0001-7251-0585.
8. Бактыбаева Л.К. – кандидат биологических наук, доцент кафедры биофизики, биомедицины и нейронаук, факультет биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0001-5582-6537.
9. Бактыбаева А.М. – студентка факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0002-5421-6064
10. Беркешева А.С. – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой инженерии и транспортных услуг Высшей школы инженерии Байшев университета, Актобе, Республика Казахстан. Orcid ID 0000-0003-0426-8488.

11. Бугубаева Р.О. – кандидат экономических наук, профессор, первый проректор по учебно-методической работе Карагандинского технического университета. Orcid ID 0000-0002-3648-8365.
12. Бурханова П.А. – магистрант Казахстанско-Британского университета. Orcid ID 0000-0003-3681-5191.
13. Витулёва Е.С. – докторант PhD кафедры телекоммуникационных сетей и систем Института космической инженерии и телекоммуникаций Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0002-6075-4870.
14. Вуйцик В.  
Wojsik W. – доктор технических наук, профессор, директор Института электронных и информационных технологий факультета электротехники Люблинского технологического университета, Люблин, Польша. Orcid ID 0000-0002-0843-8053.
15. Гумеров Р.А. – магистрант Института космической инженерии и телекоммуникаций Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0002-8156-2667.
16. Дрозд В.Г. – кандидат экономических наук, доцент кафедры цифровой информации и IT-аналитики Карагандинского экономического университета Казпотребсоюза. Orcid ID 0000-0002-3439-5819.
17. Дәулет Г.Д. – докторант PhD кафедры биофизики, биомедицины и нейронаук факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0002-3517-5252.
18. Есмагамбетова М.М. – докторант PhD кафедры информационных систем Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева. Orcid ID 0000-0001-9273-7402.
19. Жумабай Р.А. – студент факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0002-6857-9720.
20. Калугин С.Н.  
Kalugin S.N. – доктор химических наук, ассоциированный профессор, директор Научно-исследовательского института новых химических технологий и материалов при Казахском Национальном университете им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0001-8686-8115.

21. Кабдушев Ш.Б. – магистр техники и технологий, научный сотрудник Национальной инженерной академии РК. Orcid ID 0000-0001-9528-084X.
22. Карипбаева А.К. – магистр наук, старший преподаватель кафедры организации авиационных перевозок и логистики Академии Гражданской Авиации, Orcid ID 0000-0002-0172-0523.
23. Кенесова З.А. – кандидат химических наук, старший преподаватель факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0003-2768-824X.
24. Когай Г.Д. – кандидат технических наук, профессор кафедры информационно-вычислительных систем Карагандинского технического университета. Orcid ID 0000-0002-3744-9210.
25. Колдаева С.Н. – кандидат технических наук, доцент кафедры физики и энергоэффективных технологий строительного факультета Белорусского государственного университета транспорта, Гомель, Республика Беларусь. Orcid ID 0000-0001-7805-3581.
26. Копишев Э.Е. – кандидат химических наук, заведующий кафедрой химии Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана. Orcid ID 0000-0002-7209-2341.
27. Лещинская Э.М. – кандидат технических наук, профессор Института космической инженерии и телекоммуникаций Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0002-0121-6626.
28. Маңғазбаева Р.А. – кандидат химических наук, доцент, лектор факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0003-1876-591X.
29. Матрасулова Д.К. – докторант PhD Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0002-0646-6333.
30. Молдахан И. – докторант PhD кафедры телекоммуникационных сетей и систем Института космической инженерии и телекоммуникаций Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0003-4154-2327.

31. Мун Г.А.  
Mun G.A. – доктор химических наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК, заведующий кафедрой 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.
32. Оңалбек А.Н. – магистрант факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0002-4905-1998.
33. Оңласын А. – магистрант факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0003-1485-8748.
34. Пак И.Т. – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института информационных и вычислительных технологий МОН РК. Orcid ID 0000-0003-4892-5996.
35. Пралиев К.Д. – академик НАН РК, доктор химических наук, профессор, заведующий лаборатории химии синтетических и природных лекарственных веществ Института химических наук им. А.Б. Бектурова. Orcid ID 0000-0003-0381-7481.
36. Русинов В.Л.  
Rusinov V.L. – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой органической и биомолекулярной химии Химико-технологического института Уральского федерального университета им. Первого президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Российская Федерация. Orcid ID 0000-0002-1705-4078.
37. Сатыбалдиева Р.Ж.  
Satybaldiyeva R.Zh. – кандидат технических наук, ассоц.профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий. Orcid ID 0000-0003-2982-214X.
38. Сисен Г.А. – студент факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0001-5822-6641.
39. Смажанова А.С. – магистрант кафедры телекоммуникационных сетей и систем Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0002-3216-0418.
40. Спанова Б.Ж. – кандидат экономических наук, доцент кафедры цифровой информации и IT-аналитики Карагандинского экономического университета Казпотребсоюза. Orcid ID 0000-0003-1119-208x.

41. Сулейменов И.Э. – доктор химических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, академик Национальной инженерной академии РК, профессор Института медийных технологий Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация. Orcid ID 0000-0002-7274-029X.
42. Те А.Л. – PhD, доцент Алматинской академии экономики и статистики. Orcid ID 0000-0002-4610-5663.
43. Тен А.Ю. – Кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории химии синтетических и природных лекарственных веществ Института химических наук им. А.Б. Бектурова. Orcid ID 0000-0002-9607-050X.
44. Тен Т.Л. – доктор технических наук, профессор, проректор по цифровым технологиям и инновациям Карагандинского экономического университета Казпотребсоюза. Orcid ID 0000-0002-9677-0266.
45. Тин М.В. – студент факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0003-3780-155X.
46. Глеулесова А. – магистрант кафедры телекоммуникационных сетей и систем Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0002-0503-7721.
47. Умбетьярова Л.Б. – кандидат медицинских наук, и.о. доцента кафедры биофизики, биомедицины и нейронаук факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета им. аль-Фараби. Orcid ID 0000-0001-6508-707X.
48. Чежимбаева К.С. – кандидат технических наук, доцент кафедры телекоммуникационных сетей и систем Алматинского университета энергетики и связи им. Гумарбека Даукеева. Orcid ID 0000-0002-1039-1629.
49. Шалтыкова Д.Б. – старший научный сотрудник Института информационных и вычислительных технологий МОН РК. Orcid ID 0000-0002-6245-6447.
50. Фалалеев А.П. – доктор технических наук, профессор, ректор Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация. Orcid ID 0000-0003-3642-4544.

51. Шайхутдинов Р. – докторант PhD факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби Orcid ID 0000-0002-5950-0689.
52. Ю В.К. – доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории химии синтетических и природных лекарственных веществ Института химических наук им. А.Б. Бектурова. Orcid ID 0000-0001-6508-707X.
40. Яворский В.В. – доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий и безопасности Карагандинского государственного технического университета. Orcid ID 0000-0001-6508-1954.

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

<b>МУН Г.А., ВИТУЛЁВА Е.С., СУЛЕЙМЕНОВ И.Э., ШАЙХУТДИНОВ Р., ПАК И.Т.</b> Алгоритмическая основа функционирования систем распределенной телеметрии .....	4
<b>ЕСМАГАМБЕТОВА М.М., ТЕН Т.Л., ЯВОРСКИЙ В.В.</b> Разработка аналитической системы процессного управления служб горнорудного предприятия на базе анализа данных .....	14
<b>ГУМЕРОВ Р.А., ЛЕЩИНСКАЯ Э. М.</b> Разработка распределенной информационной системы для анализа передвижений мобильных абонентов .....	21
<b>МУН Г.А., МОЛДАХАН В, БАЙПАКБАЕВА С.Т., ВИТУЛЁВА Е.С., КОПИШЕВ Э.Е., ЖУМАБАЙ Р.А.</b> К вопросу о постиндустриальной парадигме развития инфокоммуникационного сегмента оборонно-промышленного комплекса РК .....	29
<b>ПАК И.Т., МАТРАСУЛОВА Д.К., БАЙКЕНОВ А.С., КАБДУШЕВ Ш.Б., КОПИШЕВ Э.Е.</b> Алгебраизация нечеткой логики как инструмент для разработки алгоритмической основы управления частично автономными боевыми нейронными сетями .....	37
<b>СУЛЕЙМЕНОВ И.Э., ФАЛАЛЕЕВ А.П.</b> К вопросу о количественном описании информационных воздействий на общество через параметры подобия .....	48
<b>ТЕ А.Л., БУГУБАЕВА Р.О., ДРОЗД В.Г., СПАНОВА Б.Ж., ТЕН Т.Л., КОГАЙ Г.Д.</b> Моделирование динамики развития показателя компьютерной грамотности работников АПК Казахстана .....	57
<b>ЧЕЖИМБАЕВА К.С., СМАЖАНОВА А.С.</b> Cisco Packet Tracer желілік жабдығы негізінде виртуалды желілерді модельдеу және құру .....	68
<b>ЧЕЖИМБАЕВА К.С., ТЛЕУЛЕСОВА А.А.</b> IP IVR жүйесін пайдалану кезінде байланыс орталығының сапасын бағалау .....	77

### ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЯ

<b>БАКТЫБАЕВА Л.К., ТЕН А.Ю., УМБЕТЬЯРОВА Л.Б., ДАУЛЕТ Г.Д., БАКТЫБАЕВА А.М., ПРАЛИЕВ К.Д., Ю В.К.</b> Структура, механизм патогенеза, клиническая картина коронавирусной инфекции SARS-CoV-2 и практика применения некоторых препаратов .....	86
<b>КАЛУГИН С.Н., АДИБЕК Н.А., РУСИНОВ В.Л.</b>	

Определение поверхностной активности сапонинов выделенных из корней <i>GLYCYRRHÍZA</i> и их производных .....	100
<b><i>КЕНЕСОВА З.А., КОЛДАЕВА С.Н., БАЙПАКБАЕВА С.Т., АЛИКУЛОВ А.Ж., КАБДУШЕВ Ш.Б., АГИБАЕВА Л.Е., ТИН М.В.</i></b>	
Свч-печи и свч-экстракторы как инструмент обеспечения логистической и экономической независимости фермерских хозяйств .....	106
<b><i>ОҢЛАСЫН А.Ф., БУРХАНОВА П.А., АХМЕДИЯ А.Т., ОҢАЛБЕК А.Н., МАҢҒАЗБАЕВА Р.А., Ю В.К., СИСЕН Г.А.</i></b>	
Геллан және өсімдік өсуін реттеуші негізінде гидрофильді полимерлі композитті материалдарды құру .....	120

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b><i>ӘЙТІМ Ә.Қ., САТЫБАЛДИЕВА Р.Ж., ВУЙЦИК В.</i></b>	
Методы применения лингвистической онтологий в обработке текстов .....	129
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ</b> .....	135

## **CONTENTS**

### **MATHEMATICS AND INFORMATICS**

<b><i>MUN G.A., VITULYOVA E.S., SULEIMENOV I.E., SHAIKHUTDINOV R., PAK I.T.</i></b>	
Algorithmic basis of distributed telemetry systems functioning .....	4
<b><i>YESMAGAMBETOVA M.M., TEN T.L., YAVORSKIY V.V.</i></b>	
Development of an analytical system for process management of mining enterprise services based on data analysis .....	14
<b><i>GUMEROV R.A., LECHSHINSKAYA E.M.</i></b>	
Development of distributed information system for analysis of movement of mobile subscribers .....	21
<b><i>MUN G.A., MOLDAKHAN I., BAIPAKBAYEVA S.T., VITULYOVA Ye.S., KOPISHEV E.E., ZHUMABAY R.A.</i></b>	
On the question of the post-industrial paradigm of development of the infocommunication segment of the defense-industrial complex of the RK .....	29
<b><i>PAK I.T., MATRASULOVA D.K., BAIKENOV A.S., KABDUSHEV SH.B., KOPISHEV E.E.</i></b>	

Algebraization of fuzzy logic as a tool for developing an algorithmic basis for controlling partially autonomous combat neural networks .....	37
<b>SULEIMENOV I.E., FALALEEV A.P.</b>	
On the quantitative description of information effects on society via likeness parameters .....	48
<b>TE A.L., BUGUBAEVA R.O., DROZD V.G., SPANOVA B.Zh., TEN T.L., KOGAY G.D.</b>	
Modeling of development dynamics indicator of computer literacy workers of AIC of Kazakhstan .....	57
<b>CHEZIMBAYEVA K.S., SMAZHANOVA A.</b>	
Modeling and creation of virtual networks based on <i>Cisco Packet Tracer</i> network equipment ...	68
<b>CHEZIMBAYEVA K.S., TLEULESOVA A.A.</b>	
Evaluation of the quality of the contact center using the IP IVR system .....	77
<b><u>CHEMICAL SCIENCES AND TECHNOLOGY</u></b>	
<b>BAKTYBAYEVA L.K., TEN A.YU., UMBETYAROVA L.B., DAULET G.D., BAKTYBAYEVA A.M., PRALIYEV K.D., YU V.K.</b>	
Structure, mechanism of pathogenesis, clinical picture of <i>SARS-CoV-2</i> coronavirus infection and practice of application of certain drugs .....	86
<b>KALUGIN S.N., ADILBEK N.A., RUSINOV V.L.</b>	
Determination of surface activity of saponins extracted from <i>GLYCYRRHIZA</i> roots and their derivatives .....	100
<b>KENESSOVA Z.A., KOLDAYEVA S.N., BAIPAKBAYEVA S.T., ALIKULOV A. Zh., KABDUSHEV Sh.B., AGIBAYEVA L.E., TIN M.V.</b>	
Microwave ovens and microwave extractors as a tool to ensure the logistic and economic independence of farms .....	106
<b>ONLASYN A.N., BURKHANOVA P.A., AHMEDIYA A.T., ONALBEK A.N., MANGAZBAYEVA R.A., YU V.K., SISEN G.A.</b>	
Creation of hydrophilic polymer composite materials based of gellan and plant growth regulator .....	120
<b><u>TECHNICAL SCIENCES</u></b>	
<b>AITIM A.K., SATYBALDIYEVAR.ZH., WOJCIK W.</b>	
Methods of applying linguistic ontologies in text processing .....	129
<b>THE INFORMATION ABOUT AUTHORS</b> .....	135

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Журнал «Известия НТО «Кахак» публикует написанные на русском, казахском, английском и корейском языках оригинальные статьи, обзоры. 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 именованное рецензирование не менее чем двумя независимыми учеными по соответствующей тематике, не входящими в состав редакционной коллегии.

6. 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.

7. Авторы могут представить электронную версию своей статьи по адресу: [izv.ntokaxak@mail.ru](mailto:izv.ntokaxak@mail.ru).

### Требования к оформлению рукописей

Статьи представляются в электронном виде в текстовом редакторе Word 97, формулы набираются с помощью редактора MSequation 3.0 (2.0) или ChemDraw.

Шрифт Times New Roman 12 pt. Межстрочный интервал одинарный. 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**, *ниже* приводятся:

- название статьи (прописные буквы, форматирование по центру),
- фамилии и инициалы авторов (прописные/светлые, форматирование по центру),
- название организации и ее местонахождение,
- e-mail авторов
- резюме (краткое изложение содержания статьи, дающее представление о теме и структуре текста, а также основных результатах, **7–10 предложений**),
- ключевые слова, обеспечивающие полное раскрытие содержания статьи (**7–10 слов**),
- текст статьи,
- 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 (имя, отчество, ученая степень, ученое звание, служебный адрес, место работы, должность и телефоны для связи).

Ссылки на литературные источники в тексте приводятся 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 24.04.2021  
Печать трафаретная. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная № 1.  
Тираж 500 экз.

Отпечатано в «Print Express. Издательство и полиграфия»  
Алматы, ул. Байтурсынова, 85  
Тел. 8(727)-292-10-95, 8(727)-292-14-28