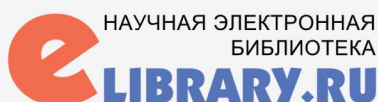


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND OF HIGHER EDUCATION THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

М. ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҒТУСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АУЭЗОВА
M. AUEZOV SOUTH KAZAKHSTAN UNIVERSITY



ISSN 2616-6429
KAZPOST 76085



AUEZOV
UNIVERSITY
1943

ОҒТУСТІК ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ
ВЕСТНИК НАУКИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА
SOUTH KAZAKHSTAN SCIENCE HERALD

№ 1 (33) 2026

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND OF HIGHER EDUCATION THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

М. ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТІ
ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АУЭЗОВА
M. AUEZOV SOUTH KAZAKHSTAN UNIVERSITY

**ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ
ВЕСТНИК НАУКИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА
SOUTH KAZAKHSTAN SCIENCE HERALD**



№1 (33)

ШЫМКЕНТ 2026

ISSN 2616-6429

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМ ЖАРШЫСЫ

ВЕСТНИК НАУКИ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

SOUTH KAZAKHSTAN SCIENCE HERALD

№1 (33) 2026

Меншік иесі: М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Бас редактор: Ахмед-Заки Д.Ж. - М. Әуезов атындағы ОҚУ Басқарма төрағасы-ректор, т.ғ.д., профессор.

Редакциялық алқа мүшелері: Емелин А.В. – ф.-м.ғ.д., профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік университеті, Ресей; Изабелла Новак – х.ғ.д., профессор, Познань қ. Адам Мицкевич университеті, Польша; Аврамов К.В. – т.ғ.д., профессор, «Харьков политехникалық институты» ұлттық техникалық университеті, Украина; Соловьев А.А. – ф.-м.ғ.д., профессор, М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей; Богуслава Леска - х.ғ.д., профессор, Познань қ. Адам Мицкевич университеті, Польша; Полина Прокопович – PhD, Кардифф университеті, Ұлыбритания; Ивахненко А.П. - PhD докторы, профессор, Мұнай зерттеу орталығы, Хериот-Ватт университеті, Ұлыбритания; Сучкова Е.П. – т.ғ.к., доцент, Санкт-Петербург Ақпараттық технологиялар, механика және оптика ұлттық зерттеу университеті, Ресей; Елизавета Фаслер-Кан - PhD докторы, профессор, Базель университеті, Австрия; Радюк С.Н. - PhD докторы, қауымдастырылған профессор, Оңтүстік методистік университеті, АҚШ; Евлаш В.В. – т.ғ.д., профессор, Харьков мемлекеттік азық-түлік технологиясы және сауда университеті, Украина; Потапов В.А. – т.ғ.д., профессор, мемлекеттік биотехнологиялық университеті, Украина; Селамат, Мохд Хасан Бин - PhD докторы, профессор, Путра Малайзия университеті, Малайзия; Осман, Мохаммед Бин – PhD докторы, профессор, Путра Малайзия университеті, Малайзия; Муродова С. -б.ғ.д., профессор, Мирзо Ұлықбек атындағы Өзбекстан Ұлттық университетінің Жизақ филиалы; Жұрынов М.Ж. - х.ғ.д., профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан; Чоманов У.Ч. – т.ғ.д., профессор, ҚР ҰЖҒА академигі, Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты, Қазақстан; Рскелдиев Б.А. – т.ғ.д., профессор, ҚР Ұлттық Жаратылыстану ғылымдары академиясының корреспондент-мүшесі, Алматы технологиялық университеті. Қазақстан; Таева А.М. - т.ғ.д., доцент (қауымдастырылған профессор), Алматы технологиялық университеті, Қазақстан; Тултабаева Т.Ч. - т.ғ.д., доцент, ҚР АШҒА академигі, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті Қазақстан; Касенов А.Л. - т.ғ.д., профессор, Шәкәрім университеті, Қазақстан; Амирханов К.Ж. - т.ғ.д., профессор, Шәкәрім университеті, Қазақстан; Алдешов С.Е. – п.ғ.к., Ө. Жәнібеков атындағы ОҚПУ, Қазақстан; Тултабаев М.Ч. - т.ғ.д., профессор, Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Қазақстан; Сүлейменов Ұ.С. – т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Айменов Ж.Т. – т.ғ.д., профессор, ҚР ҰЖҒА академигі, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Исмаилов Б.Р.– т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Надиров К.С. – х.ғ.д., профессор; М.Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Назарбекова С.П. – х.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Таймасов Б.Т. - т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Волненко А.А. - т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Сембиев О.З. - т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Бренер А.М. – т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Голубев В.Г.–т.ғ.д., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан; Сәрсенбі Ә.М. – ф.-м.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Қазақстан.

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES

UDC 661.321.32

<https://doi.org/10.54251/2616-6429.2026.01.0001nu>

A.A. Anarbayev, G.M. Ormanova, B.N. Kabylbekova, N.A. Anarbayev
Dr.Tech.Sci., Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Cand.Tech.Sci., Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Researcher, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
*Corresponding author's email: balzhan.kbn.@bk.ru

**INVESTIGATION OF THE PROCESSING OF DISTILLER LIQUID FOR THE
PRODUCTION OF SODA ASH**

Abstract

The aim of the study is to process the distiller liquid containing calcium chloride, the main waste of soda production, by treating it with natural sodium sulfate to obtain gypsum binder and sodium chloride filtrate. The filtrate after dissolving an additional amount of table salt in it and cleaning it from unwanted impurities can be used in the technology of obtaining soda ash. Sodium sulfate used in the experiments is a natural salt of the Zhaksykylysh deposit, crystallizing in the form of tenardite. A solution of distiller liquid produced by soda ash was obtained from the Sterlitamak soda plant. In order to determine the possibility of an interaction reaction of calcium chloride with sodium sulfate in the presence of impurities, the Gibbs energy was calculated. Based on the chemical composition of the distiller liquid, the required amount of natural sodium sulfate is calculated. The optimal parameters of the distiller liquid processing modes, the consumption of natural sodium sulfate in the range of 84-100% of stoichiometry, temperature and duration of the process were determined.

Keywords: soda ash production, distiller liquid, sodium sulfate, waste recycling, gypsum

INTRODUCTION

Extraction and processing of natural sodium-containing mineral salts is one of the promising areas of development of the chemical industry. The resulting products are of the greatest economic importance, for example, soda ash is one of the most popular products for the chemical, metallurgical, textile and food industries. There is still no production of soda ash in Kazakhstan. Most of the mastered production of inorganic salts is based on the use of soda ash, which must be purchased in neighboring countries, mainly from the Russian Federation. The demand of the chemical industry of the Republic of Kazakhstan for soda ash is more than 300 thousand tons per year. This determines the need to create its own soda ash production in Kazakhstan.

The following methods of soda production are used in the world industry: ammonia (Solvay method), from natural soda-containing raw materials, from nephelins and by carbonation of sodium hydroxide. Despite the rapid development of soda ash production from natural soda-containing raw materials in the 1970s, the Solvay method remains one of the main methods of obtaining soda ash to this day. The world production of soda ash per year is about 53 million tons. The share of the ammonia method from the total volume of production is approximately 80%.

The widespread use of the ammonia method of soda production in production indicates its advantages over others [1]. The raw material – sodium chloride, necessary for the production of soda by the ammonia method, is inexpensive, widespread and easily mined. The main raw material for the

production of soda ash is table salt or its brine and limestone. The total reserves of table salt deposits in Kazakhstan amount to 1.3 billion tons. They are represented by various types of salt deposits: rock salt and deposited salt, as well as lake brine.

Having a number of major advantages, the production of soda ash by the ammonia method has serious disadvantages: significant consumption of energy resources and large specific investments necessary to create production, the formation of a large amount of liquid waste, the so-called distiller liquid. For 1 ton of soda ash produced, there are 9-10 m³ of distiller liquid [2].

Currently, the problem of waste disposal of soda ash production by the ammonia method is quite acute in all countries producing soda by this method. The applied technologies of processing, utilization and use of distiller liquid solve the problem only partially, due to the large amount of waste generated. To solve this problem, we propose to use natural sodium sulfate deposited in the Kyzylorda region of the sea with large proven reserves [3-7].

MATERIALS AND METHODS

Processing and conversion of calcium chloride were studied in the time interval from 15 to 60 minutes. The best indicator of the process was considered the lowest content of calcium ions in the filtrate, which characterizes the achievement of equilibrium in the system and the maximum degree of transformation in this reaction.

The conversion rate was calculated taking into account the residual calcium content ($C(\text{CaO}_f)$, %) in the liquid phase and the total amount of calcium ($\text{CaO}_{\text{total}}$, g) in the initial J.

The following research methods were used in the work: chemical, thermodynamic methods of analysis, scanning electron microscopy. The processes of thermal transformation of gypsum and the regularity of hydration of its firing products, structural and textural transformations of gypsum under the influence of various temperatures were studied. In the research, a solution of distiller liquid produced by the Sterlitamak soda plant was used.

Calculations of the Gibbs energy (ΔG_T^0) were carried out using the HSC-51 complex program developed by the Finnish Metallurgical company Outokumpu using the Reaction Equations subroutine and reference data of ΔH_T^0 and S_T^0 compounds.

The distiller liquid of soda ash production contains, in addition to calcium and sodium chlorides, carbonate, sulfate and calcium hydroxide. There is no information about the joint decomposition of these compounds by sodium sulfate and thermodynamic analysis of the reactions occurring in the literature. The reaction of calcium chloride, MgCl_2 and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ with sodium sulfate proceeds as shown in Table 1.

The evaluation of the possibility of carrying out reactions 1, 2 and 3 is performed by calculating the Gibbs energy. Based on the peculiarities of the temperature processes of the formation of a distiller liquid in soda production, changes in the Gibbs energy (ΔG_T^0) in the temperature range 293-373K are of particular interest.

Calculations of the Gibbs energy (ΔG_T^0) were carried out using the HSC-51 complex program developed by the Finnish Metallurgical company Outokumpu using the Reaction Equations subroutine and reference data of ΔH_T^0 and S_T^0 compounds. The calculated thermodynamic data of the compounds and the dependence of the Gibbs energy change (ΔG_T^0) on temperature (t) for these reactions are given in Table 1.

Table 1 shows that in the temperature range of 293-373K for reactions 1 and 2, the values of ΔG_T^0 calculated using the HSC complex program have negative values, which indicates the possibility of an interaction reaction of calcium chloride with sodium sulfate to form NaCl , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, MgSO_4 and NaOH . The interaction of calcium hydroxide with sodium sulfate to form $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and NaOH are not possible (reaction 3), because the value of ΔG_T^0 has a positive value.

Table 1 – Change in Gibbs energy (ΔG_T^0) as a function of temperature

№	The equation of the ongoing reaction	T, K	ΔG_T^0 , KJ	LogK
1	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaCl} + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	293	-72,479	12,916
		303	-71,884	12,387
		313	-71,268	11,889
		323	-70,633	11,418
		333	-69,978	10,973
		343	-69,306	10,551
		353	-68,618	10,15
		363	-67,913	9,769
		373	-67,194	9,407
2	$\text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{\text{solid}} + \text{MgSO}_4 + 4\text{NaCl} + 2\text{NaOH}$	293	-64,473	11,489
		303	-63,346	10,916
		313	-62,177	10,372
		323	-60,97	9,856
		333	-59,725	9,365
		343	-58,446	8,898
		353	-57,135	8,452
		363	-55,791	8,026
		373	-54,418	7,618
3	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH}$	293	85,867	-15,301
		303	86,366	-14,883
		313	86,885	-14,494
		323	87,423	-14,132
		333	87,977	-13,795
		343	88,548	-13,48
		353	89,134	-13,185
		363	89,735	-12,908
		373	90,349	-12,648

RESULTS AND DISCUSSION

Representative samples of raw materials – natural sodium sulfate of the Southern region of Kazakhstan were previously selected for the research. Several samples were selected, the composition of which is presented in Table 2.

Table 2 - Chemical composition of natural sodium sulfate (tenardite)

Name	Salt composition of natural sodium sulfate, % in samples				
	№1	№2	№3	№4	№5
Na_2SO_4	94,18	93,98	96,80	92,19	91,82
NaCl	-	-	-	-	-
MgSO_4	0,40	1,875	-	0,90	1,32
MgCl_2	-	-	-	-	0,46
CaSO_4	2,465	3,859	2,07	5,12	4,42
Al_2O_3	0,283	0,24	0,321	-	0,264
SiO_2	1,596	0,375	0,675	0,90	1,47
K_2O	-	-	-	0,085	-
Fe_2O_3	0,10	-	0,071	0,221	0,121

At the initial stage, averaged natural sodium sulfate (tenardite) of the composition was taken for experiments: Na_2SO_4 – 92.95%; $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 4.0%; $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0.57%; Fe_2O_3 – 0.09%; Al_2O_3 – 0.40%; insoluble precipitate – 1.42; moisture – less than 1.0%.

The results of the study are presented in Figures 1 and 2.

Figures 1 and 2 show changes in the degree of conversion over time, where optimal process parameters are obtained (temperature, sodium sulfate rate and the dependence of the Ca^{2+} content in the liquid phase on the time of the process).

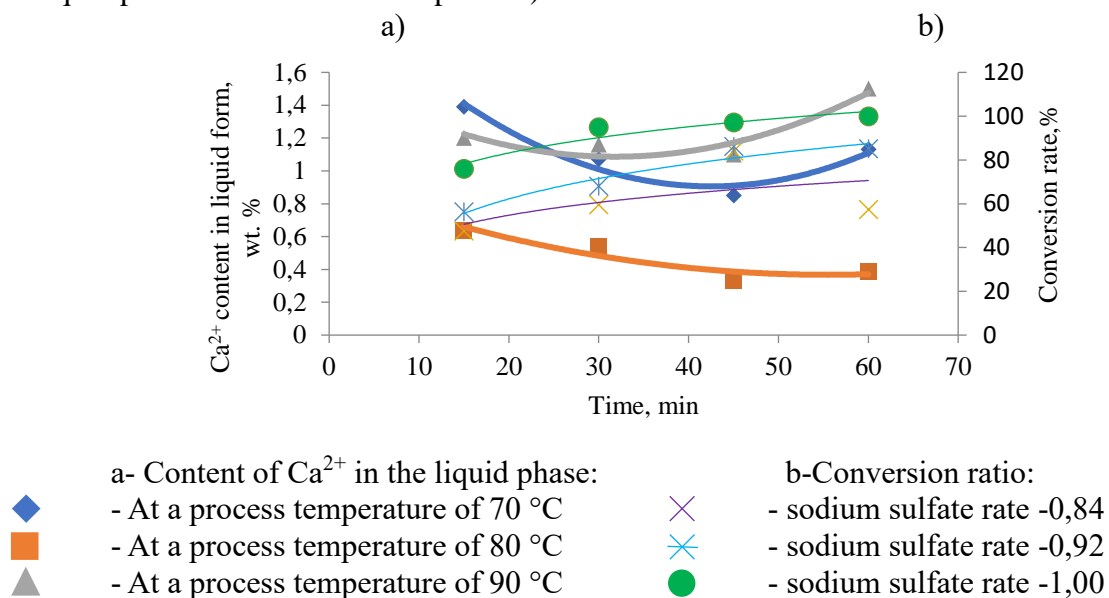


Fig.1. Dependence of the Ca^{2+} content in the liquid phase on the process time (a) and the change in the degree of conversion depending on the stoichiometry norm at 70 °C, sodium sulfate norm 0.84÷1.0 (b).

In the process of conversion of calcium chloride (Figure 1 (a)) and the use of sodium sulfate below the stoichiometric amount (84%) at a temperature of 70 °C and a time of 15-45 minutes. the content of calcium ions in sodium chloride solution decreases from 1.39% to 0.42%, increasing the norm of sodium sulfate to 1.00, the content of calcium ions in NaCl solution decreases from about 0.81% to 0.2%.

From Figure 1 (b) it can be seen that with an increase in the conversion time at a temperature of 70 °C and a sodium sulfate norm of 0.84, the conversion rate during a time of 15-45 minutes is reached from 47.54% to 84.04%, and at 60 minutes it is 57.27%. The decrease in the conversion rate may be due to the formation of $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$ salt and due to the lack of calcium sulfate necessary for the decomposition of calcium chloride. At the norm of sodium sulfate 0.92 the degree of conversion within 15-45 min it is achieved from 56.3% to 86.1%. With the achievement of the time - 60 min the conversion rate is reduced to 1.0% and is 85.1%. This is due to the solubility of calcium salts and the lack of sodium sulfate, which is necessary for the decomposition of calcium chloride. With an increase in the temperature of the conversion process to 80 °C and a time of 15-45 minutes. with a sodium sulfate norm of 0.92, the conversion rate is 87.7-92.4%, and with a norm of 1.00, the conversion rate is 88.37%.

Figure 2 shows the dependence of the content of Ca^{2+} in the liquid phase on the time of the process (a) and the change in the degree of conversion of CaO at the norm of sodium sulfate -1.00, temperature 70÷90 °C (b).

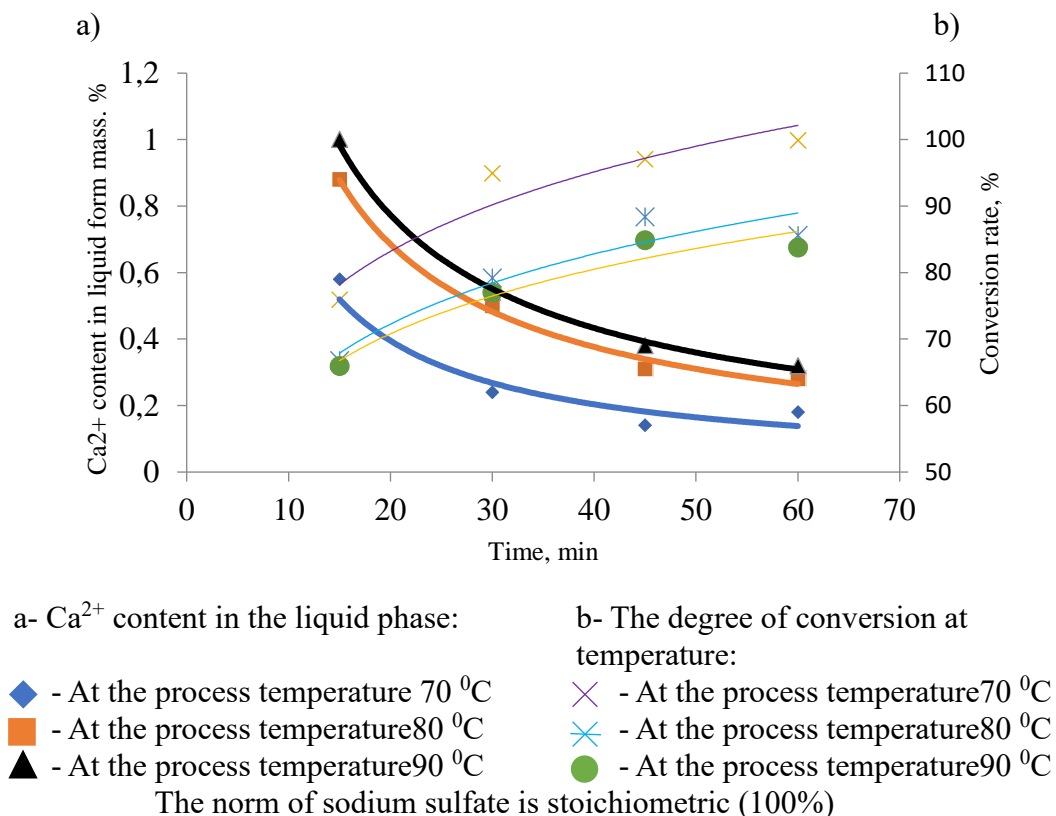


Fig.2. The dependence of the Ca^{2+} content in the liquid phase on the time of the process (a) and the change in the degree of conversion of CaO at the norm of sodium sulfate -1.00, at $70\div 90^{\circ}\text{C}$ (b).

From Figure 2 (b) it can be seen that the highest degree of conversion is achieved at a temperature of 70°C and 45 minutes of 97.02%, at 80°C - 88.37%, at 90°C - 84.85%. A decrease in the degree of conversion with an increase in temperature (90°C and above) is associated with the transition of dihydrate to calcium sulfate semihydrate, which binds sodium sulfate salts in the form of $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ and passes into the solid phase. Thus, the maximum achieved content of Ca^{2+} in this case does not exceed $1.05\div 1.61\%$ (Figure 2, b) whereas with the stoichiometric norm of sodium sulfate at 70°C , it is $0.14\div 0.18\%$ Ca^{2+} . The conversion rate of calcium chloride is $96.89\div 97.02\%$. Moreover, as already noted above, temperature plays a key role in facilitating the dissolution of sodium sulfate, hence the course of the reaction and the precipitation of more calcium ions when obtaining a saturated sodium chloride solution. Based on the kinetic study carried out on a laboratory installation, the duration of the conversion process was determined to be 45 minutes, ensuring a minimum content of calcium ions in the filtrate at temperatures of $70\text{-}90^{\circ}\text{C}$ and the norm of sodium sulfate 100% of stoichiometry. The composition of the liquid phase, depending on the norm of sodium sulfate at a conversion temperature of 70°C , is shown in Table 3.

The effect of the norm of sodium sulfate on the degree of conversion of calcium chloride contained in the distiller liquid was studied at an optimal process duration of 45 minutes (Figures 3 and 4).

Table 3 - Norms of sodium sulfate for conversion rates of calcium chloride. Conversion temperature - 70 °C

№	Time min	Norm Na ₂ SO ₄ (N), %	Content in the liquid phase, mass. %							Molar ratio $\frac{Ca^{2+}}{SO_4^{2-}}$	Conversion rate, %
			Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Cl ⁻	Mg ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺		
1	45	84	0,420	0,30	4,91	7,01	0,002	0.003	0.004	3,36	80,04
2	45	92	0,128	0,64	6,03	7,13	0,001	0.002	0,002	0,49	86,10
3	45	100	0.142	0.68	7.52	8.32	-	0.001	0.001	0.38	97.02
4	45	108	0,09	1,58	6,76	7,19	-	-	-	0,14	95,60
5	45	127	0,06	2,72	6,05	6,15	-	-	-	0,20	95,52

It can be seen from Table 3 and Figure 3 that with an increase in the sodium sulfate consumption rate from 84 to 127%, the CaO content in the liquid phase decreases from 0.42 to 0.06%, respectively. This is due to a large excess of sulfate ions (an increase from 0.30% to 2.72% at N=127%). Under these conditions, calcium chloride is almost completely converted into calcium sulfate in the form of a precipitate, and calcium remains in the solution within the limits of the solubility of CaCO₄ (Ca²⁺-0.06%). However, such a large excess of sulfate ions in the form of dissolved sodium sulfate in a solution of sodium chloride is highly undesirable, because when using filtrate in the production of soda ash, the presence of sulfate ions in the brine leads to the formation of inlays on the walls of carbonation columns, which requires frequent stops of the main equipment, in addition to the washing column, as well as the distillation column for washing.

It follows from Table 3 that an increase in the norm of sodium sulfate from 84% to 100% leads to a 3-fold decrease in the content of calcium ions in the liquid phase, from 0.42 to 0.142% (with sediment repulping to 0.07%) and, accordingly, to a sharp increase in the degree of conversion from 80.04% to 97.02%. At a rate of 108%, the content of calcium ions decreases to 0.09%, i.e. by 40% rel. A further increase in the norm of sodium sulfate in excess of stoichiometric, i.e. the conversion in the sulfate mode does not significantly affect the content of calcium ions in the filtrate (0.06%). At the same time, the degree of conversion practically does not change, even there is a slight decrease in this indicator by 0.5% rel. (Figure 3). At the same time, this leads to an increase in the content of sulfate ions to almost 3%, which can cause problems with possible encrustation of the distillation separation equipment with crystallizing gypsum, as well as with increased consumption of precipitators at the brine purification stage.

At the same time, a more dilute solution of sodium chloride (6.15% Cl⁻ and 6.05% Na⁺) is also formed, requiring an increased consumption of table salt for its saturation or coolant consumption for evaporation of the filtrate to a solution concentration close to saturation. Based on the data obtained, it is recommended to carry out the process of distiller liquid processing at the stoichiometric (100%) norm of sodium sulfate, where the degree of conversion of calcium chloride reaches the highest value and the lowest content of impurities in the filtrate Ca, Mg, Fe, Al.

The effect of the process temperature on the composition of the filtrate and the degree of conversion was studied at an optimal rate of 100% sodium sulfate. The results are shown in Table 5 and Figure 5.

From the data in Table 4 and Figure 4, it can be seen that with an increase in temperature from 70 °C to 95 °C, the content of Ca²⁺ ions in the solution practically does not change and is in the range of 0.13-0.16%, Fe³⁺ and Al³⁺ impurities are stable in the range of 0.001-0.003% and practically does not affect the degree of conversion calcium. The rest of the admixture of Ca, Mg, Fe, Al and insoluble precipitate passes into the precipitate in place of calcium sulfate.

Maintaining a "zero" or sulfate regime ensures a minimum content of calcium ions and impurities in the filtrate, and hence the maximum degree of transformation.

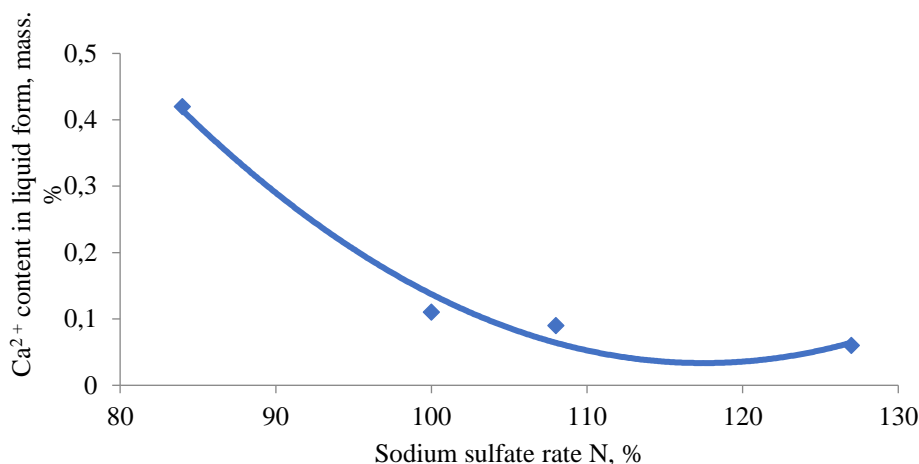


Fig.3. Dependence of Ca²⁺ content in the liquid phase on the norm of sodium sulfate

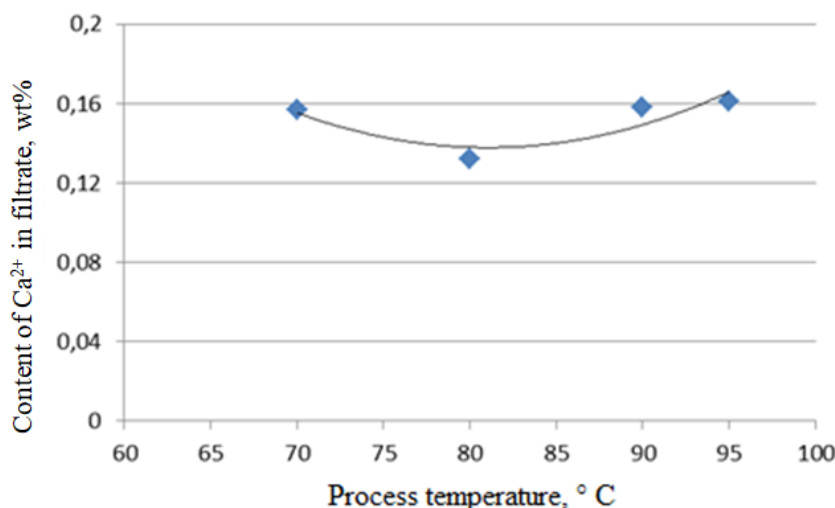


Fig. 4. Dependence of the Ca²⁺ content in the filtrate on the process temperature. Sodium sulfate rate is 100%.

Table 4. Influence of the process temperature on the conversion rates of calcium chloride

№	t, °C	Content in the filtrate, mass. %							Molar ratio $\frac{Ca^{2+}}{SO_4^{2-}}$	Conversion rate, %
		Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	Fe ³⁺	Al ³⁺		
1	70	0,157	0,71	0,002	6,97	9,57	0,002	0,003	0,51	97,0
2	80	0,132	1,02	0,001	8,41	9,39	0,002	0,002	0,45	94,6
3	90	0,158	0,79	0,001	5,93	7,39	0,001	0,001	0,24	96,4
4	95	0,161	0,12	-	7,36	10,1	0,001	0,001	7,6	93,6

Table 5 shows the composition of the precipitate obtained in the temperature range of 70-95°C and the duration of the process of 45 minutes. The precipitate consists mainly of CaO and SO₄²⁻ in the form of a calcium sulfate compound. In addition, the sediment contains impurities of MgO 0,131÷0,141%, Fe₂O₃ 0,61÷0,76%, Al₂O₃ 0,71÷0,89%, SiO₂ 0,08÷0,09%. These impurities come with sodium sulfate and do not interact with calcium chloride. During the conversion of calcium,

metal oxides precipitate together with calcium sulfate and do not affect the degree of conversion of calcium chloride.

Table 5. Composition of the precipitate obtained during the conversion of calcium chloride

№	t, °C	Content in the filtrate, mass.%										Conversion rate, %
		CaO	SO ₄ ²⁻	MgO	Na ₂ O	Cl	CO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	H ₂ O	
1	70	35,24	61,08	0,131	0,56	0,16	1,03	0,61	0,72	0,08	0,39	97,0
2	80	36,76	59,02	0,135	0,82	0,31	1,04	0,75	0,86	0,09	0,22	94,6
3	90	35,18	61,19	0,140	0,54	0,17	1,04	0,62	0,71	0,08	0,37	96,4
4	95	37,04	58,94	0,141	0,62	0,24	1,04	0,76	0,89	0,08	0,24	93,6

In the recommended temperature range of 70-90°C optimum temperature is 70 °C, which is due to the conversion process in a more stable mode, which excludes the phase transition of semihydrate into gypsum. This in turn ensures the formation of large homogeneous gypsum crystals. The choice of the optimal temperature regime is directly related to the filtering properties of the resulting suspension. To ensure the maximum degree of conversion of calcium chloride, the process must be carried out in a stoichiometric ratio of 100%, a temperature of 70 °C and a process duration of 45 minutes.

To assess the effect of the reaction conditions set during the preparation of gypsum, experiments were carried out, including a number of experiments. The influence of parameters such as temperature, duration of the reaction and stoichiometric ratio between the added amount of tenardite and the Ca⁺ present in the model liquid was evaluated.

The experiment was planned using the STATISTICA-10 program. 3-level Box-Benken plans were chosen as a model.

To assess the effect of the reaction conditions set during the preparation of gypsum, an experiment was conducted, including a number of experiments. The influence of parameters such as temperature, reaction time and stoichiometric ratio between the added amount of tenardite was evaluated (Table 6).

Table 6. Correlation with factors

Name	Time, min	Temperature, °C	The norm of sodium sulfate
Lower level (-1)	15	50	0,84
Average level (0)	30	70	0,92
Upper level (+1)	60	90	1,0

To determine the influence of individual factors, a correlation analysis was carried out and correlation coefficients were determined between the degree of conversion and individual factors, as well as between the degree of conversion and inter-factor interactions (Table 7).

Table 7. Correlation with factors

Parameters	Correlation coefficient
τ (time)	0,102361108
τ ²	0,254467727
t (temperature)	0,0383546826
t ²	0,362349174
μ (norm of sodium sulfate)	0,367237891
μ ²	0,228491011
τ*t	-0,0816034867

Table 7 continuation

$\tau \cdot t^2$	-0,0612537286
$\tau^2 \cdot t$	-0,123086963
$\tau^2 \cdot t^2$	-0,12734025
$\tau \cdot \mu$	0,162604734
$\tau \cdot \mu^2$	0,111033249
$\tau^2 \cdot \mu$	-0,123029012
$\tau^2 \cdot \mu^2$	-0,0549711065
$t \cdot \mu$	-0,33474493
$t \cdot \mu^2$	0,277988776
$t^2 \cdot \mu$	-0,484640428
$t^2 \cdot \mu^2$	-0,0138180566

As can be seen from Table 7, weak and very weak correlations dominate. There are no strong correlations between the degree of conversion and individual factors.

For a visual assessment of the change in the degree of conversion with varying values of individual factors, graphs of the dependence of the degree of conversion on one factor with two other constants were constructed. Figures 5 and 6 show the dependence of the degree of conversion on temperature, time and the norm of sodium sulfate 0.84-1.00.

From Figure 5 it can be seen that the conversion rate of sodium sulfate 0.84 and 0.92 in the temperature range of 50÷80 °C increases to a maximum and is 40.9÷94.6%.

At the norm of sodium sulfate 1.0, the degree of conversion with an increase in temperature from 50°C to 90°C reaches up to 81.1-97.00% (Figure 6).

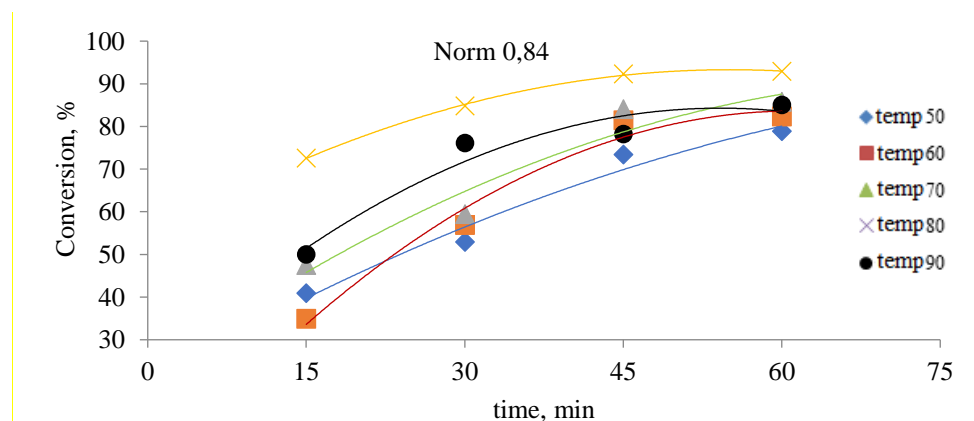
To determine the type of mathematical model describing the dependence of the calcium conversion value on the temperature and reaction time, and the stoichiometric norm of the added sodium sulfate, the regression coefficients of the equations indicated on the graphs were analyzed. The functions for the regression coefficients are listed below.

For the case of the stoichiometric norm argument of the added sodium sulfate:

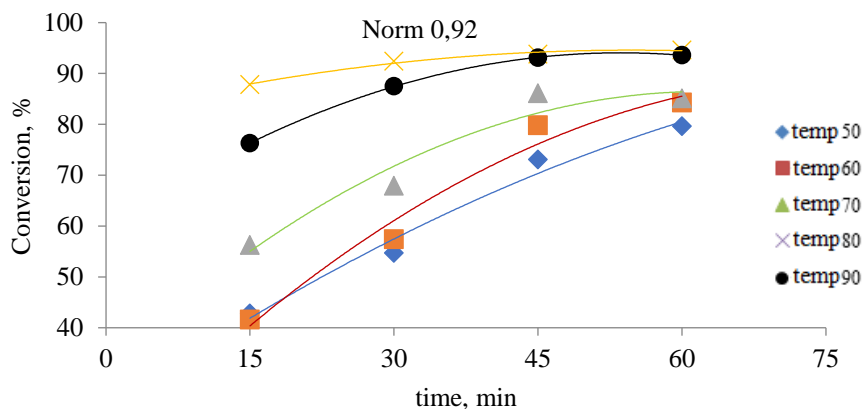
$$a_1 = 8263,802 - 39,622 \cdot \tau - 1,902 \cdot \tau^2 - 52,709 \cdot t - 1,075 \cdot t^2 + 2,219 \cdot \tau \cdot t,$$

$$a_2 = -2953,34 + 50,15 \cdot \tau + 3,7 \cdot \tau^2 - 192,92 \cdot t + 3,72 \cdot t^2 - 3,99 \cdot \tau \cdot t,$$

$$a_3 = -4854,89 - 9,23 \cdot \tau - 1,81 \cdot \tau^2 + 236,33 \cdot t - 2,59 \cdot t^2 + 1,78 \cdot \tau \cdot t,$$



a)



b)

Fig.5– The dependence of the degree of conversion on time at constant rates of sodium sulfate 0.84 (a) and 0.92 (b) and a temperature of 50÷90 °C

For the case of the reaction time argument:

$$a_1 = -1,97 + 0,02 \cdot t - 0,0005 \cdot t^2 + 2,469 \cdot \mu - 0,823 \cdot \mu^2 - 0,012 \cdot \mu \cdot t,$$

$$a_2 = 149,374 - 1,882 \cdot t + 0,005 \cdot t^2 - 154,041 \cdot \mu + 37,297 \cdot \mu^2 + 1,092 \cdot \mu \cdot t,$$

$$a_3 = -4112,94 + 61,02 \cdot t - 0,2 \cdot t^2 + 3672,99 \cdot \mu - 716,78 \cdot \mu^2 - 30,03 \cdot \mu \cdot t,$$

For the case of the temperature argument:

$$a_1 = -2,988 + 3,513 \cdot \mu - 1,07 \cdot \mu^2 + 0,022 \cdot \tau - 0,00028 \cdot \tau^2 - 0,004 \cdot \mu \cdot \tau,$$

$$a_2 = 386,997 - 344,594 \cdot \mu + 47,122 \cdot \mu^2 - 3,829 \cdot \tau + 0,047 \cdot \tau^2 - 0,618 \cdot \mu \cdot \tau,$$

$$a_3 = -12257,4 + 6304,7 \cdot \mu + 2343,5 \cdot \mu^2 + 161,5 \cdot \tau - 1,9 \cdot \tau^2 + 23 \cdot \mu \cdot \tau,$$

where a_1 is the coefficient for the squared argument; a_2 is the coefficient for the argument in the first degree; a_3 is the free term.

To select the optimal dependence, the deviations of experimental data from those predicted by each model were compared.

For the three cases presented, the smallest deviation of the predicted values from the experimental ones is observed if the reaction time is taken as an argument. Thus, a mathematical model is chosen:

$$N = (-1,97 + 0,02 \cdot t - 0,00005 \cdot t^2 + 2,469 \cdot \mu - 0,823 \cdot \mu^2 - 0,012 \cdot \mu \cdot t) \cdot \tau^2 + (149,374 - 1,882 \cdot t + 0,005 \cdot t^2 - 154,041 \cdot \mu + 37,297 \cdot \mu^2 + 1,092 \cdot \mu \cdot t) \cdot \tau + (-4112,94 + 61,02 \cdot t - 0,2 \cdot t^2 + 3672,99 \cdot \mu - 716,78 \cdot \mu^2 - 30,03 \cdot \mu \cdot t)$$

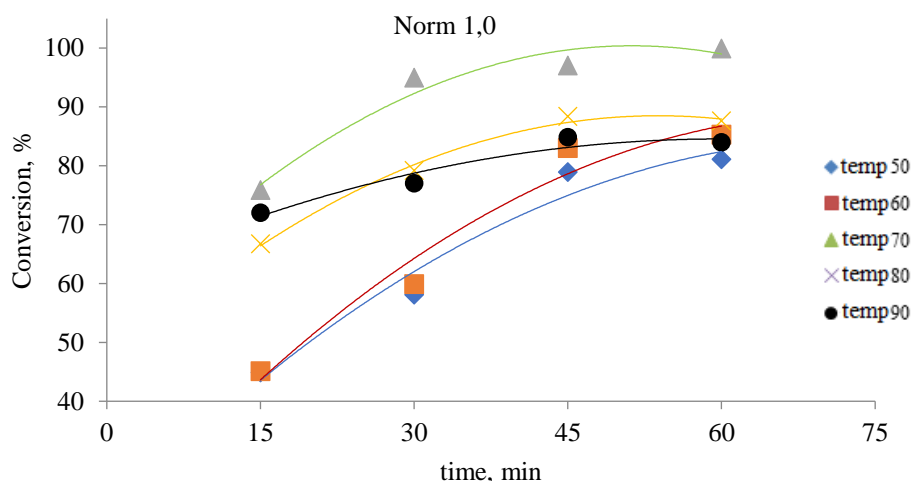


Figure 6. The dependence of the degree of conversion on time at a norm of 1.0 sodium sulfate and a temperature of 50÷90 °C.

For this dependence, the value of the Fisher criterion $F_{exp}=2.31$ was calculated. This value is greater than the theoretical value $F_{teor}=1.93$. This indicates the significance of the chosen dependence.

When studying the extremum points of this model, it was found that they lie at a considerable distance from the studied range. In this regard, optimal parameters should be chosen based on experimental data, as well as model predictions at these points.

CONCLUSION

According to the experimental data obtained, taken for mathematical processing, it is deduced that the highest value of the conversion rate is achieved at the following optimal parameters: $\tau=45$ min; $t=70$ °C; $\mu=1.0$. At this point, in addition to the highest conversion value, the smallest deviation of the predicted value from the experimentally obtained value is also observed.

The mathematical processing carried out allows us to anticipate the nature of these dependencies and use them in the operational regulation of process parameters in real production conditions.

REFERENCES

1. Khan M.Y., Samanta A., Ojha K., Mandal A. Interaction between aqueous solutions of polymer and surfactant and its effect on physicochemical properties. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 2008; 3: pages 579–585, DOI:10.1002/apj.212
2. Garside M. (Mar 16, 2023) Sodium carbonate production worldwide 2010-2022 <https://www.statista.com/statistics/587223/sodium-carbonate-production-worldwide/>
3. Geological Survey U.S. National Minerals Information Center (August 28, 2020) Soda Ash in 2017 <https://www.usgs.gov/media/files/soda-ash-2017-pdf>
4. Yanmin Shena, Tiangui Wangb. NaCl Brine Preparation from Distiller Waste and Na₂SO₄. *Advanced Materials Research*, May 2011, Volume: 233-235, pages 897-902 DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.233-235.897.
5. European Chemical Industry Council, Ippc Bat Reference Document Large Volume Solid Inorganic Chemicals Family Process Bref for Soda Ash, ESAPA- European Soda Ash Producers Association Issue, No.3, March 2004, Document approved by ESAPA.
6. ROINE, Outokumpu HSC Chemistry for Windows, Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database, Pori: Outokumpu Research OY.

7. Aulifa D. L., Adnyana I. K., Sukrasno and Levita J. Updates on 4-hydroxyderricin and xanthoangelol of angelica plants: extraction and pharmacological activities. Rasayan Journal of Chemistry, January - March 2020, Vol. 13, No. 1, pages 11 – 17, DOI:10.31788/RJC.2020. 1315397

А.А. Анарбаев, Г.М. Орманова, Б.Н. Кабылбекова*, Н.А. Анарбаев

т.ғ.д., профессор, abi_anarbaev@mail.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан
докторант, ormanovagm@bk.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент,
Қазақстан

*т.ғ.к., профессор, balzhan.kbn.@bk.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан
ғылыми қызметкер, na.anarbaev@mail.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан

СОДА КҮЛІН АЛУ ҮШІН ДИСТИЛЛЯТОР СҰЙЫҚТЫҒЫН ӨНДЕУДІ ЗЕРТТЕУ

Түйін

Зерттеудің мақсаты-құрамында сода өндірісінің негізгі қалдықтары болып табылатын кальций хлориді бар дистиллятор сұйықтығын табиғи натрий сульфатымен өндеп, гипс байланыстырғыш пен натрий хлориді фильтратын алу. Ас тұзының қосымша мөлшерін ерітіп, оны қажетсіз қоспалардан тазартқаннан кейін фильтратты сода күлін алу технологиясында қолдануға болады. Тәжірибелерде қолданылатын натрий сульфаты-тенардит түрінде кристалданатын Жақсыкылыш кен орнының табиғи тұзы. Стерлитамак сода зауытынан сода күлі шығаратын дистиллятор сұйықтығының ерітіндісі алынды. Қоспалар болған кезде кальций хлоридінің натрий сульфатымен әрекеттесу реакциясының мүмкіндігін анықтау үшін Гиббс энергиясы есептелді. Дистиллятор сұйықтығының химиялық құрамы негізінде табиғи натрий сульфатының қажетті мөлшері есептеледі. Дистиллятор сұйықтығын өңдеу режимдерінің оңтайлы параметрлері, стехиометрияның 84-100% диапазонында табиғи натрий сульфатын тұтыну, процестің температурасы мен ұзақтығы анықталды.

Кілттік сөздер: сода күлін өндіру, дистиллятор сұйықтығы, натрий сульфаты, қалдықтарды қайта өңдеу, гипс

А.А. Анарбаев, Г.М. Орманова, Б.Н. Кабылбекова*, Н.А. Анарбаев, Н. Мирдзвели

д.т.н., профессор, abi_anarbaev@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан
докторант, ormanovagm@bk.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

*к.т.н., профессор, balzhan.kbn.@bk.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан
научный сотрудник, na.anarbaev@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ДИСТИЛЛЯЦИОННОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ

Аннотация

Целью исследования является переработка дистилляционной жидкости, содержащей хлорид кальция, основного отхода содового производства, путем ее обработки природным сульфатом натрия с получением гипсового вяжущего и фильтрата хлорида натрия. Фильтрат после растворения в нем дополнительного количества поваренной соли и очистки его от нежелательных примесей может быть использован в технологии получения кальцинированной соды. Сульфат натрия, используемый в экспериментах, представляет собой природную соль месторождения Жаксыкылыш,

кристаллизующуюся в виде тенардита. На Стерлитамакском содовом заводе был получен раствор для дистилляции кальцинированной соды. Для определения возможности реакции взаимодействия хлорида кальция с сульфатом натрия в присутствии примесей была рассчитана энергия Гиббса. Исходя из химического состава дистилляционной жидкости, рассчитывается необходимое количество природного сульфата натрия. Определены оптимальные параметры режимов обработки дистилляционной жидкости, расход природного сульфата натрия в диапазоне 84-100% от стехиометрии, температура и продолжительность процесса.

Ключевые слова: производство кальцинированной соды, дистилляционная жидкость, сульфат натрия, переработка отходов, гипс

А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.А. Анарбаев, Д.Р. Махамидали*

т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

т.ғ.д., доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

аға ғылыми қызметкер, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

магистр, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: mux-x@mail.ru

ТАБИҒИ НАТРИЙ СУЛЬФАТЫН ҚАҚТАЛҒАН СОДАНЫ ӨНДЕП АЛУ ЖОЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ

Түйін

Қақталған соданы өндірісте төрт түрлі әдіспен өндірілетіндігі анықталды: аммиакты әдіс- натрий хлоридінен, табиғи трондарды өңдеу, нефелиндерді өңдеу және күйдіргіш натрийді көмір қышқылды газымен өңдеу. Бұл әдістән ішінде аммиакты әдіспен қақталған соданы алу негізгі әдіс болып саналады және оны табиғи натрий хлоридінен өндеп алу меншікті салмағы қолданыста 65 – 70% құрайды. Қазақстандағы табиғи натрий сульфатының қоры анықталып оның құрамы зерттелді. Тәжірибелік зерттеу нәтижесінде натрий сульфатынан көміртекті шикізаттарды қосу арқылы балқытып қақталған соданы алу жолдары зерттелді және тиімді көрсеткіштері температура 1000°C, уақыт 45 минут, өту дәрежесі 98,9% құрайтындығы және соданы алуға болатындығы анықталды. Натрий сульфатын кальций карбонатын және көміртегімен араластырып берілген температура мен уақыт аралығында балқытады. Көмірдің шығыны барлық тәжірибеде 104% құрады.

Кілттік сөздер: қақталған сода, натрий хлориді, натрий сульфаты, кальций карбонаты, газ.

Кіріспе

Дүние жүзінде қақталған сода өндірісі қарқынды дамыған және негізінен төрт әдіспен соданы өндіріледі: аммиакты әдіс (натрий хлоридінен), табиғи трондарды өңдеу, нефелиндерді өңдеу және күйдіргіш натрийді көмір қышқылды газымен өңдеу [1,2].

Жоғарыда айтылған аммиакты әдіспен алу негізгі әдіс болып қалуда, және оның меншікті салмағы қолданыста 65-70%. Бұл әдіс мөлдірлендірілген натрий хлориді ерітіндісін аммиактаумен және карбонаттаумен жүргізіледі. Тұнбаға түскен гидрокарбонат натрийді сүзіп және қақтайды. Осыдан дайын сода өнімі алынады және көмір қышқыл газын бірінші сатыға қолданады. Газды аммиакты ары қарай процесстің басына қолданады, ал кальций хлориді ерітіндісін тастанды есебінде ақ теңізге ағызады.

Материалдар мен әдістер

Теориялық талдау

Берілген әдістің тиімді жақтары:

- арзан шикізаттар қолданылады – ас тұзы, кальций карбонаты;
- технологиялық процесстің тұрақтылығы, алынатын өнімнің сапасы айтарлықтай жоғары;
- алынатын соданың өзіндік құны салыстырмалы төмен.

Бірақта бұл әдіс те кейбір кемшіліктерімен сипатталады: натрийдің қолданылуы 2/3, ал хлор және кальцийді іс жүзінде қоданбайды. Осыдан барып 1 тонна сода алғанда шығарылатын 10м³ ағын сулары, ал ағынның құрамы: 10-14% CaCl₂, 5-7% NaCl және т.б. зиянды қоспалардан тұрады, және де залалсыздандыруды қажет етеді; энергияның шығыны айтарлықтай (әк тасын күйдіруге кеткен); капиталдың көп шығыны (қондырғылардың ірілігі):

- карбонаттау мұнараның диаметрі 3м, ал биіктігі 27м;
- дистиллердің конденсаторының диаметрі 3м, биіктігі 12м;
- дистиллердің жылу алмастырғыштарының диаметрі 3м, биіктігі 16м;

- дистиллер диаметрі 3м, биіктігі 21,7м.

Бар технологияның ішінде қалдықтарды жою қарастырылғанымен, бірақта қалдықсыз және аз қалдықты әдіс ашылғанымен ол әдістер әзірге дейін қолайлы емес. АҚШ-та соданы табиғи трондар даналады (Na_2CO_3 , $\text{NaHCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)[3].

Белгілі әдістің ішінен сесквикарбонатты және монокарбонатты тронды өңдеуден қақталған сода алады. Сесквикарбонатты әдістің табиғи трондарды ерітеді, алынған ерітіндіні мөлдірлендіріп, сүзеді, буландырады және салқындатады. Буландырылғаннан сесквикарбонат натрийдің кристалдары алынады. Сүзіндіні 200°C —де қақтайды [4-7]. Берілген технология бойынша ауыр сода алынады, оның шашыранды салмағы $1070\text{кг}/\text{м}^3$. Бірақта осы жоғарыда айтылған құрамында содасы бар табиғи шикізаттардан соданы алу экономды болғанымен, аммиакты әдіске қарағанда бұл әдістің болашағы жоқ. Өйткені Қазақстанда соданың табиғи қорының іс жүзінде жоқтығы.

Нефилиндерден алынатын қақталған соданы алюминатты ерітінділерді сілтілеп натрий алюминатын алғаннан кейін қосалқы өнім ретінде алынады, осы себептен оның алынған мөлшері ескерілмейді.

Оңтүстік Қазақстан және Қазақстан Республикасының басқада аймақтарында нефилиннен алынатын содаға шикізат аз болғандықтан, ол аймақта өндіріс тиімсіз. Қақталған соданы күйдіргіш натрийді карбонаттап бикарбонатты алып, оны қақтайды немесе натрий карбонатының ерітіндісін алып буландырудан алады. Осында соданың бастапқы $1070\text{кг}/\text{м}^3$ -ты тығыздығы алынады.

Француз фармацевті Леблан соданы натрий сульфатының майдаланған бор немесе әктас мен көмірдің реакциясына сәйкес қоспаларды қыздыру арқылы алуды ұсынды [8]. Алынған балқымалардағы соданы сумен сілтілейміз және ерітіндіні буландырамыз, Na_2CO_3 қатты жүйеде бөлініп алынады. Өндіріс қалдығы ретінде саналатын CaS шламда тұндырылады.

Леблан әдісі химиялық өнеркәсіпте шикізат базасының дамуына үлкен үлесін қосты. Сода өндіретін зауыттардың айналасына басқа да өнімдердің өндірісі шоғырлана бастады. Натрий сульфатын алу әдісін өңдеу өзінің артынан күкірт қышқылының өндірісінің дамуына әсер етті, олардың артынан азот өндірісі жанданды, бірақ азот қышқылының көмегімен күкірт қышқылын алу нитрозды әдіспен ғана жүзеге асты. Сода өндірісінің қалдығы тұз қышқылы хлорға және хлор өнімдер белилді әктасқа және бертолетті тұздарға өңделді. CaS қалдыған элементарлы күкіртті алды. Хлорлы сутектің қоршаған ортаға әсерін тоқтатпау үшін және құрылғылар мен аппараттардың коррозияға ұшырауын болдырмау үшін тұз қышқылы хлорға және үлкен сұранысқа ие құрамында хлоры бар өнімдерге өңдеу әдістері жүзеге асырылды. Леблан әдісі бойынша жұмыс істейтін зауыттар хлорлы өнімдерді жеткізіп беруші бірден бір зауыт еді, сондықтан олардың өнімдеріне аса қымбат баға қойылды. Бұл Леблан әдісі бойынша алынған соданың құнын төмендетті [9].

Қазақстан Республикасының аймақтарында сода алуға қажетті натрий құрамды шикізаттардың қоры өте мол және оларға натрий сульфаты, натрий хлориды, кальций карбонатты шикізаттар жатады. Біз білетіндей қақталған содан бірнеше сатыда жеке реакциялардың жүруімен түзіледі.

Тәжірибе жүргізу

Зерттеу жұмыстарында $298\text{--}348\text{K}$ температура аралығында термодинамикалық мәндер кальций, натрий, және аммиак хлориді, кальций сульфаты, кальций гидроксиді, натрий гидроксидаты, және аммиакпен көмірқышқыл газдың термодинамикалық этропия, этальпия және жылу сыйымдылық мәндерін қолдана отырып жүретін реакцияның Гиббс энергиясы есептелді.

Гиббс энергиясының (ΔG_T^0) температураға $T(\text{K})$ байланысты өзгеруінің тәуелділігі 1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1- Гиббс (ΔG_T^0) энергиясының температураға байланысты өзгеруі

№	Реакции	Температура, К	(ΔG_T^0), Дж/мол
1	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{C} = \text{Na}_2\text{S} + 2\text{CO}_2$	298	-48407,63
		473	-49203,9
		673	-50000,2
		873	-50796,8
		1273	-51599,2
		1473	-72316,8
2	$\text{Na}_2\text{S} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{S}$	298	-8113,9
		473	-8248,3
		673	-8381,6
		873	-8517,9
		1273	-8651,2
		1473	-8702,1
3	$\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 + 2\text{C} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaS} + 2\text{CO}_2$	298	-23422,9
		473	-24784,6
		673	-25202,3
		873	-25620,0
		1273	-26037,7
		1473	-26759,4

Осы әрекеттесу реакцияларының жүру мүмкіндігін Гиббс энергиясының мәндерінің өзгеруінен көруге болады.

Кесте 1 көрсетілгендей ΔG_T^0 мәндері 1 реакция бойынша 298-1473К температур аралығындағы теріс мәндер, яғни реакцияның жүру мүмкіндігі келесі қосылыстардың Na_2S және CO_2 түзілуімен жүреді.

Натрий сульфидін көміртектендіргенде 2- реакция бойынша ΔG_T^0 теріс мәнге ие және реакцияның NaHCO_3 түзілу арқылы жүру мүмкіндігін көрсетеді. Ал натрий гидрокарбонатын 313К және 328К температурада қалцинация жасау ΔG_T^0 теріс мәндері натрий карбонатының түзілу мүмкіндігін көрсетеді.

Зерттеуге табиғи натрий сульфаты 92,6% Na_2SO_4 қолданылды. Алдын ала натрий сульфаты температура 40-60⁰С кептіріледі. Кепкен натрий сульфатын майдалап ыдыстарға жинайды. Натрий сульфатының алғалдылығы 1% артпау қажет.

Натрий сульфатын зертханалық қондырғыда өңдеу үшін кальций карбонаты және көмір қолданылды. Көмірдің құрамында көміртегі 85-99,5% құрайды.

Зертханада натрий сульфаты мен көміртекқұрамды заттарды балқыту процессі температура 800, 900, 1000, 1100⁰С, ал балқыту процессін уақыт 30,45, 60 минутта жүргізілді. Натрий сульфатын кальций карбонатын және көміртегімен араластырып берілген температура мен уақыт аралығында балқытады. Көмірдің шығыны барлық тәжірибеде 104% құрады.

Натрий карбонаты және кальций сульфиді балқыма түрінде алынады. Алынған балқыманың құрамында Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , CaO , CO_2^{3-} және басқа қоспалар кездеседі.

Тәжірибе нәтижесі және талдау

Тәжірибе нәтижесі келесі 2 кестеде көрсетілген. 2 кесте көрсетілгендей натрий сульфатының тотықсыздану дәрежесі температура 1000⁰С және уақыт 30- 60 минутта 74,6-98,6% құрады. Температура 1000⁰С жоғарылағанда натрий сульфатының тотықсыздану дәрежесі өзгермейді.

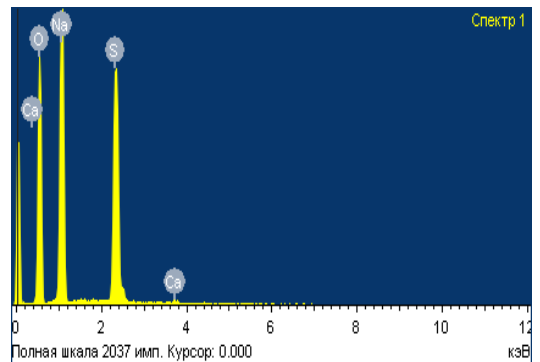
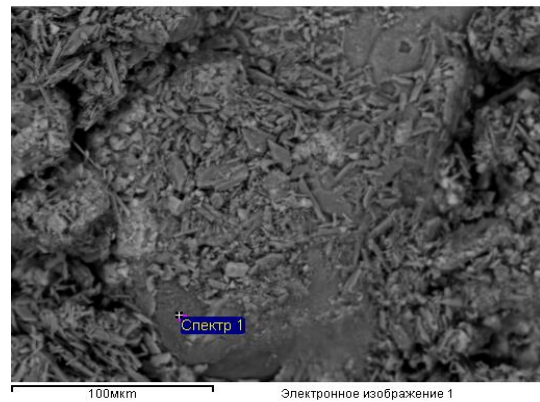
Алынған натрий карбонатының балқымасын суда ерітіп шаймалауды 20-30⁰С жүргізеді

және шоғыры 27-30% Na_2CO_3 ерітіндісі алынады. Бұл қомалжың ерітіндінің құрамына балқыманың құрамындағы балласты тұздар ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Na_2SO_4) және тұнба (CaS , SiO_2 т.б.) болады. Ерітіндіні температура 25-30⁰С сүзіп тұнбаны бөліп алады. Ерітіндіні 110-120⁰С кептіріп құрғақ натрий карбонаты алынады. Ал тұнбадағы CaS кептіріп цемент цемент немесе басқа өндірістерге жібереді.

Кесте 2 –Температура және уақытқа байланысты натрий сульфатының тотықсыздану дәрежесіне әсері

№	Температура, °С	Уақыт, мин	Na_2SO_4 (98,6%) шығыны, г	CaCO_3 (96,9%) шығыны, г	Кокстың (85,0%) шығыны г	Na_2CO_3 шығымы, г	Тотықсыздану дәрежесі, %
1	800	45	10,14	7,18	1,86	1,94	36,2
2	800	60	10,14	7,18	1,86	2,16	31,3
3	900	30	10,14	7,18	1,86	3,94	74,6
4	900	45	10,14	7,18	1,86	4,12	78,2
5	900	60	10,14	7,18	1,86	4,40	80,1
6	1000	30	10,14	7,18	1,86	5,01	89,9
7	1000	45	10,14	7,18	1,86	5,26	97,9
8	1000	60	10,14	7,18	1,86	5,42	98,6
9	1100	60	10,14	7,18	1,86	5,41	98,1
10	1100	60	10,14	7,18	1,86	5,32	97,9

Элемент	Салмақ, %	Қосылыс	Масса, %
O	20.35	-	-
C	6,49	-	-
Na	24.63	Na_2CO_3	56.91
Ca	21.35	CaS	38.67
S	18.76	-	-
Fe	1.08	Fe_2O_3	1,56
Al	1.01	Al_2O_3	1,42
Si	0.67	SiO_2	0,82



Сурет 1 - Натрий карбонатының (балқыма) энергия дисперсиялы талдауы

Зертханада балқыманы шаймалауды температура 25, 40⁰С, уақыт 20-60 мин. аралығында

жүргізіледі. Қатты затпен сұйықтықтың қатынасы Қ:С=1:3. Зерттеу нәтижелері 3 кестеде берілген.

Кесте 3 көрсетілгендей температура 25⁰С, уақыт 20, 40, 60 минутта балқыманы сумен шаймалағанда соданың ерітіндіге өту дәрежесі 84,4-96,1 % құрайды, температура жоғарылағанда 40⁰С 89,6-98,8% құрайды. Ал тұнбаға кальций сульфиді өтеді және ол кептіруге жіберіледі.

Кесте 3 –Уақыт және температураның соданы шаймалау дәрежесіне әсері

№	Уақыт, мин	Ерітінді құрамы			Соданың ерітіндіге өту дәрежесі,%
		Na, %	CO ₂ , %	Na ₂ SO ₃ %	
1. Температура 25 ⁰ С, Қ:С=1:3					
1	20	3,99	1,22	0,18	84,4
2	40	1,96	1,86	0,17	91,0
3	60	0,22	4,08	0,18	96,1
2. Температура 40 ⁰ С, Қ:С=1:3					
1	20	4,15	1,20	0,19	89,6
2	40	2,10	2,56	0,17	96,2
3	60	0,18	4,86	0,16	98,8

Сода ерітіндісін буландырып кептіру нәтижесінде құрғақ сода алынады. Құрғақ соданының құрамы 4-ші кестеде көрсетілгін.

Кесте 4 -Кептірілген тұнбаның құрамы

Т, ⁰ С	Құрғақ соданың құрамы, %		
	Na	CO ₂	Na ₂ SO ₃
25	49,6	28,2	0,050
40	27,1	51,2	0,010
60	26,2	53,1	0,011

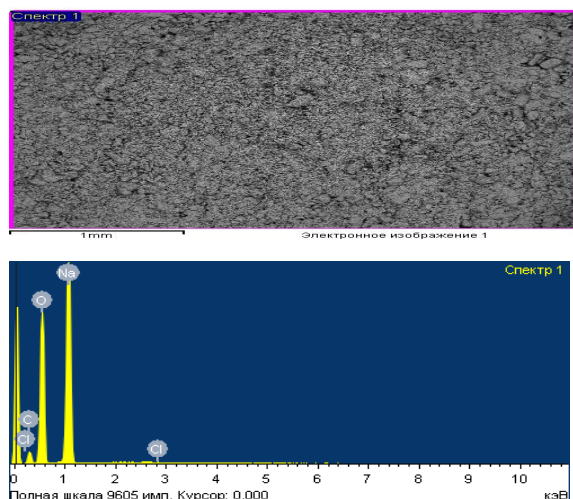
Кесте 5 көрсетілгендей қақталған соданың құрамы негізінен Na₂CO₃тұрады.Қақталған сода расторлы электронды INCA Energy-350 және HKL Basic микроскопта талдау жүргізілді.

Кесте 5 – Алынған қақталған соданың құрамы

Аттары	Құрамы, %			
	Na ₂ CO ₃	Na ₂ SO ₄	Na ₂ S	к.ж.к, %
Қақталған сода	99,6	0,30		0,10

Қақталған соданың энергия дисперсиялы талдауы келесі 2суретте көрсетілген.

Элемент	Весовой %
C	13.72
O	43.85
Na	42.27
Cl	0.01

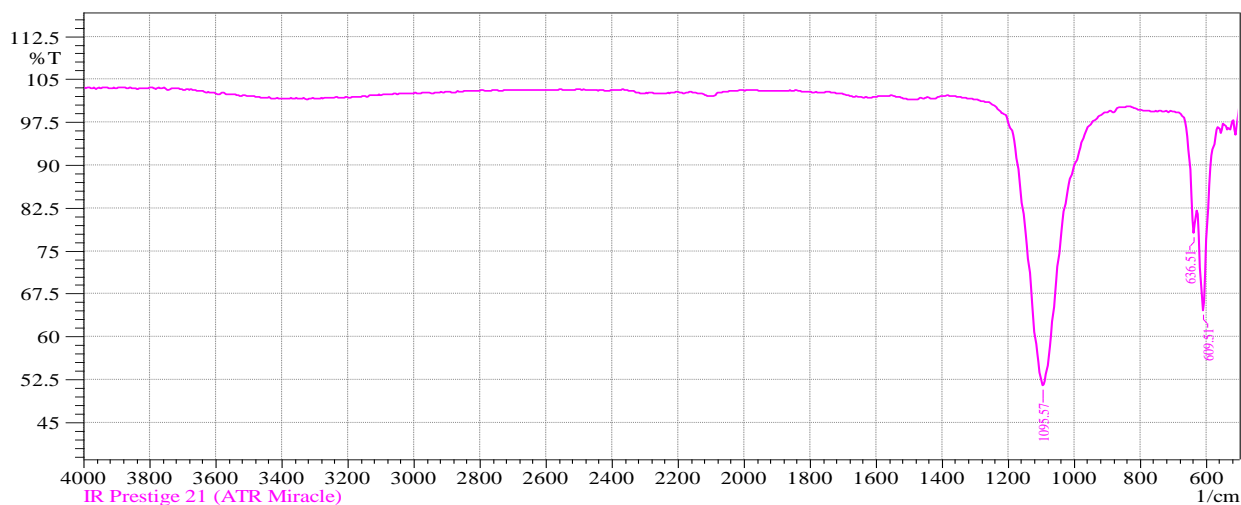


Сурет 2 - Қақталған соданың элементті талдау нәтижелері

Зерттеу нәтижесі бойынша өнімнің құрамында натрий және көміртегінің бар екендігі және хлордың мөлшері 0,01% тұратындығы анықталды .

Алынған өнім ИК-спектроскопия әдістерімен зерттеледі. Зерттеу нәтижелері 3 суретте көрсетілген.

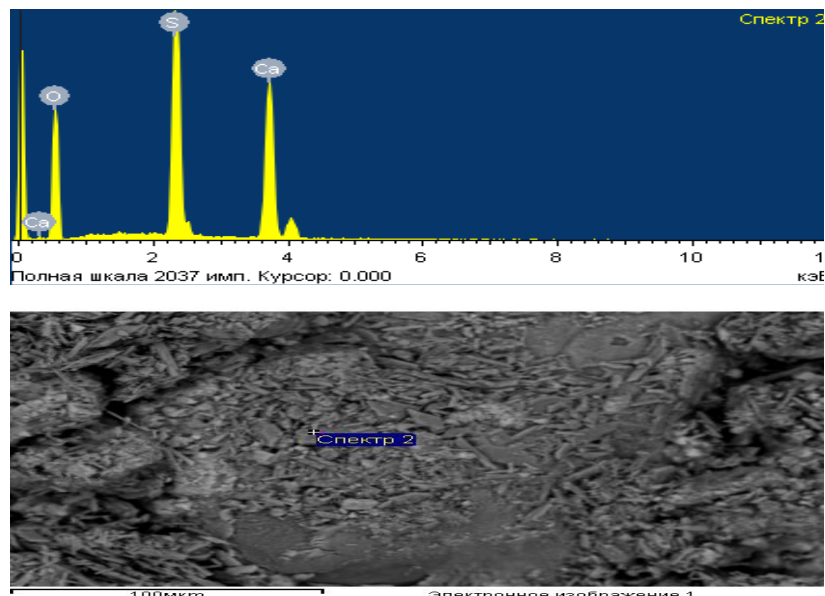
РФА әдісімен талдау нәтижелері тұнбадағы Na_2CO_3 дифракциялы максимумы 1,95; 2,36; 2,54; 2,61; 2,76, 3,82Å сәйкестігін және өнімде натрий карбонатының бар екендігін дәлелдеді.



Сурет 3– Сода тұнбасының ИК-спектрі

ИК-Фурье спектрометр ShimadzuIRPrestige-21 (сурет 3) толқын ұзындығының спектр сіңіру интенсивтілігі 720, 830, 1390, 1485, 1650, 2950 cm^{-1} сәйкес Na_2CO_3 байланысына қатысты екенін дәлелдеді.

Элемент	Салмақ, %	Қосылыс
O	8.53	-
S	41,34	-
Ca	50,12.83	CaS



Сурет 4 - Балқыманы шаймалап алған тұнбаның (CaS) энергиядисепрсиялы талдауы

Сүзіп алынған тұнбаның құрамы 4-ші суретте көрсетілген. Онда тұнба негізінен кальций сульфидінен тұрады. Талдау нәтижелері алынған өнімнің сапасы МЕСТ 5200-85 талаптарына сәйкес, ал қақталған сода жеңіл түріндегі содаға жататындығын көрсетті.

Қорытынды

Іс тәжірибелік зерттеулер зертханалық қондырғыларды жүргізілді. Бастпақы шикізаттарды балқыту $800-1100^{\circ}\text{C}$ уақыт 30-60 минут арлығында жүргізілді.

Тәжірибе нәтижесінде натрий сульфатының тотықсыздану дәрежесі температура 1000°C және уақыт 30-60 минутта 74,6-98,6% құрады. Температура 1000°C жоғарылағанда натрий сульфатының тотықсыздану дәрежесі өзгермейтіндігі анықталды.

Алынған натрий карбонатының балқымасын суда ерітіп шаймалауды $20-30^{\circ}\text{C}$ жүргізеді және шоғыры 27-30% Na_2CO_3 ерітіндісі алынады.

Ерітіндіні температура $25-30^{\circ}\text{C}$ сүзіп тұнбаны бөліп, алынған ерітінді $110-120^{\circ}\text{C}$ кептіріліп құрғақ натрий карбонаты алынды.

Өңдеп алынған балқыма, сода және шаймалаудан алынған тұнба (CaS) расторлы электронды жабдықта зерттеліп құрамындағы заттардың мөлшері анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Крашенинников С.А. Технология соды, М. Химия, 2018, 304 с.
2. Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев Н.Д. Производство соды// М.: Химия, переизд. 2013, С.309-311.
3. Получение гидрокарбоната натрия. Патент США № 3780160. 1973.
4. Получение карбоната натрия из неочищенной природной троны. Патент США № 3028215. 1962.
5. Clagelt Robert F. Soda ash on He move «Class», 1981, V. 58, №11, P. 399-404.
6. Получение соды из троны. Патент США № 3245755. 1966.
7. Получение кальцинированной соды. Патент США № 3084026. 1963.
8. Белик А.Я., Заир-Бек И. Обзорная информация. Сер. Содовая промышленность, М. НИИТЭХИМ, 2010, С.31-34.

9. Медведев И.И. Разработка технологии получения минеральной добавки на основе побочных карбонатных отходов содового производства// Харьков, ПО «Химпром», 1979.С.35-39.

References

1. Krasheninnikov S.A. Tehnologija sody, M. Himija, 2018, 304 s.
2. Zajcev I.D., Tkach G.A., Stoev N.D. Proizvodstvo sody// M.: Himija, pereizd. 2013, С.309-311.
3. Poluchenie gidrokarbonata natrija. Patent SShA № 3780160. 1973.
4. Poluchenie karbonata natrija iz neochishhennoj prirodnoj trony. Patent SShA № 3028215. 1962.
5. Clagelt Robert F. Soda ash on He move «Class», 1981, V. 58, №11, R. 399-404.
6. Poluchenie sody iz trony. Patent SShA № 3245755. 1966.
7. Poluchenie kal'cinirovannoj sody. Patent SShA № 3084026. 1963.
8. Belik A.Ja., Zair-Bek I. Obzornaja informacija. Ser. Sodovaja promyshlennost', M. NIITJeNIM, 2010, S.31-34.
9. Medvedev I.I. Razrabotka tehnologii poluchenija mineral'noj dobavki na osnove pobochnyh karbonatnyh othodov sodovogo proizvodstva// Har'kov, PO «Himprom», 1979.С.35-39.

А. А. Анарбаев, Б. Н. Кабылбекова, Ж. А. Анарбаев, Д.Р. Махамидали*, Б.Ш. Самадов
д. т. н., профессор, altyn1956@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

д. т. н., доцент, bekki_7@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

старший научный сотрудник, janzh201@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

магистр, mux-x@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ НАТРИЕВОГО СУЛЬФАТА НАТРИЯ В КАЛЬЦИНИРОВАННУЮ СОДУ

Аннотация

Производство соды в мире базируется на четырех основных способах ее получения: аммиачный (из хлорида натрия), из природной соды, из нефелинов и карбонизацией гидроксида натрия. Аммиачный способ (Сольве) получения соды продолжает оставаться основным методом, и удельный вес его составляет от 65 до 70%. Определены запасы природного сульфата натрия и исследован химический состав сырья. В процессе проведения исследования получения кальцинированной соды из природного сульфата натрия с использованием углеродсодержащего материала методом плавления определены основные параметры температура 1000°C, время 45 минут, степень перехода 98,9% и показано возможность получения соды. Сульфат натрия и карбонат кальция, смешивая вместе с углеродом, сплавляют в интервале данных температур и времени. Расход кокса во всех экспериментах составил 104%.

Ключевые слова: пищевая сода, хлорид натрия, сульфат натрия, карбонат кальция, газ.

A.A. Anarbayev, B.N. Kabyzbekova, Zh.A. Anarbayev, D.R. Makhamidali*

Doctor of Technical Sciences, Professor, altyn1956@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Kazakhstan

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, bekki_7@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan
University, Shymkent, Kazakhstan

Senior Researcher, janzh201@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Master's degree, mux-x@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

INVESTIGATION OF METHODS FOR PROCESSING SODIUM SULFATE INTO SODA ASH

Abstract

Soda production in the world is based on four main methods of its production: ammonia (from sodium chloride), natural soda, nepheline and sodium hydroxide carbonization. Ammonia method (Solvay) of soda continues to be the main method, and its share is from 65 to 70%. The reserves of natural sodium sulfate were determined and the chemical composition of raw materials was investigated. In the process of conducting a study of the production of soda ash from natural sodium sulfate using a carbonaceous material by melting, the main parameters of the temperature of 1000°C, the time of 45 minutes, the degree of transition of 98.9% and the possibility of obtaining soda are determined. Sodium sulfate and calcium carbonate, mixing together with carbon, fused in the range of these temperatures and times. Coke consumption in all experiments was 104%.

Key words: baking soda, sodium chloride, sodium sulfate, calcium carbonate, gas.

Ө.П. Байысбай, У.Б. Назарбек*, Т.М. Ишалиев

т.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

PhD, қауымдастырылған профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

магистрант, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: unazarbek@mail.ru

ӘЛСІЗ АЗОТ ҚЫШҚЫЛЫ ӨНДІРІСІНДЕГІ НИТРОЗДЫ ГАЗДАРДЫ ОРГАНИКАЛЫҚ СІЦІРГІШТЕРМЕН АБСОРБЦИЯЛАУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ

Түйін

Мақалада әлсіз азот қышқылы өндірісіндегі нитрозды газдарды трибутилфосфатпен абсорбциялау үрдісін зерттеу нәтижелері келтірілген. Азот оксидтерінің төмен қысымды қысымда газ-сұйықтық жүйесіндегі кинетика тепе-теңдігін зерделеу үшін тұрақты сұйық қабат арқылы толассыз газ ағыны қаныққанға дейін болғанда нұсқаны қолдандық, яғни шығудағы газ концентрациясы бастапқы концентрацияға жеткен уақытқа дейін. Абсорбент ретінде атмосфералық қысымда вакуумдық айдау арқылы алдын ала тазартылған және 4% натрий гидроксиді ерітіндісімен және тазартылған сумен жуылған "Т" маркалы трибутилфосфат пайдаланылды. Зерттеуге мыналар кірді: Абсорбциялық процестің кинетикалық сипаттамаларын талдау Газ-сұйықтық жүйесінің параметрлерін оңтайландыру Трибутилфосфатпен тазарту тиімділігін бағалау Әдісті өнеркәсіптік қолдану бойынша ұсыныстар әзірлеу Нәтижелер нитрозды газдарды тазарту үшін трибутилфосфатты қолдану перспективасын көрсетеді және азот қышқылын өндірудегі технологиялық процестерді жақсарту үшін қолданылуы мүмкін. Зерттеу химия өнеркәсібіндегі азот оксидтерінің шығарындыларын азайтудың өзекті мәселесін шешуге айтарлықтай үлес қосады.

Кілттік сөздер: азот қышқылы, абсорбция, кинетика, нитрозды газдар, газ-сұйықтық жүйесі.

Кіріспе

Адамның өнімді жұмысының салдарларының бірі, саланың қарқынды дамуы, көлік түрлерінің барлық түрлері қалдықтармен зиянды химиялық заттардың шығарылуына байланысты қоршаған ортаның жай-күйінің нашарлауы болды. Атмосфераға жыл сайын 50 млн. тоннадан астам уытты заттар енеді, оның ішінде шамамен 10% химиялық кешен кәсіпорындарында шығарылған азот оксидтерінің есебінен (массасы бойынша) [1].

Азот оксидтерінің қоршаған ортаға, адам денсаулығына зиянды әсері бары белгілі. Жүрек-тамыр және орталық жүйке жүйесінің бұзылуына, металл, бетон және басқа да құрылыстар мен материалдарды бұзып, ұлттық экономикаға үлкен зиян келтіреді.

Қалдық газдарды азот оксидтерінен санитарлық тазалау күрделі және қымбат үрдіс болып табылады. Сондықтан әлсіз азот қышқылы өндірісіндегі нитрозды газдардың абсорбциялануын жетілдіру үрдісі зерттеу және өндіріске енгізу қазіргі таңда өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Жоғарыда аталған мәселелерді шешуге бағытталған теориялық және қолданбалы зерттеулер азот қышқылының өндірісін жақсарту, атап айтқанда, сорбциялық процестерді күшейту арқылы логикалық түрде байланысты. Дегенмен, негізінен тек HNO_3 немесе нитраттар алу үшін бірнеше сорбция сатылары мен аралық тотығусыз бір құрылғыда азот оксидтерін толығымен сіңіру мүмкін емес. Азот қышқылымен немесе сумен абсорбцияны қолдану, азот оксидтерінің көпшілігін газдан шығаруға болады, ал қалпына келмейтін қалдықтар көбінесе молекулалық азотқа дейін азаяды. Бірақ бұл әдіс аз уақыт ішінде тұрақты газ ағынымен және азот оксидтерінің шоғырлануындағы өзгерістердің тар ауқымымен ірі өндірістерде өзін ақтайды.

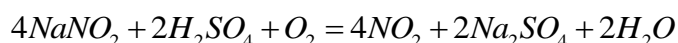
Азот оксидтерінің төмен қысымды қысымда газ-сұйықтық жүйесіндегі кинетика тепе-

теңдігін зерделеу үшін тұрақты сұйық қабат арқылы толассыз газ ағыны қаныққанға дейін болғанда нұсқаны қолдандық, яғни шығудағы газ концентрациясы бастапқы концентрацияға жеткен уақытқа дейін.

Материалдар мен әдістер

Әдіс төмен мәндерде қысым айырмасын өлшеу қиындықтарына байланысты таңдалды. Абсорбент ретінде 4% натрий гидроксиді ерітіндісімен және атмосфералық қысым астында вакуумда дистилденген тазартылған сумен жуылған «Т» санаттағы трибутил фосфаты қолданылды.

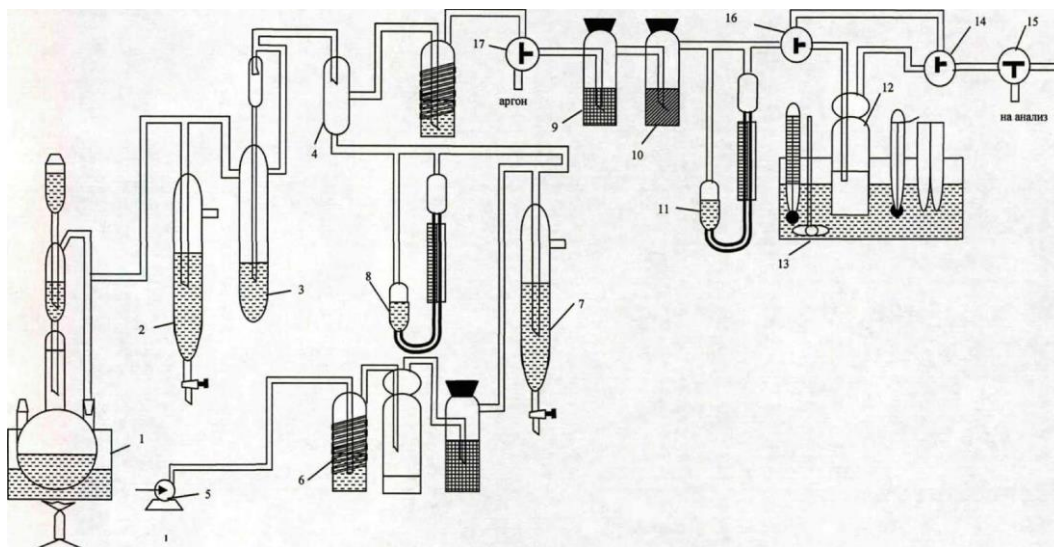
Азот диоксиді натрий нитратының қаныққан ерітіндісінен және концентрацияланған күкірт қышқылынан, содан кейін газдың тотығуынан алынды:



Пайдаланылған реагенттер «ХТ» белгісіне ие болды.

Төмен тепе-теңдік кезінде тепе-теңдікті зерттеу барысында азот диоксиді үздіксіз алынған. Оттегі тотығу агенті ретінде пайдаланылды. Газ көлемі айтарлықтай көлемдегі ыдыстардан өтті, ал шығыс бөлігіндегі тотығу дәрежесі кемінде 90% құрады.

NO₂ төмен қысымды қысым кезінде тепе-теңдікті зерттеуге арналған қондырғының схемасы (сурет 1) азот оксидтерін, ауа дайындау қондырғысын, тотығу қондырғысын, сұйылтуды және азотты газды кептіруді және сіңіру бөлігін өндіруге арналған қондырғыларды құрады.



1-реакциялық колба; 2,7-моностаттар; 3,8,11-реометрлер; 4-тотықтырушы көлем; 5-микрокомпрессор; 6,9,10 - жұтқыштар; 12-абсорбер; 13-термостат; 14,15-шұңқырлар.

Сурет 1. Төмен концентрациядағы тепе-теңдікті зерттеу үшін динамикалық сіңіру қондырғысының диаграммасы

Реакциялық ыдыста (1) тотығу көлеміне (4) маностат (2) және реометр (3) арқылы жеткізілген NO және NO₂ эквимолекулярлық қоспасы алынды. Тотығу үшін ауа сіңіргіш құты (6) арқылы 20% концентрациясы бар микрокомпрессор (5) жеткізілді. көмір қышқылынан тазарту үшін КОН ерітіндісін маностат (7) және реометр (8) арқылы алуға болады. Термостатта (13) орнатылған абсорберге (12) сіңіргіш филлерде (9) және (10) және реометер

арқылы (11) силикагелде және фосфор пентоксидінде кем дегенде 90% тотығу дәрежесі бар натрий газдары кептірілді. Талдау үшін бастапқы және тазартылған газды таңдау қрандар арқылы орындалды (14) және (15). Сұйылтылғаннан кейін газ сіңіруден кейін (16) атмосфераға шығарылды. NO және NO₂ концентрациясын анықтау үшін, KI 10% ерітіндісімен және сутегі асқынуының 3% ерітіндісімен сіңіру шұңқырлары арқылы 1 минуттан дәйекті түрде өткізілді. Бірінші бөтелкеде шығарылған йодин 0.01-0.1 натрий тиосульфат ерітіндісімен титрленген, екінші шөлмеде пайда болатын азот қышқылы 0,01 н.с. натрий гидроксиді ерітіндісі болды. Газдағы NO және NO₂ ішінара қысымының есептелуі келесі формула бойынша жүзеге асырылды:

$$P = \frac{a \cdot N_T \cdot k \cdot 22,4}{W_0 \cdot \tau \cdot 1000} \quad (1)$$

a - титранттың көлемі, см³;

N_T - титрант ерітіндісінің қалыптылығы;

k – түзетуші коэффициент;

W_0 – қалыпты жағдайдағы газдың көлемдік жылдамдығы, л/мин;

τ – сынаманы іріктеу уақыты, мин.

$$W_0 = \frac{W \cdot P_0 \cdot 273}{760 \cdot T} \quad (2)$$

W_0 – тәжірибе жағдайындағы газдың көлемдік жылдамдығы, л/мин;

T – температура, К;

P_0 – барометрлік қысым, мм.сын.бағ.

Сұйық фазаны талдау үшін 1 мл ерітінді алынып, тазартылған сумен 50 мл-ге дейін сұйылтылып, рН-метрде 0,1 н NaOH ерітіндісімен титрленген. Еріткіштің жұтылу қабілеттілігін есептеу формулаға сәйкес жүзеге асырылды:

$$S = a \cdot N_T \cdot k \cdot 22,4 \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (3)$$

Кез-келген сіңіру жүйесі үшін белгілі бір жағдайларда сорбентпен жұтуға болатын газдың ең көп мөлшерін анықтауға мүмкіндік беретін тепе-теңдік сипаттамаларын білу керек. Тепе-теңдік сипаттамалары процестің қозғаушы күшін анықтау үшін жұтылу кинетикасын есептеу кезінде де қажет.

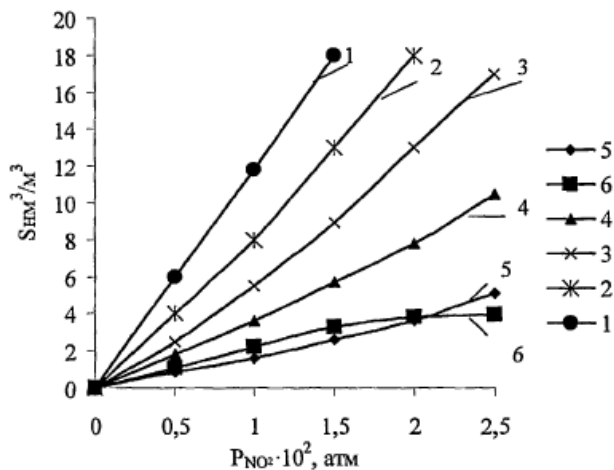
Тепе-теңдік бойынша зерттеулер 288-ден 338 К-ге дейін және ішінара қысым 0.0002-ден 0.025-ге дейін өткізілді.

1-кестеде ТБФ-дегі NO₂ ерігіштігінің эксперименттік деректері келтірілген. Әрбір нүкте үш эксперименттің орташа мәні болып табылады.

Кесте 1. «NO₂ - ТБФ» жүйесінде тепе-теңдік туралы эксперименттік деректер

№	Парциалды қысым $P \cdot 10^5$ ат	Абсорбциялық сыйымдылық $S, \text{нм}^3/\text{м}^3$	Мольдік үлес $N \cdot 10^2$	№	Парциалды қысым $P \cdot 10^5$ ат	Абсорбциялық сыйымдылық $S, \text{нм}^3/\text{м}^3$	Мольдік үлес $N \cdot 10^2$
288 К				293 К			
1	0,021	0,37	0,447	1	0,050	0,38	0,457
2	0,045	0,63	0,759	2	0,201	0,45	1,738
3	0,200	2,25	2,659	3	0,420	3,13	3,678
4	0,480	5,30	6,046	4	0,850	6,75	7,607
5	0,730	8,25	9,105	5	1,050	8,35	9,243
6	1,380	15,74	25,048	6	1,470	12,05	12,815
7	2,400	28,75	25,875	7	2,400	21,02	20,408
303 К				318 К			
1	0,045	0,21	0,258	1	0,050	0,13	0,160
2	0,220	1,03	1,251	2	0,220	0,61	0,755
3	0,671	3,45	4,072	3	0,600	2,03	2,469
4	1,001	5,50	6,338	4	1,020	3,48	4,159
5	1,601	9,43	10,397	5	1,750	6,44	7,434
6	2,390	15,05	15,625	6	2,370	9,32	10,413
338 К							
1	0,050	0,079	0,100				
2	0,120	0,191	0,242				
3	0,490	0,780	0,981				
4	0,905	1,450	1,808				
5	1,500	2,612	3,211				
6	2,415	4,550	5,463				

ТБФ-нің азот диоксидінің қысымына сіңіру қабілеттілігінің графикалық тәуелділігі сурет 2-те келтірілген, оның көмегімен ТБФ-ның жұтылу қабілеті 55% азот қышқылында (6-қисық) NO₂ ерігіштігіне қарағанда әлдеқайда жоғары екендігін көруге болады. Бұл фактіні ескере отырып, ТБФ-ның сорбент NO₂ ретінде артықшылығы туралы және оны сұйылтылған азоттық газдардан сіңіру үшін пайдалану мүмкіндіктері туралы айтуға болады.



Сурет 2. Азот диоксиді бойынша ТБВ (1-5 қисықтар) және азот қышқылының абсорбиондылық сыйымдылығы: 1 - 288 К; 2, 6-293 К; 3-303 К; 4-318К; 5-338К.

Абсорбердің температурасын жоғарылату оның жұтылу қабілетінің төмендеуіне әкеледі. Бұл абсорбция процестерінің жалпы заңдарына сәйкес келеді, өйткені олар жүйенің энтальпиясын төмендетеді. Ішінара қысымның артуымен ТБФ сіңіру қабілетін айтарлықтай арттыру байқалады. Бұл факт шешімнің регенерациясы әдісі ретінде қысымның төмендеуін пайдаланудың орындылығын көрсетеді [2].

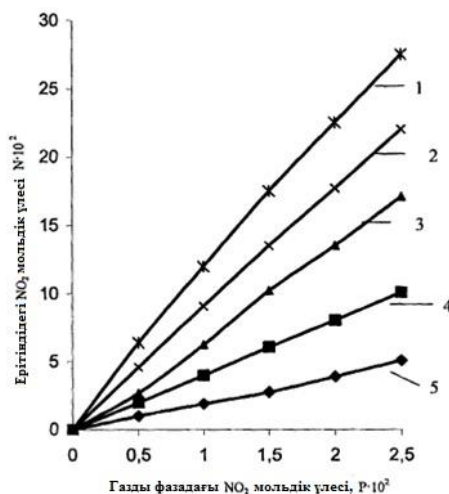
Ерітіндідегі азот диоксидінің аз мөлшерімен (сурет 3) 0,1 мольдік фракциясына дейін жүйеде тепе-теңдікті теңдеулермен сипаттауға болады:

$$P = k \cdot N \quad (4)$$

P – газдағы NO_2 парциалды қысымы, атм.;

k – Генри тұрақтысы

N – ерітіндідегі NO_2 мольдік үлесі.



Сурет 3. Азот диоксиді-трибутилфосфат жүйесіндегі тепе-теңдік изотермасы: 1 -288 К; 2 - 293 К; 3-303 К; 4-318К; 5-338К

Қысым мен температураның кең диапазонында азот диоксидінің ерігіштігі, тепе-теңдік қысымын эмпирикалық теңдеуден есептеуге болады:

$$P = k \cdot N^h \quad (5)$$

4 және 5 теңдеулердегі коэффициенттердің мәндері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. 4 және 5 теңдеулердегі коэффициенттердің мәндері

Температура, К	288	293	303	318	338
k, атм (4-теңдеу)	0,078	0,112	0,165	0,238	0,503
k, атм (5-теңдеу)	0,115	0,120	0,143	0,197	0,393
H	1,157	1,011	0,971	0,936	0,957

«k» коэффициенті тепе-теңдік тұрақты болып табылады және сұйықтықтағы газдардың ерігіштігі өлшемі ретінде қызмет етуі мүмкін.

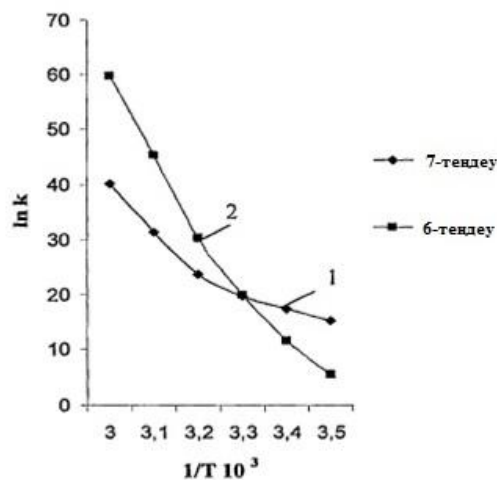
$$m = \frac{k}{P_0} < 1 \quad (6)$$

кезінде (мұндағы, P_0 -абсорбция қысымы; бізде $P_0 = 1 \text{ атм}$) газ өте ерігіш боп келеді. $1 < m < 100$ болғанда, газ қалыпты ерісе, $m > 100$, газ нашар ериді.

Біздің жағдайда $m < 1$, яғни, азот диоксиді ТБФ жақсы ерітеді. Тепе-теңдік тұрақты температураның термодинамикалық тәуелділігі теңдеу арқылы көрсетіледі:

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad (7)$$

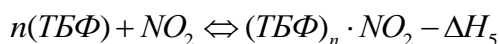
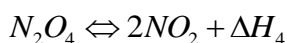
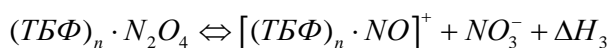
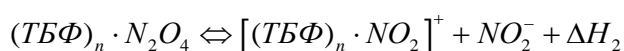
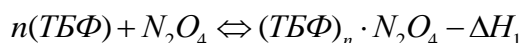
мұндағы, ΔH – дифференциалдық жылу. Бұл теңдеудің зерттеліп жатқан жүйеге қолданылуы $\ln k \div \frac{1}{T}$ координаттардағы сызықты формаға дейін азайту арқылы расталады (сурет 4).



Сурет 4. Өзара температурада тепе-теңдік тұрақты логарифмінің тәуелділігі

Нәтижелер және талқылау

Алынған тәуелділік азот диоксидінің ТБФ сіңуін есептеуге мүмкіндік берді. Генридің тұрақты мәндерін пайдалана отырып, 27.9 кДж / моль және эмпирикалық теңдеуді пайдалана отырып, 14.01 кДж / моль болды. Алғашқы жылудың жоғары мәні Генри заңы ерігіштігі NO₂ ең белсенді ТБФ молекулалары арқылы шешілетін кезде тепе-теңдікті өте төмен ерігіштігі мәндерінде (0,1 моль фракциясына дейін) сипаттайтын фактымен түсіндіріледі. NO₂ мазмұнын жоғарылату арқылы жұтылудың жылу (14.01 кДж / моль) физикалық жұтылуына сәйкес келеді. NO₂ және ТБФ молекулаларын еріту мүмкіндігі олардың химиялық қасиеттерімен анықталады: ТБФ - бұл электронды донор, ал NO₂ және N₂O₄ молекулалары құрамында π-байланыстарына ие және электронды қосылуға бейім [3]. Сондықтан, азот диоксиді тепе-теңдік газ қоспасынан жұтылу кезінде келесі процестер мүмкін:



Ғалымдардың айтуынша, түзілген сольваттар құрамы 2ТБФ* N_2O_4 немесе ТБФ* NO_2 . Мұндай құрылым біздің деректерімізбен жанама расталады, өйткені шешімдердегі химиялық өзара әрекеттесудің болуына қарамастан, төмен концентрациядағы жүйе NO₂ Генри заңына мойынсұнады және бұл сіңірілетін газдың бір молекуласының өзара әрекеттесетін бір молекуласының қалыптасуы мүмкін. Әлбетте, газ және сұйық фазаларда NO₂ мен N₂O₄ арасындағы молекулалар арасындағы тепе-теңдік әр түрлі, сондықтан ерітіндідегі NO₂ концентрациясының жоғарылауымен түзу заңынан ауытқу байқалады. ТБФ-дегі NO₂ концентрациясы төмен болғандықтан, оның ерітіндісіне қысым қатты дәрежеде тәуелді, оны ерітіндіні толығымен қалпына келтіру үшін оны екі кезеңде жүзеге асыру қажет:

- 1) газдың негізгі бөлігін алу үшін қысымды төмендету;
- 2) қалдық NO₂ жою үшін 368 + 373 К температурада қызады.

Қайталанатын (20 есе) сіңіру және десорбция циклдары ерітіндінің жұтылу қабілетінің өзгеруіне жол бермейтіндігін көрсетті. Регенерацияның толықтығының дәлелі трибутилфосфаттың бастапқы қалпына келтірілген ерітінділерінің сыну көрсеткіштерінің теңдігі болды. Осылайша, ТБФ NO-ге қатысты жоғары сіңіру қабілетіне ие, бұл процесс кері айналады, ерітіндінің қысымы төмендейді және температураның жоғарылауымен қалпына келтіріледі. Осы фактілерді, сондай-ақ ТБФ-ның практикалық тұрақсыздығын және химиялық қарсылығын ескере отырып, төмен концентрациялы азотты газдарды өңдеу үшін оны пайдалану перспективалы деп айтуға болады.

Қорытынды

Осы зерттеуде азот оксидтерінің (NO_x) қоршаған ортаға әсері мен оларды тазалаудың тиімді әдістері қарастырылды. Өнеркәсіп пен көлік қызметінің нәтижесінде атмосфераға жылына 50 млн тоннадан астам улы заттар шығарылады, оның 10%-ын азот оксидтері құрайды. Бұл заттар адам денсаулығына (жүрек-қан тамыр және нерв жүйесі ауруларына), құрылыс материалдарына және ұлттық экономикаға қатты зиян келтіреді. Зерттеу барысында

азот қышқылы өндірісіндегі нитрозды газдарды трибутилфосфатпен абсорбциялау процесі зерттелді. Төмен қысымда газ-сұйықтық жүйесіндегі кинетикалық тепе-теңдік талданып, абсорбция процесінің тиімділігі бағаланды. Қолданылған әдістеме минималды қысым айырмасын дәл өлшеуге мүмкіндік берді. Бұл зерттеу химиялық өнеркәсіпте экологиялық мәселелерді шешуге бағытталған және азот оксидтерінің шығарындыларын азайтудың жаңа әдістерін әзірлеуге негіз болуы мүмкін. Болашақта осы бағыттағы зерттеулерді тереңдету және өнеркәсіптік масштабта сынау қажет, азот оксидтерінің зиянын азайту және қоршаған ортаны қорғау бүгінгі таңда өзекті мәселе болып табылады. Ұсынылған әдістеме осы мәселені шешуге қолданылатын тиімді тәсілдердің бірі ретінде қарастырылуы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Кузнецов И.Е., Троцкая Т.М. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами химических предприятий. М.: «Химия», 1999, 314с.
2. Полак Л.С., Щипачев В.С. Кинетика и термодинамика химических реакций в низкотемпературной плазме. М: Наука, 1995, 151с.
3. Терещенко Л.Я., Панов В.П., Чупалова Т.А. О равновесии в системе «трибутилфосфат — азотная кислота —NOx» // Тез. докл. XI Всеросс. науч.-техн. межвуз. конф. по ТНВ и МУ Новочеркасск, 1998, с.173-174.
4. Ершов А.И., Голдар, А. П., Рабко, А. Е. Опытнo-промышленные исследования процесса абсорбции оксидов азота селективными поглотителями. Мына сілтемеде: <https://www.openrepository.ru/article?id=45066> 2020
5. Х. Мекен Қазазот жағдайында жылдық өнімділігі 50000 т азот қышқылын өндіру цехын жобалау. Алматы, 2029, 43 б.
6. Азот өнімдерін өндірудегі аппаратшылар" кәсіби стандартын бекіту туралы. Мына сілтемеде: [https://zakon.uchet.kz/kaz/docs/V1300009383\(30.03.2016\)](https://zakon.uchet.kz/kaz/docs/V1300009383(30.03.2016))
Демьянцева, Е. А. Механизм образования и негативное влияние выбросов, содержащих оксиды азота / Е. А. Демьянцева, Е. А. Шваб, Е. О. Реховская. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 2 (136). — С. 231-234. — URL: <https://moluch.ru/archive/136/38002>.

References

1. Kuznecov I.E., Trockaja T.M. Zashhita vozdušnogo bassejna ot zagraznenija vrednymi veshhestvami himicheskikh predpriyatij. M.: «Himija», 1999, 314s.
2. Polak L.S., Shhipachev B.C. Kinetika i termodinamika himicheskikh reakcij v nizkotemperaturnoj plazme. M: Nauka, 1995, 151s.
3. Tereshhenko L.Ja., Panov V.P., Chupalova T.A. O ravnovesii v sisteme «tributilfosfat — azotnaja kislota —NOx» // Tez. dokl. XI Vseross. nauch.-tehn. mezhvuz. konf. po TNV i MU Novocherkassk, 1998, s.173-174.
4. Ershov A.I., Goldar, A. P., Rabko, A. E. Opytno-promyshlennye issledovaniya processa absorbcii oksidov azota selektivnymi poglotiteljami. Myna siltemede: <https://www.openrepository.ru/article?id=45066> 2020
5. H. Meken Qazazot jaǵdaiynda jyldyq önımdılıǵı 50000 t azot qyşqylyn öndiru sehyn jobalau. Almaty, 2029, 43 b.
6. Azot önımderin öndırudeǵı aparatşylar" käsibi standartyn bekitu turaly. Myna siltemede: [https://zakon.uchet.kz/kaz/docs/V1300009383\(30.03.2016\)](https://zakon.uchet.kz/kaz/docs/V1300009383(30.03.2016))
7. Dem'janceva, E. A. Mehanizm obrazovaniya i negativnoe vlijanie vybrosov, soderzhashhih oksidy azota / E. A. Dem'janceva, E. A. Shvab, E. O. Rehovskaja. — Tekst : neposredstvennyj // Molodoj uchenyj. — 2017. — № 2 (136). — S. 231-234. — URL: <https://moluch.ru/archive/136/38002>.

О.П. Байысбай, У.Б. Назарбек*, Т.М. Ишалиев

к.т.н., доцент, bayi1961_1@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
PhD, ассоциированный профессор, unazarbek@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
магистрант, talgatt@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИИ НИТРОЗНЫХ ГАЗОВ ОРГАНИЧЕСКИМИ ПОГЛОТИТЕЛЯМИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЛАБОЙ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

Аннотация

В статье приводятся результаты исследования процесса абсорбции трибутилфосфатом нитрозных газов в производстве слабой азотной кислоты. Для изучения кинетического равновесия оксидов азота при давлении низкого давления в системе газ-жидкость мы использовали вариант, когда непрерывный поток газа через постоянный жидкий слой был насыщен, то есть до тех пор, пока концентрация газа на выходе не достигла исходной концентрации. В качестве абсорбента использовался трибутилфосфат марки "Т", предварительно очищенный вакуумной перегонкой при атмосферном давлении и промытый 4% раствором гидроксида натрия и дистиллированной водой. Исследование включало: анализ кинетических характеристик абсорбционного процесса оптимизация параметров газо-жидкостной системы оценка эффективности очистки Трибутилфосфатом разработка рекомендаций по промышленному применению метода результаты показывают перспективу применения трибутилфосфата для очистки нитрозных газов и могут быть использованы для улучшения технологических процессов в производстве азотной кислоты. Исследование вносит значительный вклад в решение насущной проблемы сокращения выбросов оксидов азота в химической промышленности.

Ключевые слова: азотная кислота, абсорбция, кинетика, нитрозные газы, газо-жидкая система.

O.P. Bayysbai, U.B. Nazarbek*, T.M. Ishaliev

candidate of Technical Sciences, Associate Professor, bayi1961_1@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
PhD, Associate Professor, unazarbek@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
master student, talgatt@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

INVESTIGATION OF THE ABSORPTION OF NITROUS GASES BY ORGANIC ABSORBERS IN THE PRODUCTION OF WEAK NITRIC ACID

Abstract

The article presents the results of a study of the process of absorption of nitrosic gases by tributyl phosphate in the production of weak nitric acid. To study the kinetics balance of nitrogen oxides in a gas-liquid system at low pressure pressure, we used the option when the continuous gas flow through a stable liquid layer is until saturation, that is, until the gas concentration at the outlet reaches the initial concentration. Tributyl phosphate of the "T" brand was used as an absorbent, pre-purified by vacuum distillation at atmospheric pressure and washed with 4% sodium hydroxide solution and distilled water. The study included: analysis of the kinetic characteristics of the absorption process optimization of the parameters of the gas-liquid system evaluation of the efficiency of Purification with Tributyl phosphate development of recommendations for the industrial application of the method the results show the prospect of using tributyl phosphate for the purification of nitrosic gases and can be used to improve technological processes in the production of nitric acid. The study makes a significant contribution to solving the urgent problem of reducing nitrogen oxides emissions in the chemical industry.

Key words: nitric acid, absorption, Kinetics, nitrogenous gases, gas-liquid system.

N. Faizullayev*

Dr.Tech.Sci., Professor, Samarkand State University, Samarkand, Uzbekistan

*Corresponding author's email: fayzullayev72@inbox.ru

STUDY OF DECOMPOSITION OF LOW-RATED PHOSPHORITES OF THE AKZHAR DEPOSIT BY GREAT EXCESS OF PHOSPHORIC ACID

Abstract

The article describes about the phosphorite deposit and its reserves. At present, the revived production of phosphorus and complex fertilizers is based mainly on Karatau phosphorites. However, the reserves of rich phosphate ores in Karatau are being depleted, and in recent years there has been a need to involve low-grade natural phosphates in circulation. Therefore, the integrated use of mineral raw materials and ensuring the environmental safety of the technologies used are now becoming more and more relevant. The article provides about IR spectroscopy and XRF analysis of the Akzhar phosphorite deposit in the Karatau basin. And also, the results of the chemical composition of phosphorite and calculations of the kinetics of the decomposition of phosphorite of the Akzhar deposit of the Karatau basin with a 5-fold excess of phosphoric acid are presented.

Keywords: acid, apatite, mineral fertilizers, phosphorite decomposition.

Introduction

Kazakhstan is one of the largest regions in the world with significant reserves of mineral raw materials and the prospects for expanding their use in chemical industry [1].

The production of mineral fertilizers is one of the priority areas of economic development, since the Republic of Kazakhstan has the largest deposit of phosphate raw materials in the Karatau basin, the reserves of which are more than 15 billion tons, and huge areas for grain, vegetables and industrial crops are in dire need of fertilizers to obtain sustainable and high yield [2].

At present, the revived production of phosphorus and complex fertilizers is based mainly on Karatau phosphorites. However, the reserves of rich phosphate ores in Karatau are being depleted, and in recent years there has been a need to involve low-grade natural phosphates in circulation.

At the same time, the integrated use of mineral raw materials and ensuring the environmental safety of the technologies used are now becoming more and more relevant, and much attention is paid to research related to the creation of technologies focused on obtaining not one, but several end products with the involvement of local raw materials in the production of local raw materials.

The Akzhar phosphorite ore deposit is currently one of the largest in terms of its reserves. Akzhar phosphorites belong to low-quality phosphate raw materials: washed concentrate contains 15-19% P₂O₅ and a significant amount (up to 40%) of impurities, in particular SiO₂. In addition, they are characterized by strong mutual intergrowth of their constituent minerals, which does not allow to enrich the raw material sufficiently efficiently and economically by flotation. In this regard, the question of finding new rational methods for the preparation and processing of such phosphorites, the search for ways of direct processing of low-grade phosphate raw materials into high-quality valuable products, arose sharply [3-5].

Known in the literature data on the kinetics of decomposition of Karatau phosphorites by a 4-8-fold excess of phosphoric acid refer to the study of low-grade phosphorites from the Zhanatas and Koxsu deposits. The lack of information on the kinetics of decomposition of poor phosphorites of the Akzhar deposit and the effect on the technological parameters of various process parameters (temperature, consumption rate of reagents, duration of interaction of reagents and concentration of phosphoric acid) necessitates additional studies in order to select optimal parameters [6-7].

Materials and methods

To study the kinetics of decomposition, we used an ore sample with the following chemical composition, %: P₂O₅-22.5, CaO-31.9, MgO-4.5, Al₂O₃-0.53, Fe₂O₃-0.63, F-1.43, CO₂-12.9, I.R.-24.8, Na-0.4, ∑Ln₂O₃-0.43.

Mineralogical composition of phosphorite, calculated in accordance with its chemical composition, %: phosphorite-45.64, dolomite-9.66, calcite-9.37, glauconite-1.89; quartz-18.79; merwinites - 0.82; phosphosiderite - 4.23[1,2].

The identification of the initial phosphorite by the X-ray diffraction method (Figure 1) confirmed the calculated mineralogical composition of the raw material. The X-ray phase analysis data are confirmed by the results of the IR-spectroscopic study of phosphorite. According to the absorption spectra of infrared radiation (Figure 6), the composition of phosphorite includes fluorapatite with partial replacement of the F⁻ group by CO²⁻ bands – 603 cm⁻¹, 1045 cm⁻¹, dolomite-bands – 1455 cm⁻¹ 877-884 cm⁻¹, merwinite and forsterite bands – 460-466 cm⁻¹, glauconite – 3550-3600 cm⁻¹, quartz-absorption bands – 1085-1090 cm⁻¹, phosphosiderite FePO₄ 2H₂O-bands – 790-797 cm⁻¹, 3500-3600 cm⁻¹.

The decomposition was carried out in a thermostated vessel equipped with a reflux condenser and a paddle stirrer at a rotation speed of 300 rpm. Phosphorite was introduced in small portions into phosphoric acid heated to 363 ± 2K, and then the reagents were stirred at this temperature for a specified time. After the required decomposition time had elapsed, the reaction was stopped by adding a calculated amount of 0.1n NaOH solution to the suspension to neutralize the acid.

Results and discussion

At the end of the experiment, the solid phase was separated from the liquid using a vacuum of 0.06 MPa. The filter cake was washed with water, dried, and its P₂O₅^{total} content was determined and P₂O₅^{water} by the standard method according to GOST 21560-82 [2]. According to the results of the analysis, an indicator of the completeness of the process was calculated, i.e. the degree of extraction of P₂O₅ into solution or the decomposition coefficient according to the formula:

$$K_p = 1 \frac{m_p(P_{2O_5}^{total} - P_{2O_5}^{water})}{m_0 P_{2O_5}^{\phi_{total}}} \quad (1)$$

where m_0 – dry weight of insoluble sediment, g;

m_p – mass of phosphorite taken for decomposition, g;

P₂O₅^{total} и P₂O₅^{water} – content in dry sludge, respectively

P₂O₅^{total} и P₂O₅^{water}, %;

P₂O₅^{φ_{total}} – content in phosphorite P₂O₅^{total}, %;

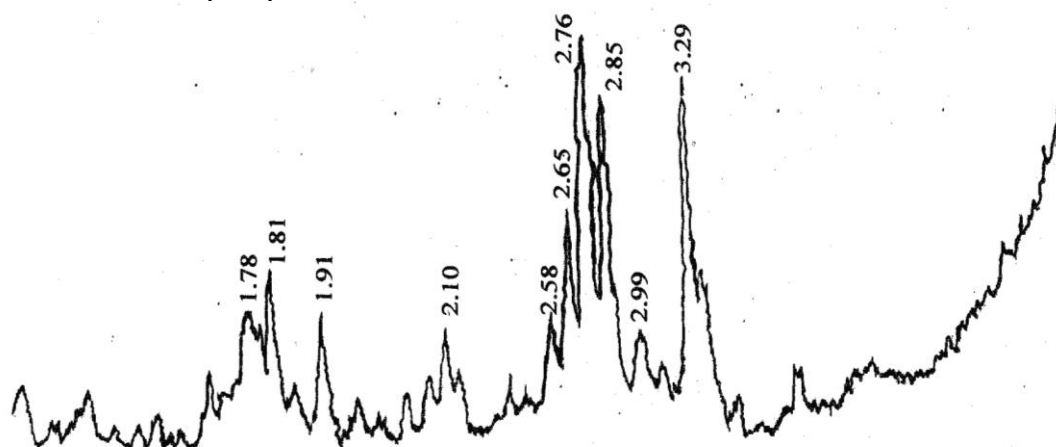


Figure 1 – X-ray diffraction pattern of phosphorite from the Akzhar deposit representative sample obtained from the Akzhar deposit

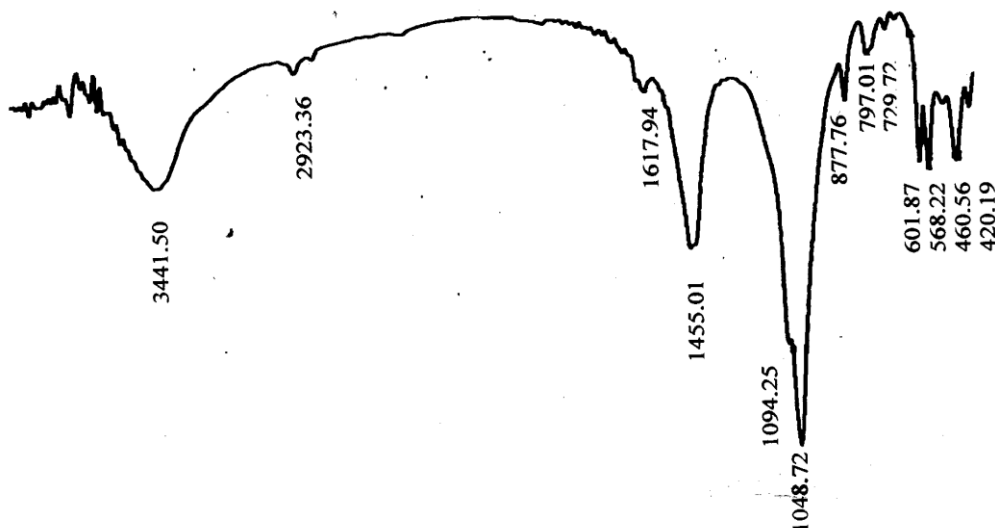


Figure 2 – IR absorption spectrum of phosphorite from the Akzhar deposit

The concentration of phosphoric acid 36.2% P₂O₅ and its norm – 5.0-fold excess were selected on the basis of graphic calculations according to the CaO-P₂O₅-H₂O solubility diagram to obtain a CaO-unsaturated solution, from which monocalcium phosphate crystalline hydrate could be isolated during cooling.

The precipitate washing factor was determined by the formula:

$$K_{\text{OTM}} = 1 - \frac{P_{2O_5\text{water}} \cdot \frac{m_t}{m_{ph}}}{P_{2O_5\text{water}} \cdot K_{ph}} \quad (2)$$

The kinetics of decomposition of phosphorite at a known rate and concentration of phosphoric acid was studied at the following parameters: temperature – 348-368K, duration of interaction of reagents – 1-50 min.

From the results of the studies given in Table 1 and Figures 3,4 and it follows that with an increase in the duration of the interaction of the reagents in the range from 1 to 50 minutes, the decomposition coefficient increases, and the bulk of the phosphorite decomposes in the first 10 minutes. With a further increase in time, additional decomposition of the raw material occurs, and by 40 minutes, almost complete decomposition of phosphorites is achieved ($K_p = 0.98$)[1].

The effect of temperature on the degree of decomposition of phosphorites is insignificant. An increase in temperature from 348 to 368K causes an increase in the decomposition coefficient by only 0.05-0.07%. Thus, the maximum attainable degree of decomposition is 0.98 for 348 K and 0.92 for 368K with a process duration of 30 minutes and is the same – 0.98 with a process duration of 40 minutes.

Almost complete opening of phosphorite is ensured by the use of a 5-fold excess of phosphoric acid. In this case, a solution of monocalcium phosphate is formed, unsaturated with respect to CaO, the formation of a new solid phase - production monocalcium phosphate, does not occur, the process is significantly intensified due to the exclusion of sludge formation of grains by the newly formed solid phase. This explains the given nature of the dependence shown in Figure 3.

The highest decomposition rate is achieved in the first 5 minutes (4-5 g of phosphorite/min). A sharp decrease in the rate of decomposition of ores after 5 minutes is due, apparently, to a decrease in the activity of hydrogen ions.

Table 1 – Kinetics of the decomposition of phosphorite from the Akzhar deposit with a 5-fold excess of phosphoric acid in the liquid phase due to the neutralization of the first hydrogen ion

№	Temperature, K	Decomposition time, min.	Dry sediment weight, g	Content in i.r., %		Decomposition coefficient	Sludge washing factor	Filtration performance, kg/m ² h	Decomposition rate of phosphorite, g/min
				P ₂ O ₅ total	P ₂ O ₅ water				
1	348	1	46,42	10,38	1,02	0,52			3,58
		2	42,80	9,5	2,61	0,62			3,6
		3	38,32	7,2	1,98	0,75			3,89
		5	28,60	4,7	1,12	0,70			4,28
		10	27,2	2,25	0,59	0,85			2,28
		20	26,75	1,78	0,52	0,89			1,16
		30	26,68	1,25	0,51	0,93			0,77
		40	25,91	0,62	0,36	0,98	0,98	409	0,57
		50	25,42	0,44	0,35	0,99	0,99	410	0,49
2	368	1	46,32	10,25	2,59	0,39			3,68
		2	40,6	10,16	2,07	0,52			2,86
		3	33,8	4,56	1,98	0,75			5,4
		5	28,22	3,25	1,63	0,86			4,36
		10	27,2	2,42	0,92	0,87			2,28
		20	26,20	1,38	0,54	0,921			1,19
		30	24,84	1,26	0,37	0,98			0,83
		40	24,64	0,50	0,30	0,98	0,98	411	0,63
		50	24,38	0,30	0,22	0,99	0,99	415	0,51

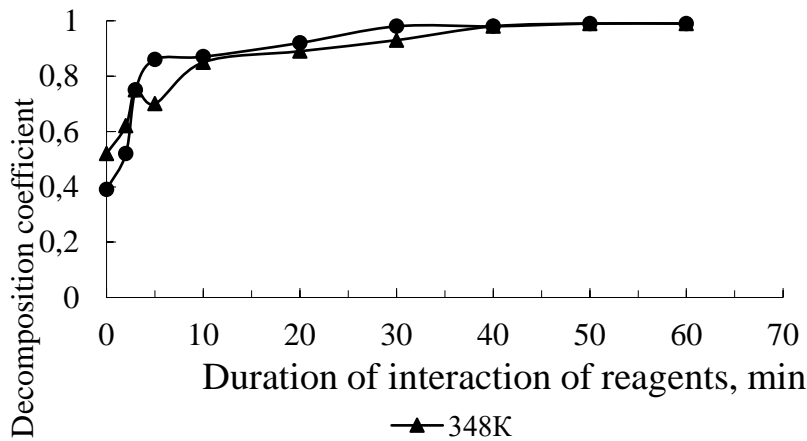


Figure 3 – Kinetics of phosphorite decomposition by 5.0-fold excess of phosphoric acid

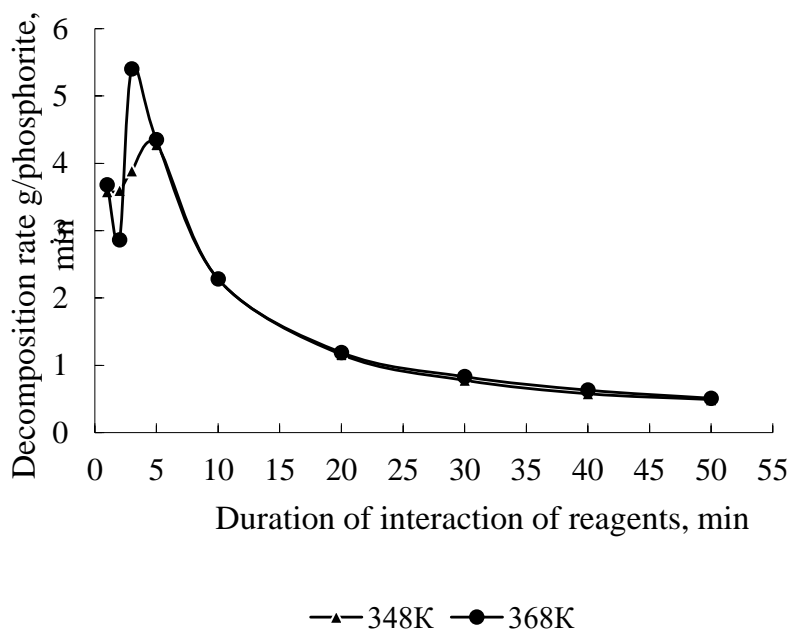


Figure 4 – Change in the rate of decomposition of phosphorite over time

At the same time, the temperature dependence of the degree and rate of decomposition is completely absent in the time interval from 10 to 50 minutes (Figure 4). The high speed of the process is ensured by the selected theoretically substantiated conditions – carrying out the decomposition with phosphoric acid with content of 36.2% P_2O_5 .

CONCLUSION

Thus, we have established that almost complete decomposition of phosphorites is achieved at a reaction time of 40 minutes and a process temperature of 368K.

References

1. Kadirbaeva A.A. Development of technology for purification of extraction phosphoric acid from impurities with the extraction of concentrates of rare earth elements. Disscand.tech.sci.: Shymkent: SKSU, 2006.-99p.
2. GOST 20851.2-75 Mineral fertilizers. Methods for the determination of phosphates
3. Patent RK No. 16636 Method of purification of wet phosphoric acid./Kadirbaeva A.A. and etc.; publ. 27.02.2004, Bulletin No. 12.-2p.
4. Shaimerdenova G.S., Zhantasov K.T., Dormeshkin O.B., Kadirbayeva A.A., Seitkhanova A.V. Kinetics and Mechanism of Decomposition of Low-Quality Phosphorites of the Zhanatas Deposit. Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, № 6, P. 163-169 DOI: 10.32014/2021.2518-1483.125
5. Rakhimov K.I., Namazov S.S., Seilkhanova A.N., Alimov U.K., Seitnazarov A.R. Investigation of the process of obtaining one-sided phosphorous fertilizers by cyclic method. Universum: Technical Sciences, 2021, 2(83). DOI: 10.32743/UniTech.2021.83.2-3.50-54
6. Soboleva I.V., Lyashenko S.E. Studying the Hemihydrate Stage of the Process of Preparation of Extractive Phosphoric Acid by the Dihydrate–Hemihydrate Method from Low-Grade Phosphorites. Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2023, Vol. 57, pp. 704–708. DOI: 10.1134/S0040579523040279
7. Akhmetova S.O. Optimization of the technological mode of processing of Karatau phosphorites

on cyclic technology by method of mathematical planning of an experiment. The Journal of Almaty Technological University. 2019;(4):88-96. (In Russ.)

Н. Файзуллаев*

т.ғ.д., профессор, Самарканд мемлекеттік университеті, Самарканд, Өзбекстан
*Корреспондент авторы: fayzullayev72@inbox.ru

АҚЖАР КЕН ОРНЫНЫҢ ТӨМЕН БАҒАЛАНҒАН ФОСФОРИТТЕРІНІҢ ФОСФОР ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ АРТЫҚ МӨЛШЕРІМЕН ЫДЫРАУЫН ЗЕРТТЕУ

Түйін

Мақалада фосфорит кен орны және оның қорлары туралы айтылады. Қазіргі уақытта фосфор мен күрделі тыңайтқыштардың жанданған өндірісі негізінен Қаратау фосфориттеріне негізделген. Алайда, Қаратауда фосфатқа бай кендердің қоры таусылып жатыр, соңғы жылдары айналымға төмен сұрыпты табиғи фосфаттарды тарту қажеттілігі туындап отыр. Сондықтан минералды шикізатты кешенді пайдалану және қолданылатын технологиялардың экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету қазіргі кезде өзекті бола түсуде. Мақалада Қаратау бассейніндегі Ақжар фосфорит кен орнының ИҚ спектроскопиясы және XRF талдауы туралы айтылады. Сондай-ақ, Фосфориттің химиялық құрамының нәтижелері және Фосфор қышқылының 5 есе артық мөлшерімен Қаратау бассейнінің Ақжар кен орнындағы фосфориттің ыдырау кинетикасының есептеулері келтірілген.

Кілттік сөздер: қышқыл, апатит, минералды тыңайтқыштар, фосфориттің ыдырауы.

Н. Файзуллаев*

д.т.н., профессор, Самаркандский государственный университет, Самарканд, Узбекистан
*Автор для корреспонденции: almagul.kadirbaeva@uezvov.edu.kz

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ ФОСФОРИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКЖАР ПРИ БОЛЬШОМ ИЗБЫТКЕ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Аннотация

В статье рассказывается о месторождении фосфоритов и его запасах. В настоящее время возрожденное производство фосфора и комплексных удобрений основано в основном на Каратауских фосфоритах. Однако запасы богатых фосфатами руд в Каратау истощаются, в последние годы возникает необходимость привлечения в оборот низкосортных природных фосфатов. Поэтому комплексное использование минерального сырья и обеспечение экологической безопасности применяемых технологий в настоящее время становится все более актуальным. В статье рассказывается о ИК-спектроскопии и анализе XRF месторождения фосфоритов Акжар в Каратауском бассейне. Также приведены результаты химического состава фосфорита и расчеты кинетики разложения фосфорита на Акжарском месторождении Каратауского бассейна с 5-кратным избытком фосфорной кислоты.

Ключевые слова: кислота, апатит, минеральные удобрения, разложение фосфорита.

ӘОЖ 66 10167

<https://doi.org/10.54251/2616-6429.2026.01.0005nu>

М.Е. Қарар¹, О.К. Бейсенбаев^{1*}, Р.С. Алибеков¹, А. Ш. Кыдыралиева¹, Росна Шамсудин²

¹докторант, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹х.ғ.к., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹PhD, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²PhD, Путра Малайзия университеті, Серданг, Малайзия

*Корреспондент авторы: oral-kb@mail.ru

БИОЫДЫРАЙТЫН КРАХМАЛ НЕГІЗІНДЕГІ КОМПОЗИТТЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ ӨНДІРУДІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ДАМУ

Түйін

Қазіргі қоғамда биологиялық ыдырайтын полимерлер түсінігі барған сайын маңызды бола бастады. Осы мақсатқа жету үшін синтетикалық полимерлерді крахмалмен модификациялау және әртүрлі модификаторларды, толтырғыштарды, жұмсартқыштарды және бактерияға қарсы қоспаларды қосу арқылы биологиялық ыдырайтын полимерлерді әзірлеу бойынша зерттеулер жүргізілуде. Мұндай полимерлерді күнделікті қолданысқа енгізу жасыл экономика қағидаттарын қолдап қана қоймай, экожүйені сақтауға көмектеседі.

Бұл жобаның мақсаты Қазақстан Республикасында экологиялық қауіпсіздікті және тұрақты дамуды қамтамасыз етуге бағытталған крахмал негізіндегі биоыдырайтын композициялық материалдарды өндірудің инновациялық технологиясын әзірлеу болып табылады. Бұл зерттеудің өзектілігі өсіп келе жатқан экологиялық жүктемеден және заманауи биоыдырағыштық пен экологиялық қауіпсіздік стандарттарына сәйкес келетін балама материалдарды жасаудың шұғыл қажеттілігінен туындайды.

Бұл жұмыста қарастырылатын негізгі мәселе табиғи және синтетикалық полимерлер негізінде биологиялық ыдырайтын композиттерді өндірудің тиімді технологияларының жеткіліксіз әзірленуі және қолданылмауы, бұл олардың өнеркәсіптік қолданылуын шектейді.

Кілттік сөздер: биоыдырайтын полимерлер, жасыл технология, биодеградация, жаңартылатын ресурстар

Кіріспе

Полимерлердің биологиялық ыдырауы - бұл материалдың бактериялар, саңырауқұлақтар, ультракүлгін сәулелер, жарық және күн сәулелері сияқты табиғи элементтердің әсерінен толық ыдырау қабілеті. Бұл деградация экологиялық таза жағдайларда қалдықсыз жүреді.

Биополимерлерді құрудың негізгі тұжырымдамасы табиғи процестерді көрсететін әдістерді қолдану арқылы табиғи циклдарға еліктеу болып табылады. Бұл биополимерлер фотосинтез арқылы өсімдіктер өндіретін компоненттерді қамтитын жаңартылатын шикізаттан алынады. Кейбір биополимерлер тыңайтқыш ретінде пайдалануға арналған және микроорганизмдер мен ферменттердің көмегімен табиғи жағдайда су мен көмірқышқыл газының өзгеруіне ықпал етеді.

Материалдар мен әдістер. Материал ретінде жүгері және картоп крахмалы, синтетикалық полимерлер, пластификатор, стабилизатор, инициатор қолданылды.

Жабдықтар ретінде үшмойынды колба, пештер, кері ағыс конденсаторы, араластырғыш, түрлі өлшемдегі колбалар мен кептіргіш қондырғысы, Петри табақшалары қолданылды.



Сурет 1. Крахмал негізді биоыдырайтын полимер алу қондырғысы.

Зерттеу барысында табиғи полисахарид негізіндегі биоыдырайтын полимерлік материал алу мақсатында крахмал, сілтілік агент және пластификатор қолданылды. Барлық реагенттер стандартты зертханалық тазалықта пайдаланылды.

Крахмал су ортасында қыздыру арқылы желатинизацияланып, тұтқыр және біртекті гель күйіне келтірілді. Бұл процесс барысында крахмал түйіршіктерінің ісінуі және полисахарид тізбектерінің босап шығуы нәтижесінде құрылымдық қайта ұйымдасу жүзеге асты.

Синтетикалық полимер сулы ортада диспергирленіп, алдын ала сілтілік өңдеу арқылы оның гидрофильді қасиеттері арттырылды. Бұл өңдеу полимердің табиғи матрицамен үйлесімділігін жақсартуға мүмкіндік берді [1].

Алынған дисперсия крахмал геліне біртіндеп енгізіліп, үздіксіз араластыру нәтижесінде біркелкі полимерлік қоспа түзілді. Қоспаға пластификатор қосу арқылы полимер тізбектері арасындағы өзара әрекеттесу әлсіретіліп, материалдың икемділігі мен қалыптасу қабілеті арттырылды.

Дайын композициялық жүйе тегіс бетке құйылып, еріткіштің булануы арқылы пленка қалыптастыру процесі жүргізілді. Кептіру бақыланатын температура жағдайында жүзеге асырылып, нәтижесінде біртекті құрылымды биоыдырайтын полимерлік пленка алынды.

Алынған материал құрылымы бойынша табиғи полимер матрицасында таралған синтетикалық компоненттен тұратын жартылай интерпенетрацияланған жүйе ретінде сипатталады.

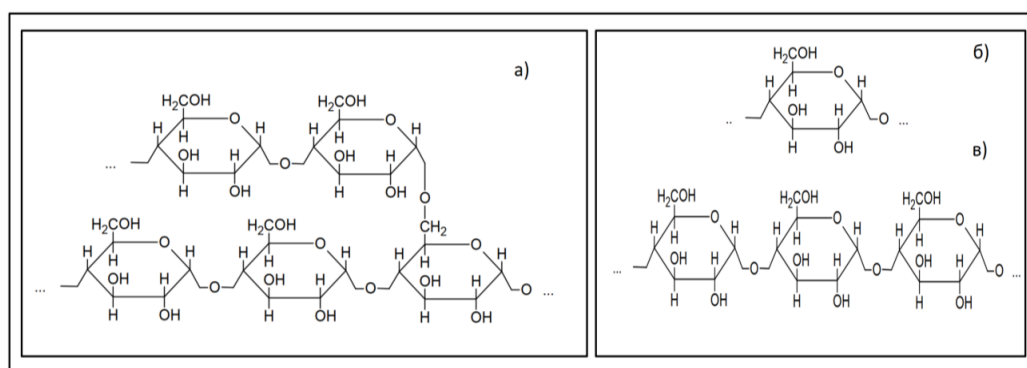
Биодеградация – материалдың химиялық құрылымын өзгертетін, зат алмасу процестерінің нәтижесінде табиғи жанама өнімдердің түзілуіне әкелетін биологиялық белсенділіктен туындаған химиялық трансформация [2].

Дүние жүзінде барлық органикалық заттардың шамамен 75% полисахаридтерден тұрады. Ең маңызды және қызықты полисахаридтердің бірі - крахмал. Крахмал өсімдіктерде синтезделеді және олардың негізгі энергия қоры ретінде қызмет етеді. Ол әдетте диаметрі 1-ден 100 микрометрге дейін болуы мүмкін ұсақ түйіршіктер түрінде кездеседі. Крахмал жүгері, бидай, күріш, құмай, бұршақ сияқты әртүрлі өсімдіктердің тұқымында, сондай-ақ картоптың түйнектері мен тамырларында болады. Жүгері крахмалы ең көп таралған түрі болып саналады, дегенмен картоптан, бидайдан және маниоктан алынған крахмал да көп мөлшерде өндіріледі.

Крахмалдың өнімділігі сөзсіз таң қалдырады: мысалы, картоп түйнектерінде крахмал ретінде массасының 75% дейін сақтай алады, жалпы түсімі топырақтың әр гектарынан 21 тоннаға дейін крахмалға жетеді. Жүгері сонымен қатар оның құрғақ массасының шамамен 70-80% құрайтын крахмалды тиімді өндіреді, орташа өнімділігі гектарына 4,9 тонна крахмал [3,4].

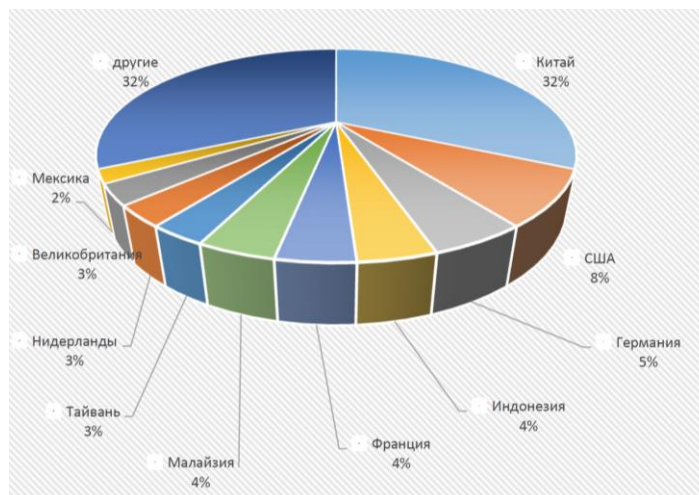
Крахмал – α -1,6 бірліктерімен байланысқан қысқа α -1,4 тізбектерден тұратын жоғары тармақталған полимер амилопектиннің (сурет 2а) және α -1,4-ангидроглюкоза бірліктерінен тұратын дерлік сызықты полисахарид амилозаның (сурет 2в) қоспасы (сурет 2б). Амилоза молекулаларында глюкоза атомдары арасындағы валенттілік бұрыштары арқылы спиральға айналған 200-ден 20 000-ға дейінгі глюкоза бірліктері болады. Оның молекулалық салмағы өсімдік көзіне және өңдеу әдісіне байланысты және 1,6-дан 7×10^5 Да-ға дейін [5-7].

Дүниежүзілік крахмал өндірісі жылдар бойы тұрақты өсуде. Есептерге сәйкес, 2022 жылы жаһандық крахмал нарығы 134,5 миллион тоннаға жетті, күрделі жылдық өсу қарқыны (CAGR) келесі сегіз жылда шамамен 5,1% болжанып, 2030 жылға қарай шамамен 199,8 миллион тоннаға жетеді. Бұл өсім, ең алдымен, тез дайындалатын қоспалар үшін белсенді түрде қолданылатын тағамдық қоспаларды тұтынудың артуына байланысты [8-12].



Сурет 2. Амилопектиннің (а), ангидроглюкозаның (б) және амилозаның (в) химиялық құрылымы

Крахмал нарығының кірісінің шамамен 50-55%-ы крахмал өнімдерінің ең ірі тұтынушысы болып қалатын тамақ және сусындар секторынан келеді. Әлемдік крахмал нарығының шамамен 2,7% мал азығына, фармацевтикаға және бөлшек саудаға тиесілі. Крахмалдың ең ірі импорттаушысы Қытай болып табылады, ол әлемдік импорттың шамамен 23% құрайды. Екінші орында АҚШ, екінші орында Германия (5%-ға жуық). Крахмал импортының шамамен 4% Индонезия, Франция және Малайзияға тиесілі, ал Мексика шамамен 2% құрайды (3-суретті қараңыз) [13-19].



Сурет 3. 2022 жылы крахмалды импорттайтын елдер

Нәтижелер және талқылау

Ылғалды ұнтақтау әдісі крахмал шикізатын өсімдік талшығынан крахмал түйіршіктерін ажырататын суға жақсылап сіңіруден басталады. Осыдан кейін сүзгілеу сатысы өтеді, оның барысында шлам және басқа қажетсіз бөлшектер алынған суспензиядан бөлінеді. Содан кейін артық ылғалды кетіру және крахмалды концентраттау үшін суспензия центрифугаланады.

Алынған ұсақ крахмал түйіршіктері одан әрі өндеуге және әртүрлі салаларда пайдалануға дайын болады.

Алынған крахмал түйіршіктері әдетте артық ылғалды кетіру және ұзақ мерзімді сақтау мерзімін қамтамасыз ету үшін кептіру процесінен өтеді.

Содан кейін крахмал соңғы пайдалануға байланысты оның функционалдық қасиеттерін өзгерту үшін модификация сияқты қосымша өндеуден өтуі мүмкін. Бұл тәсіл әртүрлі нарық қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін тазалығы мен функционалдығы әртүрлі дәрежедегі крахмал өндіруге мүмкіндік береді.

Өндіріс процесі аяқталғаннан кейін крахмал тапсырыс берушінің талаптарына сәйкес оралып, қоймаларға жөнелтуге немесе тұтынушыларға тікелей жеткізуге дайын болады.

Пластикалық қалдықтардың көбеюі күрделі экологиялық проблемаларға әкелді. Көлем-салмақ қатынасының жоғары болуына және деградацияға төзімділігіне байланысты пластик айтарлықтай проблема тудырады. Мұхиттарда, құрлықта, өзендер мен көлдерде пластик ластаушы затқа айналып, балық шаруашылығына, кеме қатынасына, гидроэнергетикалық нысандарға, суару жүйелеріне және қоғамдық инфрақұрылымға қауіп төндірді. Пластикалық қалдықтардың болуы жануарлар әлеміне қауіп төндіреді, ал оның қалдықтарының топырақта жиналуы ауылшаруашылық өндірісінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі.

Акрил полимерлер, сондай-ақ акрилаттар ретінде белгілі, қарапайым қанықпаған карбон қышқылдарының – акрил қышқылының ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$) және метакрил қышқылының ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOH}$) күрделі эфирлерінің, амидтерінің және нитрилдерінің полимерлері мен сополимерлері. Пластмассалар мен жабындар өндірісінде ең көп қолданылатын мономерлер акрил қышқылының метил, этил, бутил эфирлері, сонымен қатар метакрил қышқылының метил және бутил эфирлері. Бұл күрделі эфирлер оңай полимерленіп, мөлдір, түссіз және термопластикалық полимерлер түзеді, жалпы құрылымы келесідей:

Полиакрилаттар мен полиметилакрилаттар қаңылтыр материалдарын, құбырларды, қалыптау және құю композицияларын, сіңдіру қосылыстарын өндіруде кеңінен қолданылады.

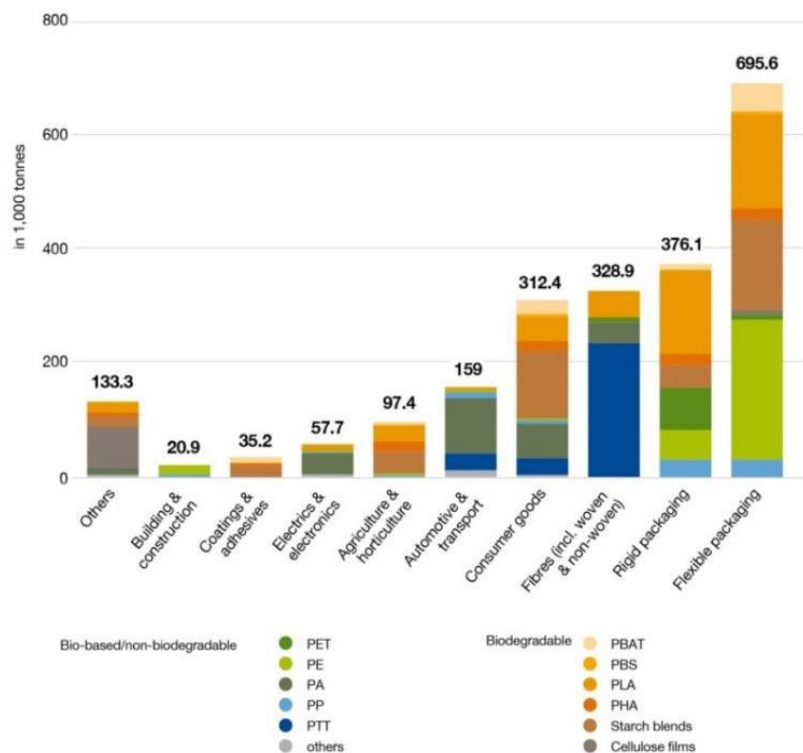
Полиметилметакрилат (РММА), сондай-ақ органикалық шыны немесе плексиглас деп те аталады, өзінің жоғары мөлдірлігі, жеңіл салмағы және беріктігі арқасында авиация өнеркәсібінде және аспаптық техникада кеңінен қолданылады.

Полиакрилонитрил (PAN) қалыпты жағдайда биоыдырамайтын синтетикалық полимер болып табылады. Ол химиялық төзімді, қатты, термопластикалық және негізінен талшық (акрил), мембраналар және көміртекті талшықтарды өндіру үшін қолданылады. Табиғатта PAN талшықтары іс жүзінде биологиялық ыдырайтын емес, экологиялық проблемаларды тудырады. Алайда қазіргі дамыған қоғамда синтетикалық полимерлерді табиғи полимерлермен модификациялау арқылы биоыдырайтын полимерлерді алу қолға алынып отыр.

Қазіргі уақытта бүкіл әлемде PLA (полилактикалық қышқыл), PHA (полигидроксиалканаттар), крахмал негізіндегі қоспалар және басқа материалдарды қоса алғанда, 1,1 миллион тоннадан астам (51%) биологиялық ыдырайтын пластмассалар өндіріледі. Биопластиканың жаһандық өндірістік қуаты, ең алдымен, PHA, PLA және басқа да озық полимерлердің қарқынды дамуы есебінен өсуді жалғастырады деп күтілуде. 2027 жылға қарай бұл полимерлерді өндіру көлемі 3,5 миллион тоннадан асады деп болжануда. Био негізіндегі полиэтилен (ПЭ), био негізіндегі полиэтилентерефталат (ПЭТ) және био негізіндегі полиамид (ПА) сияқты биологиялық ыдырамайтын биопластиктердің жалпы өндірісі қазіргі уақытта жылына шамамен 1,1 миллион тоннаны (48%) құрайды. Дегенмен, 2027 жылға қарай бұл материалдардың өндірісі шамамен 44% төмендейді деп күтілуде.

Биологиялық ыдырайтын полимерлер тамақ орау, балалар ойыншықтары, тұрмыстық электроника, автомобиль жасау, ауыл шаруашылығы және тоқыма өнеркәсібі сияқты әртүрлі салаларда кең қолданыс тапты. 2022 жылы орау секторы биологиялық ыдырайтын материалдар нарығының ең үлкен үлесін алады, ол шамамен 1,1 миллион тоннаны (жалпы көлемнің 48%) құрайды.

Еуропа елдері биологиялық ыдырайтын полимерлерді пайдалануды белсенді түрде дамытуды жалғастыруда. 2000 жылы биологиялық ыдырайтын полимерлер үшін EN 13432 стандарты қабылданды. Технологиялық тұрғыдан биополимерлер нарығының дамуы молекулалық биология, ферменттеу әдістері, гендік инженерия, агрономия, композиттік материалды өндіру технологияларындағы жетістіктер және жобалардың толық жүзеге асырылуы сияқты факторларға байланысты.



Сурет 4. Нарық сегменті бойынша биопластиканың жаһандық өндірістік қуаты

Экономикалық тұрғыдан келесі факторларды анықтауға болады: табиғи шикізат бағасының өсуі, қалдықтарды кәдеге жарату шығындарының ұлғаюы, қоршаған ортаны бұзушыларға қатаң айыппұлдар және биологиялық ыдырайтын полимерлерге басымдық беру. Саяси тұрғыдан алғанда, нормативтік-құқықтық актілер мен заңнамаларды әзірлеу және мемлекеттік қолдау көрсетуді қамтитын шаралар қабылдануда. Әлеуметтік қолдау қоғамдық қолдау және азаматтардың экологиялық хабардар болуы арқылы жүзеге асырылуы мүмкін.

Қорытынды

Күтілетін нәтижелерге биологиялық ыдырайтын композиттерді өндірудің технологиялық схемасын әзірлеу, олардың өнімділік сипаттамалары мен биологиялық ыдырау деңгейлерін бағалау, әртүрлі өндірістік және әлеуметтік секторларда қолдану бойынша ұсыныстарды тұжырымдау кіреді.

Бұл жобаның нәтижелері Қазақстанның ғылыми-техникалық әлеуетін айтарлықтай нығайтады, экологиялық таза материалдар саласындағы ғылыми-зерттеу әлеуетін кеңейтеді және отандық ғылыми топтардың халықаралық аренадағы бәсекеге қабілеттілігін арттырады. Практикалық маңызы әзірленген биологиялық ыдырайтын материалдарды өндірістік тізбектерге әлеуетті интеграциялауда, сол арқылы әлеуметтік және экологиялық мәселелерді шешуге, жасыл технологияларды ілгерілетуге және ғылыми жетістіктерді елдің әлеуметтік-экономикалық саласына, соның ішінде кең ауқымды коммерцияландыруға дайындыққа ықпал етуге ықпал етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. ISO 14855-1:2012. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions.
2. ASTM D6400-23. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted.

3. Shamsudin, R., Yunus, R., & Ali, M. M. (2023). Biopolymer composites from starch and natural fibers: A review. *Industrial Crops & Products*, 195, 116250.
4. Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science: Polymer Reviews*, 44(3), 231–274.
5. Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., & Misra, M. (2013). Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689.
6. Flórez L. Green polymers are big business in latin america //Plastics Engineering. – 2008. – Vol. 64, № 1. – P. 24-27.
7. Global bioplastics production defies challenges by showing significant increase – European Bioplastics. <https://www.european-bioplastics.org/global-bioplastics-production-defies-challenges-by-showing-significant-increase/>. 06.12.2022.
8. Plastics the fact 2022. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf. 10.2022.
9. Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science—Polymer Reviews*, 44(3), 231–274.
10. Tharanathan, R. N. (2005). Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 16(11), 547–556.
11. Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K., & Mohanty, A. K. (2013). Bio-based plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689.
12. Mali, S., Sakanaka, L. S., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E. (2006). Water sorption and mechanical properties of cassava starch films plasticized with sorbitol and glycerol. *Carbohydrate Polymers*, 65(1), 93–98.
13. Auras, R., Harte, B., & Selke, S. (2004). An overview of polylactides as packaging materials. *Macromolecular Bioscience*, 4(9), 835–864.
14. Lyu, S., & Untereker, D. (2009). Degradability of polymers for implantable biomedical devices. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 4033–4065.
15. Волкова Т.Г. Деструктивные микробные полигидроксиканоаты как технический аналог неразрушаемых полиолефинов // Вестник Сибирского федерального университета. Биология. – 2015.
16. Потапов А. Г., Пармон В. Н. Биоразлагаемые полимеры – вперед в будущее // Экология и промышленность России. – 2010. – №5. – С. 4-8.
17. Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. 20.09.2018.
18. International Campaign Recap: Protect the Ocean. <https://www.greenpeace.org.au/article/protect-the-ocean-30x30-campaign-recap/>. 09.11.2022.
19. Verma R. et al. Toxic pollutants from plastic waste-a review //Procedia Environmental Sciences. – 2016. – Vol.35. – P. 701 –708.

References

1. ISO 14855-1:2012. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions.
2. ASTM D6400-23. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted.
3. Shamsudin, R., Yunus, R., & Ali, M. M. (2023). Biopolymer composites from starch and natural fibers: A review. *Industrial Crops & Products*, 195, 116250.

4. Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science: Polymer Reviews*, 44(3), 231–274.
5. Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., & Misra, M. (2013). Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689.
6. Flórez L. Green polymers are big business in latin america //Plastics Engineering. – 2008. – Vol. 64, № 1. – P. 24-27.
7. Global bioplastics production defies challenges by showing significant increase – European Bioplastics. <https://www.european-bioplastics.org/global-bioplastics-production-defies-challenges-by-showing-significant-increase/>. 06.12.2022.
8. Plastics the fact 2022. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf. 10.2022.
9. Avérous, L. (2004). Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review. *Journal of Macromolecular Science—Polymer Reviews*, 44(3), 231–274.
10. Tharanathan, R. N. (2005). Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*, 16(11), 547–556.
11. Reddy, M. M., Vivekanandhan, S., Misra, M., Bhatia, S. K., & Mohanty, A. K. (2013). Bio-based plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1653–1689.
12. Mali, S., Sakanaka, L. S., Yamashita, F., & Grossmann, M. V. E. (2006). Water sorption and mechanical properties of cassava starch films plasticized with sorbitol and glycerol. *Carbohydrate Polymers*, 65(1), 93–98.
13. Auras, R., Harte, B., & Selke, S. (2004). An overview of polylactides as packaging materials. *Macromolecular Bioscience*, 4(9), 835–864.
14. Lyu, S., & Untereker, D. (2009). Degradability of polymers for implantable biomedical devices. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 4033–4065.
15. Volkova T.G. Destruktivnye mikrobnye poligidroksialkanoaty kak tekhnicheskij analog nerazrushaemyh poliolefinov // Vestnik Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya. – 2015.
16. Potapov A. G., Parmon V. N. Biorazlagaemye polimery – vpered v budushchee // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2010. – №5. – S. 4-8.
17. Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. 20.09.2018.
18. International Campaign Recap: Protect the Ocean. <https://www.greenpeace.org.au/article/protect-the-ocean-30x30-campaign-recap/>. 09.11.2022.
19. Verma R. et al. Toxic pollutants from plastic waste—a review //Procedia Environmental Sciences. – 2016. – Vol.35. – P. 701 –708.

М.Е.Карар¹, О.К. Бейсенбаев^{1*}, Р.С. Алибеков¹, А. Ш. Кыдыралиева¹, Росна Шамсудин²
докторант, mervetkarar@gmail.com, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
*д.т.н., профессор, oral-kb@mail.ru, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
к.х.н., профессор, ralibekov@hotmail.com, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
PhD, aigul.ukgu@mail.ru, ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, Казахстан
PhD, rosnahs@gmail.com, университет Путра Малайзия, Серданг, Малайзия

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ КРАХМАЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация

Концепция биоразлагаемых полимеров приобретает все большее значение в современном обществе. Для достижения этой цели проводятся исследования по разработке биоразлагаемых полимеров путем модификации синтетических полимеров крахмалом и добавления различных модификаторов, наполнителей, смягчителей и антибактериальных добавок. Внедрение таких полимеров в повседневную жизнь не только поддерживает принципы зеленой экономики, но и способствует сохранению экосистемы.

Цель данного проекта – разработка инновационной технологии производства биоразлагаемых композитных материалов на основе крахмала, направленной на обеспечение экологической безопасности и устойчивого развития в Республике Казахстан. Актуальность данного исследования обусловлена растущей экологической нагрузкой и острой необходимостью разработки альтернативных материалов, отвечающих современным стандартам биоразлагаемости и экологической безопасности.

Основная проблема, рассматриваемая в данной работе, заключается в недостаточном развитии и применении эффективных технологий производства биоразлагаемых композитов на основе природных и синтетических полимеров, что ограничивает их промышленное применение.

Ключевые слова: биоразлагаемые полимеры, зеленые технологии, биоразложение, возобновляемые ресурсы

М.Е. Karar¹, О.К. Beisenbayev^{1*}, R.S. Alibekov¹, A. Sh. Kydyralieva¹, Rosnah Shamsudin²
Doctoral student, mervetkarar@gmail.com, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Dr.Tech.Sci., professor, oral-kb@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Cand.Chem.Sci., professor, ralibekov@hotmail.com, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
PhD, aigul.ukgu@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
PhD, rosnahs@gmail.com, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Malaysia

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF BIODEGRADABLE STARCH-BASED COMPOSITE MATERIALS

Abstract

In modern society, the concept of biodegradable polymers is becoming increasingly important. To achieve this goal, research is being conducted to develop biodegradable polymers by modifying synthetic polymers with starch and adding various modifiers, fillers, softeners, and antibacterial additives. The introduction of such polymers into everyday use not only supports the principles of a green economy, but also helps preserve the ecosystem.

The purpose of this project is to develop an innovative technology for the production of biodegradable composite materials based on starch, aimed at ensuring environmental safety and sustainable development in the Republic of Kazakhstan. The relevance of this research is due to the growing environmental burden and the urgent need to develop alternative materials that meet modern standards of biodegradability and environmental safety.

The main problem addressed in this work is the insufficient development and application of effective

technologies for the production of biodegradable composites based on natural and synthetic polymers, which limits their industrial application.

Keywords: biodegradable polymers, green technology, biodegradation, renewable resources

Ш.Н. Қуанышева^{*}, Ш.Т. Кошкарбаева, М.З. Ескендилов, А.С. Таубаева
магистрант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
т.ғ.к, доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
т.ғ.д, профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
PhD, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
^{*}Корреспондент авторы: kuna.08@gmail.com

РЕАКТИВТІ ҮШКАЛЬЦИЙФОСФАТ ӨНДІРІСІНІҢ ЖОБАСЫ

Түйін

Мақалада үшкальцийфосфаттың негізгі қасиеттері, қолданылуы және алу әдістері келтірілген. Үшкальцийфосфаты табиғи минералдардың құрамында - апатитте, фосфоритте болады. Өнім суперфосфаттан алынатын преципитатқа ұқсас, сүйек күлі немесе сүйек көмірі түрінде қолданылуы мүмкін және құстар мен ірі қара малдардың жемдеріне қоспа ретінде пайдаланылады. Өнеркәсіп кәсіпорындарында жемге азық қоспалары ретінде қосылып пайдаланылады. Қазіргі уақытта құрамында фосфор және кальций бар жемге қоспа ретінде қосылатын заттардың мөлшерін реттейтін барлық елдерде қабылданған арнайы стандарттар бар. Фосфор негізіндегі алынған тағамдық қоспаларды пайдалану, ол өнімділікті атап айтқанда жануарлардың өнімділігін айтарлықтай арттырады: сүт сауымын ұлғайтады, дене салмағын жоғарылатуды жылдамдатады. Мақалада үшкальцийфосфатын алудың технологиялық сызбасы және материалдық балансты есептеуде алынған нәтижелері келтірілген.

Кілттік сөздер: үшкальцийфосфаты, минералдық тыңайтқыш, қоспа, фосфор, бейорганикалық қосылыс, өндіріс, фосфаттар, бейтараптандыру.

Кіріспе

Қазақстан Республикасының ауылдық аумақтарын дамытудың мемлекеттік бағдарламасын іске асыру шеңберінде ауылдың әлеуметтік инфрақұрылымын нығайту барысында ауыл шаруашылығы қызметкерлерінің алдында асыл тұқымды малдарды көбейтіп, олардан сапалы да мол өнім өндіру міндеттері тұр. Бұл міндеттерді орындауда ауыл шаруашылығы саласында қызмет атқаратын кәсіби мамандардың еңбегі жоғары бағаланады.

Ғылымның ғарыштап дамуына байланысты мал шаруашылығы ғылымының да көптеген нәтижелерге қол жеткізу мүмкіндіктері бар.

Мал шаруашылығының заманауи индустриалды өндірістік әдісі минералды қоспаларды кеңінен пайдаланумен сипатталады. Олар өнімділікті жоғарылатады, мал бастарын аман сақтайды, жемдердің шығынын азайтады.

Қазіргі таңда жемдік фосфаттары әлемдік тұтытуда жоғары деңгейде. Жемдік фосфаттарды минералды шикізаттан алып пайдаланып келеді. Оларды пайдалану жылына 6 миллион тоннаға жетеді және жыл сайын 6% жоғарылап отыр. Минералды шикізаттардан алынған жемдік фосфаттарды пайдаланудың жоғарылауы арзан қол жемдік қоспаларды пайдаланудан бас тартуға әкеліп отыр.

Жемдік кальций фосфаттарының тиімділігі ондағы фосфор мен кальций ағзадағы зат алмасуды қалыпқа келтіреді. Кальций фосфатының сапасы ондағы қоректік элементтердің сіңіргіштік түріне байланысты бағаланады.

Үшкальцийфосфаты көптеген елдерде мал шаруашылығында қолданылатын ең көп таралған кальций фосфор қоспасы болып табылады. Өте кең таралған «жемдік фосфат» болып саналады. Ауыл шаруашылығында мал шаруашылығы мен құстардың азықтарына қосылатын қосымша қоспа ретінде қолданылады. Сонымен қатар жемістер, көкөністер мен жидектерді егуге, түрлі аймақ топырақтарына да минералдық тыңайтқыш ретінде пайдаланылады. Ауыл

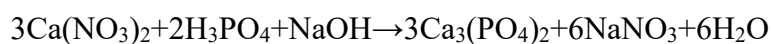
шаруашылығы және агроөндірістік секторын дамыту үшін минералды тыңайтқыштар өндірісін дамытуға үлкен көңіл бөлінуде, өйткені біздің еліміздегі үлкен жер көлемдерінде өсімдіктер үшін құнды болып келетін тыңайтқыш элементтері мен гумустардың қоры аз болып табылады. Топырақ ондаған жылдар бойы минералды тыңайтқыштармен өңделмеген, осыған байланысты өсімдіктердің өнім беруі төмендеп жатыр [1].

Материалдар мен әдістер

Зерттеу әдістері

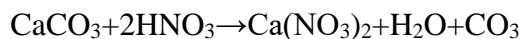
Қаратау фосфориттерінен жемдік қоспаны алу тәсілі циклонды пештерде 1550-1600 °С температурада 24,5% P₂O₅ болатын қатардағы фосфукинің гидротермиялық балқытуын қосу, алынған балқытуды су ағысында түйіршіктеу, балқытуды сусыздандыру, кептіру және кептіру алдында қосымша ерекшеленетін суперүшқальций фосфаттың жемдік қоспасын алу кезеңі қосымша жүргізіледі. Құрастырылған екі білікті шнек қоспағышын фтордан тазартылған экстракциялық фосфор қышқылымен өңдейді, содан кейін пайда болған ылғалды суперүшқальцийлі фосфатты кептіруге, содан кейін ұнтақтауға береді, құрамында 30-32% P₂O₅ және 0,15% фтор бар ұнтақ тәрізді азықтық суперүшқальцийлі фосфатты алады [2].

Өнімділігі 10000кг үшқальцийфосфат алу үшін материалды баланс есептелді. Азот қышқылы ерітіндісінен қоспаларды тұнбаландыру үшін азот қышқылды барий ерітіндісінің және сутегі асқын тотығының 30%-ның шығыны 10т дайын өнімге 150кг құрады.



келтірілген реакция бойынша шикізаттың шығыны есептелді. Қажетті Ca(NO₃)₂ мөлшері 17616 кг. Күйдіргіш сілтімен фосфор қышқылының шығыны: 8593 кг NaOH, 7018 кг H₃PO₄ немесе 83%- фосфор қышқылына есептегенде 8455, 4 кг. Қышқылдағы судың мөлшері 1437,4кг. Реакция бойынша түзілген NaNO₃ және H₂O мөлшері 18261,2 кг NaNO₃, 3857 кг H₂O.

Азот қышқылды кальций ерітіндісін дайындау үшін келесі реакция бойынша бор мен азот қышқылының шығыны есептелді.



бор шығыны 11046 кг, HNO₃, 13918,9 кг құрады.

Жоғалтқан (950кг) шламды есепке алғандағы жалпы бордың салмағы: 11996,7кг, 55% HNO₃ шоғырлы азот қышқылының шығыны 25307 кг құрады.

Реактивті үшқальцийфосфатының ыдырау кезеңін бір жағынан мемлекеттік стандарттарды қанағаттандыратын өнім алу, ал екінші жағынан түйіршіктеу үшін жүргізу қажет. Түйіршіктеуді кез келген стандартты түйіршіктегіштерде жүргізуге болады. Осылайша, P₂O₅ қышқылының арақатынасы азайған кезде P₂O₅ үшқальцийфосфат қойыртпақтар алынады, содан кейін өнімді кептіргеннен кейін еркін қышқылдың жоғары мөлшері болады. P₂O₅ қышқылының ара қатынасының артуы P₂O₅ үшқальцийфосфаттың ыдырау дәрежесін төмендетуге және тұтынушының талаптарына жауап бермейтін өнімді алуға әкеледі. Қоймалжыңның ылғалдылығы 30% - тен кем болғанда тұтқыр және нашар түйіршіктеледі. Қойыртпақтың ылғалдылығының 50% -тен артуы кейіннен кептіру кезінде энергия шығындарына алып келеді. Түйіршіктеу температурасы бір жағынан түйіршіктеу процесімен (яғни тауарлық фракцияның неғұрлым жоғары шығуы), екінші жағынан да қажетті энергия шығындарымен негізделеді. Сонымен қатар, түйіршіктеу температурасы қолданылатын жабдыққа байланысты әрбір нақты жағдайда таңдалады [3].

Зерттеу жұмысында 1000 кг үшқальцийфосфатты экстракциялық фосфор қышқылымен P₂O₅ қышқылының арақатынасында бөледі P₂O₅ үшқальцийфосфат = 1: 0,5 мөлшері 1576,9 кг қышқылды үшқальцийфосфатпен алдын ала өңдегеннен кейін және тұнба бөлгеннен кейін

0,2% қоспасы бар. Қоймалжыңның ылғалдылығы 40% құрайды, оны ыдыратуды 100⁰С температурада жүргізеді. Ыдырағаннан кейін 3562,5 кг мөлшерінде қоймалжыңды алады. Түйіршіктеу және кептіруді стандартты аппаратта жүргізеді, бұл аппараттағы температура 120 және 150⁰С –қа сәйкес келеді Түйіршіктеу мен кептіруден кейін құрамында 0,4% HCl, 53% еритін P₂O₅ бар 2365 кг құрғақ өнім алынады. Өнімнің тауарлық фракциясы түйіршіктерінің шығуы 90,0% құрайды [4].

1000 кг үшкальцийфосфатты экстракциялық фосфор қышқылымен P₂O₅ қышқылының арақатынасы P₂O₅ үшкальцийфосфат 1:1 саны 968,8 кг. Ыдырау ылғал мөлшері 50% және 60⁰С температурада жүргізіледі. Ыдырағаннан кейін 3519,0 кг қоймалжың алынады. Қойыртпақты түйіршіктеуді және кептіруді тиісінше 90 және 130⁰С температураларда осы кезеңдерді біріктіретін барабанды-түйіршіктеуіш-кептіргіш аппаратында жүргізеді. Түйіршіктеу мен кептіруден кейін құрамында 50% P₂O₅ бар 1869,6 кг құрғақ өнім алынады, ол 0,4%-HCl еритіндісінде ериді. Өнімнің тауарлық фракциясы түйіршіктерінің шығуы 85,0% құрады.

1000 кг үшкальцийфосфатты экстракциялық фосфор қышқылымен P₂O₅ қышқылының арақатынасы кезінде бөледі: P₂O₅ үшкальцийфосфат 1 : 2,0 саны 440,6 кг (ұшы. қышқылды кальций гидроксидімен алдын ала өндегеннен және тұнбаны бөлгеннен кейін 2% қоспасы бар. Ыдырау пульпада ылғалдың 30% болғанда және 90⁰С температурада жүргізіледі. Ыдырағаннан кейін 1916,4 кг қойыртпақ алады. Қойыртпақты түйіршіктеуді барабанды түйіршіктегіште 60 С⁰ кезінде жүргізеді, ал ылғалды түйіршіктерді кептіруді барабанды кептіргіште 110 С⁰ кезінде жүзеге асырады. Кептіруден кейін құрамында 45% P₂O₅ бар, 0,4% HCl ерітіндісінде еритін 1466,9 кг құрғақ өнім алынады. Тауар фракциясының шығуы 75% құрады [5].

Ұсынылған әдісті пайдалану арзан экстракциялық фосфор қышқылын пайдалануға, түйіршіктелген түрде өнім алуға мүмкіндік береді. Қажет болған жағдайда азықтық фосфаттарға әр түрлі микроқоспаларды енгізуге болады. Үшкальцийфосфаттың фосфор қышқылымен ыдырауы және өнімді 100 – 150 С⁰ - та кептіруден тұратын кальций азықтық фосфаттарын алу тәсілі, ол ыдырауға қышқылды P₂O₅ қышқылының: P₂O₅ үшкальцийфосфаттың = 1 : 0,50 - 2,0 арақатынасына қол жеткізу үшін қажетті мөлшерде алады және процессті ылғалдық 30 - 50% болғанда және 60 – 100⁰С температурада жүргізеді, содан кейін алынған өнімді 60-120⁰С-та түйіршіктейді. Шикізат түріне, құрамына және мақсаттарына байланысты кальций фосфаты үш деңгейде қол жетімді: монокальций фосфаты, дикальций фосфаты (тұнба), үшкальций фосфаты [6].

1-суретте үшкальцийфосфатты алудың технологиялық сызбасы келтірілген. Үшкальцийфосфатты алу технологиясы келесі сатылардан тұрады: 1. Азот қышқылды кальций ерітіндісін алу, тазарту және сүзу; 2. Күйдіргіш натрий ерітіндісін алу; 3. Азот қышқылды ерітінді мен фосфор қышқылын араластыруға дайындау; 4. Үшкальцийфосфатты тұндыру; 5. Қысу және қалдықты жуу; 6. Үшкальцийфосфатты майдалау және кептіру. Үшкальцийфосфатты алу үшін бірнеше әдістер белгілі. Технологиялық үлгі бойынша азот қышқылды кальцийді алуға арналған реакторға 5 су құйып, араластырғышты жұмыс істеп жатқан кезінде бор жүктеледі де қоректендіргішпен жабдықталынған жинақтағыштан 1 азот қышқылы беріледі. рН 4-4,5 тең алынған азот қышқылды кальций ерітіндісі 1,2-1,3г/см³ жеткізіп, содан соң 4 сағат бойы 20⁰С температурада араластырылады. Азотқышқылды кальций ерітіндісін тазалау үшін 2 және 4 өлшегіштерден 27,5-40% H₂O₂ және 6 %-ті азотқышқылды барий ерітінділері беріледі. Аппарат ішіндегі өнімі 80-90⁰С қыздырылып жақсылап араластырылады, 18-20сағат уақытта тұнбаланады да қоюланып қоймалжың вакуум-сүзгіге, ал тазартылынған ерітінді нутч-сүзгіге 6 беріледі. Сүзгіленген азотқышқылды кальций ерітіндісі жинақтағышқа 7 жиналады.

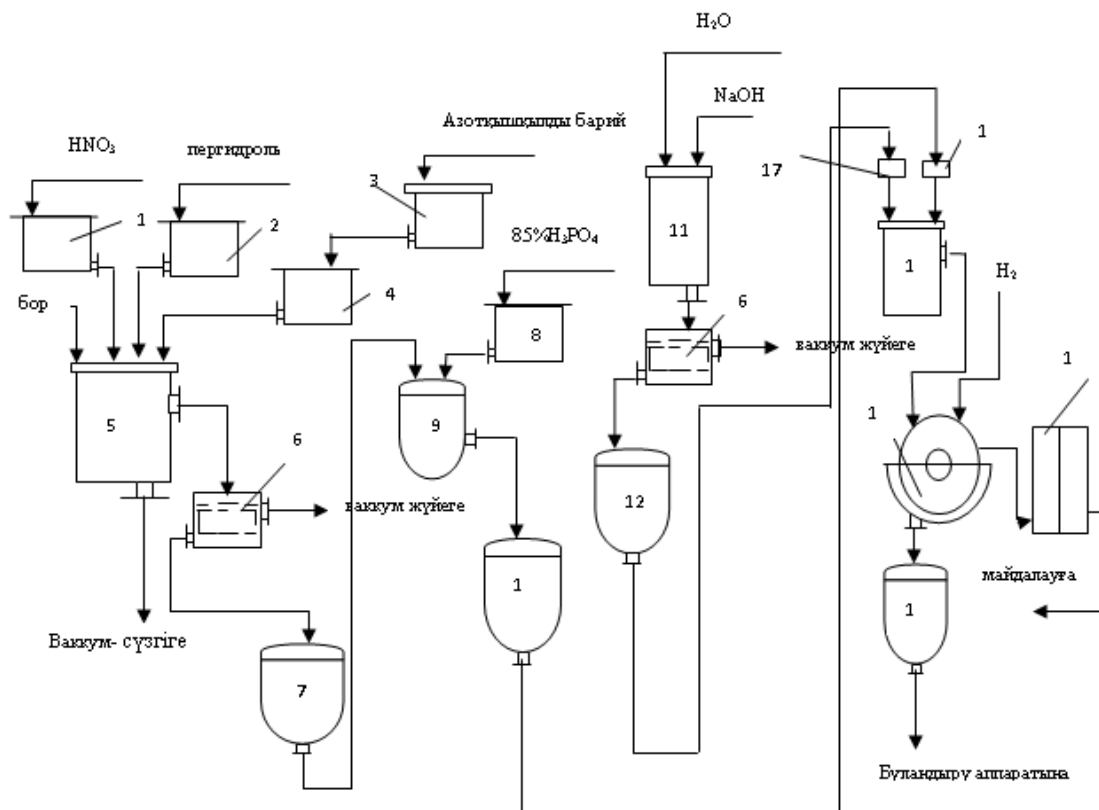
Нәтижелер және талқылау

Күйдіргіш натрий ерітіндісі тығыздығы $1,2\text{г/см}^3$ 20°C температурада реакторда 11 дайындалады. Дайындау ұзақтығы 4 сағат. Алынған ерітінді рН ортасы 11-12 вакуум 350-400сс.сн.бағ нутч-сүзгіде 6 сүзіледі қалдық жинағышқа жіберіледі. Ал сүзілген ерітінді жинағышқа 12 жиналады.

Араласқан ерітінді реакторда 9 тығыздығы $1,18\text{г/см}^3$ болғанша дайындалады. Ол жерге тазартылған азот қышқылды кальций ерітіндісі жинағышта 7 ал 85% фосфор қышқылы жинағышқа 8 беріледі. Реакторда 9 ерітінді жинағышқа 10 жіберіледі.

Үшкальцийфосфат үздіксіз автоматты реттеу арқылы реакторда 13 тұндырылады. Ол жерге жинағыштан 12 күйдіргіш натрий ерітіндісі беріледі. Үшкальцийфосфатты тұндыру температурасы -50°C құрайды. Түзілген қоймалжың барабанды вакуум-сүзгіде 14 сүзіледі де, аналық ерітінді және дистилденген су жуылып сығылады. Қалдық ағын жолымен арқылы репульсаторға түсіп, ол жерде дистилденген сумен шайылады. Аналық және дистилденген су жинағышқа 16 жиналады. Одан ары буландыруға жіберіледі.

Қалдық 42% ылғалдылықпен электркептіргіш шкафта 15 2% ылғалдылыққа дейін кептіріледі. Кептіру уақыты 24 сағат, температура 120°C құрайды. Кептірілген өнім майдаланады, қораптауға жібереді [7].



1,2,8-өлшеуіш; 3-азот қышқылды барий дайындау реакторы; 4-қысымды бак; 6-нутч-сүзгі; 7-сүзілген азот қышқылды кальций ерітіндісінің жинағышы; 9-реактор; 10-аралас ерітіндіні жинағыш; 11-күйдіргіш натр дайындау реакторы; 12- күйдіргіш натр ерітіндісінің жинағышы; 13-үшкальцийфосфат тұндыру реакторы; 14-барабанды вакуум –сүзгі; 15-электр кептіргіш шкаф; 16-жуылған су және аналық ерітінді жинағышы; 17-білікті майдалағыш.

Сурет 1. Үшкальцийфосфатын алу технологиясының схемасы

Қорытынды

Бүгінгі таңда Қазақстан да жем қосымшалары нарығы жедел қарқынмен дамып келеді. Оларға деген сұраныстың өсуі, бір жағынан мал шаруашылығы өнімдері бағасының жоғарылауымен түсіндірілсе, екінші жағынан демеу қаржы және жеңілдік кредиттері түрінде осы саланы мемлекеттік қолдаумен түсіндіріледі. Кеден шекараларының ашылуы күшті әлемдік брендтер жем қосымшаларын сатып алуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Бишимбаев У.Қ. Бейорганикалық заттардың химиялық технологиясы. Оқулық III том; Минералды тыңайтқыштардың химиялық технологиясы/ У.Қ. Бишимбаев, Ш. Молдабеков, Қ.Т. Жантасов, А.А. Анарбаев, Ү. Бестереков. Алматы: Кітап, 2006, 544 б.
2. Пальчик Н.А., Арчипенко Д.К., Григорьева Т.Н., Гончар А.М. Способ получения трикальцийфосфата. Пат. 2478570 РФ. 2001.
3. Атажахова С.П. Специальные устройства для приготовления кормов. Пат. 2256607 RU. 2008.
4. Гафарова А.Ф., Нурлыбекова А.Б., Бишимбаев В.К., Шефер Л.И. Способ получения трикальцийфосфата. Пат. 14549 РК. 2006.
5. Зверьтеева Т.И., Лыков М.В., Лапин Е. В., Третьяк Е.В., Кравченко А.И., Степаненко М.Д., Лесничич Н.И., Денисенко В.К., Шабалин В.И., Дудка В.А., Бондарев П.Н. Способ получения трикальцийфосфата. Пат. 2136637 РФ. 1999.
6. Беляева О.Д., Безуглая Т.О., Беркович О.А., Дыкман Н.А., Заславский Д.В., Иванов А.М., Николайчук Е.И., Дыкман А. С., Федорцова Е.В. Способ получения трикальцийфосфата. Пат. 3379541 РФ. 2013.
7. Қадірбаева А.А., Жантасов Қ.Т., Молдабеков Ш.М. Бейорганикалық тұздар өндірісінің технологиялық есебі. Оқу құралы. Шымкент: М.Әуезов атындағы ОҚМУ, 2015, 219 б.

References

1. Bishimbaev U.K. Bejorganikalық zattardıң himijalық tehnologijasy. Oқulық III tom; Mineraldy tuñajtkyshtardıң himijalық tehnologijasy/ U.Қ. Bishimbaev, Sh. Moldabekov, Қ.Т. Zhantasov, A.A. Anarbaev, Ү. Besterekov. Almaty: Kitap, 2006, 544 b.
2. Pal'chik N.A., Archipenko D.K., Grigor'eva T.N., Gonchar A.M. Sposob poluchenija trikal'cijfosfata. Pat. 2478570 RF. 2001.
3. Atazhahova S.P. Special'nye ustrojstva dlja prigotovlenija kormov. Pat. 2256607 RU. 2008.
4. Gafarova A.F., Nurlybekova A.B., Bishimbaev V.K., Shefer L.I. Sposob poluchenija trikal'cijfosfata. Pat. 14549 RK. 2006.
5. Zver'teeva T.I., Lykov M.V., Lapin E. V., Tret'jak E.V., Kravchenko A.I., Stepanenko M.D., Lesnichich N.I., Denisenko V.K., Shabalin V.I., Dudka V.A., Bondarev P.N. Sposob poluchenija trikal'cijfosfata. Pat. 2136637 RF. 1999.
6. Beljaeva O.D., Bezuglaja T.O., Berkovich O.A., Dykman N.A., Zaslavskij D.V., Ivanov A.M., Nikolajchuk E.I., Dykman A. S., Fedorcova E.V. Sposob poluchenija trikal'cijfosfata. Pat. 3379541 RF. 2013.
7. Qadirbaeva A.A., Zhantasov Қ.Т., Moldabekov Sh.М. Bejorganikalық тұzdar өndirisiniң tehnologijalық esebi. Oқu құralы. Shymkent: M.Әueзов atyndaғы OҚMU, 2015, 219 b.

Ш.Н. Куанышева*, Ш.Т. Кошкарбаева, М.З. Ескендилов, А.С. Таубаева

* магистрант, kuna.08@gmail.com, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

к. т. н., доцент, shaizada_1968@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

д.т.н., профессор, mira-3@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

PhD, старший преподаватель, sssara@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М.
Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РЕАКТИВНОГО ТРИКАЛЬЦИЙФОСФАТА

Аннотация

В статье приведены основные свойства, применение и методы получения трикальцийфосфата. Трикальцийфосфат содержится в природных минералах – апатите, фосфорите. Продукт может применяться в виде костяной золы или костяного угля аналогично преципитату, добываемому из суперфосфата и используемому как добавку для корма птиц и крупного рогатого скота. Добавляется в корма на промышленных предприятиях, как кормовая добавка. На данный момент во всех странах приняты специальные стандарты, регламентирующие количество добавляемых в корма веществ, содержащих фосфор и кальций. Продуктивность использования пищевых добавок на основе фосфора существенно увеличивает продуктивность животных: увеличиваются надои молока, ускоряется набор массы тела. В статье приведена технологическая схема получения трикальцийфосфата и результаты расчета материального баланса.

Ключевые слова: трикальцийфосфат, минеральное удобрение, добавка, фосфор, неорганическое соединение, производство, фосфаты, нейтрализация.

Sh.N. Kuanysheva, Sh.T. Koshkarbayeva, M.Z. Yeskendirov, A.S. Taubaeva

Master's student, kuna.08@gmail.com, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, shaizada_1968@mail.ru, M. Auezov South

Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, mira-3@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan
University, Shymkent, Kazakhstan

PhD, Senior Lecturer, sssara@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

REACTIVE TRICALCIUM PHOSPHATE PRODUCTION PROJECT

Abstract

The article presents the main properties, applications and methods for producing tricalcium phosphate. Tricalcium phosphate is found in natural minerals - apatite, phosphate. The product can be used in the form of bone ash or bone coal similar to precipitate, extracted from superphosphate and used as an additive for feed birds and big cattle. Added to feed at industrial plants, as a feed additive. Currently, all countries have adopted special standards, regulating the amount of substances added to the feed, containing phosphorus and calcium. The productivity of using food additives based on phosphorus significantly increases the productivity of animals: milk yield increases, weight gain is accelerated. The article presents the technological scheme for tricalcium phosphate production and results of the calculation of material balance.

Key words: tricalcium phosphate, mineral fertilizer, additive, phosphorus, inorganic compound, production, phosphates, neutralization.

М.М. Нарманов^{1*}, А.У. Абдукаримова¹, З.А. Сманова²

¹х.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

¹студент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

²х.ғ.д., профессор, М.Улугбек атындағы Өзбекстан Ұлттық университеті, Ташкент, Өзбекстан

*Автор для корреспонденции: narmanov70@bk.ru

ӨСІМДІК ТЕКТИ МАЙЛАР МЕН МАЙ СЫҒЫНДЫЛАРЫНЫҢ САПАСЫН БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРДІ АНЫҚТАУ

Түйін

Соңғы жылдары фармацевтикалық өндіріс саласында өсімдік майлары мен майлы экстрактілерге деген сұраныс айтарлықтай артып келеді. Өсімдік бөліктерінен алынатын липидті кешендердің құрамында токоферолдар, каротиноидтар, фитостеролдар, фосфолипидтер және гликолипидтер сияқты құнды биологиялық белсенді қосылыстар теңгерімді түрде кездеседі. Сонымен қатар табиғи липидтер үнемі жаңарып отыратын табиғи шикізат көзі болып табылады.

Осыған байланысты әртүрлі өсімдік майлары мен майлы экстрактілердің сапасын сипаттайтын физика-химиялық көрсеткіштерін анықтау және бағалау мақсатында зерттеу жұмыстары жүргізілді. Зерттеу барысында олардың құрамындағы биологиялық белсенді заттардың мөлшері анықталып, майлардың белсенді компоненттері мен олардың сақтау барысында тұрақтылығы қарастырылды. Сонымен бірге сақтау кезеңінде майлар құрамындағы липидті кешеннің сапалық өзгерістерінің динамикасы зерттелді.

Алынған нәтижелер негізінде өсімдік майлары мен майлы экстрактілердің сақталу мерзіміне қатысты өндірушілер ұсынған көрсеткіштер мен фармакопоялық талаптардың арасындағы айырмашылықтарды ғылыми тұрғыдан негіздеу жұмыстары жүргізілді. Тәжірибе нәтижелері сақтау процесі кезінде майлар мен май қоспаларының липидті кешенінің сапасы біртіндеп төмендейтінін көрсетті.

Кілттік сөздер: Өсімдік майлары, май сығындылары, липидтер, биологиялық белсенді заттар, каротиноидтар, стандарттау, токоферолдар.

Кіріспе

Өсімдік майлары өздерінің консистенциясы бойынша сұйық және қатты болып екеу түрге жіктеледі. Қаныққан қышқылдар қатты майлардың компоненттері болып табылады. Сұйық майлардың құрамында қанықпаған май қышқылдары болады. Бұл қышқылдар адам ағзасында өсу, даму және көптеген физиологиялық процесстердің қалыпты түрде жүруі үшін қажетті және ағзада синтезделмейтін май қышқылдары болып табылады. F витаминінің ашылуы линол, линолен және арахидон қышқылдарының емдік әсерін анықтауға мүмкіндік берді және атеросклерозды, терінің әртүрлі зақымдануын, күйіктерді емдеуде қолданылады.

Материалдар мен әдістер

Өсімдік майлары (күнбағыс, зәйтүн, зығыр, жүгері және т.б.) емдік және профилактикалық қасиеттерге ие болып келеді [1-2]. 1-ші кестеде май құрамына кіретін негізгі май қышқылдарының құрамы келтірілген.

1-кесте. Май құрамына кіретін негізгі май қышқылдары

Май қышқылдары	Жалпы формула	Құрылымдық-формула
Қаныққан МҚ $C_nH_{2n}O_2$		
Лавр	$C_{11}H_{23}COOH$	$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$
Миристин	$C_{13}H_{27}COOH$	$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH$
Пальмитин	$C_{15}H_{31}COOH$	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$
Стеарин	$C_{17}H_{35}COOH$	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$
Арахин	$C_{19}H_{39}COOH$	$CH_3-(CH_2)_{18}-COOH$
Лигноцерин	$C_{23}H_{47}COOH$	$CH_3-(CH_2)_{22}-COOH$
Қанықпаған МҚ: $C_nH_{2n-2}O_2$		
Олеин	$C_{18}H_{34}COOH$	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$
Эрук	$C_{22}H_{40}COOH$	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_{11}-COOH$
$C_nH_{2n-4}O_2$		
Линоль	$C_{18}H_{32}COOH$	$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$
$C_nH_{2n-6}O_2$		
Линолен	$C_{18}H_{30}COOH$	$CH_3-CH_2-CH=(CH-CH_2-CH=)_2CH-(CH_2)_7-COOH$
$C_nH_{2n-8}O_2$		
Арахидон	$C_{20}H_{38}COOH$	$CH_3-(CH_2)_4-(CH=CH-CH_2)_4-(CH_2)_2-COOH$

Өсімдік майлары мен майлы сығындылардың сапасын бағалау барысында физика-химиялық көрсеткіштерді анықтау маңызды орын алады. Бұл көрсеткіштер майлардың немесе олардың қоспаларының сапалық сипаттамаларын анықтауда, сондай-ақ сандық талдау жүргізуде кеңінен қолданылады. Физикалық параметрлерді анықтау әдістері, әдетте, жылдам әрі жоғары дәлдікпен орындалады. Сонымен қатар мұндай көрсеткіштер өндірістік технологиялық процесті оның әртүрлі кезеңдерінде бақылауға мүмкіндік беріп, дайын өнімнің негізгі техникалық және пайдалану қасиеттерінің қалыптасуын қамтамасыз етеді [3-4].

Майлардың сапасының төмендеуіне әсер ететін негізгі факторлардың бірі — тотығу процесі. Өндіру, сақтау және пайдалану барысында майлар міндетті түрде тотығу немесе автооксидтену реакцияларына ұшырайды. Бұл құбылыс биологиялық белсенді заттардың бұзылуына, сондай-ақ тотығу, полимерлену және ыдырау өнімдерінің түзілуіне әкелетін күрделі химиялық өзгерістермен сипатталады.

Автооксидтену процесі көбінесе май молекуласындағы қос байланыстар аймағында пероксидтер мен гидропероксидтердің түзілуі арқылы жүзеге асады. Нәтижесінде тотығуға ұшыраған майлар мен майлы сығындылардың органолептикалық қасиеттері нашарлайды, яғни олардың иісі мен дәмі өзгереді. Бұдан бөлек, кейбір тотығу өнімдері адам ағзасына зиян келтіріп, улану немесе әртүрлі аурулардың дамуына себеп болуы мүмкін.

Осыған байланысты тотығу өнімдерінің мөлшері өнімнің қауіпсіздігі мен сапасын сипаттайтын маңызды көрсеткіштердің бірі болып саналады. Сондықтан майлардың тотығу деңгейін бақылау, әсіресе оларды сақтау барысында болатын өзгерістерді зерттеу маңызды ғылыми мәселе болып табылады. Әрине, бұл көрсеткіштер уақыт өте өзгеруі мүмкін, дегенмен

оларды майлардың сапасын және олардың медициналық мақсатта қолдануға жарамдылығын бағалау үшін пайдалануға болады[5-7].

Нәтижелері

Майларды сақтау кезінде олардың сапасын бағалау мақсатында органолептикалық қасиеттеріне талдау жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша қарастырылған май үлгілерінің барлығы бөгде иіссіз, яғни бейтарап иіске ие екендігі анықталды. Сонымен қатар барлық зерттелген майлар мөлдір күйде болып, тұнба байқалмады, бұл көрсеткіштер мемлекеттік стандарт талаптарына сәйкес келетінін көрсетті. Жалпы алғанда, органолептикалық сипаттамалар қолданыстағы нормативтік құжаттардың талаптарына толықтай сай келді.

2-кесте.Зерттелетін өсімдік майы мен май сығындысы сапасының органолептикалық көрсеткіштері

№ р/н	Зерттелуші өсімдік майы және май	Органолептикалық сапа көрсеткіштері	
		Түс	Дәм
1	Шырғанақ майы	Қанық қою қызыл	Қасиетіне сай майлы, ащы дәмсіз
2	Жүзім сүйегі майы	Ашық жасыл	Қасиетіне сай майлы, ащы дәмсіз
3	Итмұрын МС	Қаныққан қызыл қоңыр	Қасиетіне сай майлы, ащы дәмсіз
4	Қырмызыгүл МС	Қанық жасыл	Майлы, қырмызыгүл дәміндей, ащы емес
5	Қалақай МС	Қанық жасыл	Майлы, қалақай дәміндей, ащы емес
6	Мыңжапырақ МС	Ашық, сәл сарғыш	Майлы, мыңжапырақ дәміндей, ащы емес
7	Итошаған МС	Ашық сары	Майлы, итошағандәміндей, ащы емес
8	Түймедақ МС	Ашық жасыл-сары	Майлы, түймедақ дәміндей, ащы емес

Бұл жағдай өсімдік майлары мен майлы сығындылардың сапасын, сондай-ақ олардың фармакотерапиялық белсенділігін айқындайтын биологиялық белсенді заттардың құрамын тұрақты түрде бақылаудың қажеттілігін көрсетеді. Себебі оттегінің белсенді және агрессивті формаларының жиналуы нәтижесінде май құрамындағы белсенді компоненттердің тотығу процесі органолептикалық қасиеттердің өзгеруіне қарағанда әлдеқайда ерте басталады.

Өсімдік майлары мен май сығындыларының 3 ай сақтау кезеңінен кейінгі жалпы физика-химиялық сапа көрсеткіштерін анықтау нәтижелері 3-кестеде келтірілген. Зерттеу нәтижелері бойынша ортаның рН мәні мен қышқылдық саны бос май қышқылдарының мөлшері салыстырмалы түрде аз екенін көрсетті. Әдетте өсімдік майлары үшін бұл көрсеткіш 1–10 мг/г КОН аралығында болады[8-9].

Эфирлік және сабындану санының жоғары мәндері май қышқылдары триглицеридтерінің мөлшерінің жоғары екенін және май құрамында гидролитикалық процестердің айтарлықтай байқалмайтынын білдіреді. Өсімдік майлары үшін сабындану саны шамамен 100–200 мг КОН шамасында болуы мүмкін.

Пероксидтік сан май құрамында пероксидті қосылыстардың (белсенді оттегінің) болуын сипаттайды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, сақтау кезеңінің осы сатысында бастапқы тотығу өнімдері — гидропероксидтердің мөлшері тағамдық майлар үшін белгіленген 0,5% І шекті мөлшерінен аспаған.

Йод саны органикалық қосылыстардың қанықпағандық деңгейін сипаттайтын маңызды көрсеткіш болып табылады. Тағамдық өсімдік майлары үшін бұл көрсеткіш, әдетте, 100–200% йод шамасында болады. Йод санының мәніне қарай майлардың кептіру қасиетіне байланысты қандай топқа жататынын анықтауға мүмкіндік бар.

Алынған нәтижелерді ғылыми әдебиет деректерімен салыстыру негізінде зерттеліп отырған өсімдік майы мен май сығындысы кеппейтін майлар тобына (олеин қышқылы типіне) жататыны анықталды. Мұндай майлардың құрамында негізінен қаныққан май қышқылдары,

сондай-ақ аз мөлшерде қос байланысы бар май қышқылдары — лаврил, стеарин, пальмитин және олеин қышқылдары кездеседі [10].

Сонымен қатар зерттеліп отырған өсімдік майлары мен май сығындыларының физика-химиялық сапа көрсеткіштері 3 және 6 ай сақтау кезеңінен кейін де бағаланды. Үш ай сақталғаннан кейін алынған нәтижелер 3 және 4-кестелерде келтірілген.

3-кесте. 3 ай сақтаудан кейін зерттелетін өсімдік майлары мен май сығындылары сапасының физика-химиялық көрсеткіштері

Сапасының физика-химиялық көрсеткіштері								
Сыну көрсеткіші	Қышқылдану саны, мг/г КОН	Сыну көрсеткіші, мг КОН	Эфирлік сан мг КОН	Пероксид саны		Йод саны, г/100 г	рН	ТС
				ммоль/кг $\frac{1}{2}$ O	%			
1,4750 ±0,0001	2,22 ±0,02	190,27 ± 1,01	188,10	7,05	0,09 ±0,002	45,57 ±0,20	6,0 - 7,0	100-ге жуық
1,4765 ±0,0002	3,60 ± 0,04	190,42 ± 2,86	186,82	33,63	0,43 ±0,010	54,28 ±1,09	6,0 - 7,0	100-ге жуық
1,4750 ±0,0001	0,45 ± 0,05	196,90 ± 2,95	196,45	31,41	0,40 ±0,008	46,24 ±0,19	6,0 - 7,0	-
1,4753 ±0,0001	0,37 ± 0,04	184,90 ± 2,77	184,53	22,57	0,29 ±0,006	66,50 ±2,73	6,0 - 7,0	20
1,4749 ±0,0001	0,39 ± 0,04	193,90 ± 2,91	193,50	16,35	0,21 ±0,004	53,45 ±0,30	6,0 - 7,0	30
1,4750 ±0,0001	0,70 ± 0,01	195,00 ± 2,93	194,30	18,26	0,23 ±0,005	47,38 ±1,94	6,0 - 7,0	30
1,4746 ±0,0002	0,60 ± 0,006	186,86 ± 2,80	186,26	13,01	0,17 ±0,003	48,00 ±1,97	6,0 - 7,0	10
1,4754 ±0,0001	0,46 ± 0,01	195,40 ± 2,93	194,90	15,91	0,21 ±0,004	51,41 ±2,11	6,0 - 7,0	15

4-кесте. 6 ай сақтаудан кейін зерттелетін өсімдік майлары мен май сығындылары сапасының физикалық-химиялық көрсеткіштері

№р /н	Өсімдік майы немесе май сығындысы	Сапасының физика-химиялық көрсеткіштері								
		Сыну көрсеткіші	Қышқылдану саны, мг/г КОН	Сыну көрсеткіші, мг КОН	Эфирлік сан мг КОН	Пероксид саны		Йод саны	рН	ТС
						ммоль/кг ½ О	1%			
1	Шырғанақмайы	1,4746 ±0,0001	3,57 ± 0,036	187,09 ±1,40	183,53	34,02	0,44 ±0,003	44,13 ±0,22	6,0 - 7,0	100-ге жуық
2	Итмұрынмайы	1,4759 ±0,0002	3,67 ±0,042	186,63 ± 0,93	183,00	64,58	0,83 ±0,021	53,01 ±1,06	6,0 - 7,0	100-ге жуық
3	Жүзімсүйегі майы	1,4749 ±0,0001	0,49 ±0,010	193,54 ±1,55	193,05	35,12	0,45 ±0,019	45,73 ±0,18	6,0 - 7,0	-
4	ТүймедақгүлдеріМС	1,4752 ±0,0001	0,73 ±0,015	181,95 ± 1,82	181,22	45,62	0,59 ±0,014	52,80 ±0,21	6,0 - 7,0	20
5	Қырмызыгүл МС	1,4744 ±0,0001	0,42 ±0,008	175,93 ± 3,52	175,50	43,92	0,57 ±0,021	45,75 ±0,29	6,0 - 7,0	30
6	Қалақай МС	1,4749 ±0,0001	1,03 ±0,021	189,50 ± 2,84	188,47	43,95	0,56 ±0,014	44,09 ±0,19	6,0 - 7,0	30
7	Мыңжапырақ МС	1,4744 ±0,0002	0,74 ±0,015	184,58 ± 1,86	183,84	64,59	0,83 ±0,040	44,07 ±0,18	6,0 - 7,0	10
8	Итошаған МС	1,4754 ±0,0001	0,50 ±0,009	186,48 ± 1,59	185,96	40,30	0,52 ±0,026	49,54 ±1,06	6,0 - 7,0	15

3 және 4-кестелерде келтірілген мәліметтерге сәйкес, қышқылдық саны уақыт өте келе біртіндеп артады, бұл құбылыс эфирлік қосылыстардың гидролизі нәтижесінде бос май қышқылдарының жиналуымен түсіндіріледі. Дегенмен, 6 ай сақтау мерзімінен кейін де қышқылдық саны нормативтік құжаттарда белгіленген талаптарға (10 мг/г КОН-нан аспауы) сәйкес келеді. Орта рН көрсеткіші зерттеу барысында 6,0–7,0 аралығында тұрақты сақталғаны байқалды.

Сабындану саны және онымен байланысты эфирлік сан көрсеткіштері сақтау барысында біртіндеп төмендеу үрдісін көрсетті. Алайда бұл мәндер де зерттеу кезеңінде нормативтік құжаттарда көрсетілген 100–200 мг КОН шегінен шыққан жоқ.

Қазіргі уақытта йод санының мәні зерттеліп отырған өсімдік майлары үшін фармакопоялық мақалаларда, КФБ, ТШ немесе МЕМСТ талаптарында нақты нормаланбайды. Бұл көрсеткіш 100 г өсімдік майындағы қанықпаған қосылыстардың мөлшерін шартты түрде сипаттайтын параметр болып табылады және әрбір май үлгісінде кездесетін полиқанықпаған май қышқылдарының сапасы мен мөлшеріне байланысты анықталады.

Қорытынды

Сақтау процесі барысында пероксидтік санның айтарлықтай жоғарылағаны байқалды. Алынған нәтижелер 6 ай сақтау кезеңінде зерттелген өсімдік майлары мен май сығындыларында қышқыл-гидропероксидтердің жоғары реакциялық қабілетті формаларының жиналуымен түсіндіріледі. Бұл процестер токоферол сияқты табиғи антиоксиданттардың о-токоферилхинонға дейін тотығуына әкеледі.

Сонымен қатар, липидтердің асқын тотығу өнімдерінің жиналуы каротиноидтар мөлшерінің төмендеуіне, әсіресе β -каротиннің бұзылуына себеп болады. Бұл жағдайда молекуладағы қос байланыстар жүйесінің бұзылуы орын алып, нәтижесінде оның фармакологиялық белсенділігі төмендейді немесе толық жойылады.

Пероксидтердің жоғары мөлшері зерттеліп отырған өсімдік майлары мен май сығындыларының фармакотерапиялық тиімділігін төмендетіп қана қоймай, оларды қолдану барысында жағымсыз жанама әсерлердің туындау ықтималдығын арттыруы мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. «Аекол». ФМ 42-3182-95. Анализ показателей качества фитопрепаратов на основе жирных растительных масел / Н.Н. Глушенко, Т.А. Лобаева, Т.А. Байтукалов и др. // Фармация. - 2015. - №3. С.— 7-9.
2. Анализ растительных масел с использованием ВЭЖХ / В.И. Дейнека, Л.А. Дейнека, Н.Г. Габрук и др. // Журн. аналитической химии. - 2018. - Т.58, № 12.-С. 1294-1299.
3. Количественная тонкослойная хроматография / В.Г. Березкин, Н.С. Бочков. -М.: Наука, 2016. – С. 183.
4. Анализ хроматографических профилей жирных кислот, токоферолов и стероидов как метод идентификации и прогнозирования свойств растительных масел и продуктов / О.А. Рабина, А.И. Вялков, Е.И. Черняк и др. // Тез. докл. V Всерос. науч. конф. «Химия и технология растительных веществ». -Уфа, 2018.-С. 245.
5. Разработка метода обнаружения фальсификации биологически активных добавок к пище на основе растительных масел / О.В. Балашова, Е.А. Мартинсон // Тез. материалов IV Всерос. науч. конф. «Химия и технология растительных веществ». - Сыктывкар, 2016. — С. 319.
6. Анализ лекарственных веществ фотометрическими методами / В.Г. Беликов // Рос. хим. журн. - 2022. - № 4. – С. 52-56.
7. Определение суммы токоферолов в масляном экстракте из проростков пшеницы / В.Г. Беликов, Л.Б. Губанова, Ю.В. Якимова // Сборник научных трудов: «Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции». - Пятигорск, 2016. – С. 158 – 159.
8. Биологически активные пищевые каротиноидные красители из растительного сырья / В.М. Болотов, Е.В. Комарова, Л.И. Перикова, И.Е. Ильин // Тез. докл. 3-ей Всерос. науч.-метод. конф. «Фармобразование - 2007». -Воронеж, 2017. –С. 77 – 79.
9. Определение суммы каротиноидов в растительных маслах и масляных экстрактах / О.В. Рыбакова, Е.Ф. Сафонова, А.И. Сливкин, Г.А. Оголь // Тез. докл. 3-ей Всерос. науч.-метод. конф. «Фармобразование-2017». - Ч. I. — Воронеж, 2007. - С. 306 – 308.

10. Оценка качества растительных масел и масляных экстрактов, применяемых в фармации / О.В. Рыбакова, Е.Ф. Сафонова, А.И. Сливкин, О.В. Фролова // Вестник ВГУ, Серия: Химия, Биология, Фармация. - 2017. - № 2. - С. 174 -177

References

1. «Аекол». FM 42-3182-95. Analiz pokazatelej kachestva fitopreparatov na osnove zhirnyh rastitel'nyh masel / N.N. Glushenko, T.A. Lobaeva, T.A. Bajtukalov i dr. // Farmaciya. - 2015. - №3. S.— 7-9.
2. Analiz rastitel'nyh masel s ispol'zovaniem VEZHKKH / V.I. Dejneka, L.A. Dejneka, N.G. Gabruki dr. // ZHurn. analiticheskoy himii. - 2018. - T.58, № 12.-S. 1294-1299.
3. Kolichestvennaya tonkoslojnaya hromatografiya / V.G. Berezkin, N.S. Bochkov. -M.: Nauka, 2016. – S. 183.
4. Analiz hromatograficheskikh profilej zhirnyh kislot, tokoferolov i sterinov kak metod identifikacii i prognozirovaniya svojstv rastitel'nyh masel i produktov / O.A. Rabina, A.I. Vyalkov, E.I. Chernyak i dr. // Tez.dokl. V Vseros. nauch. konf. «Himiya I tekhnologiya rastitel'nyh veshchestv». -Ufa, 2018.- S. 245.
5. Razrabotka metoda obnaruzheniya fal'sifikacii biologičeski aktivnyh dobavok k pishche na osnove rastitel'nyh masel / O.V. Balašova, E.A. Martinson // Tez. materialov IV Vseros. nauch. konf. «Himiyaitekhnologiyarastitel'nyhvshchestv». - Syktyvkar, 2016. — S. 319.
6. Analiz lekarstvennyh veshchestv fotometricheskimi metodami / V.G. Belikov // Ros. him. zhurn. - 2022. - № 4. – S. 52-56.
7. Opredelenie summy tokoferolov v maslyanom ekstrakte iz prorstkov pshenicy / V.G. Belikov, L.B. Gubanova, Yu.V. Yakimova // Sbornik nauchnyh truđov: «Razrabotka, issledovanie i marketing novoj farmacevticheskoy produkcii». - Pyatigorsk, 2016. – S. 158 – 159.
8. Biologicheski aktivnye pishchevye karotinoidnye krasiteli iz rastitel'nogo syr'ya / V.M. Bolotov, E.V. Komarova, L.I. Perikova, I.E. П'in // Tez. dokl. 3-ей Vseros. nauch.-metod. konf. «Farmobrazovanie - 2007». -Voronezh, 2017. – S. 77 – 79.
9. Opredelenie summy karotinoidov v rastitel'nyh maslah i maslyanyh ekstraktah / O.V. Rybakova, E.F. Safonova, A.I. Slivkin, G.A. Ogol' // Tez. dokl. 3-ей Vseros. nauch.-metod. konf. «Farmobrazovanie-2017». - CH. I. — Voronezh, 2007. - S. 306 – 308.
10. Ocenka kachestva rastitel'nyh masel i maslyanyh ekstraktov, primenyaemyh v farmacii / O.V. Rybakova, E.F. Safonova, A.I. Slivkin, O.V. Frolova // Vestnik VGU, Seriya: Himiya, Biologiya, Farmaciya. - 2017. - № 2. - S. 174 -177

М.М. Нарманов^{1*}, А.У. Абдукаримова¹, З.А. Сманова²

^{*}к.х.н., доцент, narmanov70@bk.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹студент, ainaz.abdukarim@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²д.х.н., профессор, smanova.chem@mail.ru, Национальный университет Узбекистана им.М.Улугбека, Ташкент, Узбекистан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И МАСЛЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ

Аннотация

В последние годы значительно возрос спрос на растительные масла и масляные экстракты в фармацевтической промышленности. Липидные комплексы, получаемые из частей растений, содержат сбалансированный состав ценных биологически активных соединений, таких как токоферолы,

каротиноиды, фитостеролы, фосфолипиды и гликолипиды. Кроме того, природные липиды являются постоянно обновляющимся источником природного сырья.

В связи с этим были проведены исследования по определению и оценке физико-химических показателей, характеризующих качество различных растительных масел и масляных экстрактов. В ходе исследования определялось количество биологически активных веществ в их составе, рассматривались активные компоненты масел и их стабильность при хранении. Одновременно изучалась динамика качественных изменений липидного комплекса в составе масел в процессе хранения.

На основе полученных результатов была проведена работа по научному обоснованию различий между показателями, рекомендованными производителями, и фармакопейными требованиями к сроку годности растительных масел и масляных экстрактов. Экспериментальные результаты показали, что качество липидного комплекса масел и масляных смесей постепенно снижается в процессе хранения.

Ключевые слова: Растительные масла, масляные экстракты, липиды, биологически активные вещества, каротиноиды, стандартизация, токоферолы

M.M. Narmanov^{1*}, A.U. Abdukarimova¹, Z.A. Smanova²

^{1*}Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, narmanov70@bk.ru, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹Student, ainaz.abdulkarim@mail.ru, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Doctor of Chemical Sciences, Professor, smanova.chem@mail.ru, National University of Uzbekistan named after M. Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

DETERMINATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS FOR ASSESSING THE QUALITY OF VEGETABLE OILS AND OIL EXTRACTS

Abstract

In recent years, the demand for vegetable oils and oil extracts in the pharmaceutical industry has been increasing significantly. The lipid complexes obtained from plant parts contain a balanced composition of valuable biologically active compounds such as tocopherols, carotenoids, phytosterols, phospholipids and glycolipids. In addition, natural lipids are a constantly renewing source of natural raw materials.

In this regard, research was conducted to determine and evaluate the physicochemical indicators characterizing the quality of various vegetable oils and oil extracts. During the study, the amount of biologically active substances in their composition was determined, the active components of oils and their stability during storage were considered. At the same time, the dynamics of qualitative changes in the lipid complex in the composition of oils during storage was studied.

Based on the results obtained, work was carried out to scientifically substantiate the differences between the indicators recommended by manufacturers and pharmacopoeial requirements regarding the shelf life of vegetable oils and oil extracts. The experimental results showed that the quality of the lipid complex of oils and oil mixtures gradually decreases during the storage process.

Keywords: Vegetable oils, oil extracts, lipids, biologically active substances, carotenoids, standardization, tocopherols.

М.М. Нарманов^{1*}, Н.С. Сеидалы¹, З.А. Сманова²

¹х.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

¹студент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

²х.ғ.д., профессор, М.Улугбек атындағы Өзбекстан Ұлттық университеті, Ташкент, Өзбекстан

*Автор для корреспонденции: narmanov70@bk.ru

АДЫРАСПАН ШИКІЗАТЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП СУППОЗИТОРИЙ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Түйін

Қазақстан аумағында алты мыңнан астам өсімдік түрі өседі, олардың шамамен бес жүзге жуығы дәрілік өсімдіктер қатарына жатады. Зерттеу нысаны ретінде дәрілік өсімдіктердің бірі — кәдімгі адыраспан таңдап алынды. Жұмыс барысында оның фармакологиялық қасиеттері туралы ғылыми мәліметтер қарастырылып, өсімдіктің химиялық құрамына талдау жүргізілді. Адыраспанның тамыр бөлігін диагностикалық зерттеу және өсімдік шикізатын сәйкестендіру нәтижесінде оның құрамында алкалоидты қосылыстардың бар екендігі анықталды.

Зерттеу процесінде аталған өсімдіктен алкалоидтар кешенін бөліп алудың тиімді және оңтайлы шарттары белгіленді. Гармин алкалоидтарын анықтау жұқа қабатты хроматография әдісі арқылы жүзеге асырылды. Зерттеу нәтижелері бойынша алкалоидтарды ең жоғары шығыммен алу үшін оларды адыраспан өсімдігінің тұқымынан күкірт қышқылының қатысуымен экстракциялау тиімді екендігі анықталды.

Сонымен қатар кәдімгі адыраспан өсімдігінен алынған экстракт негізінде какао майын қосу арқылы суппозиторийлер дайындау технологиясы жасалды. Дәрілік түр қолмен араластыру әдісі арқылы дайындалды. Бұдан бөлек, алынған препараттың негізгі сапа көрсеткіштерін анықтауға бағытталған зерттеулер жүргізілді.

Кілттік сөздер: Адыраспан, гармалин, тритерпен, алкалоид, эфир майлары, экстракция, суппозитории.

Кіріспе

Адамзат өмірінде өсімдіктер дүниесінің маңызы өте зор. Қазіргі медицина саласында қолданылатын дәрілік препараттардың шамамен 40%-ы өсімдік тектес шикізаттан дайындалады. Табиғаттағы өсімдіктердің адам денсаулығын жақсартудағы пайдасы туралы біздің ата-бабаларымыз ерте заманнан бері білген және оларды емдік мақсатта кеңінен пайдаланған. Дәрілік өсімдіктердің гүлдері, жапырақтары, сабақтары мен тамырлары түрлі дәрілік заттарды дайындауда қолданылады. Осындай емдік қасиеті бар өсімдіктердің бірі — адыраспан.

Материалдар

Кәдімгі адыраспан (*Peganum harmala*) – ақтікендер тұқымдасына жататын көпжылдық шөптесін өсімдік. Оның тамыр жүйесі жақсы дамыған және тереңге бойлайды. Өсімдіктің сабағы мен гүлдерінің құрамында улы заттар кездеседі. Адыраспан өзіне тән өткір әрі жағымсыз иісі бар дәрілік өсімдік болып табылады. Оның биіктігі көбіне 30–80 см аралығында болады, бірақ көп жағдайда шамамен 30 см шамасында өседі. Бұл өсімдік көбінесе тау бөктерлерінде, жол жиегінде және жазық далалы аймақтарда таралған. Жеміс беру кезеңі негізінен жаз және күз мезгілдеріне сәйкес келеді (1-сурет) [1–2].



Сурет 1- Адыраспан өсімдігінің шөбі мен гүлі

Суппозиторийлер фармацевтикалық тәжірибеде кеңінен қолданылатын официналдық дәрілік түрлердің бірі болып табылады. Мемлекеттік фармакопееының XI басылымына сәйкес, суппозиторийлер – бөлме температурасында қатты күйде болатын, ал адам денесінің температурасында балқитын немесе еритін мөлшерленген дәрілік форма.

Бұл дәрілік түрдің бірқатар артықшылықтары бар. Мысалы, дәрілік заттар ағзаға тез сіңеді, кейбір жағдайларда әсер ету жылдамдығы жағынан инъекциялық ерітінділермен де салыстыруға болады. Сонымен қатар, суппозиторийлерді қолдану жеңіл, олар дәл мөлшерленген болады және дәрілік заттар асқазан-ішек жолынан өтпей, бауырдағы метаболизмдік тосқауылдан айналып өтіп әсер етеді. Бұдан бөлек, оларды сақтау және тасымалдау да қолайлы [3-4].

Нәтижелері

Зерттеу жұмысы барысында зертханада алынған кәдімгі адыраспан өсімдігінің экстракты негізінде какао майын пайдаланып, қолмен илеу әдісі арқылы суппозиторийлер дайындау жұмыстары жүргізілді. Сонымен қатар адыраспан экстракты негізінде суппозиторийлерді дайындау технологиясы әзірленді (2-сурет) [5–6].

Суппозиторийлерді дайындау кезінде какао майымен қатар желатин-глицеринді және сабын-глицеринді негіздер де қолданылды.

Желатин-глицеринді негіздің (*Massaegelatinosa*) официналдық құрамы келесідей: 1 бөлік желатин, 2 бөлік су және 5 бөлік глицерин. Бұл негіз желатин ерітінділерін дайындаудың технологиялық талаптарын ескере отырып дайындалады. Нәтижесінде оңай қататын және серпімді қасиетке ие масса алынады. Мұндай негіз көбіне суппозиторийлерді қалыпқа құю әдісімен дайындауда пайдаланылады [7].

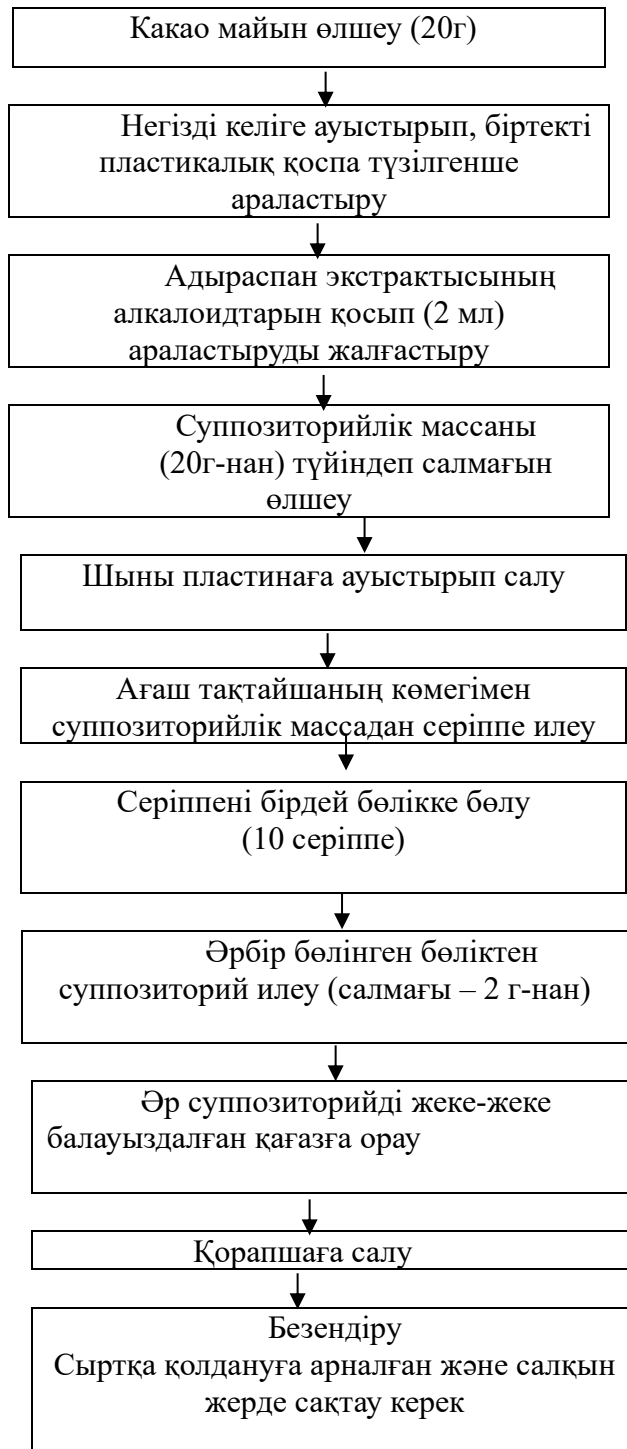
Негізді дайындау барысында майдаланған желатин бөлме температурасындағы тазартылған суға салынып, шамамен 30–40 минут ісінуге қалдырылады. Белгіленген уақыт өткеннен кейін оған глицерин қосылып, біртекті масса алынғанға дейін қыздырылады. Дайын негіздің қажетті мөлшері – 8,0 г.

Сабын-глицеринді негіздің официналдық құрамы: 60,0 г глицерин, 2,6 г натрий карбонаты және 5,0 г стеарин қышқылы.

Бұл негізді дайындау үшін алдымен 2,6 г кристалды натрий карбонаты глицеринде су моншасында қыздыру арқылы ерітіледі. Кейін оған біртіндеп стеарин қышқылы қосылады. Қоспа көмірқышқыл газы толық бөлінгенге дейін араластырылады. Нәтижесінде натрий стеаратының түзілуіне байланысты серпімді консистенциялы негіз алынады. Бұл негіз толық индифферентті емес, сондықтан дәрігердің тағайындауы бойынша іш жүргізетін құрал ретінде де қолданылуы мүмкін.

Сонымен қатар суппозиторийлер дайындауда 8–10% сабынның глицериндегі ерітіндісі де пайдаланылады. Ол натрий стеараты мен натрий пальмитатын қамтитын медициналық сабынды балқыту арқылы алынады. Мұндай жағдайда тығыз сілтілі ерітінді түзіледі.

Сабын-глицеринді негізде дайындалған суппозиторийлер жоғары гигроскопиялық қасиетке ие және әдетте басқа дәрілік заттарды қоспай дайындалады.



Сурет 2- Адыраспанның алкалоидтар қосындысынан қолмен илеу әдісі арқылы суппозиторийлерді алудың технологиялық схемасы

Суппозиторий құрамындағы дәрілік заттардың, атап айтқанда алкалоидтардың бөлінуін анықтау мақсатында тәжірибенің алғашқы кезеңінде агар гелі дайындалды. Агар гелі 5% концентрацияда алдын ала дайындалған, тығыз жабылатын қақпағы бар шыны ыдыста әзірленді.

Алдымен кесілген агарға 90 мл тазартылған су құйылып, оны ісінуі үшін шамамен 30 минутқа қалдырдық. Ісінгеннен кейін агар шыны таяқшамен араластырылып, қайнату арқылы қажетті консистенцияға дейін жеткізілді. Осы әдіспен алынған агар гелі түбі тегіс Петри табақшаларына (диаметрі 98–100 мм, биіктігі 20 мм) құйылды. Табақшаларалдын ала горизонталь деңгейі тексерілген үстелге орналастырылды.

Агар екі кезеңмен – 10 мл және 15 мл көлемде құйылды. Бірінші қабат толық қатайғаннан кейін оның бетіне әр ыдысқа үш металл цилиндр немесе сыртқы диаметрі 8 мм және биіктігі шамамен 10 мм болатын шыны цилиндрлер орналастырылды. Осыдан кейін агар гелінің екінші қабаты құйылды. Агар толық қатайған соң цилиндрлер абайлап алынып тасталды. Нәтижесінде алынған ойықтар тәжірибе барысында зерттелетін үлгілер мен Эрлих реактивін енгізуге арналды.

5% Эрлих реактивінің құрамы: 0,5 г р-диметиламинобензальдегид, концентрлі тұз қышқылы, 15 мл 95% этанол және 90 мл н-бутанол.

Әдістің мәні келесідей: құрамында алкалоидтары бар суппозиторий үлгілері агар гелі құйылған екі Петри табақшасының ойықтарына орналастырылады. Әр табақша алдын ала нөмірленеді немесе ұнтақталу дәрежесіне байланысты белгіленеді. Суппозиторийлер шыны таяқшаның көмегімен ұңғымаларға шамамен 1,0 г мөлшерінде енгізіледі. Содан кейін Петри табақшалары қақпақтарымен жабылады.

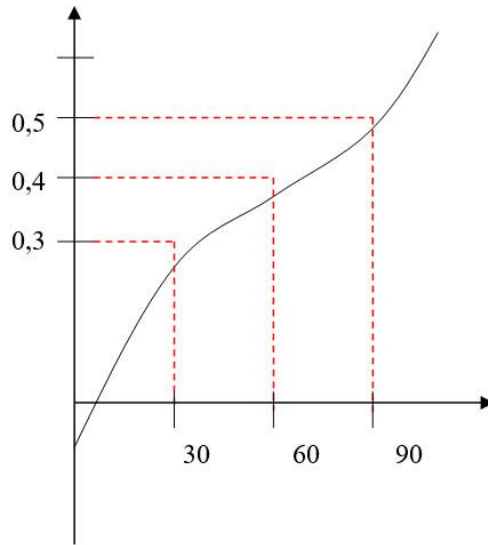
Тәжірибе жүргізу үшін табақшалар 37°C температурада термостатқа орналастырылады. Ұңғымаларға алдын ала тамшуыр арқылы 1 тамшы Эрлих реактиві қосылады. Суппозиторийден бөлінетін алкалоидтар агар гелі арқылы диффузияланып, реагентпен әрекеттесу нәтижесінде боялған аймақ түзеді.

30, 60 және 90 минут өткен соң пайда болған боялған аймақтың диаметрі сызғыштың көмегімен өлшенді. Үлкен және кіші диаметрлер анықталғаннан кейін олардың орташа мәні есептеліп, нәтижелері 1-кестеге енгізілді.

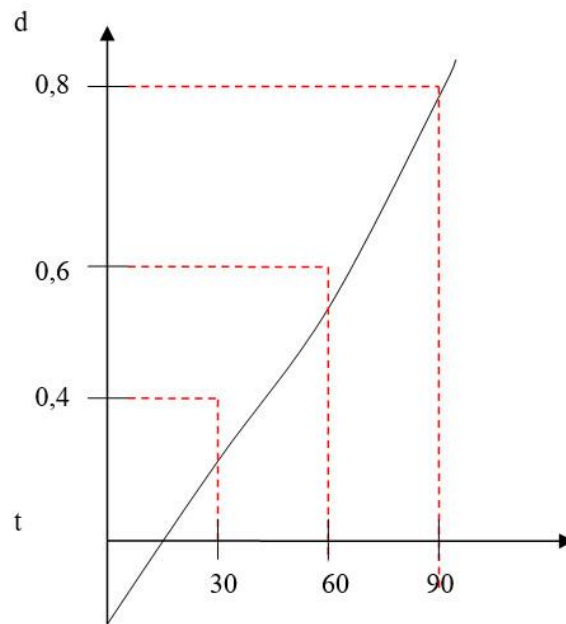
1 –кесте. Боялған аймақтың диаметрін анықтау

Дәрілік үлгі	Боялған аймақтың диаметрі, мм		
	30 мин	60 мин	90 мин
Какао майы негізіндегі суппозиторий	0,3	0,4	0,5
Желатин-глицеринді негізіндегі суппозиторий	0,4	0,6	0,8
Сабын-глицеринді негізіндегі суппозиторий	0,2	0,4	0,6

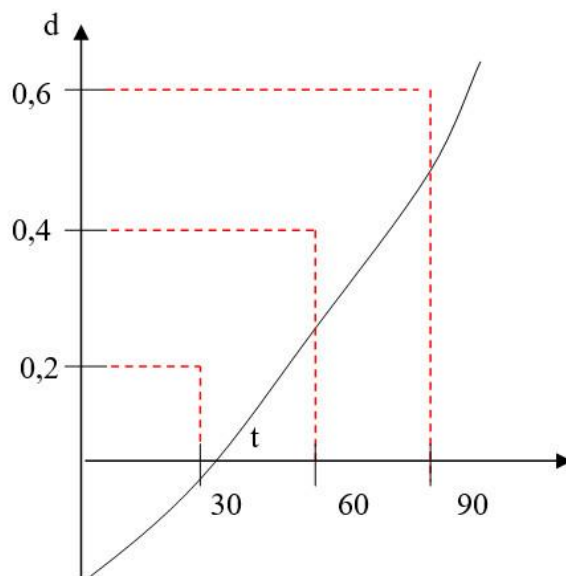
Боялған аймақтардың диаметрі бойынша алынған нәтижелер бойынша алкалоидтардың дисперсия дәрежесінің оның суппозиторийден шығу жылдамдығына әсер етуінің тәуелділігі келесі тәуелділіктерде (Сурет 3,4,5) келтірілген..



Сурет 3 – Алкалоидтардың (какао майы негізінде) дисперсия дәрежесінің оның суппозиторийден шығу жылдамдығына әсерінің тәуелділігі



Сурет 4 – Алкалоидтардың(желатин-глицеринді негізінде) дисперсия дәрежесінің оның суппозиторийден шығу жылдамдығына әсерінің тәуелділігі



Сурет 5 – Алкалоидтардың(сабын-глицеринді негізінде) дисперсия дәрежесінің оның суппозиторийден шығу жылдамдығына әсерінің тәуелділігі

Келесі кезеңде суппозиторийлердің орташа салмағын анықтау үшін дайын болған 10 суппозиторийді 0,01 г дәлдікке дейін өлшеп, орташа салмағын анықтадым(Кесте 2). Суппозиторийлердің саны, орташа салмағы мен пішіні: саны – 10 дана; салмағы - 2г; пішіні – конус тәрізді, диаметрі 1,5 см, ені 1,5 см.

2 –кесте Алынған суппозиторийлердің орташа салмағы

Суппозиторийлер, нөмері	Суппозиторийлердің салмағы, г
1	2,03
2	2,06
3	2,5
4	1,5
5	2,4
6	1,61
7	2,06
8	2,05
9	1,84
10	2,06
10	2,01

Суппозиторийлердің орташа массасы 2,01г болып анықталды. Жеке үлгілер массасының ауытқу мөлшері $\pm 5\%$ шегінен аспады.

Қазақстан Республикасының Мемлекеттік фармакопеясының (ҚР МФ) талаптарына сәйкес суппозиторийлердің сапасын бағалау үшін 20 дана суппозиторий 0,01 г дәлдікпен өлшеніп, олардың орташа массасы есептеледі. Алынған нәтижелер бойынша әрбір суппозиторийдің массасының рұқсат етілетін ауытқу шегі $\pm 5\%$ -дан аспауы тиіс.

Суппозиторийлердің массасының біркелкілігін анықтау мақсатында олар ұзына бойы кесіліп, алдымен қарусыз көзбен, кейін микроскоп көмегімен зерттелді. Көрнекі бақылау кезінде ешқандай бөгде дақтар байқалмады. Сонымен қатар микроскопиялық зерттеу барысында дақтар, бөгде қосындылар немесе воронка тәрізді қуыстар анықталған жоқ.

ҚР МФ талаптарына сәйкес, суппозиторийлердің массасының біркелкілігі тексерілген кезде, препаратты ұзына бойы кескенде көзге көрінетін дақтар болмауы тиіс, яғни құрамында толық майдаланылмаған дәрілік зат бөлшектері немесе негіздің біркелкі таралмауы байқалмауы қажет.

Суппозиторийлердің қаттылығын анықтау үшін үлгі қолмен жеңіл қысу әдісі арқылы тексерілді. Тексеру барысында суппозиторий өзінің бастапқы пішінін сақтап, деформацияланбағаны байқалды.

ҚР МФ талаптарына сәйкес, сапалы суппозиторийлер механикалық беріктігін сақтап, сыртқы пішінін жоғалтпауы тиіс.

Суппозиторийдің балқу температурасын анықтау мақсатында үлгі 37°C температурада ұсталды. Бақылау барысында суппозиторий толық ерімей, өзінің құрылымдық тұрақтылығын сақтап қалды.

ҚР МФ талаптарына сәйкес, липофильді негізде дайындалған суппозиторийлердің балқу температурасы 37°C-тан жоғары болмауы тиіс.

Суппозиторийдің еру уақытын анықтау гидрофильді негізде (желатин-глицерин немесе сабынды-глицерин негізінде) дайындалған үлгілер үшін жүргізілді. Зерттеу барысында бір суппозиторий көлемі 100 мл түтіктің түбіне орналастырылып, үстіне 37°C температурадағы 50 мл су құйылды. Қоспа 5 минут бойы шайқалды. Бақылау нәтижесінде суппозиторий 1 сағат ішінде толық ерігені анықталды.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу барысында адыраспан (*Peganum harmala*) өсімдігінің химиялық құрамы талданды. Өсімдіктен алкалоидты қосылыстарды бөліп алу үшін экстракция жүргізудің оңтайлы шарттары анықталды. Нәтижесінде адыраспан құрамындағы алкалоидтар негізінде суппозиторий алу технологиясы әзірленіп, дайын дәрілік түрдің негізгі сапа көрсеткіштері жан-жақты зерттелді.

Әдебиеттер тізімі

1. Қожабеков М., Қожабекова Г. Дәрілік өсімдіктер. Алматы: «Қазақстан», 2020.- 182б.
2. Орынбасарова К.К. Дәрілік өсімдік шикізаттарын фармакогностикалық талдау. Оқу құралы. Шымкент, 2016. - 320 б.
3. Белова О.И., Князева Н.Н. О приготовлении суппозиторийев методом выливания. - Фармация. -2015. - №1.- С.44-46.
4. Головкин В.А., Головкин В.В., Головкин А.В. Вагинальные лекарственные средства: особенности разработки, исследования и применения. - Запорожье: РИП Видавецъ, 2016.- 271 с.
5. Баймұхамбетов М.М., Медешова А.Т. Фармакогнозия пәні бойынша таңдамалы дәрістер жинағы. Қарағанды, 2018. -114 б.
6. Козлова Н.Г., Долгая И.Н., Замараева Е.Е. и др. Исследования в области создания суппозиторных основ и новой номенклатуры суппозиторийев разной направленности действия / Фармаком.-2014. - № 2 - 3. - С.15-21.
7. Қазақстан Республикасының Мемлекеттік фармакопеясы.- Алматы: «Жібек жолы», 2014.- 3 Т.-709б.

References

1. Kozhabekov M., Kozhabekova G. Medicinal plants. Almaty: "Kazakhstan", 2020.- 182p.
2. Orynbasarova K.K. Pharmacognostic analysis of medicinal plant raw materials. Textbook. Shymkent, 2016. - 320 p.
3. Belova O.I., Knyazeva N.N. On the preparation of suppositories by the pouring method. - Pharmacy. - 2015. - No. 1.- P. 44-46.
4. Golovkin V.A., Golovkin V.V., Golovkin A.V. Vaginal drugs: features of development, research and use. - Zaporizhzhia: RIP Vidavets, 2016.- 271 p.
5. Baimukhambetov M.M., Medeshova A.T. Collection of selected lectures on pharmacognosy. Karaganda, 2018. -114 p.
6. Kozlova N.G., Dolgaya I.N., Zamaraeva E.E., et al. Research in the field of creation of suppository bases and a new nomenclature of suppositories with different modes of action / Pharmakom.-2014. - No. 2 - 3. - P. 15-21.
7. State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan.- Almaty: "Silk Road", 2014.-3 Vol.-709p.

М.М. Нарманов^{1*}, Н.С.Сеидалы¹, З.А.Сманова²

^{1*} к.х.н., доцент, narmanov70@bk.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹ студент, nur505@gmail.com, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

² д.х.н., профессор, smanova.chem@mail.ru, Национальный университет Узбекистана им.М.Улугбека, Ташкент, Узбекистан

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СУПОЗИТОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫРЬЯ АДЫРАСПАН

Аннотация

На территории Казахстана произрастает более шести тысяч видов растений, из которых около пятисот считаются лекарственными. В качестве объекта исследования было выбрано одно из лекарственных растений – адыраспан обыкновенный. В ходе работы были изучены научные данные о его фармакологических свойствах и проанализирован химический состав растения. В результате диагностических исследований корневой части адыраспана и идентификации растительного сырья было установлено, что он содержит алкалоидные соединения.

В процессе исследования были установлены эффективные и оптимальные условия для выделения алкалоидного комплекса из этого растения. Определение алкалоидов гармина проводилось методом тонкослойной хроматографии. По результатам исследования было установлено, что для получения алкалоидов с максимальным выходом эффективно их экстрагировать из семян адыраспана обыкновенного в присутствии серной кислоты.

Кроме того, была разработана технология приготовления суппозиторий на основе экстракта адыраспана обыкновенного с добавлением какао-масла. Лекарственная форма была приготовлена методом ручного смешивания. Также были проведены исследования для определения

Ключевые слова: Адыраспан, гармалин, тритерпен, алкалоид, эфирные масла, экстракция, суппозитории.

M.M. Narmanov^{1*}, N.S.Seidaly¹, Z.A. Smanova²

^{1*}Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, narmanov70@bk.ru, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹Student, ainaz.abdukarim@mail.ru, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Doctor of Chemical Sciences, Professor, Smanova.chem@mail.ru, National University of Uzbekistan named after M. Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING SUPPOSITORIES USING ADYRASSPAN RAW MATERIAL

Abstract

More than six thousand plant species grow in Kazakhstan, and approximately five hundred of them are classified as medicinal plants. The common adyraspan plant was selected as the object of this study, and information about its medicinal properties was collected and analyzed. The chemical composition of the adyraspan plant was investigated. In addition, a diagnostic examination of the plant roots was carried out, and the identification of the raw material confirmed the presence of alkaloids in its chemical composition.

Optimal conditions for the extraction of the alkaloid complex from the plant were determined during the research. Harmine alkaloids were identified using thin-layer chromatography. The results showed that the most efficient method, in terms of yield, was the isolation of alkaloids from adyraspan seeds in the presence of sulfuric acid.

Furthermore, based on the extract obtained from the common adyraspan plant, a technology for the preparation of suppositories was developed using cocoa butter as a base and a manual mixing method. Additional studies were conducted to evaluate and establish the quality criteria of the resulting pharmaceutical product.

Keywords: Adraspan, harmaline, triterpene, alkaloid, essential oils, extraction, suppositories.

У.О. Сабденова*, Ү.И. Мекенбай, Б.Ф. Мамырова

жаратылыстану ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
магистрант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан педагогика ғылымдарының магистрі, оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

*Корреспондент авторы: sansiz_bai@mail.ru

ТАБИҒИ СОРБЕНТТЕРДІ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ АУЫР МЕТАЛЛ ИОНДАРЫН СУ ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН БӨЛІП АЛУДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ-ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕЛУІ

Түйін

Бұл мақалада су ерітінділерінен ауыр металл иондарын тиімді бөлу мақсатында табиғи сорбенттерді қолдану мүмкіндігі тәжірибелік тұрғыда зерттелді. Су ресурстарының ластануына елеулі үлес қосатын ауыр металдардың ішінде мыс пен қорғасын иондары негізгі нысан ретінде қарастырылды. Олардың концентрациясын төмендету үшін бентонит және белсендірілген көмір сияқты қолжетімді әрі экологиялық таза сорбенттер пайдаланылды. Зерттеу барысында сорбция процесіне әсер ететін негізгі факторлар, атап айтқанда сорбент түрі, сорбция уақыты және бастапқы металл иондарының концентрациясы жан-жақты талданды. Тәжірибелік нәтижелер табиғи сорбенттердің ауыр металл иондарын тиімді сіңіре алатынын және оларды су тазалау технологияларында қолдану жоғары нәтиже беретінін көрсетті. Алынған мәліметтер табиғи сорбенттерді экологиялық қауіпсіз және экономикалық тұрғыдан тиімді тазалау әдістерін дамытуда қолдануға болатынын дәлелдейді.

Кілттік сөздер: ауыр металдар, сорбция, бентонит, белсендірілген көмір, су тазалау, табиғи сорбент, тәжірибелік зерттеу.

Кіріспе

Қоршаған ортаның ауыр металл иондарымен ластануы қазіргі таңда өзекті экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Өнеркәсіптік ағын сулар, тау-кен өндірісі және металлургия салалары мыс, қорғасын, кадмий сияқты улы элементтердің су экожүйесіне түсуіне себеп болады. Бұл металдар биожинақталу қасиетіне ие болғандықтан, тірі ағзалардың денсаулығына және экожүйенің тұрақтылығына айтарлықтай қауіп төндіреді.

Суды ауыр металл иондарынан тазалаудың тиімді әдістерінің бірі – сорбциялық әдіс. Бұл әдіс жоғары тиімділігімен, қарапайым аппараттық безендірілуімен және экономикалық қолжетімділігімен ерекшеленеді. Әсіресе табиғи сорбенттерді пайдалану экологиялық тұрғыдан қауіпсіз әрі арзан шешім болып табылады. Осы жұмыстың мақсаты – бентонит пен белсендірілген көмірдің ауыр металл иондарын сорбциялау тиімділігін тәжірибелік жолмен анықтау.

Материалдар мен әдістер: Қазіргі таңда қоршаған ортаның ауыр металдармен ластануы адамзат алдында тұрған ең күрделі экологиялық мәселелердің бірі болып отыр. Өнеркәсіптің, тау-кен өндірісінің, ауыл шаруашылығының және тұрмыстық қалдықтардың қарқынды дамуы нәтижесінде қорғасын, кадмий, мыс, мырыш сияқты ауыр металдар су көздеріне көп мөлшерде түсуде. Бұл металдар табиғи жолмен ыдырамайды, керісінше тірі ағзаларда жиналып, адам денсаулығына ұзақ мерзімді зиян келтіреді. Ауыр металдардың басты қауіптілігі – олардың **ұлылығы мен биоаккумуляциялану қабілетінде**. Тіпті өте аз концентрацияның өзі жүйке жүйесінің бұзылуына, бүйрек пен бауыр ауруларына, иммунитеттің әлсіреуіне әкелуі мүмкін.



Сурет 1. Ауыр металдармен ластанған судың табиғи сорбенттермен тазалануы қажет екендігін көрсететін көрініс

Ұсынылатын ШЕШІМ: Біз жергілікті, арзан шикізат негізінде дайындалатын тиімді сорбент арқылы ауыр металдарды судан тазарту шешімін ұсынамыз.

Негізгі идеясы: Мақсат: Судағы Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{6+} сияқты ауыр металдарды азайту.

Шешім: Арзан, табиғи немесе жеңіл қолжетімді сорбенттерді қабаттап қолдану.

Қымбат импорттық фильтрлер халық үшін қолжетімсіз.

Өңірлік және ауылдық аймақтарда тазарту құралдары жеткіліксіз.

Металл ластануы ауыл шаруашылығы мен тұрмыстық қолдануға әсер етеді.



Сурет 2. Су тазалауда қолжетімді табиғи компоненттерді қолдану

Нәтижелер және талқылау

Қолданылған материалдар

Зерттеуде келесі реагенттер мен материалдар пайдаланылды:

- табиғи бентонит сазы;
- белсендірілген көмір;
- мыс (II) сульфаты $CuSO_4 \cdot 5H_2O$;
- қорғасын (II) нитраты $Pb(NO_3)_2$;
- дистилденген су.

Модельдік ерітінділерді дайындау

Cu^{2+} және Pb^{2+} иондары бар модельдік ерітінділер ауыр металл тұздарының дәл өлшенген

мөлшерін дистилденген суда еріту арқылы дайындалды. Бастапқы концентрация 50 мг/л етіп алынды. Ерітінділердің рН мәні 6,0 шамасында тұрақтандырылды.

Сорбция процесін жүргізу әдісі

100 мл модельдік ерітіндіге 1,0 г сорбент қосылып, қоспа магниттік араластырғышта 30 минут бойы араластырылды. Процестен кейін ерітінді сүзгі қағазы арқылы сүзілді.

Металл иондарының концентрациясын анықтау

Сорбцияға дейінгі және кейінгі ерітінділердегі металл иондарының концентрациясы фотоколориметриялық әдіс арқылы анықталды. Өлшеулер үш рет қайталанып, орташа мәндері есептелді.



Сурет 3. Эксперимент нәтижесі



Кесте 1. Табиғи және белсендірілген сорбенттердің сипаттамасы мен артықшылықтары

Сорбент	Артықшылығы	Қысқаша сипаттама
Активтелген көмір	Өте тиімді, көп металл иондарын сіңіреді	Қатты органикалық заттардан жасалған, суда иондарды ұстайды
Цеолит	Бағасы төмен, табиғи минералдар	Металл иондарын адсорбциялайды, суды жұмсартады
Бентонит (немесе құм + глина)	Қолжетімді, табиғи	Кішігірім иондарды ұстап, суды сүзеді
Хитозан (қажет болса)	Биологиялық, қауіпсіз	Өсімдік немесе теңіз өнімінен алынған, металл иондарын ұстайды

Нарық: Қолданылатын материалдар (арзан және қолжетімді)

ҚАЛАЙ ЖҰМЫС ІСТЕЙДІ?

- 1.Ион алмасу: цеолит/бентонит катиондарын металл иондарына алмастырады.
- 2.Комплекстүзілу: хитозанның амин топтары металл иондарын бекітеді.
- 3.Адсорбция: активтелген көмір артық қоспаларды сіңіреді.
- 4.Нәтиже: металл иондары судан тиімді кетеді

Мыс иондарының сорбциясы

Зерттеу нәтижелері бентонит қолданылған жағдайда мыс иондарының сорбциялану дәрежесі орта есеппен 72% болғанын көрсетті. Ал белсендірілген көмір үшін бұл көрсеткіш 85% деңгейіне жетті.

Қорғасын иондарының сорбциясы

Қорғасын иондарына қатысты бентониттің сорбциялық тиімділігі 78%, ал белсендірілген көмірдің тиімділігі 91% болды.

Уақыттың әсері

Сорбция процесінің ең қарқынды кезеңі алғашқы 20–30 минутта байқалды. Бұл уақыт аралығында металл иондарының негізгі бөлігі сорбент бетінде байланысатыны анықталды.

Нәтижелерді талқылау

Алынған нәтижелер белсендірілген көмірдің жоғары меншікті беткі ауданы мен кеуекті құрылымы ауыр металл иондарын тиімді байланыстыруға мүмкіндік беретінін көрсетті. Бентониттің де ионалмастырғыш қасиеттері сорбция процесінде маңызды рөл атқарады. Табиғи сорбенттердің артықшылығы – олардың экологиялық қауіпсіздігі мен қайта қолдану мүмкіндігі.

Табиғи сорбенттерді қолданудың практикалық маңызы

Зерттеу нәтижелері табиғи сорбенттерді өндірістік ағын суларды тазалау, ауыл шаруашылығында пайдаланылатын су көздерін қорғау және экологиялық мониторинг жүйелерінде қолдануға болатынын көрсетеді. Бұл әдіс күрделі технологиялық жабдықтарды талап етпейді және экономикалық тұрғыдан тиімді.

Қорытындылар

1. Табиғи сорбенттер ауыр металл иондарын судан тиімді бөліп ала алады.
2. Белсендірілген көмірдің сорбциялық қабілеті бентонитке қарағанда жоғары.
3. Ұсынылған әдіс экологиялық қауіпсіз және өндірістік қолдануға жарамды.
4. Зерттеу нәтижелері су ресурстарын қорғау мәселелерін шешуге үлес қосады.

Әдебиеттер тізімі

1. Babel S., Kurniawan T.A. Low-cost adsorbents for heavy metals removal from contaminated water // *Journal of Hazardous Materials*. – 2003. – Vol. 97, № 1–3. – P. 219–243.
2. Foo K.Y., Nameed B.H. Adsorption characteristics of activated carbon for the removal of heavy metals // *Chemical Engineering Journal*. – 2010. – Vol. 156, № 1. – P. 2–10.
3. Gupta V.K., Rastogi A., Nayak A. Adsorption studies on the removal of heavy metal ions // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2010. – Vol. 342, № 2. – P. 533–539.
4. Wang J., Chen C. Biosorbents for heavy metals removal and their future // *Biotechnology Advances*. – 2009. – Vol. 27, № 2. – P. 195–226.
5. Alyüz B., Veli S. Kinetics and equilibrium studies for the removal of copper and lead ions by adsorption onto activated carbon // *Journal of Hazardous Materials*. – 2009. – Vol. 167, № 1–3. – P. 482–488.
6. Mohan D., Pittman C.U. Jr. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of water pollution // *Journal of Hazardous Materials*. – 2006. – Vol. 137, № 2. – P. 762–811.
7. Bailey S.E., Olin T.J., Bricka R.M., Adrian D.D. A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals // *Water Research*. – 1999. – Vol. 33, № 11. – P. 2469–2479.

References

1. Babel S., Kurniawan T.A. Low-cost adsorbents for heavy metals removal from contaminated water // *Journal of Hazardous Materials*. – 2003. – Vol. 97, № 1–3. – P. 219–243.
2. Foo K.Y., Nameed B.H. Adsorption characteristics of activated carbon for the removal of heavy metals // *Chemical Engineering Journal*. – 2010. – Vol. 156, № 1. – P. 2–10.

3. Gupta V.K., Rastogi A., Nayak A. Adsorption studies on the removal of heavy metal ions // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2010. – Vol. 342, № 2. – P. 533–539.
4. Wang J., Chen C. Biosorbents for heavy metals removal and their future // *Biotechnology Advances*. – 2009. – Vol. 27, № 2. – P. 195–226.
5. Alyüz B., Veli S. Kinetics and equilibrium studies for the removal of copper and lead ions by adsorption onto activated carbon // *Journal of Hazardous Materials*. – 2009. – Vol. 167, № 1–3. – P. 482–488.
6. Mohan D., Pittman C.U. Jr. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of water pollution // *Journal of Hazardous Materials*. – 2006. – Vol. 137, № 2. – P. 762–811.
7. Bailey S.E., Olin T.J., Bricka R.M., Adrian D.D. A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals // *Water Research*. – 1999. – Vol. 33, № 11. – P. 2469–2479.

У.О. Сабденова*, У.И. Мекенбай, Б.Ф. Мамырова

*магистр естественных наук, старший преподаватель, sansiz_bai@mail.ru, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
магистрант, uzdikmekenbay@gmail.com, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
магистр педагогических наук, преподаватель, balnuramamurova@mail.ru, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ХИМИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ

Аннотация

В этой статье была изучена возможность применения природных сорбентов с целью эффективного выделения ионов тяжелых металлов из водных растворов. Основным объектом рассматривались ионы меди и свинца из тяжелых металлов, которые вносят значительный вклад в загрязнение водных ресурсов. Для снижения их концентрации использовались доступные и экологически чистые сорбенты, такие как бентонит и активированный уголь. В ходе исследования были детально проанализированы основные факторы, влияющие на процесс сорбции, в частности, тип сорбента, время сорбции и концентрация ионов исходных металлов. Практические результаты показали, что природные сорбенты могут эффективно поглощать ионы тяжелых металлов и их применение в водоочистных технологиях дает высокие результаты. Полученные данные свидетельствуют о том, что природные сорбенты могут быть использованы в развитии экологически безопасных и экономически эффективных методов очистки.

Ключевые слова: тяжелые металлы, сорбция, бентонит, активированный уголь, очистка воды, природный сорбент, экспериментальное исследование.

U.O. Sabdenova*, U.I. Mekenbai, B.F. Mamyrova

*Master of Natural Sciences, senior lecturer, sansiz_bai@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Kazakhstan

Master's student, uzdikmekenbay@gmail.com, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent,
Kazakhstan

Master of Pedagogical Sciences, Lecturer, balnuramamurova@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan
University, Shymkent, Kazakhstan

CHEMICAL-EXPERIMENTAL STUDY OF THE EXTRACTION OF HEAVY METAL IONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING NATURAL SORBENTS

Abstract

This article studied the possibility of using natural sorbents in order to effectively isolate heavy metal ions from aqueous solutions. The main object was considered copper and lead ions from heavy metals, which contribute significantly to the pollution of water resources. To reduce their concentration, affordable and environmentally friendly sorbents such as bentonite and activated carbon were used. During the study, the main factors affecting the sorption process were analyzed in detail, in particular, the type of sorbent, sorption time and concentration of ions of the starting metals. Practical results have shown that natural sorbents can effectively absorb heavy metal ions and their use in water treatment technologies gives high results. The data obtained indicate that natural sorbents can be used in the development of environmentally friendly and cost-effective cleaning methods.

Keywords: heavy metals, sorption, bentonite, activated carbon, water purification, natural sorbent, experimental research.

Ф.А. Тұрғанова, Ш.Т. Кошкарбаева, М.С. Сагаев, Қ.Б. Аманбаева, Р.С. Абжалов *
магистрант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
т.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
т.ғ.д., профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
аға оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
*Корреспондент авторы: rayim555@mail.ru

НИКЕЛЬ ФОСФИДИ ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖОБАСЫ

Түйін

Мақалада химиялық әдіспен алынатын никель фосфиді қаптамасының қасиеттері келтірілген. Тұрақтылығы жоғары, қорғаныш және қорғаныш-сәндік қаптамаларды тұндыруда никель фосфиді қаптамасы кеңінен қолданылады. Химиялық никельдеу кезінде күрделі конфигурациялы беттердің өзінде тегіс қаптамалар алынады. Никель фосфиді қаптамасының құрамында фосфордың болуы оларды беріктік, коррозиялық және соққыға төзімділік қасиеттермен қаптамасыз етеді, сондықтан никель фосфиді қаптамалары кең қолданысқа ие болған. Никель фосфиді ерітіндісіне лигандар, буфер ерітінділері, тұрақтандырғыштар, жылтыр түзушілер және басқалар қосылады. Мақалада никель фосфидін алудың технологиясық сызбасы келтіріліп, осы сызба бойынша процесстің жүруі ашылып жазылған. Сонымен қатар, технологиялық есептеулердің нәтижелері жазбаланған. Атап айтқанда есептеулер негізгі және қосымша қондырғыларға, химикаттардың шығындарына жүргізілген. Никель фосфиді қаптамасын алу процесінде қолданылатын ваннаның, ілгіштің өлшемдері анықталған.

Кілттік сөздер: химиялық қаптама, майсыздандыру, татын кетіру, үйкеліс коэффициенті, тұрақтылық.

Кіріспе. Тозуға төзімділігі жоғары және үйкеліс коэффициенті төмен материалдарды жасау мәселесі өз орнын жоғалтпайды, сондықтан коррозияға тұрақты және тозуға төзімді қаптамалар алу өзекті мәселе болып табылады.

Металл өнімдерінің коррозиядан және мерзімінен бұрын физикалық тозуының нәтижесінде әлемде өндірілген металдың маңызды бөлігі (5-10%) тиімсіз пайдаланылады. Бұл үлкен шығындарға әкеледі. Осыған байланысты басты мақсаттың бірі - металды үнемдеу және оны мерзімінен бұрын физикалық бұзылудан қорғау. Металдарды коррозиядан қорғаудың тиімді және жалпы әдісі химиялық және электролиттік қаптауларды қолдану болып табылады.

Тұрақтылығы жоғары, қорғаныш және қорғаныш-сәндік қаптамаларды тұндыруда никель фосфиді қаптамасы кеңінен қолданылады. Дегенмен, оның негізінде тозуға төзімді және өзін-өзі жағуға арналған композициялық қаптамаларды алудың практикалық қызығушылығы бар. Металл беттерін өзгертудің тиімді әдістерінің бірі композитті немесе көп қабатты жабындардың электролиттік және химиялық тұнбасы болып табылады. Композициялық электрохимиялық және химиялық қаптамаларды алу принципі электролит суспензиясынан алынған металдармен бірге әртүрлі өлшемдер мен түрлердің шашыраңқы бөлшектерін тұндыру болып табылады.

Теориялық талдау

Никель фосфиді қаптамалары өндірісте қорғаныс-декоративті және декоративті бұйымдар мен машиналардың, аппараттардың, аспаптардың бөліктерін қорғау үшін; жоғары температурада және арнайы ортада (сілтілер, кейбір қышқылдар) коррозиядан қорғау үшін; болатқа басқа қаптаманың негізбен жабысу адгезиясын қаптамасыз ету үшін аралық қабат; үйкелісте жұмыс істейтін беттердің тозуға төзімділігін арттыру үшін қолданылады [1].

Химиялық никельдеу кезінде күрделі конфигурациялы беттердің өзінде тегіс қаптамалар

алынады. Қаптамалардың құрамында фосфордың немесе бордың болуы (гипофосфитпен немесе боргидридтің тотықсыздануы кезінде) оларды беріктік, коррозиялық және соққыға төзімділік қасиеттермен қамтамасыз етті, сондықтан никель қаптамалары кең тараған қолданысқа ие болды. Металдың гипофосфитіне дейін никель иондарының тотықтықсыздануы және никель қаптамаларын алу мүмкіндігі ертеректерде сипатталған, ал химиялық никельдеудің бастамасына негіз болған 1944-1948 жылдарда Бреннер және оның қызметкерлері болды.

Химиялық никельдеудің барлық ерітінділері беттік аудандары активтелген диэлектрик материалдарын металдандыру үшін жарамды болады.

Гипофосфитті қолдану арқылы химиялық никельдеуге көптеген жұмыстар жасалған. Көптеген ерітінділердің жалпы формадағы құрамы, (ммоль/л):

Ni (II) тұзы	5÷250 (көбінесе 50÷200);
Гипофосфит	15÷650 (көбінесе 100÷300).

Никель ерітіндісіне лигандалар, буфер ерітінділері, тұрақтандырғыштар, жылтыр түзушілер және басқалар қосылады.

Никель тұздарының ішінде жиі қолданылатыны оның сульфаты немесе хлориді болып табылады. Сонымен қатар оның ацетатын, карбонатын, гипофосфитін, сульфатын да қолдануға әбден мүмкіншілік бар.

Негізінде гипофосфитті натрийдің тұзы ретінде немесе аммонитдің, кальцийдің, никельдің тұздары ретінде енгізеді [2].

Тәжірибелік бөлім

Жобадағы қарастырылып жатқан тақырып маңызды болып есептеледі. Алюминий қорытпаларын машиналардың бөлшектерін дайындау үшін қолдану жыл сайын артып келеді, бұл алюминийдің бірқатар өзіндік қасиеттеріне байланысты: жеңілдігі, коррозиялық тұрақтылығы, жоғары жылу өткізгіштігі, оның қосылыстарының улы еместігі.

Бірақ алюминийдің елеулі кемшілігі – қаттылығының төмендігінде (100-150 МПа), соның салдарынан беті үйкелісте жұмыс істейтін бөлшектер жұмыстан тез шығады.

Сондықтан, алюминий қорытпаларынан жасалған бөлшектер бетін қаттылығы жоғары басқа металмен қаптаудың практикалық маңызы жоғары.

Осыған байланысты жоғары қаттылыққа және адгезияға ие никель қаптамасы әсіресе термиялық өңдеуден кейін үлкен тәжірибелік қызығушылық тудырады [3].

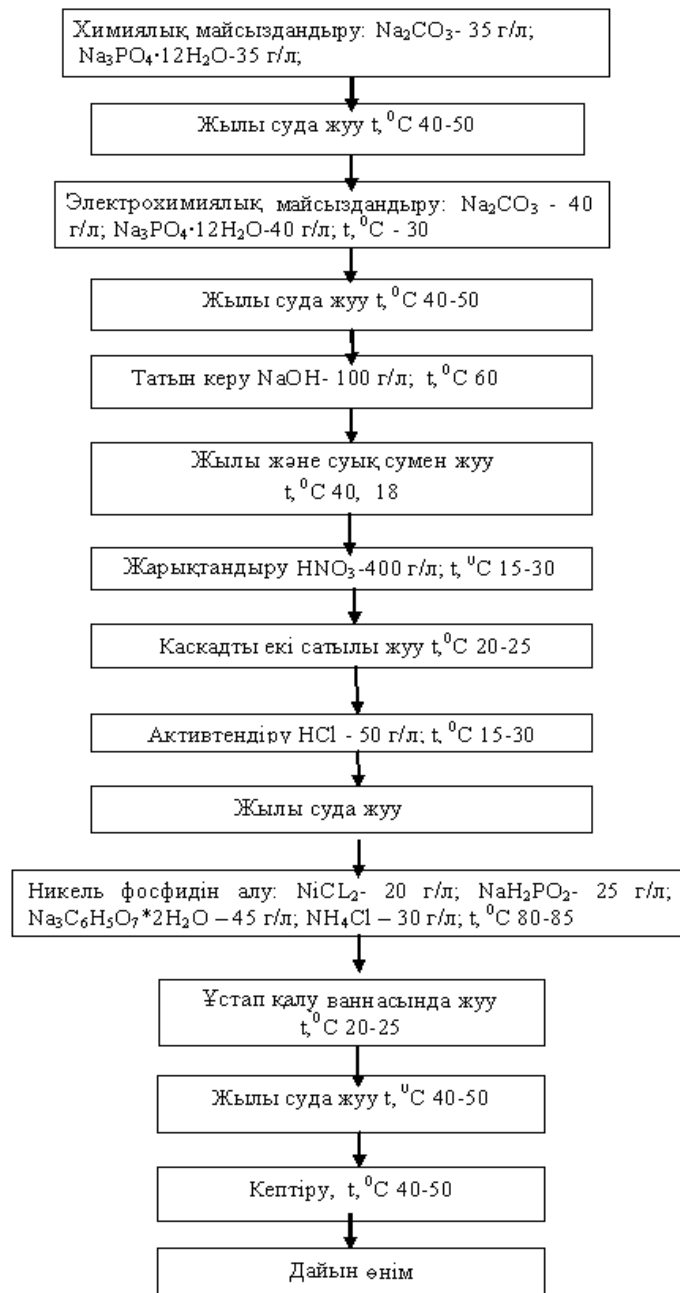
Никельді қаптамалар әртүрлі өндірістерде астыңғы қабат ретінде пайдаланылады және қорғаныштық сәндік және арнайы мақсаттар үшін қолданылады. Олар қаттылықпен, айтарлықтай коррозияға төзімділікпен және жақсы жылтырлық қабілеттілігімен (58 - 62%), меншікті электр кедергісімен 8,3-10 -2 Ом • м сипатталады [4].

Жобада никель фосфиді қаптамасын алу үшін никельдеудің сілтілі ерітіндісі таңдалынып алынды. Сілтілі ерітінділердің негізгі артықшылығы – никель фосфиді қабықшасының негізгі металмен сенімді жабысуы болып табылады.

Нәтижелер және талқылау

Никель фосфиді қаптамасын алу процесінің технологиялық сызбасы 1 суретте келтірілген. Бұйым беттерінде жануар және өсімдік майлары болуы мүмкін. Бұйымның негізгі материалымен химиялық байланыспаған ластарды (майлану, шаң және т.б.), майсыздандыру арқылы жояды. Алюминий және олардың қоспаларын майсыздандыру үшін құрамында негізінде гидролиздейтін тұздары бар ерітінділерді (сода, поташ, үш натрий фосфат, цианды калийді) қолдану қажет, олардың концентрациялары 100-150 г/л -ден аспауы керек. Алюминий және оның қорытпаларын майсыздандыру катодта жүргізу керек, себебі анодты өңдеу металдың еруімен немесе олардың беттік аудандарында оксид қабықшаларының түзілуімен

жүреді. Майсыздандырудан кейін металл бетінен майсыздандырғыш заттардың қалдықтарын, коррозия өнімдері мен оксид қоспаларын жою үшін татын кетіру процесі жүргізіледі. Ол үшін тазаланатын бұйымды арнайы ерітінді құрамына салады. Татын кетіру ерітіндісінің құрамы бұйымның қолданылу мақсатына байланысты таңдалынып алынады. Жарықтандыру операциясын өте жұқа қабатты қабықшаны бұйым бетінен жоюға арналған, бұл қабықша татын кетіру процесі кезінде түзіледі. Активтендіру химиялық немесе электрохимиялық әдіспен жұқа тотық қабықшаларын бұйым бетінен жоюға арналған. Бұйым бетін активтендіруден кейін қаптаманың жабысу сапасы бірнеше есе жоғарылайды. Алюминийді активтендіру 5% тұз қышқылы ерітіндісінде 20-30 секунд ұзақтығында жүргізіледі. Содан соң бұйым бірден жуылып никель фосфор қаптамасын алу ваннасына түседі.



Сурет 1. Никель фосфиді қаптамасын алу процесінің технологиялық сызбасы

Алдын ала дайындаудан өткен үлгілерге никель фосфиді қаптамасын алу процесі келесі сілтілі ерітінді құрамында жүргізіледі: никель хлориді – 20 г/л; натрий гипофосфиті - 25 г/л; лимонқышқылды натрий - 45 г/л; хлорлы аммоний -30 г/л; Аммиак рН=8,0-8,2 дейін

Жұмыс режимі рН = 8-9, Температура = 80-85°C, Тұндыру жылдамдығы = 10-15 мкм/сағ, тұндыру уақыты 1 сағ, жүктеу тығыздығы 1,0-1,5 дм²/л.

Химиялық никельдеуден кейін қолданылатын ұстап қалу ваннасы бұйымдарды кептіру алдында ерітіндіден тазалауға мүмкіндік береді, сонымен қатар бұл ұстап қалу ваннасындағы суды химиялық никельдеу ерітіндісін дайындау үшін пайдалануға болады. Тазалау дәрежесін жоғарылату үшін ұстап қалу ваннасынан кейін қосымша суық және ыстық суда жуу жүргізіледі. Ыстық жуда жуу бұйымдарды кептіру алдында температурасын жоғарылатады.

Сонымен қатар, технологиялық есептеулер жүргізілді. Бұл есептеулер негізгі және қосымша қондырғыларға, химикаттардың шығындарына жүргізілді. Қолданылатын ваннаның, ілгіштің өлшемдері анықталды.

Қорытынды

Біздің елімізде қазіргі заманда бетбұрыс алған индустриалды-инновациялық дамудың талаптарына сай еліміздің экономикасының үздіксіз алға басуы инновациялық қызметті үнемі қолдап, қуаттайтын және ынталандыратын саясаттың арқасында мүмкін болып отыр. Бұл саясат ел экономикасының бұзып-жарып алға шығуын қамтамасыз ететін озық технологияны, басқарудың жаңа түрлерін, ғалымдар мен өнертапқыштардың ойлап шығарған жаңа дүниелерін тез өндіріске енгізіп отыруға бағытталған.

Негізінде, Ni – P қаптамаларын басқа қаптамалармен салыстырғанда мұндай қаптамалардың коррозиялық тұрақтылығы жоғары. Химиялық никельдеу кезінде күрделі конфигурациялы беттердің өзінде тегіс қаптамалар алынады. Қаптамалардың құрамында фосфордың болуы оларды беріктік, коррозиялық және соққыға төзімділік қасиеттермен қамтамасыз етеді, сондықтан никель фосфиді қаптамалары кең қолданысқа ие болған.

Әдебиеттер тізімі

1. Гамбург Ю.Д. Гальванические и химические покрытия. Справочник по применению. М.: Техносфера, 2006, 215 с.
2. Синяев В.А., Шустякова Е.С., Левченко Л.В., Хан В.В. Способ получения фосфида металла. Пат. 930613 РК. 2013.
3. Винокуров Е.Г., Кудрявцев В.Н., Бондарь В.В., Борщ Е. Способ и устройство для удлинения сроков эксплуатации растворов для химического осаждения металлов. //Защита металлов, 2002, Т.28. № 4, С.219-222.
4. Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н. Никелирование. Учебное пособие М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2014, 198 с.
5. Кубрин В.И., Луценко А.В., Технология нанесения гальванических и химических покрытий, Москва, 2024, 80стр.
6. Скоринова Е.П. ,Активация поверхности пластмасс перед химической металлизацией, XV Международная студенческая научная конференция Студенческий научный форум – 2023. Доступно на: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2023/63db82d606e15.pdf>
23. Брусницына Л. А., Степановских Е. И., Алексеева Т. А. Влияние солей никеля на свойства раствора химического меднения и качество осаждаемых покрытий // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 67, № 7. С. 39–46.

References

1. Gamburg Ju.D. Gal'vanicheskie i himicheskie pokrytija. Spravochnik po primeneniju. M.: Tehnosfera, 2006, 215 s.
2. Sinjaev V.A., Shustjakova E.S., Levchenko L.V., Han V.V. Sposob poluchenija fosfida metalla. Pat. 930613 RK. 2013.
3. Vinokurov E.G., Kudrjavcev V.N., Bondar' V.V., Borshh E. Sposob i ustrojstvo dlja udlinenija srokov jekspluatacii rastvorov dlja himicheskogo osazhdenija metallov. //Zashhita metallov, 2002, T.28. № 4, S.219-222.
4. Mamaev V.I., Kudrjavcev V.N. Nikelirovanie. Uchebnoe posobie M.: RHTU im. D.I.Mendeleeva, 2014, 198 s.
5. Kubrin V.I., Lucenko A.V., Tehnologija nanesenija gal'vanicheskikh i himicheskikh pokrytij, Moskva, 2024, 80str.

6. Skorikova E.P. „Aktivacija poverhnosti plastmass pred himicheskoj metallizaciej, XV Mezhdunarodnaja studencheskaja nauchnaja konferencija Studencheskij nauchnyj forum – 2023. Dostupno na: <https://files.scienceforum.ru/pdf/2023/63db82d606e15.pdf>
7. Brusnicyna L. A., Stepanovskih E. I., Alekseeva T. A. Vlijanie solej nikelja na svojstva rastvora himicheskogo mednenija i kachestvo osazhdaemyh pokrytij // Butlerovskie soobshhenija. 2021. T. 67, № 7. S. 39–46.

Ф. А. Турганова, Ш. Т. Кошкарбаева, М. С. Сатаев, К. Б. Аманбаева, Р. С. Абжалов*
магистрант, fara-4.4@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

к. т. н., доцент, shakx@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

д. т. н., профессор, ms.sataev@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

старший преподаватель, bakhyt@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

докторант, rayim555@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент,
Казахстан

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА ФОСФИДА НИКЕЛЯ

Аннотация

В статье описаны химические свойства никель-фосфидных покрытий. Никель-фосфидное покрытие широко используется при получении стойких, защитных и защитно-декоративных покрытий. В случае химического никелирования на деталях имеющие сложные конфигурации, можно получить покрытия с гладкой поверхностью. Наличие фосфора в составе никель-фосфидного покрытия, обеспечивает им долговечные, коррозионные и ударопрочные свойства, поэтому никель-фосфидное покрытие широко используется в промышленности. В раствор химического никелирования добавляются лиганды, буферные растворы, стабилизаторы, глянецовые добавки и так далее. В статье приведена технологическая схема производства фосфида никеля и полностью описан процесс по этой схеме. А также приведены результаты технологических расчетов. В частности, были произведены расчеты на основные и дополнительные установки и оборудования, затраты на химикаты. Определены размеры ванны и подвески для процесса получения никель-фосфидного покрытия.

Ключевые слова: химическая упаковка, обезжиривание, удаление ржавчины, коэффициент трения, стабильность.

F. A. Turganova, Sh. T. Koshkarbayeva, M. S. Sataev, K. B. Amanbayeva, R. S. Abzhalov*

Master's student, fara-4.4@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Candidate of Technical Sciences, shakx@mail.ru, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan
University, Shymkent, Kazakhstan

Doctor of Technical Sciences, Professor, ms.sataev@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Kazakhstan

Senior Lecturer, bakhyt@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Doctoral student, rayim555@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

TECHNOLOGICAL PROJECT OF NICKEL PHOSPHIDE PRODUCTION

Abstract

The article describes the chemical properties of nickel-phosphide coatings. Nickel-phosphide coating is widely used in obtaining resistant, protective and protective-decorative coatings. In the case of chemical nickel plating on parts with complex configurations, it is possible to obtain coatings with a smooth surface. The presence of phosphorus in the composition of the nickel-phosphide coating, provides them with durable, corrosion and impact-resistant properties, so the nickel-phosphide coating is widely used in industry. Ligands,

buffer solutions, stabilizers, glossy additives and so on are added to the solution of chemical nickel plating. The article presents the technological scheme of production of nickel phosphide and the process according to this scheme is fully described. And also shows the results of technological calculations. In particular, calculations were made on the basic and additional installations and equipment, the cost of chemicals. The dimensions of the bath and suspension for the process of obtaining a nickel-phosphide coating are determined.

Key words: chemical coating, degreasing, rust removal, friction coefficient, stability.

ИНФОРМАТИКА, ІТ-ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАТИКА, ІТ-ТЕХНОЛОГИИ
COMPUTER SCIENCE, INFORMATION TECHNOLOGIES

UDC: 004.9:378

<https://doi.org/10.54251/2616-6429.2026.01.0011nu>

A.O. Abitov*, **N.S. Zhumatayev**, **S.T. Ahmetova**, **L.E. Shaimerdenova**
Master's student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
PhD, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan
University, Shymkent, Kazakhstan
Master, Senior Lecturer, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
***Corresponding author's email:** abitovarman5@gmail.com

**ARCHITECTURAL DESIGN OF AN INTELLIGENT EDUCATIONAL PLATFORM
BASED ON ADAPTIVE AI ALGORITHMS**

Abstract

This article presents a conceptual architecture for an intelligent educational platform in higher education. The study focuses on integrating adaptive algorithms that automatically adjust instructional content according to students' proficiency levels. The proposed platform employs a modular structure, which supports personalized learning through data analytics and machine learning techniques. A four-tier architecture was developed, including the Presentation, Service, Logic, and Data layers. To evaluate student knowledge and adjust instructional materials, the system incorporates models such as Bayesian Knowledge Tracing and Graph Convolutional Networks. Simulation-based testing was conducted to verify the logical consistency of the platform in the absence of real users. The results indicate that the architecture performs effectively and shows potential for integration into contemporary Learning Management Systems. Overall, this study highlights the role of adaptive technologies in enhancing personalized education and provides a foundation for further research in intelligent learning platforms.

Keywords: artificial intelligence, educational platform, architectural design, adaptive algorithms, personalization.

Introduction. Traditional static educational models often fail to fully account for differences in students' learning pace and existing knowledge gaps.

In the context of higher education in Kazakhstan, there is a strategic need to develop domestic intelligent platforms that support adaptive and personalized learning in line with the "Digital Kazakhstan" roadmap.

Studies in the field of intelligent educational technologies indicate that such systems play a key role in enabling individualized learning and the transition from static to dynamic educational models [1].

The core challenge in creating such systems is not only managing the educational content but also designing an architecture that supports real-time adaptation and intelligent decision-making [2]. This study proposes a multi-layered architecture for an educational platform that uses AI algorithms, including Bayesian Knowledge Tracing (BKT) to estimate student mastery and Graph Convolutional Networks (GCN) to model topic dependencies, ensuring that students progress only after mastering prerequisite concepts. The use of the BKT model allows for a mathematically precise calculation of the probability of skill mastery based on the student's response history [3].

Unlike standard LMS, the proposed platform emphasizes the integration of diagnostic engines with adaptive content delivery modules, allowing scalable, modular, and flexible deployment in

existing university ecosystems. This approach ensures that personalization is not a feature, but a fundamental principle of the learning process.

Materials and Methods

The development of the conceptual architecture was based on a systematic analysis of existing adaptive learning systems and modular software design principles. To ensure the platform's intelligence, the following methodologies were integrated:

1. Bayesian Knowledge Tracing (BKT): Used to model student knowledge as a latent variable, updated based on observed performance. This allows the system to estimate the probability that a student has mastered a specific skill [3, 4].
2. Graph Convolutional Networks (GCN): Implemented to represent the educational curriculum as a knowledge graph, where nodes represent topics and edges represent prerequisite dependencies. Graph neural networks have been widely studied for modeling such relational structures and enabling automated learning of topic dependencies [5, 6].
3. Four-Tier Architectural Modeling: The system was designed using the principle of separation of concerns, dividing the infrastructure into Data, Logic (AI), Service, and Presentation layers. Layered architecture is a recognized approach for improving software maintainability and scalability by localizing changes to specific layers and enabling independent evolution of system components [7, 8].

Results and Discussion

Conceptual Architecture Design. The proposed architecture of the intelligent educational platform is based on a four-tier model, which ensures flexibility and high data processing speed. This structure includes the following layers:

1. Data Layer: Stores student profiles, educational content, and logs of user interactions.
2. Logic Layer (AI Core): The "heart" of the system, where machine learning models analyze student progress and adjust the curriculum.
3. Service Layer: Manages authentication, content delivery, and communication between modules.
4. Presentation Layer: Adaptive web and mobile interfaces for students and instructors.

The core innovation lies in the Adaptive Engine, which uses a feedback loop to modify the learning path after every assessment. According to Zhang et al. (2025), the use of Graph Convolutional Networks allows the system to map dependencies between different subjects, ensuring that a student does not move to "Topic B" without truly mastering "Topic A".

The proposed platform consists of four main layers: Data, Logic (AI Core), Service, and Presentation. Figure 1 illustrates the high-level architecture, showing the flow of data and interaction between modules.

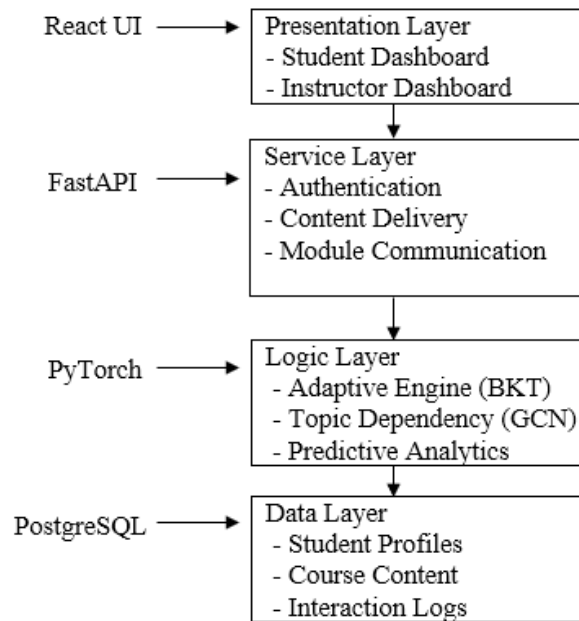


Figure 1. High-level architecture of the platform

Capabilities and Functional Advantages. The integration of AI into the university platform provides several unique capabilities:

- **Granular Knowledge Mapping:** Unlike traditional systems that evaluate knowledge based on entire courses, this architecture tracks mastery at the level of individual sub-topics. Systematic reviews of AI in education indicate that fine-grained knowledge representation is important for identifying specific learning needs and addressing knowledge gaps in technical disciplines [9].

- **Dynamic Difficulty Adjustment:** The system utilizes Bayesian Knowledge Tracing (BKT) to calculate the probability that a student has mastered a skill. If the probability is low, the system automatically injects remedial content. The properties of the BKT model allow for effective prediction of student performance, which can be used as a basis for adaptive content delivery [4].

- **Proactive Intervention and Predictive Analytics:** Predictive models have been shown to identify at-risk students at early stages of a course. Advanced data mining techniques and deep learning algorithms support timely interventions, potentially improving student retention [10, 11].

Future Prospects and Strategic Impact The implementation of this architectural design in the higher education system of Kazakhstan, particularly at South Kazakhstan University, opens significant prospects:

- **Integration with the National Labor Market:** Future iterations can synchronize learning paths with the National Qualifications Framework of Kazakhstan. This ensures that the skills acquired by students match the real-time demands of the industry.

- **AI-Human Collaboration:** The platform does not replace the teacher but acts as a "co-pilot," automating routine grading and allowing the professor to focus on mentorship and complex problem-solving. This approach is consistent with modern pedagogical perspectives on AI-driven personalization, which emphasize the supportive role of AI in enhancing, rather than replacing, human teaching [12].

- **Data-Driven Institutional Management:** University management receives analytical data on student performance, allowing for evidence-based decisions on curriculum updates and educational strategies [13].

The simulation of the architectural framework demonstrated its capability to handle real-time adaptation requests. Key findings include:

- **Logical Consistency:** The integration of the Logic Layer (AI Core) with the Service Layer allows for sub-second response times in adjusting learning paths. This demonstrates that modular designs, as discussed in prior studies on layered architectures and high-load systems [7, 8], are suitable for educational environments with substantial computational demands.
- **Predictive Accuracy:** By analyzing interaction logs within the architecture, the system can provide pedagogical interventions that adapt to each learner's progress. Prior research on Bayesian Knowledge Tracing (BKT), educational data mining, and intelligent tutoring systems supports the feasibility of such adaptive approaches [3, 4, 10].
- **Comparison with Existing Systems:** Unlike standard LMS platforms, the proposed design emphasizes proactive rather than reactive learning. Previous studies have highlighted that AI-driven environments can enhance student engagement by adapting content to learners' cognitive load and individual progress [9, 10, 11].

Conclusion

The conceptual architecture presented in this study provides a robust framework for transitioning higher education from static learning management systems to intelligent, adaptive environments. By integrating four specialized layers-Data, Logic (AI Core), Service, and Presentation-the proposed design ensures that personalization is not just a feature, but the foundational principle of the educational process.

The key findings of this architectural analysis suggest that:

1. **Systemic Integration:** Adaptive algorithms, specifically those using GCN and BKT, effectively bridge the gap between individual student needs and complex academic requirements.
2. **Scalability:** The modular design allows for seamless integration with existing university infrastructures, making it a viable solution for large-scale implementation in Kazakhstan's universities.
3. **Future-Proofing:** The architecture's ability to align learning paths with real-time labor market demands ensures the long-term relevance of the educational outcomes.

Ultimately, the successful implementation of such a platform at South Kazakhstan University will serve as a pilot model for the nationwide modernization of the digital educational ecosystem. Future work will focus on the empirical validation of the logic layer's performance using real-time university datasets.

References

1. Kerimbayev N., Adamova K., Shadiyev R., et al. Intelligent educational technologies in individual learning: a systematic literature review // Smart Learning Environments. 2025. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00360-3>
2. Hariyanto K., Kristianingsih F.X.D., Maharani R. Artificial intelligence in adaptive education: a systematic review of techniques for personalized learning // Discover Education. 2025. Vol. 4. Art. 458. DOI:10.1007/s44217-025-00908-6. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00908-6>
3. Van de Sande B. Properties of the Bayesian Knowledge Tracing Model. Journal of Educational Data Mining, Vol. 5, No. 2, 2013. Available at: <https://zenodo.org/records/3554630>
4. Baker R.S.J.d., Inventado P.S. Educational Data Mining and Learning Analytics // Learning Analytics: From Research to Practice. Springer, 2014. 350 p.
5. Kipf T.N., Welling M. Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks. ICLR, 2017. Available at: <https://arxiv.org/abs/1609.02907>

6. Wu Z., Pan S., Chen F., Long G., Zhang C., Philip S.Y. A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks. IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. 2021. Vol. 32, No. 1, P. 4–24. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2020.2978386>
7. Tu Z. Research on the Application of Layered Architecture in Computer Software Development // Journal of Physics: Conference Series. 2023. Vol. 2500. Art. 012045. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2500/1/012045>
8. Garousi V., Felderer M., Mäntylä M.V. A systematic mapping study on architectural approaches to software performance analysis. Journal of Systems and Software. 2016. Vol. 121, P. 93–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.08.031>
9. Systematic Review of Artificial Intelligence in Education: Trends, Benefits, and Challenges. Multimodal Technologies and Interaction. 2025. Vol. 9, No. 8, Art. 84. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti9080084>
10. Woolf B.P. Building Intelligent Interactive Tutors. Burlington: Morgan Kaufmann, 2007. 400 p.
11. Mao Y., Lin C., Min C. Deep Learning vs. Bayesian Knowledge Tracing: Student Models for Interventions. Journal of Educational Data Mining. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3554691>
12. Vorobyeva K.I., Belous S., Savchenko N.V., Smirnova L.M., Nikitina S.A., Zhdanov S.P. Personalized learning through AI: pedagogical approaches and critical insights. Contemporary Educational Technology. 2025. Vol. 17, No. 2, P. 15–34. DOI: <https://doi.org/10.30935/cedtech/16108>
13. Artificial intelligence-based personalised learning in education: a systematic literature review. Discover Artificial Intelligence. 2025. Vol. 5, P. 331. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44163-025-00598-x>

А.Ө. Абитов*, Н.С. Жұматаев, С.Т. Ахметова, Л.Е. Шаймерденова

*магистрант, abitovvarman5@gmail.com, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан

PhD, доцент, nuralmiras@mail.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент,
Қазақстан

ф.-м.ғ.к., доцент, sabdas65@mail.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент,
Қазақстан

магистр, аға оқытушы, lizzat71@mail.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан

АДАПТИВТІ ЖИ АЛГОРИТМДЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ БІЛІМ БЕРУ ПЛАТФОРМАСЫНЫҢ АРХИТЕКТУРАЛЫҚ ЖОБАЛАНУЫ

Түйін

Мақала жоғары білім үшін интеллектуалды білім беру платформасының концептуалды архитектурасын ұсынады. Зерттеу студенттердің дайындығына сәйкес оқу материалын автоматты түрде бейімдейтін адаптивті алгоритмдерді интеграциялауға бағытталған. Ұсынылған платформа модульдік құрылымды пайдаланады, ол деректерді талдау және машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, жеке оқытуды қамтамасыз етеді. Төрт деңгейлі архитектура әзірленді: презентациялық, сервис, логикалық және деректер деңгейлері. Студенттердің білімін бағалау және оқу материалын түзету үшін жүйе Bayesian Knowledge Tracing және Graph Convolutional Networks модельдерін қолданады. Модельдеу нақты пайдаланушылар қатыспай-ақ платформаның логикалық тұтастығын растады. Нәтижелер архитектураның тиімділігін көрсетіп, оны қазіргі білім беру басқару жүйелеріне интеграциялау әлеуетін растайды. Жалпы, бұл зерттеу адаптивті технологиялардың персонализирленген оқытуды дамытудағы ролін көрсетеді және интеллектуалды білім беру платформаларын әрі қарай зерттеу үшін негіз құрайды.

Кілттік сөздер: жасанды интеллект, білім беру платформасы, архитектуралық жобалау, бейімделгіш алгоритмдер, жекелендіру.

А.О. Абитов*, Н.С. Жуматаев, С.Т. Ахметова, Л.Е. Шаймерденова

*магистрант, abitovarman5@gmail.com, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

PhD, доцент, nuralmiras@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

к.ф.-м.н., доцент, sabdas65@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

Магистр, старший преподаватель, lizzat71@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ИИ

Аннотация

В статье представлена концептуальная архитектура интеллектуальной образовательной платформы для высшего образования. Исследование сосредоточено на интеграции адаптивных алгоритмов, которые автоматически подстраивают учебный материал под уровень подготовки студентов. Предлагаемая платформа использует модульную структуру, обеспечивающую персонализированное обучение с применением аналитики данных и методов машинного обучения. Разработана четырёхуровневая архитектура, включающая презентационный, сервисный, логический и уровень данных. Для оценки знаний студентов и корректировки учебного материала система применяет модели, такие как Bayesian Knowledge Tracing и Graph Convolutional Networks. Моделирование подтвердило логическую целостность платформы при отсутствии реальных пользователей. Результаты показывают, что архитектура работает эффективно и обладает потенциалом для интеграции в современные системы управления обучением. В целом, исследование подчёркивает роль адаптивных технологий в обеспечении персонализированного обучения и создаёт основу для дальнейших исследований интеллектуальных образовательных платформ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, образовательная платформа, архитектурное проектирование, адаптивные алгоритмы, персонализация.

Б.Е. Айдәулет, Б.Ж. Умирзаков, Ж.Д. Изтаев*, К.Т. Айхынбай, Л.А. Агатаева
магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистр, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
***Корреспондент авторы: zhalgasbek71@mail.ru**

КӘСІПОРЫННЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰЖАТ АЙНАЛЫМЫ ЖҮЙЕЛЕРІН ЖЕТІЛДІРУДЕ LLM ЖӘНЕ RAG МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ

Түйін

Бұл мақалада кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелерін жетілдіруде жасанды интеллект технологияларын қолданудың теориялық аспектілері қарастырылады. Атап айтқанда, табиғи тілдерді өңдеу саласындағы заманауи бағыттар, Large Language Model және Retrieval-Augmented Generation модельдерінің құжаттық ақпаратпен жұмыс істеудегі мүмкіндіктері талданады. Дәстүрлі электрондық құжат айналым жүйелерінің шектеулері көрсетіліп, оларды семантикалық іздеу және контекстке негізделген ақпаратты ұсыну тәсілдері арқылы жетілдірудің маңыздылығы негізделеді. RAG моделі тілдік модельдердің генерация мүмкіндіктерін нақты құжаттық деректермен біріктіру арқылы жауаптардың нақтылығын арттыратын тиімді тәсіл ретінде сипатталады. Сонымен қатар, бұл технологияларды қолданудың ақпаратты іздеу тиімділігіне, пайдаланушымен өзара әрекеттесуге және ақпараттық қауіпсіздік талаптарына ықпалы талқыланады. Зерттеу нәтижелері LLM және RAG модельдерін кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелерін интеллектуалдандырудың перспективалы бағыты ретінде қарастыруға мүмкіндік береді, сондай-ақ олардың болашақта практикалық жүйелерде қолданылу әлеуетін айқындайды.

Кілттік сөздер: электронды құжат айналымы, EDMS, жасанды интеллект, табиғи тілдерді өңдеу, LLM, RAG моделі, ақпараттық жүйе.

Кіріспе

Кәсіпорын қызметінің барлық дерлік үдерістері құжаттық ақпаратпен тығыз байланысты болғандықтан, құжат айналымының тиімді ұйымдастырылуы басқару шешімдерінің сапасына, жұмыс өнімділігіне және ұйымның жалпы бәсекеге қабілеттілігіне тікелей әсер етеді. Дәстүрлі электрондық құжат айналымының ақпараттық жүйелері (Electronic Document Management Systems – EDMS) негізінен құжаттарды тіркеу, сақтау, тасымалдау және іздеу функцияларын орындауға бағытталған [1].

Алайда мұндай жүйелер құжаттардың мазмұнын терең семантикалық тұрғыдан талдау, мағыналық іздеу жүргізу, құжаттар арасындағы логикалық байланыстарды анықтау және басқарушылық шешімдерді қолдау сияқты интеллектуалды функцияларды толық қамтамасыз ете алмайды. Нәтижесінде кәсіпорын қызметкерлері құжаттармен жұмыс істеу барысында көп уақыт жоғалтып, адам факторының ықпалы артады [2].

Соңғы жылдары жасанды интеллект технологияларының, әсіресе табиғи тілдерді өңдеу (Natural Language Processing – NLP) саласының қарқынды дамуы мәтіндік ақпаратпен жұмыс істеудің жаңа мүмкіндіктерін ашты. Бұл бағытта үлкен тілдік модельдер (Large Language Models – LLM) мәтінді түсіну, сұрақтарға жауап беру, қорытындылау және классификациялау сияқты күрделі тапсырмаларды орындауға мүмкіндік береді.

Дегенмен, LLM модельдерін тікелей қолдану барысында өзекті деректердің шектеулілігі және генерацияланған жауаптардың нақтылығы мәселелері туындайды. Осы шектеулерді шешуде Retrieval-Augmented Generation (RAG) моделі ұсынылады. Ол тілдік модельдің

генерация мүмкіндіктерін кәсіпорын деректерімен біріктіп, сенімді әрі нәтижелер алуға көмектеседі. RAG моделі құжаттарды семантикалық іздеу арқылы іріктеп, алынған ақпаратты LLM көмегімен өңдеуге негізделген. Осы мақалада RAG моделін қолдану арқылы ЭКАЖ жетілдіру мүмкіндіктері зерттеледі. [3].

Материалдар мен әдістер

Кәсіпорындағы құжат айналымының ақпараттық жүйелері

Кәсіпорындағы құжат айналымы – ұйымның ішкі және сыртқы қызметін қамтамасыз ететін басқарушылық, ұйымдастырушылық және өндірістік үдерістердің маңызды құрамдас бөлігі. Құжаттық ақпаратты сақтау, өңдеу және пайдалану үдерістерін автоматтандыру кәсіпорын қызметінің тиімділігін арттырудың негізгі факторларының бірі болып саналады. Құжат айналымының ақпараттық жүйелері 1-кестеде көрсетілген кәсіпорындағы құжаттармен жұмыс істеуді автоматтандыруға арналған бағдарламалық-аппараттық кешендер ретінде қарастырылады. EDMS жүйелері кәсіпорындарда құжаттарды тіркеу, нұсқаларын бақылау, орындаушылар арасында бағыттау, қолжетімділікті басқару және іздеу сияқты базалық функцияларды орындайды.

Кесте 1 – Кәсіпорындағы құжат айналымының ақпараттық жүйелерін сипаттау

Критерий	Дәстүрлі EDMS жүйелері	Мәселе / шектеу	Интеллектуалдандыру қажеттілігі
Құжаттарды құрылымдау тәсілі	Метадеректерге (атауы, күні, авторы) негізделген	Мазмұндық байланыстар ескерілмейді	Мәтіннің мағыналық құрылымын талдау
Іздеу механизмі	Кілтсөздік және атрибуттық іздеу	Нәтиже дәлдігі төмен	Семантикалық және контекстік іздеу
Құжат мазмұнын өңдеу	Қолмен немесе шектеулі автоматтандыру	Уақыт шығыны жоғары	Автоматты талдау және түсіну
Құжаттарды жіктеу	Қолмен тағайындалады	Адам факторына тәуелді	Интеллектуалды классификация
Аналитикалық мүмкіндіктер	Есептік және статистикалық	Терең талдау жоқ	Мазмұнға негізделген аналитика
Пайдаланушымен өзара әрекет	Формалды интерфейс	Икемсіз сұраныстар	Табиғи тілдегі сұраныстар

Қазіргі таңда кәсіпорындарда қолданылатын құжат айналым жүйелерінің басым бөлігі құрылымдалған метадеректерге негізделген. Құжаттар әдетте атауы, күні, авторы, түрі және мәртебесі сияқты сипаттамалар арқылы жүйеленеді. Мұндай тәсіл құжаттарды формалды деңгейде басқаруға мүмкіндік бергенімен, олардың мазмұнын терең талдау және мағыналық байланыстарды анықтау мүмкіндігін шектейді.

Нәтижесінде пайдаланушылар қажетті ақпаратты табу үшін көптеген құжаттарды қолмен қарауға мәжбүр болады. Бұл өз кезегінде құжат айналым жүйелерін жетілдіруде жаңа технологиялық тәсілдерді, соның ішінде тілдік модельдер мен білімге негізделген архитектураларды қолданудың өзектілігін арттырады [4].

Large Language Model (LLM) мүмкіндіктері

Қазіргі таңда жасанды интеллект технологиялары деректерді өңдеу мен талдаудың тиімді құралдары ретінде әртүрлі салаларда, соның ішінде кәсіпорындарды басқару, өндірісті автоматтандыру және ақпараттық жүйелерді жетілдіру бағыттарында кеңінен қолданылуда. Жасанды интеллекттің маңызды құрамдас бөліктерінің бірі – NLP саласы.

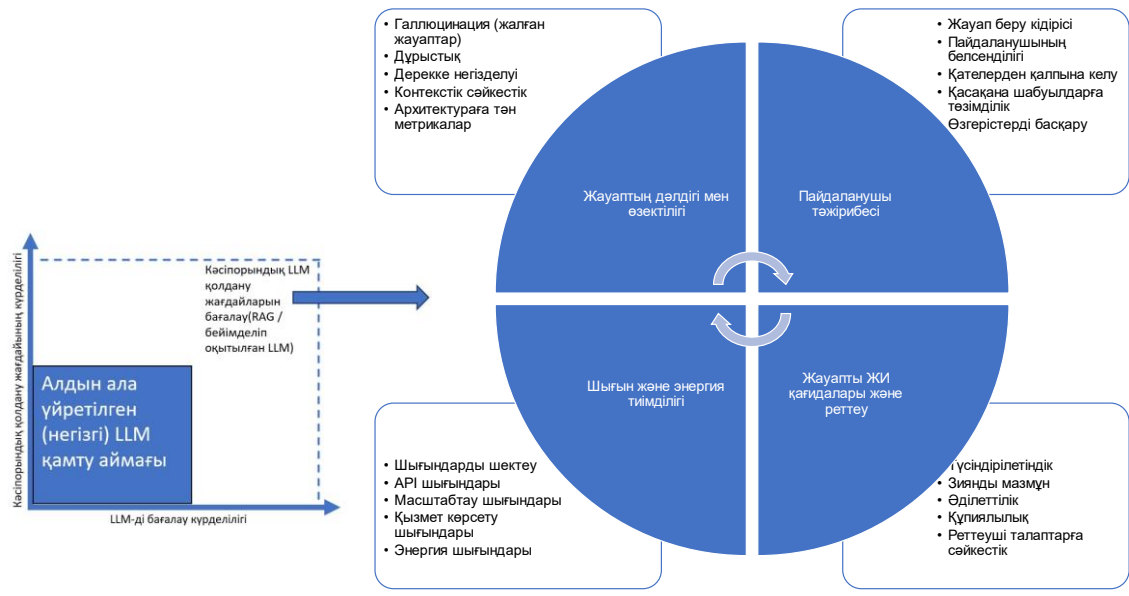
NLP адамның табиғи тілде ұсынылған мәтіндік немесе сөйлеу деректерін компьютерлік жүйелердің түсінуіне, талдауына және өңдеуіне мүмкіндік беретін әдістер мен алгоритмдер жиынтығын қамтиды.

Кәсіпорындардың ақпараттық жүйелерінде сақталатын деректердің басым бөлігі мәтіндік форматта болатындықтан, NLP технологияларын қолдану құжаттық ақпаратпен жұмыс істеуде аса өзекті болып табылады. 2-кестеде кәсіпорынның құжат айналым жүйелерінде NLP технологияларын қолдану бағыттары қарастырылады [5].

Кесте 2 – Құжат айналым жүйелерінде NLP технологияларын қолдану бағыттары

NLP міндеті	Қолданылатын әдістер	Құжат айналым жүйесіндегі қолданылуы	Алынатын нәтиже
Мәтінді алдын ала өңдеу	Токенизация, лемматизация, стоп-сөздерді жою	Құжат мәтінін машиналық өңдеуге дайындау	Деректердің бірізділігі және өңдеу сапасының артуы
Атаулы объектілерді тану (NER)	Машиналық оқыту, нейрондық желілер	Ұйым атауы, тұлға, күн, сома сияқты деректерді автоматты анықтау	Құжаттық ақпаратты құрылымдау
Құжаттарды автоматты классификациялау	Статистикалық модельдер, терең оқыту	Құжаттарды тақырыптар, типтер бойынша бөлу	Құжаттарды басқарудың тиімділігі
Мәтіндік ұқсастықты есептеу	Векторлық ұсынулар, embedding модельдер	Ұқсас құжаттарды анықтау және салыстыру	Ақпаратты іздеу дәлдігінің артуы
Семантикалық іздеу	Контекстке негізделген модельдер	Пайдаланушы сұранысына мағыналық тұрғыдан сәйкес құжатты табу	Іздеу нәтижелерінің сапасын жақсарту

Large Language Model (LLM) – үлкен көлемдегі мәтіндік деректер негізінде үйретілген, табиғи тілді түсіну және генерациялау қабілетіне ие нейрондық модельдер тобы болып табылады. LLM модельдерінің басты ерекшелігі – тілдік заңдылықтарды, мағыналық байланыстарды және контекстік тәуелділіктерді автоматты түрде үйрену қабілеті. LLM жүйелері 1-суретте көрсетілген үлгі бойынша бағаланады.

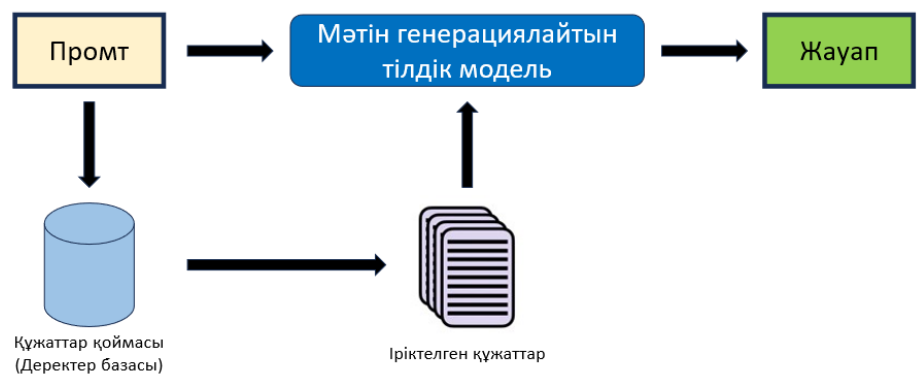


Сурет 1 – Кәсіпорындық LLM жүйелерін кешенді бағалау өлшемдері

LLM технологиялары кәсіпорынның құжат айналымының ақпараттық жүйелерін интеллектуалдандыруда негізгі рөл атқарады. Олар мәтіндік ақпаратты терең мағыналық деңгейде өңдеуге, пайдаланушымен табиғи тілде өзара әрекеттесуге және басқарушылық шешімдерді қолдауға жағдай жасайды. LLM модельдерінің тиімді қолданылуы оларды нақты деректермен интеграциялау механизмдерін енгізумен тығыз байланысты [6].

Retrieval-Augmented Generation (RAG) моделі

RAG моделінің жұмыс істеу үдерісі бірнеше негізгі кезеңнен тұрады. Алдымен кәсіпорынның құжаттары мәтіндік өңдеуден өткізіліп, семантикалық векторларға түрлендіріледі. Бұл кезеңде embedding модельдері қолданылады, нәтижесінде әрбір құжат векторлық кеңістікте ұсынылады. Кейін бұл векторлар арнайы векторлық дереккорда сақталады. 2-суретте көрсетілген модель бойынша пайдаланушы табиғи тілде сұраныс енгізген кезде, сұраныс та векторлық формаға келтіріліп, семантикалық ұқсастық негізінде ең релевантты құжаттар немесе мәтін үзінділері таңдалып алынады [7].



Сурет 2 – RAG моделінің кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелеріндегі жұмыс істеу схемасы

Нәтижелер және талқылау

Кәсіпорынның құжат айналымының ақпараттық жүйелерінде RAG моделін қолдану бірқатар маңызды артықшылықтарға ие. RAG моделінің артықшылықтары мен оларды электронды құжат айналымы жүйесінде қолданудың оң нәтижелері 3-кестеде берілген.

Кесте 3 – Электрондық құжат айналым жүйелерінде RAG моделін қолданудың артықшылықтары

№	RAG моделінің артықшылықтары	Қолдану саласы	ЭҚАЖ нәтижесі
1	Құжаттарды білім қоры ретінде пайдалану	Регламенттер, нұсқаулықтар	Нақты құжаттарға негізделген жауаптар
2	Семантикалық іздеу	Құжаттарды іздеу және талдау	Іздеу уақытының қысқаруы
3	Табиғи тілде сұрақ-жауап	Қызметкерлермен өзара әрекеттесу	Қолдану ыңғайлылығының артуы
4	Ақпараттық қауіпсіздік	Ішкі корпоративтік деректер	Құпия деректердің қорғалуы
5	Адам факторын азайту	Құжаттарды өңдеу үдерістері	Қателіктердің төмендеуі

Дәстүрлі іздеу тәсілдері негізінен кілтсөздер мен метадеректерге сүйенеді, бұл құжаттардың мазмұнын терең семантикалық тұрғыдан ескеруге мүмкіндік бермейді. Ал RAG моделі семантикалық іздеуді тілдік модельдердің генерация мүмкіндіктерімен біріктіре отырып, құжаттық ақпаратты контекстке негізделген түрде пайдалануға көмектеседі. Осыған байланысты 4-кестеде электрондық құжат айналым жүйелерінде дәстүрлі іздеу мен RAG моделінің негізгі айырмашылықтары салыстырмалы түрде көрсетілген.

Кесте 4 – Электрондық құжат айналым жүйелерінде RAG моделі мен дәстүрлі іздеуді салыстыру

№	Салыстыру критерийі	Дәстүрлі іздеу	RAG моделі
1	Іздеу негізі	Кілтсөздер мен метадеректер	Семантикалық ұқсастық
2	Мазмұнды түсіну деңгейі	Шектеулі	Контекстке негізделген
3	Жауап ұсыну тәсілі	Құжаттар тізімі	Құжатқа негізделген жауап
4	Пайдаланушы сұранысы	Қатаң құрылымдалған	Табиғи тілде
5	Іздеу нәтижесінің нақтылығы	Орташа	Жоғары
6	Адам факторына тәуелділік	Жоғары	Төмен

RAG моделі кәсіпорынның құжат айналымының ақпараттық жүйелерін интеллектуалдандыруда шешуші рөл атқарады. Ол LLM модельдерінің жоғары тілдік мүмкіндіктерін нақты құжаттық деректермен үйлестіріп, мазмұнды, сенімді және контекстке негізделген ақпараттық қолдау көрсетеді. RAG моделін қолдану құжаттық ақпаратпен жұмыс істеудің сапасын арттырып, басқарушылық шешімдерді қабылдаудың тиімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді [8].

Жүргізілген теориялық талдау кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелерін жетілдіруде LLM және RAG модельдерін қолданудың жоғары әлеуетін көрсетеді. LLM модельдерін қолдану электрондық құжат айналым жүйелерінде мәтіндік ақпаратты терең семантикалық деңгейде өңдеуге жағдай жасайды. Бұл құжаттарды автоматты түрде түсіну, қорытындылау және пайдаланушы сұраныстарына табиғи тілде жауап беру мүмкіндіктерін кеңейтеді. Дәстүрлі жүйелермен салыстырғанда, LLM негізіндегі тәсілдер құжат мазмұнын тек формалды белгілер арқылы емес, мағыналық тұрғыдан талдауға мүмкіндік береді.

RAG тәсілі тілдік модельдердің генерация мүмкіндіктерін нақты құжаттық деректермен толықтыру арқылы ақпараттың нақтылығын арттырады. Бұл тәсіл электрондық құжаттар базасынан семантикалық іздеу жүргізіп, алынған релевантты ақпаратты жауап генерациялау барысында пайдалану арқылы қате немесе контекстке сәйкес келмейтін жауаптардың пайда болу ықтималдығын төмендетеді [9].

Қорытынды

Бұл мақалада табиғи тілдерді өңдеу саласындағы заманауи жетістіктер LLM және RAG модельдерінің мүмкіндіктері мен ерекшеліктері талданды. Бұл технологиялардың құжаттық ақпаратпен жұмыс істеу үдерістерін сапалық жаңа деңгейге көтеру әлеуеті бар екені көрсетілді.

Жұмыста қарастырылған тәсілдер электрондық құжат айналым жүйелеріндегі ақпаратты іздеу, талдау және пайдалану тиімділігін арттыруға ықпал етеді. Семантикалық іздеу механизмдерін қолдану және контекстке негізделген жауаптар ұсыну қызметкерлердің құжаттармен жұмыс істеу уақытын қысқартуға, басқарушылық шешімдерді қабылдау үдерісін жеделдетуге мүмкіндік береді.

Бұл кәсіпорындардың цифрлық трансформация талаптарына бейімделуінде маңызды рөл атқарады. LLM және RAG модельдерін кәсіпорынның электрондық құжат айналым жүйелерін жетілдіруде қолдану интеллектуалды жүйелер мен жасанды интеллект саласындағы заманауи перспективалы бағыт болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Ismael A., Okumus I. Design and implementation of an electronic document management system // Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi, 2017, Vol.1, P. 9-17.
2. Захарова О. И. Семантический анализ и синтез текстовых данных // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2024, №4, С. 182-208.
3. Калижанова А., Маликова Ф., Дүйсенбек Ф., Дүйсенбек Н. Мәліметтерді өңдеудің модульдік жүйесін жобалаудың модельдері мен әдістерін зерттеу және құру // ҚазККА хабаршысы, 2023, Т.127. №4, Б. 351-358.
4. Морозов А.А. Исследование нейронных систем для распознавания текстовых изображений // StudNet, 2022, Т. 5. №6, С. 5912-5920.
5. Кайбасова Д.Ж., Маханова Б.М., Сүлеймен А.Е. Қазақ тіліндегі мәтін стилін анықтауда табиғи тілді өңдеу (NLP) әдістері // Университет еңбектері, 2021, №2, Б. 172-176.
6. Pan J., Zhou G., Chang C., et al. A survey of research in large language models for electronic design automation // ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems, 2025, Т.30. №3, P. 1-21.
7. Науменко А. О. Технология RAG (Retrieval-Augmented Generation) как инновационный подход в LLM // Вестник науки, 2025, Т. 5. №8(89), С. 280-289.
8. Siriwardhana S. Weerasekera R., Wen E., Kaluarachchi T., Rana R., Nanayakkara S. Improving the domain adaptation of retrieval augmented generation (RAG) models for open domain question answering // Transactions of the Association for Computational Linguistics, 2023, Т. 11, P. 1-17.

9. Mentch L., Zhou S. «Randomization as Regularization: A Degrees of Freedom Explanation for Random Forest Success» // Journal of Machine Learning Research. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–36.

References

1. Ismael A., Okumus I. Design and implementation of an electronic document management system // Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi, 2017, Vol.1, P. 9-17.
2. Zaharova O. I. Semanticheskij analiz i sintez tekstovyyh dannyyh // Vestnik VGU. Seriya: Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii, 2024, №4, С. 182-208.
3. Kalizhanova A., Malikova F., Dujsenbek F., Dyjsenbek N. Mәlimetterdi өңдеудің modul'dik zhyjesin zhibalaudyң model'deri men әdisterin zertteu zhәne құru // ҚазККА habarshysy, 2023, Т.127. №4, В. 351-358.
4. Morozov A.A. Issledovanie nejronnyh sistem dlya raspoznavaniya tekstovyyh izobrazhenij // StudNet, 2022, Т. 5. №6, S. 5912-5920.
5. Kajbasova D.ZH., Mahanova B.M., Sylejmen A.E. Қазақ тилиндегі мәтін стилін анықтауда табігі тилді өңдеу (NLP) әдістері // Университет еңбектері, 2021, №2, В. 172-176.
6. Pan J., Zhou G., Chang C., et al. A survey of research in large language models for electronic design automation // ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems, 2025, Т.30. №3, P. 1-21.
7. Naumenko A. O. Tekhnologiya RAG (Retrieval-Augmented Generation) kak innovacionnyj podhod v LLM // Vestnik nauki, 2025, Т. 5. №8(89), S. 280-289.
8. Siriwardhana S. Weerasekera R., Wen E., Kaluarachchi T., Rana R., Nanayakkara S. Improving the domain adaptation of retrieval augmented generation (RAG) models for open domain question answering // Transactions of the Association for Computational Linguistics, 2023, Т. 11, P. 1-17.
9. Mentch L., Zhou S. «Randomization as Regularization: A Degrees of Freedom Explanation for Random Forest Success» // Journal of Machine Learning Research. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–36.

Б.Е. Айдәулет, Б.Ж. Умирзаков, Ж.Д. Изтаев*, К.Т. Айхынбай, Л.А. Агатаева

магистр, преподаватель, aidulet@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистрант, umirzakov@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*к.п.н., ассоциированный профессор, zhalgasbek71@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистр, преподаватель, aikhynbai@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистр, старший преподаватель, la.agataeva@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ LLM И RAG В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация

В данной статье рассматриваются теоретические аспекты применения технологий искусственного интеллекта в совершенствовании систем электронного документооборота предприятия. В частности, анализируются современные направления в области обработки естественных языков, возможности моделей Large Language Model и Retrieval-Augmented Generation в работе с документальной информацией. Подчеркиваются ограничения традиционных систем электронного документооборота и обосновывается важность их совершенствования с помощью семантического поиска и контекстно-ориентированных способов представления информации. Модель RAG описывается как эффективный подход, повышающий точность ответов за счет интеграции возможностей генерации языковых моделей с фактическими документальными данными. Кроме того, обсуждается влияние использования этих технологий на эффективность поиска информации, взаимодействие с пользователем и требования информационной безопасности. Результаты исследования позволяют рассматривать модели LLM и RAG как перспективное направление интеллектуализации систем электронного документооборота предприятия, а также определяют

потенциал их применения в будущих практических системах.

Ключевые слова: электронный документооборот, EDMS, искусственный интеллект, обработка естественного языка, LLM, модель RAG, информационная система

В.Е. Aidautet, В.Ж. Umirzakov, Zh.D. Iztayev*, К.Т. Aikhynbay, L.A. Agatayeva

Master of Science, Lecturer, aidautet@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Master's student, umirzakov@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, zhalgasbek71@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Master of Science, Lecturer, aikhynbai@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

Master of Science, Senior Lecturer, la.agataeva@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

APPLICATION OF LLM AND RAG MODELS IN IMPROVING ENTERPRISE ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS

Abstract

This article discusses the theoretical aspects of the use of artificial intelligence technologies in improving the electronic document management systems of the enterprise. In particular, modern trends in the field of natural language processing, the possibilities of Large language Model and Retrieval-Augmented Generation models in working with documentary information are analyzed. The limitations of traditional electronic document management systems are shown and the importance of improving them through semantic search and ways of presenting context-based information is substantiated. The RAG model is described as an effective approach that increases the accuracy of responses by combining the generation capabilities of language models with specific documentary data. In addition, the impact of the use of these technologies on the efficiency of Information Retrieval, interaction with the user and information security requirements will be discussed. The results of the study allow us to consider the LLM and RAG models as a promising direction in the intellectualization of electronic document management systems of the enterprise, and also determine the potential for their application in practical systems in the future.

Keywords: Electronic Document Management, EDMS, artificial intelligence, natural language processing, LLM, RAG model, Information System.

Г.Ш. Досанова*

магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент Қазақстан

*Корреспондент авторы: gulzhanai.dosanova@mail.ru

АРДУИНО ЖӘНЕ УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ СЕНСОРМЕН ҚАШЫҚТЫҚТЫ ӨЛШЕУ БАҒДАРЛАМАСЫН ҚҰРАСТЫРУ

Түйін

Arduino платформасы әртүрлі сенсорлар мен электронды құрылғыларды біріктіру арқылы көптеген инженерлік, білім беру және практикалық жобаларды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Мақалада ультрадыбыстық сенсор арқылы объектілерге дейінгі қашықтықты анықтаудың физикалық принциптері, өлшеу әдістері, сигналдарды өңдеу алгоритмдері және Arduino шағынконтроллерімен бағдарламалық өзара әрекеттесу қарастырылады. Құрылғы робототехникада, автоматтандырылған басқару және бақылау жүйелерінде, қауіпсіздік технологияларында, навигацияда және ақылды құрылғыларды жобалауда қолданылады. Сондай-ақ, жүйе оқу процесінде практикалық дағдыларды қалыптастыруға, инженерлік ойлауды дамытуға және схемотехника мен ендірілген жүйелер принциптерін игеруге ықпал етеді. Байланыс схемасы, калибрлеу және нәтижелерді сериялық порт арқылы шығару сипатталған; қателік көздері, өлшеулердің қайталану шарттары және нақты жағдайларда орнату бойынша ұсыныстар көрсетілген.

Кілттік сөздер пьезоэлемент, датчик, сигнал, диод, микросерво, макеттік плата, сенсор, электроқозғалтқыш.

Кіріспе

Ардуино – бұл бүкіл әлем бойынша әзірлеушілер қолдайтын өте танымал электронды құрылғыларды құруға арналған бағдарламалық және аппараттық платформа. Платформа әртүрлі датчиктер, сенсорлар, қозғалтқыштар және басқа түйіндердің көмегімен сыртқы әлеммен байланысуға және өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді. Платформа құрылымы екі негізгі бөліктен тұрады бағдарламалық және аппараттық қамтамасыз ету. Бағдарламалық жасақтама ретінде Windows, Linux және Mac OS операциялық жүйелерін қолдайтын Arduino IDE ортасы қолданылады [1].

Arduino - электроника, автоматика процесстерін басқару және робототехника салаларында қарапайым жүйелерді, модельдерді құруға және олардың алғашқы нұсқасын жасауға арналған аппараттық-бағдарламалық құралдар.

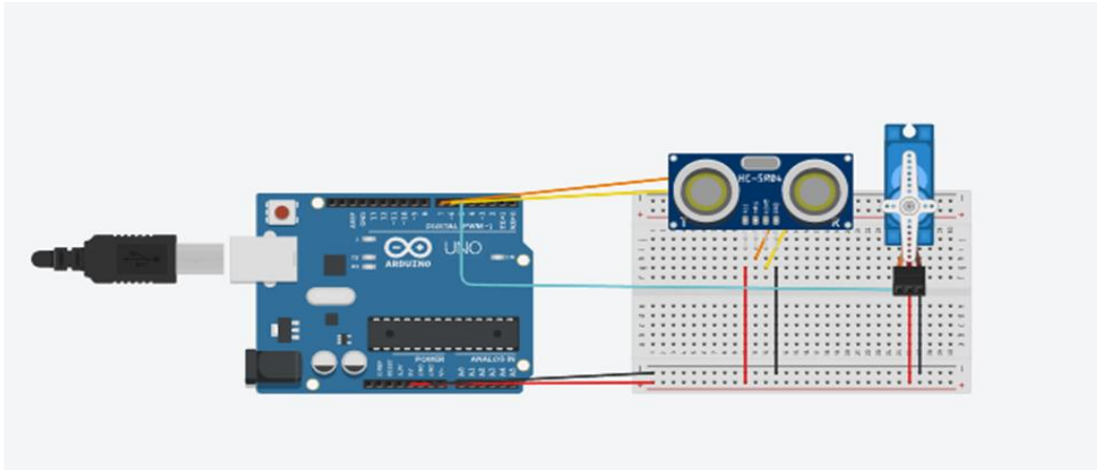
Arduino - бұл сандық құрылғыларды құруға арналған (Arduino Uno, Nano, Mega және т.б.) бір тақталы шағынконтроллерлерден тұрады.

Бағдарламалық бөлігі бағдарламаларды құрастыруға және аппаратураны басқаруға арналған бағдарламалық қабықша (IDE) деп айтсақ болады[2].

Arduino платформасының аппараттық бөлігі шағынконтроллерлік плата болып табылады. Бұл құралдармен бағдарламаларды жүктеуімізге және басқа сұлбалармен қатар жұмыс істеуге мүмкіндік береді[3-5].

Материалдар мен әдістер

Теориялық талдау. Ардуино платформасында аппараттық құрал ретінде әртүрлі тақталар қолданылады. Шағынпроцессорлар мен шағынконтроллерлер арасындағы негізгі айырмашылықтарды қарастырайық. Шағынпроцессордың негізгі мақсаты - деректерді өңдеу болып табылады. Бұл деректер бағдарламашылар жазған арнайы бағдарлама бойынша өңделеді. шағынконтроллер дегеніміз бұл - бір ғана микросхеманың ішінде орналасқан, яғни белгілі бір құрылғыны немесе жүйені басқаруға арналған шағын компьютер болып табылады. Arduino келесідей бөліктерден тұрады:



Сурет- 1. Arduino аппараттық платформасы

1 – ATmega328 шағын контроллері; 2 – пиндер, 3 – қалпына келтіру батырмасы, 4 – қуат порты, 5 – USB – порт; 6 – қуат индикаторы; 7 – мәліметтер индикаторы ATmega328 шағын контроллер – платаның миы. ATmega328 - 23 кб көлемді флеш-жады, 2 кб жедел есте сақтау құрылғысы және 16 МГц тактілік жиілікке ие. Пиндер осы кішкене порттарға сымдармен жалғанады. Arduinoда қайта жүктелуі процесі жүреді де, платформада жүктелген файл қайтадан өңделеді. Егер жүйе дұрыс жұмыс жасамаса, онда қалпына келтіру батырмасын басу қажет болады[4].

Пьезодинамикалар. Электронды жинақтардағы негізгі дыбыс шығарғыш болып табылатын ол - пьезоэлемент.



Сурет 2. Пьезоэлементтер.

Ультра дыбыстық датчиктер адамға естілмейтін радио импульстарын жіберу арқылы шағылысқан радио сигналымен қоршаған кеңістіктегі заттардың қозғалысын анықтайтын болады[7].

Ультрадыбыстық қашықтықты өлшегіш негізгі жұмыс жасау принципі. Ультрадыбыстық қашықтықты өлшегіш (HC-SR04 сияқты) ультрадыбыстық толқындарды пайдалана отырып, объектіге дейінгі қашықтықты өлшейтін болады.



Сурет-3. Ультра дыбыстық құрал

Бұл құралдың жұмысы негізінен екі компонентке сүйенеді:

1. Жіберу датчигі (Trigger): Бұл компонент ультрадыбыстық толқындарды жібереді.
2. Қабылдау датчигі (Echo): Бұл компонент толқындарды қабылдап, олардың қайтып оралу уақытын өлшейді.

3. Толқынның объектіге жету уақытын өлшеу арқылы оның қашықтығын анықтауға болады. Ультрадыбыстық толқындардың жылдамдығы белгілі болғандықтан, қашықтықты формула арқылы есептеуге болады[8].

4. HC-SR04 Ультрадыбыстық қашықтықты өлшегіш құралының құрылымы HC-SR04 модулі екі негізгі бөліктен тұрады:

Trig Pin: Бұл пин арқылы ультрадыбыстық толқындарды жіберу командасы беріледі.

Echo Pin: Бұл пин арқылы ультрадыбыстық толқындардың қайтып оралу уақытын қабылдайды.

5. Объектіге дейінгі қашықтық өлшеу үшін бұл екі пиннің уақыт аралығы есептелініп шығарылады.

6. Микросерво — бұл шағын электр моторы, көбіне нақты бұрылыс бұрышына жету үшін қолданылатын механизм. Ардуино мен микросерволды бірге қолдану өте танымал, себебі серво моторы ардуино басқаруымен жоғары дәлдікпен орын ауыстыруы мүмкін. Микросервоның ерекшелігі — оған қуат аз кетеді және оның басқару мүмкіндігі жоғары. Микросервоның негізгі сипаттамалары:

Күштілік: Шағын құрылғыларға қарағанда жоғары момент күші.

Нақты бұрылу: Микросерво бұрышы дәл басқаруға мүмкіндік береді, көбіне 0-ден 180 градусқа дейін.

Энергия тұтыну: Микросерво өте аз қуат тұтынадықтан ол батареямен де жұмыс істей алады [6].

Нәтижелер мен талқылау. Ультрадыбыстық толқындардың жылдамдығы шамамен 343 м/с болып табылады. Қашықтықты есептеу үшін мынадай формула қолданылады[7]:

Ескерту: Қашықтықты есептеу барысында уақыт екіге бөлінеді, өйткені толқын алдымен объектіге жетіп, содан кейін қайтып оралады.

Arduino-мен HC-SR04 құралын байланыстыру үшін HC-SR04 ультрадыбыстық модулін Arduino тақтасына қосу үшін келесі сымдарды пайдалану керек:

- VCC: 5V (Arduino-ның 5V пиніне қосылады)
- GND: GND (Arduino-ның GND пиніне қосылады)
- Trig Pin: Arduino-ның кез келген сандық пиніне (мысалы, 9 пин)
- Echo Pin: Arduino-ның кез келген сандық пиніне (мысалы, 10 пин)

Arduino платформасындағы бағдарлама коды:

Алдымен, біз Trig және Echo пиндерін анықтап, кейін ультрадыбыстық толқындардың уақытын өлшейміз.

```
//HC-SR04 пинде
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 10;
// Қашықтықты сақтау үшін айнымалы
Long duration;
int distance;
void setup() {
// Serial мониторды бастау
Serial.begin(9600);
// Пиндерді шығару және кіріс ретінде орнату
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);
void цикл() {
// Trig пинін төменгі деңгейге орнату (0)
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
// Trig пинін жоғары деңгейге орнату (1)
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
// Trig пинін қайтадан төменгі деңгейге орнату
digitalWrite(trigPin, LOW);
// Echo пинінен қайтарылған сигналдың ұзақтығын оқу
Duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
// Қашықтықты есептеу (формула бойынша)
distance = (duration * 0.0343) / 2;
// Қашықтықты Serial мониторда көрсету
Serial.print("Қашықтық: ");
Serial.print(distance);
Serial.println("см");
// Кішкене кідіріс
delay(500)
```

pinMode(trigPin, OUTPUT) және pinMode(echoPin, INPUT); командалары арқылы **Trig** және **Echo** пиндерінің жұмыс режимдері орнатылатын болады. digitalWrite(trigPin, HIGH); және digitalWrite(trigPin, LOW); командаларымен Trig пині арқылы ультрадыбыстық импульс жіберу үшін қолданылатын болады. pulseIn(echoPin, HIGH); функциясы **Echo** пинінен қайтып келген сигналды қабылдап, оның ұзақтығын өлшейді; Ал distance=(duration*0.0343)/2; формуласы арқылы ультрадыбыстық толқынның таралуына байланысты объектіге дейінгі қашықтықты есептеуге болады [7-8].

Қорытынды

HC-SR04 ультрадыбыстық қашықтықты өлшегіш құралын Arduino платформасымен бірге пайдалану өте қарапайым және қызықты процесс. Бұл құрал көптеген жобаларда қолданылады және сонымен қатар, оның ішінде роботтар, қашықтықты өлшеу жүйелері, автоматты есік ашу және т.б. Arduino-ны қолдану арқылы біз тұрмысқа қажетті түрлі техникалық электронды құрылғыларды жасауымызға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Мачульский И.И. Робототехнические системы и комплексы. М.: Транспорт, 2021. С. 443–446.
2. Дунаев В. HTML, сценарии и кадры. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург-М., 2021. С.500–527.
3. Дронов В. HTML5, CSS3 и Web2.0. Разработка современных вебсайтов/В.Дронов-СПб.: БХВ-Петербург, 2020. С. 400-416.
4. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов. - 2-е изд. верно. И доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. с.420– 480.
5. Интернет-вешей / А. В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ит. Гребешков, М.Ит. Самсонов; под ред. А. В. Рослякова. - Самара: ПГУТИ, ООО "Издательство Ас Гард", 2014. - 340 С.
6. Садков А. А. Беспроводные сенсорные сети. Учебный курс. Нижний Новгород: Лаборатория физических основ и технологий беспроводной связи. 2022, С. 314-324.
7. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Высочин В.П. Сети мобильной связи LTE / LTE Advanced: технологии 4G, приложения и архитектура. М.: Media-Publisher, 2023 г. С. 384-394.
8. Тихвинский В.О., Бочечка Г.С., Нургожин Б.И., А. А. Чубаковз. Сети IoT/M2M: технологии, приложения и регулирование. Алматы, Изд-во "АК-Шагыл", 2022, С. 321-324.

References

1. Machul'skij I.I. Robototekhnicheskie sistemy i kompleksy. M.: Transport, 2021. S. 443– 446.1.
1. Mahul'skij I.I. Robototekhnicheskie sistemy i kompleksy. M.: Transport, 2021. S. 443– 446.
2. Dunaev V. HTML, scenarii i kadry. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg-M., 2021. S.500–527.
3. Dronov V. HTML5, CSS3 i Web2.0. Razrabotka sovremennyh vebajtov/V.Dronov-SPb.: BHV-Peterburg, 2020. S. 400-416.
4. Zenkevich S.L., YUshchenko A.S. Osnovy upravleniya manipulyacionnymi robotami: uchebnik dlya vuzov. - 2-e izd. verno. I dop. M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Baumana, 2021. s.420– 480.
5. Internet-veshej / A. V. Roslyakov, S.V. Vanyashin, A.It. Grebeshkov, M.It. Samsonov; pod red. A. V. Roslyakova. - Samara: PGUTI, ООО "Izdatel'stvo As Gard", 2014. - 340 S.
6. Sadkov A. A. Besprovodnye sensornye seti. Uchebnyj kurs. Nizhnij Novgorod: Laboratoriya fizicheskikh osnov i tekhnologij besprovodnoj svyazi. 2022, S. 314-324.
7. Tihvinskij V.O., Terent'ev S.V., Vysochin V.P. Seti mobil'noj svyazi LTE / LTE Advanced: tekhnologii 4G, prilozheniya i arhitektura. M.: Media-Publisher, 2023 g. S. 384-394.
8. Tihvinskij V.O., Bochechka G.S., Nurgozhin B.I., A. A. CHubakovz. Seti IoT/M2M: tekhnologii, prilozheniya i regulirovanie. Almaty, Izd-vo "AK-SHagyl", 2022, S. 321-324.

Г. Ш. Досанова*

*магистр, преподаватель, gulzhanai.dosanova@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ С ПОМОЩЬЮ АРДУИНО И УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА

Аннотация

Платформа Arduino позволяет реализовывать множество инженерных, образовательных и практических проектов за счёт интеграции различных датчиков и электронных устройств. В статье рассматриваются физические принципы определения расстояния до объектов с помощью ультразвукового датчика, методы измерения, алгоритмы обработки сигналов и программное взаимодействие с микроконтроллером Arduino. Устройство применимо в робототехнике, системах автоматизированного управления и мониторинга, технологиях безопасности, навигации и проектировании интеллектуальных устройств. Также система способствует формированию практических навыков в учебном процессе, развитию инженерного мышления и освоению принципов

схемотехники и встраиваемых систем. Описаны схема подключения, калибровка и вывод результатов через последовательный порт; отмечены источники погрешности, условия повторяемости измерений и рекомендации по настройке в реальных условиях.

Ключевые слова: пьезоэлемент, датчик, сигнал, диод, микросерво, макетная плата, сенсор, электродвигатель.

G. Sh. Dosanova*

*Master's degree, lecturer, gulzhanai.dosanova@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

DEVELOPING A PROGRAM FOR MEASURING DISTANCE USING ARDUINO AND AN ULTRASONIC SENSOR

Abstract

The Arduino platform enables the implementation of a variety of engineering, educational, and practical projects by integrating various sensors and electronic devices. This article examines the physical principles of determining the distance to objects using an ultrasonic sensor, measurement methods, signal processing algorithms, and software interaction with the Arduino microcontroller. The device is applicable in robotics, automated control and monitoring systems, security technologies, navigation, and the design of smart devices. The system also promotes the development of practical skills in the educational process, the development of engineering thinking, and the mastery of circuit design principles and embedded systems. The article describes the connection diagram, calibration, and the output of results via a serial port. It also highlights sources of error, conditions for measurement repeatability, and recommendations for setting up in real-world conditions.

Keywords: piezoelectric element, sensor, signal, diode, microservo, development board, sensor, electric motor.

Zh.D. Iztayev¹, D.K. Seitkulov¹, B.E. Aidautlet^{1*}, S.D. Kurakbayeva¹, Sh. Ganbari²

¹Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Master's student, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Master of Science, Lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Candidate of Technical Sciences, Professor, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

²PhD, Associate Professor, Islamic Azad University, Ashtian Branch, Iran

*Corresponding author's email: bekarys.aidautlet@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT QUESTION ANSWERING SYSTEM FOR PROCESSING LEGISLATIVE TEXTS USING TRANSFORMER MODELS

Abstract

This paper presents the development of an intelligent question answering system for processing legislative texts using transformer models. The proposed approach is based on natural language processing techniques and semantic similarity computation between user queries and normative legal documents. Pre-trained transformer-based language models, including KazBERT and XLM-RoBERTa, are employed to generate vector representations of textual data. Semantic similarity between questions and legislative articles is calculated using the cosine similarity metric, and the most relevant text fragments are selected using an extractive method. The system is implemented as a modular web-based software solution, enabling scalability and further model integration. Experimental evaluation conducted on a corpus of legislative acts of the Republic of Kazakhstan demonstrates satisfactory performance in terms of Accuracy, F1-score, and response time, confirming the applicability of the proposed system for automated intelligent legal information systems.

Keywords: semantic analysis, intelligent system, question and answer system, natural language processing, model, artificial intelligence.

Introduction

At the present stage, the rapid development of information technologies has a significant impact on all spheres of society, including the legal system. The process of digitalization necessitates expanding access to legislative information and establishing effective mechanisms for its processing and use. However, the complex structure and formal language of legislative texts make information comprehension difficult for ordinary users. In this regard, the application of intelligent information systems in the legal domain has become one of the pressing issues [1].

In recent years, question-answering systems based on Natural Language Processing (NLP) and artificial intelligence technologies have been developing intensively. Such systems enable the automatic retrieval and presentation of semantically relevant information by processing user queries formulated in natural language. Nevertheless, most studies in this field are focused on English or Russian, while the number of solutions designed to work with Kazakh-language legislative texts remains limited. The agglutinative nature of the Kazakh language, the scarcity of linguistic resources, and the lack of sufficiently annotated datasets significantly complicate the development of intelligent systems for this domain [2].

Materials and Methods

Overview of Intelligent Systems for Processing Legislative Texts

In recent years, intelligent question-answering systems designed for the automated processing of legislative information have been developing rapidly and have become an essential component of the digitalization of legal services. The primary objective of such systems is to promptly provide relevant legal norms, regulatory acts, or interpretations in response to user queries expressed in natural language. At present, a number of analogous systems are in use at both global and regional

levels.

At the international level, some of the most widely used legal information systems include the LexisNexis and Westlaw platforms. These systems offer intelligent search mechanisms based on extensive databases of legislative materials and judicial practice. However, the aforementioned platforms operate on a subscription-based model and provide limited support for the Kazakh language [3].

Systems such as Harvey AI and Casetext (CoCounsel) employ transformer-based large language models to analyze legal documents, answer legal queries, and process contracts. The main advantages of these systems lie in their high contextual relevance and accuracy of responses. Nevertheless, they are predominantly designed to operate in English [4].

In the Republic of Kazakhstan, the adilet.zan.kz portal provides official texts of legislative acts. However, this portal relies on traditional keyword-based search and does not fully support intelligent question-answering functionality. A comparative analysis of existing legislative information systems is presented in Table 1.

Table 1 – Comparative Analysis of Analogous Systems for Legislative Information Processing

No.	System Name	Application Domain	Supported Languages	Intelligent QA	Adaptation to National Legislation	Accessibility
1	LexisNexis	International law, case law	English and other languages	Yes	No	Paid
2	Westlaw	Legal search and analytics	English	Yes	No	Paid
3	Harvey AI	Document analysis, legal advisory services	English	Yes	No	Paid
4	Casetext (CoCounsel)	Legal analytics	English	Yes	No	Paid
5	adilet.zan.kz	Legislative acts of the Republic of Kazakhstan	Kazakh, Russian	No	Yes	Free

Most existing systems are primarily designed for professional lawyers and operate in foreign languages. From this perspective, the development of a domestic intelligent question-answering system for processing Kazakh-language legislative information represents a relevant and necessary scientific and practical task [5].

Description of Data Processing Methods

During the study, the dataset consisted of the current normative legal acts of the Republic of Kazakhstan. The legal texts were obtained from the adilet.zan.kz portal as the primary data source.

The dataset included key codes and laws in the fields of labor law, civil law, and administrative law. Legal texts were structured by articles and clauses, with each article considered as a separate textual unit. Overall, the dataset comprised several thousand legal articles. During the preprocessing stage, the texts were cleaned of extraneous characters and standardized into a uniform format.

In the development of the intelligent question-answering system, contemporary Natural Language Processing (NLP) and machine learning methods were applied, taking into account the specific features of legislative information processing, as summarized in Table 2. The proposed system is designed to semantically analyze user queries and automatically retrieve the relevant

information from the legislative database [6].

Table 2 – Data Processing Stages and Methods

No.	Stage Name	Method / Algorithm	Brief Description
1	Text Preprocessing	Tokenization, Normalization	Standardizing the format of queries and legal texts, reducing linguistic noise
2	Semantic Vectorization	KazBERT, XLM-RoBERTa	Creating semantic vector representations of the texts
3	Similarity Calculation	Cosine Similarity	Determining semantic closeness between the query and legal texts
4	Answer Generation	Extractive Method	Directly retrieving the relevant article or excerpt from the legal text
5	Evaluation of Results	Accuracy, F1-score, Time	Assessing the quality of responses and system performance

Figure 1 illustrates the overall workflow of the intelligent question-answering system. First, the user query is received by the system and undergoes the preprocessing stage, during which the text is cleaned and transformed into a format suitable for further processing.

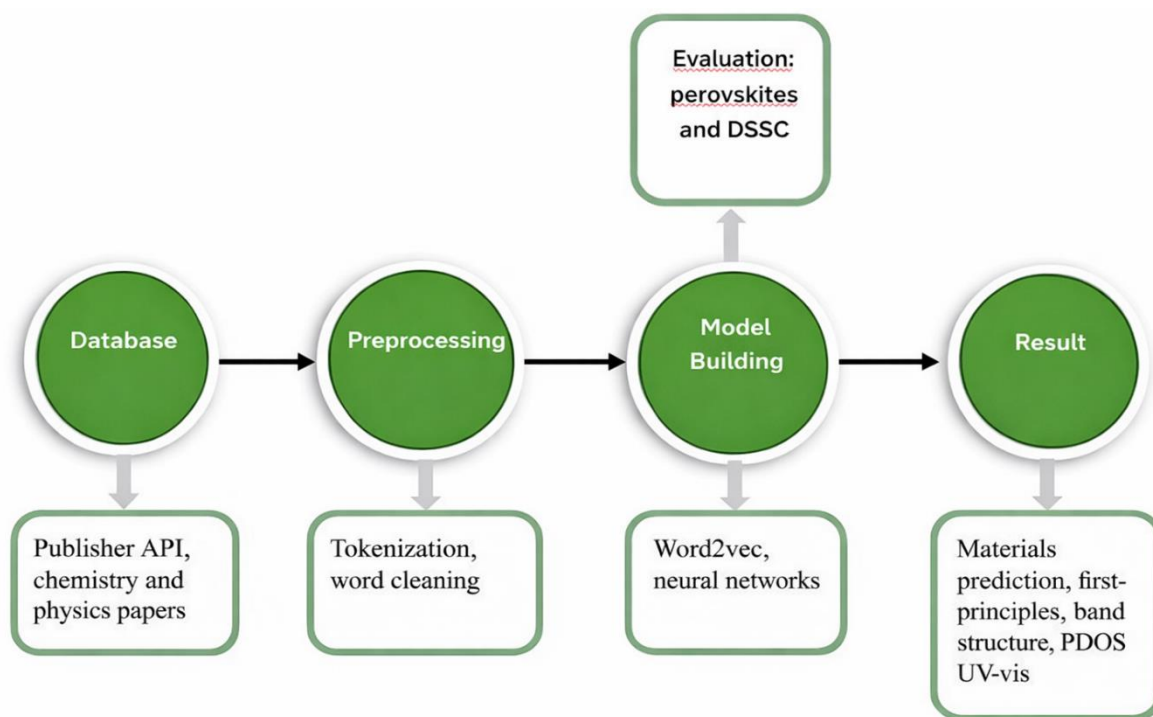


Figure 1 – Operation algorithm of the intelligent question answer system

In the second stage, the user query and legislative texts are transformed into vector representations using semantic models. The semantic similarity between the resulting vectors is calculated using the cosine similarity metric. Legal articles with the highest similarity scores are selected for answer generation.

At the final stage, the system presents the user with the relevant legal article or a concise excerpt extracted from the legislative text. Thus, the proposed scheme fully illustrates the data processing and response generation workflow of the intelligent question-answering system. The system’s operational

algorithm begins with storing data in the database, followed by a preprocessing stage. Based on the processed data, a model is constructed, and the resulting outputs are subsequently stored in the database.

Additionally, the proposed approach ensures a scalable architecture that can be extended to other branches of law by expanding the legislative dataset. The use of semantic models improves the robustness of the system when handling linguistically complex and context-dependent legal queries. Overall, the developed algorithm enhances the accessibility of legislative information for non-expert users while maintaining acceptable accuracy and response time [7].

Architecture of the Intelligent Question-Answering System

The architecture of the proposed intelligent question-answering system is based on modular and multi-layered principles. According to the stages presented in Table 3, the architecture covers all key processes, from receiving a user query to generating a precise response based on legislative information.

Table 3 – Description of the System Architecture and Its Modules

No.	Layer Name	Module Name	Brief Description
1	User Interaction Layer	Web/Chat Interface	User queries are accepted in natural language. The interface is user-friendly and does not require legal expertise.
2	Preprocessing Layer	Text Preprocessing and Linguistic Analysis	Text cleaning, tokenization, lemmatization, and removal of stop words are performed.
3	Semantic Analysis Layer	Semantic Matching	Semantic similarity between the user query and legislative texts is determined.
4	Data Storage Layer	Legislative Database	Normative legal acts of the Republic of Kazakhstan are stored. Legal texts are structured by articles and clauses.
5	Result Presentation Layer	Answer Generation Module	A response is generated and presented to the user based on the selected legal norms.

The proposed architectural solution enables future system scalability, supports the integration of new legislative data, and allows for the incorporation of more advanced artificial intelligence models, thereby enhancing the overall functionality and adaptability of the system. The layered architecture ensures clear separation of responsibilities between modules, which improves system maintainability, facilitates debugging, and supports efficient updates as legal regulations and AI technologies evolve [8].

Results and discussion

To assess the performance of the proposed intelligent question-answering system, legal queries formulated in the Kazakh language were used, and the system's ability to provide correct answers was evaluated. For the experiment, 50 questions related to common legal issues encountered in everyday life were selected. For each question, the correct answer in the form of a relevant legal article or its content was determined in advance.

The evaluation results show that the system demonstrated stable and reliable performance. The accuracy level reached 82%, indicating that the system was able to correctly answer the majority of the legislative questions. The F1-score value of 0.81 confirms that the balance between the precision and completeness of the answers is at a satisfactory level. The average response time ranged from 2 to 3 seconds, which makes the system convenient for practical use.

Overall, the experimental results confirm the effectiveness of the proposed intelligent question-answering system in processing legislative information. The system was able to identify relevant legal provisions based on semantic meaning even when the user queries did not contain exact legal terminology. This is particularly important for non-expert users, as many citizens are not familiar with formal legal language, and therefore require intuitive and accessible tools for obtaining legal information.

In addition, the obtained results indicate that the use of semantic models significantly improves the system's robustness when handling linguistically diverse and context-dependent queries. The system demonstrates the potential to reduce the time and effort required to search for relevant legal information compared to traditional keyword-based search tools. These findings suggest that the proposed approach can serve as a practical foundation for developing user-oriented legal information services in the Kazakh language and can be further enhanced by expanding the dataset and incorporating more advanced language models.

Conclusion

This study examined the technology for developing an intelligent question-answering system designed to process legislative information in the state language. The primary objective of the system is to automatically identify and present relevant legal articles in response to legislative queries formulated in the Kazakh language.

The experimental results demonstrated that the system is capable of correctly answering the majority of the submitted queries. Compared to traditional keyword-based search approaches, the intelligent method proved to be more effective, as it takes into account the semantic meaning of the user's question and enables the retrieval of contextually relevant legal norms.

The proposed intelligent question-answering system facilitates access to legislative information in the state language and can contribute to improving users' legal awareness. In future work, the system's capabilities may be further enhanced by expanding the dataset and integrating generative response modules, thereby increasing both the coverage and the expressiveness of the provided answers.

References

1. Rajchandar K., Gupta P., Suthar G., Sidhu K. S., Sarkar R., Satyanarayana P. Natural Language Processing for AI-Powered Legal Document Analysis // 2025 International Conference on Computing Technologies & Data Communication (ICCTDC), 2025. P. 1-5.
2. Usen E.B. Application of neural network models for semantic analysis of publications in social mediasocial networks // International Scientific Journal "BULLETIN OF SCIENCE", 2025, vol. 4. No. 2(83), pp. 480-485.
3. Baegizova A. S., Myrzabekova G. E., Alimagambetova A. Z., Mukhamedrakhimova G. I., Kassim M. analysis of short texts using intelligent clustering methods // International Journal of information and communication technologies, 2025, Vol.6. No. 2, p.23-36.
4. Kaibasova D. zh., Makhanova B. M., Suleimen A. E. methods of Natural Language Processing (NLP) in determining the text Stilin in the Kazakh language // university proceedings, 2021, No. 2, p. 172-176.
5. Esengabylov I., Aldabergenova A., Orazbayeva A., Adambekova A., Zhapsarbayev G. Analysis of the practical application of neural networks for handwriting recognition // Bulletin of KazATK, No.136(1), pp.155-161.
6. Nithya M., Harini S., Kavyadharshini S., Srinidhi K. AI-Driven Legal Automation to Enhance Legal Processes with Natural Language Processing // International Conference on IoT Based Control Networks and Intelligent Systems (ICICNIS), 2024, №1, P. 1246-1253.

7. ӘАканов В. В., Muratovich D. modern technologies for creating a chat bot // Bulletin of the Kazakh-American Free University, 2021, No. 3, p. 233-238.
8. Zakharova O. I. Semantic analysis and synthesis of textual data // VSU Bulletin. Series: System Analysis and Information Technologies, 2024, No. 4, pp. 182-208.

Ж.Д. Изтаев¹, Д.К. Сейткулов¹, Б.Е. Айдәулет^{1*}, С.Д. Куракбаева¹, Ш. Ганбари²

¹п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, zhalgasbek71@mail.ru, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистрант, seitkulov.daulet80@gmail.com, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, оқытушы, bekarys.aidalet@mail.ru, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.к., профессор, sevam@mail.ru, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²PhD, қауымдастырылған профессор, myrshg@gmail.com, Ислам Азад университеті, Аштиан, Иран

ТРАНСФОРМЕРЛІК МОДЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЗАҢНАМАЛЫҚ МӘТІНДЕРДІ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ СҰРАҚ-ЖАУАП ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Түйін

Бұл мақалада трансформерлік модельдерді қолдану арқылы заңнамалық мәтіндерді өңдеуге арналған интеллектуалды сұрақ-жауап жүйесін әзірлеу қарастырылады. Ұсынылған тәсіл пайдаланушы сұрағы мен нормативтік-құқықтық актілер арасындағы семантикалық ұқсастықты анықтауға негізделген табиғи тілдерді өңдеу әдістеріне сүйенеді. Мәтіндердің векторлық көріністерін қалыптастыру үшін алдын ала оқытылған KazBERT және XLM-RoBERTa трансформерлік тілдік модельдері пайдаланылды. Семантикалық ұқсастық cosine similarity метрикасы арқылы есептеліп, ең сәйкес заңнамалық мәтін фрагменттері экстрактивті әдіс негізінде таңдалып алынады. Жүйе модульдік архитектураға ие веб-негізделген бағдарламалық шешім ретінде іске асырылды. Қазақстан Республикасының заңнамалық актілері корпусында жүргізілген эксперименттік бағалау нәтижелері жүйенің дәлдік (Accuracy), F1-score және жауап беру уақыты көрсеткіштері бойынша қанағаттанарлық нәтижелер көрсететінін дәлелдейді және оны интеллектуалды құқықтық ақпараттық жүйелерді автоматтандыруда қолдануға болатынын көрсетеді.

Кілттік сөздер: семантикалық талдау, интеллектуалды жүйе, сұрақ-жауап жүйесі, табиғи тілдерді өңдеу, модель, жасанды интеллект.

Ж.Д. Изтаев¹, Д.К. Сейткулов¹, Б.Е. Айдәулет^{1*}, С.Д. Куракбаева¹, Ш. Ганбари²

¹к.п.н., ассоциированный профессор, zhalgasbek71@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹магистрант, seitkulov.daulet80@gmail.com, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹магистр, преподаватель, bekarys.aidalet@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹к.т.н., профессор, sevam@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²PhD, ассоциированный профессор, myrshg@gmail.com, Исламский университет Азад, Аштиан, Иран

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ВОПРОСНО-ОТВЕТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫХ ТЕКСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСФОРМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

Аннотация

В статье рассматривается разработка интеллектуальной вопросно-ответной системы для обработки законодательных текстов с использованием трансформерных моделей. Предлагаемый подход основан на методах обработки естественного языка и вычисления семантического сходства между пользовательским запросом и нормативно-правовыми актами. Для получения векторных представлений текстов применяются предобученные трансформерные языковые модели KazBERT и

XLM-RoBERTa. Оценка семантической близости осуществляется с использованием метрики cosine similarity, после чего релевантные фрагменты законодательных текстов извлекаются экстрактивным методом. Архитектура системы реализована в виде модульного веб-ориентированного программного решения, обеспечивающего масштабируемость и возможность интеграции дополнительных моделей. Экспериментальная проверка на корпусе законодательных актов Республики Казахстан показала, что разработанная система обеспечивает удовлетворительные показатели точности (Accuracy), F1-score и времени отклика, что подтверждает ее применимость для автоматизированных интеллектуальных правовых информационных систем.

Ключевые слова: семантический анализ, интеллектуальная система, система вопросов и ответов, обработка естественного языка, модель, искусственный интеллект.

Ж.Д. Изтаев^{1*}, Н.А. Абдусалиев¹, А.К. Алиев¹, А.Т.Калбаева¹, Б.Б. Муминов²

¹п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²т.ғ.д., профессор, Ташкент мемлекеттік экономика университеті, Ташкент, Өзбекстан

*Корреспондент авторы: zhalgasbek71@mail.ru

КАДРЛАРДЫ БАҒАЛАУ МОДЕЛІ ЖӘНЕ РЕЙТИНГ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУДАҒЫ ТИІМДІ ӘДІСТЕР МЕН АЛГОРИТМДЕР

Түйін

Бұл мақалада кіші және орта кәсіпорындарда (КжОК) қызметкерлердің жұмыс сапасын арттыруға бағытталған кадрларды бағалау және рейтингтік жүйені құру тәсілдері қарастырылды. Зерттеудің негізгі мақсаты – персоналды бағалау саласында кең таралған үш әдістің (АНР, TOPSIS және XGBoost) тиімділігін салыстыру және олардың КжОК жағдайында қолданылу мүмкіндігін талдау. Зерттеу барысында ашық HR-аналитика деректер жиыны негізінде критерийлер жүйесі қалыптастырылып, АНР әдісі арқылы бағалау критерийлерінің салмақ коэффициенттері есептелді. TOPSIS әдісі көмегімен көпкритерийлі рейтинг құрылып, қызметкерлердің интегралды бағасы анықталды. Сонымен қатар XGBoost алгоритмі негізінде деректерге сүйенген болжамдық модель құрастырылып, рейтингтің машиналық оқыту арқылы қалыптасу ерекшеліктері қарастырылды. Алынған нәтижелер әдістердің артықшылықтары мен шектеулерін көрсетіп, кіші және орта кәсіпорындарда үшін рейтинг жүйесін енгізуде түсіндірмелілік, енгізу күрделілігі және деректер сапасына тәуелділік факторлары шешуші екенін дәлелдеді. Зерттеу қорытындысы бойынша кіші және орта кәсіпорындарда жағдайында рейтингтік бағалау жүйесін тиімді енгізудің перспективалы бағыты ретінде сараптамалық және деректерге негізделген тәсілдерді біріктіретін гибриді модельдерді қолдану ұсынылады.

Кілттік сөздер: кадрларды бағалау, рейтинг жүйесі, АНР, TOPSIS, XGBoost, кіші және орта кәсіпорындар, HR-аналитика, көпкритерийлі шешім қабылдау.

Кіріспе

Қазіргі уақытта кіші және орта кәсіпорындардың (КжОК) бәсекеге қабілеттілігін арттырудағы негізгі факторлардың бірі – адами ресурстарды тиімді басқару және қызметкерлердің жұмыс нәтижесін тұрақты бақылау болып табылады. Өндірістік және сервистік қызмет түрлерінде жұмыс сапасы көбіне қызметкердің кәсіби құзыреттілігіне, орындаушылық тәртібіне, жауапкершілік деңгейіне, сондай-ақ командалық ортадағы белсенділігіне тікелей тәуелді. Осыған байланысты ұйымдарда персоналды бағалау үдерісін жүйелеу және нәтижеге негізделген басқару шешімдерін қабылдау қажеттілігі жыл сайын артып келеді.

КжОК сегментінде кадрларды бағалау жүйесін енгізудің маңыздылығы ерекше, себебі мұндай ұйымдарда басқару құрылымы салыстырмалы түрде ықшам, кадр ресурсы шектеулі және қызметкердің жалпы нәтижеге ықпалы жоғары болады. Дегенмен тәжірибе көрсеткендей, көптеген кәсіпорындарда қызметкерлерді бағалау көбіне субъективті пікірге, жетекшінің жеке бақылауына немесе формалды есептерге сүйенеді. Мұндай тәсілдер қызметкерлердің нақты үлесін әділ өлшеуге мүмкіндік бермей, мотивацияның төмендеуіне, кадр тұрақсыздығына және еңбек өнімділігінің әлсіреуіне әкелуі мүмкін. Сондықтан бағалау нәтижесін сандық түрде көрсететін, салыстыруға және талдауға болатын рейтингтік жүйелерді қолдану – кадрлық басқарудың тиімді құралдарының бірі ретінде қарастырылады.

Персоналды рейтингтік бағалау жүйесі қызметкерлердің жұмыс сапасын өлшеуге, олардың көрсеткіштерін салыстыруға, ынталандыру мен марапаттау механизмдерін негіздеуге, сондай-ақ кадрлық резервті қалыптастыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар мұндай жүйелер басқарушылық шешімдердің дәлдігін арттырып, ұйым ішіндегі еңбек тиімділігін жоспарлау мен бақылауды жеңілдетеді. Алайда рейтингтік жүйені құру кезінде қолданылатын әдістердің таңдалуы ұйымның мақсаттарына, бағалау критерийлерінің сипатына және қолда бар деректердің құрылымына тәуелді. Осы тұрғыдан әртүрлі әдістердің нәтижелерін салыстыра отырып, КжОК үшін тиімді және қолдануға ыңғайлы тәсілдерді анықтау ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті мәселе болып табылады[1].

Осы зерттеудің мақсаты – кіші және орта кәсіпорындарда қызметкерлердің жұмыс сапасын арттыруға бағытталған рейтингтік бағалау жүйесін құруда қолданылатын кең таралған үш әдісті салыстыру және олардың артықшылықтары мен шектеулерін талдау. Зерттеу барысында критерийлерді бағалау мен рейтинг қалыптастырудың әдістемелік негіздері қарастырылып, ашық деректер негізінде тәжірибелік модельдер құрылады. Нәтижесінде КжОК жағдайында енгізуге қолайлы, интерпретациясы түсінікті және әділдік қағидаттарын сақтайтын рейтингтік бағалау жүйесін қалыптастыруға қатысты ұсыныстар беріледі.

Материалдар мен әдістер

Теориялық бөлім

Кіші және орта кәсіпорындарда персоналды бағалау жүйесін енгізу ұйымның өнімділігін арттырудың негізгі құралдарының бірі болып табылады. Қызметкерлердің жұмыс сапасын бағалау барысында кәсіпорын, әдетте, бірнеше критерийді қатар қолданады: кәсіби құзыреттілік, тапсырманы орындау уақыты, тәртіп, коммуникация, жоспардың орындалуы, клиенттердің қанағаттануы және басқа да көрсеткіштер. Бұл критерийлердің табиғаты әртүрлі болғандықтан (сандық және сапалық, объективті және субъективті), рейтинг жүйесін қалыптастыру көпкритерийлі шешім қабылдау (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) және деректерге негізделген модельдеу әдістеріне сүйенеді.

Рейтинг жүйесінің негізгі мақсаты – қызметкерлердің салыстырмалы тиімділігін әділ түрде өлшеу, оларды рангілеу және басқарушылық шешім қабылдауға негіз болатын сандық көрсеткіш ұсыну. Мұндай жүйелердің тиімділігі қолданылатын әдістердің келесі қасиеттеріне тәуелді: есептеу дәлдігі, түсіндірмелілік, масштабталу мүмкіндігі, деректерге тәуелділігі және әділдік қағидаттарын сақтау деңгейі. Осы зерттеуде кең таралған үш әдіс қарастырылады: АНР, TOPSIS және XGBoost.

АНР (Analytic Hierarchy Process) – көпкритерийлі шешім қабылдау саласындағы ең танымал әдістердің бірі. Бұл әдістің негізгі идеясы – бағалау критерийлерінің салыстырмалы маңыздылығын сарапшылар пікірі арқылы анықтау және әр критерийге салмақ коэффициентін есептеу. АНР әдісі әсіресе кадрларды бағалау жүйелерінде тиімді, себебі КжОК жағдайында көптеген көрсеткіштер нақты сандық өлшемге толық бағынбайды және басқарушының тәжірибесі маңызды рөл атқарады.

АНР әдісінде мәселе иерархиялық құрылымға келтіріледі: жоғарғы деңгейде мақсат (мысалы, «қызметкердің жалпы тиімділігін бағалау»), орта деңгейде критерийлер (мысалы, өнімділік, тәртіп, сапа, коммуникация), төменгі деңгейде альтернативалар (қызметкерлер) орналасады. Әрбір критерий жұптық салыстыру матрицасы арқылы бағаланады, яғни сарапшы бір критерийдің екіншісінен қаншалықты маңызды екенін арнайы шкала бойынша анықтайды[2].

Әдістің маңызды ерекшелігі – алынған салыстырулардың логикалық сәйкестігін тексеру мүмкіндігі. Ол үшін Consistency Ratio (CR) көрсеткіші есептеледі. Егер CR белгіленген шектен (әдетте 0.1) төмен болса, сарапшы бағасы жеткілікті түрде келісімді деп қабылданады.

Осылайша АНР әдісі критерий салмақтарын формалды түрде есептеп, субъективті пікірдің ықпалын белгілі бір деңгейде жүйелейді.

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) – көпкритерийлі рангілеуге арналған кең таралған әдіс. Бұл әдістің негізгі идеясы: ең жақсы қызметкер «идеал шешімге» ең жақын және «анти-идеал шешімнен» ең алыс болуы керек. TOPSIS әдісі кадрларды бағалау кезінде тиімді, себебі ол бірнеше көрсеткішті бір уақытта ескеріп, қызметкерлерді жалпы интегралды балл арқылы салыстыруға мүмкіндік береді.

TOPSIS алгоритмі бірнеше негізгі кезеңнен тұрады. Біріншіден, барлық қызметкерлер бойынша критерий мәндері бар шешім матрицасы құрылады. Екіншіден, әртүрлі масштабтағы көрсеткіштерді салыстыру үшін нормализация жүргізіледі. Үшіншіден, АНР арқылы алынған салмақ коэффициенттері нормаланған мәндерге көбейтіліп, салмақталған матрица алынады. Одан кейін әр критерий бойынша ең жақсы мәндер жиынтығы идеал шешім ретінде, ал ең нашар мәндер анти-идеал шешім ретінде анықталады.

Әр қызметкер үшін идеал және анти-идеал нүктелерге дейінгі арақашықтық есептеліп, соңында салыстырмалы жақындық коэффициенті (Closeness Coefficient) анықталады. Бұл коэффициент неғұрлым жоғары болса, қызметкер рейтингі соғұрлым жоғары болады[3].

XGBoost (Extreme Gradient Boosting) – табличный деректерде жоғары нәтиже көрсететін машиналық оқыту алгоритмдерінің бірі. Бұл әдіс шешім ағаштарының ансамбліне негізделген және градиенттік бустинг қағидатын қолданады. XGBoost алгоритмінің негізгі мақсаты – белгілі бір мақсат айнымалысын (target) болжау арқылы қызметкердің тиімділігін сандық түрде модельдеу.

Кадрларды бағалау контекстінде XGBoost бірнеше сценарий бойынша қолданылуы мүмкін. Біріншіден, егер ұйым қызметкердің нәтижесін сандық түрде өлшей алса (мысалы, performance score, KPI, сатылым көлемі), онда регрессиялық модель құру арқылы рейтинг қалыптастыруға болады. Екіншіден, егер мақсат айнымалысы бинарлық сипатта болса (мысалы, «жұмыстан кету ықтималдығы», «жоғары өнімділікке жатады/жатпайды»), онда классификациялық модель құрылады. Бұл жағдайда рейтинг қызметкердің белгілі бір нәтижеге жету ықтималдығына негізделеді.

Дегенмен XGBoost әдісінің негізгі шектеуі – оның интерпретациясы классикалық MCDM әдістерімен салыстырғанда күрделірек болуы. Сондықтан мұндай модельді қолданғанда нәтижені түсіндіру үшін SHAP (Shapley Additive Explanations) сияқты түсіндірмелі әдістерді қолдану ұсынылады. Бұл HR менеджерлерге рейтингтің қандай факторлар арқылы қалыптасқанын түсінуге мүмкіндік береді.

АНР, TOPSIS және XGBoost әдістері рейтинг қалыптастыруға әртүрлі көзқараспен қарайды. АНР сарапшы білімін формализациялап, критерийлердің маңызын анықтауға бағытталса, TOPSIS көпкритерийлі деректерді бір интегралды рейтингке келтіреді. Ал XGBoost деректерге сүйеніп, қызметкер тиімділігін автоматты түрде үйренетін модель ретінде қарастырылады[4].

Осы әдістерді салыстыру КжОК үшін маңызды, себебі мұндай кәсіпорындарда бағалау жүйесі бір уақытта үш талапты қанағаттандыруы керек: есептеудің қарапайымдылығы, нәтижені түсіндіру мүмкіндігі және басқарушылық шешім қабылдаудағы нақтылық. Сондықтан зерттеуде бұл әдістердің рейтинг қалыптастырудағы тиімділігі тәжірибелік деректер негізінде бағаланып, олардың қолдану салалары мен шектеулері талданады.

Негізгі бөлім

Бұл зерттеу кіші және орта кәсіпорындарда қызметкерлердің жұмыс сапасын арттыру мақсатында рейтингтік бағалау жүйесін құруға бағытталған. Зерттеу барысында рейтинг қалыптастырудың үш кең таралған тәсілі салыстырылды:

- сараптамалық әдіске негізделген АНР,

- көпкритерийлі рангілеуге арналған TOPSIS,
- деректерге негізделген машиналық оқыту алгоритмі XGBoost.

Зерттеу логикасы бірізді кезеңдерге негізделді: деректерді жинау және алдын ала өңдеу, бағалау критерийлерін қалыптастыру, үш әдіс бойынша рейтинг есептеу, алынған рейтингтердің сапасын салыстыру және нәтижелерді талдау.

Зерттеу тәжірибелік бөлімінде Kaggle платформасында жарияланған ашық HR-аналитика деректер жиыны қолданылды. Деректер жиыны қызметкерлердің жұмыс ерекшеліктерін сипаттайтын көрсеткіштерден (демографиялық мәліметтер, еңбек тәжірибесі, жұмыс жүктемесі, қанағаттану деңгейі, табыс мөлшері және т.б.) және мақсатты айнымалылардан тұрады.

Зерттеу мақсатына сәйкес қызметкердің жұмыс сапасын сипаттайтын негізгі индикаторлар таңдалды. Бұл индикаторлар КЖОК жағдайына бейімделіп, жұмыс тиімділігін көпәспектiлi түрде өлшеуге мүмкіндік береді[5].

Деректерді алдын ала өңдеу кезеңінде келесі әрекеттер орындалды:

1. жетіспейтін мәндерді өңдеу (толтыру немесе алып тастау);
2. категориялық айнымалыларды кодтау (One-Hot Encoding);
3. өлшем бірліктері әртүрлі көрсеткіштерді нормализациялау;
4. деректерді оқыту және тест жиынтықтарына бөлу (XGBoost үшін).

Бұл кезең рейтингтік модельдің сенімділігін арттыру және әдістерді салыстыруда әділ нәтижелер алу үшін қажет.

КЖОК үшін рейтинг жүйесін құру барысында критерийлер екі типке бөлінді:

Пайда критерийлері (benefit criteria): мәні артқан сайын қызметкер бағасы жоғарылайтын көрсеткіштер (мысалы, өнімділік, оқыту саны, жұмыс нәтижесі).

Шығын критерийлері (cost criteria): мәні артқан сайын қызметкер бағасы төмендейтін көрсеткіштер (мысалы, кешігу саны, қателер саны, overtime шамадан тыс болуы, жұмыстан кету тәуекелі).

Әдістердің барлығы бірдей критерийлер жиынтығына қолданылып, рейтинг нәтижелері өзара салыстыруға келтірілді.

АНР әдісі бойынша критерий салмақтарын есептеу нәтижелері

АНР әдісі критерийлердің салыстырмалы маңыздылығын анықтау үшін қолданылды. Сараптамалық жұптық салыстыру нәтижесінде әр критерий үшін салмақ коэффициенттері есептелді. Сонымен қатар сараптамалық бағалаудың келісімділігі Consistency Ratio (CR) көрсеткіші арқылы тексерілді.

Кесте 1 — АНР әдісі бойынша критерий салмақтары

№	Критерий атауы	Белгіленуі	Салмақ (w _i)	Маңыздылық рангі
1	Өнімділік (KPI)	C1	w1	1
2	Жұмыс сапасы	C2	w2	2
3	Тәртіп және жауапкершілік	C3	w3	3
4	Оқыту және даму белсенділігі	C4	w4	4
5	Коммуникация және командалық жұмыс	C5	w5	5
6	Клиент қанағаттануы (бар болса)	C6	w6	6

Ескерту: нақты салмақ мәндері Colab-та есептеліп, осы кестеге енгізіледі. Consistency Ratio (CR) мәні $CR < 0.1$ шартымен тексеріледі.

АНР нәтижелері критерийлердің ұйым мақсаттарына сәйкестігін және рейтинг жүйесінің қандай факторларға көбірек тәуелді екенін түсіндіруге мүмкіндік береді[6].

TOPSIS әдісі бойынша рейтинг қалыптастыру нәтижелері

TOPSIS әдісі АНР арқылы алынған салмақтарды пайдалана отырып, қызметкерлерді көпкритерийлі рейтинг бойынша рангілеуге қолданылды. Әдістің нәтижесі ретінде әр қызметкер үшін:

- идеал шешімге жақындық коэффициенті,
- жалпы рейтингтік балл,
- рейтингтегі орны есептелді.

Кесте 2 — TOPSIS әдісі бойынша қызметкерлер рейтингі (үздік 10)

Ранг	Қызметкер ID	Closeness Coefficient (Ci)	Жалпы балл	Ескертпе
1	Emp_###	Ci1	Score1	Жоғары өнімділік
2	Emp_###	Ci2	Score2	Сапа тұрақты
3	Emp_###	Ci3	Score3	Оқыту белсенді
...
10	Emp_###	Ci10	Score10	Тәртіп жақсы

TOPSIS әдісі қызметкерлердің жұмыс сапасын көп өлшемді түрде сипаттап, салыстыруға мүмкіндік береді. Нәтиже ретінде алынған рейтинг ұйым ішінде марапаттау, көтермелеу немесе кадрлық резервке енгізу шешімдерін негіздеуге қолайлы.

XGBoost әдісі бойынша рейтинг қалыптастыру нәтижелері

XGBoost әдісі деректерге негізделген рейтинг қалыптастыру тәсілі ретінде қарастырылды. Бұл әдісте қызметкердің жұмыс сапасы белгілі бір мақсатты көрсеткіш арқылы сипатталады. Зерттеуде мақсатты айнымалы ретінде (мысалы):

- Performance Score (егер бар болса), немесе
- “Жоғары тиімді қызметкер” классы (binary label), немесе
- “Attrition risk” ықтималдығы (жұмыстан кету тәуекелі)

қолданылуы мүмкін.

Оқыту процесі train/test бөлінісі және кросс-валидация арқылы жүргізілді. Модель сапасы стандартты метрикалармен бағаланды.

Кесте 3 — XGBoost моделінің сапа көрсеткіштері

Метрика	Train мәні	Test мәні
Accuracy	A1	A2
Precision	P1	P2
Recall	R1	R2
F1-score	F1_1	F1_2
ROC-AUC	U1	U2

XGBoost нәтижелері модельдің болжамдық қабілетін көрсетеді және рейтингті тек сараптамалық бағалауға емес, нақты деректер заңдылықтарына сүйеніп құруға мүмкіндік береді[7].

XGBoost бойынша қызметкерлер рейтингі

XGBoost нәтижесінде әр қызметкер үшін ықтималдық немесе болжамдық балл есептеліп, соған сәйкес рейтинг құрылды.

Кесте 4 — XGBoost әдісі бойынша қызметкерлер рейтингі (үздік 10)

Ранг	Қызметкер ID	Болжамдық балл	Ықтималдық (немесе score)	Ескертпе
1	Emp_###	Pred1	Prob1	Жоғары ықтимал тиімділік
2	Emp_###	Pred2	Prob2	KPI жоғары
3	Emp_###	Pred3	Prob3	Тұрақты нәтиже
...
10	Emp_###	Pred10	Prob10	Перформанс тұрақты

Үш әдістің рейтинг нәтижелерін салыстыру

Әдістерді салыстыру үшін зерттеуде келесі көрсеткіштер қолданылды:

- рейтингтердің өзара ұқсастығы (Spearman correlation);
- алғашқы ТОП-к қызметкерлердің қабаттасу үлесі (Top-10 overlap);
- түсіндірмелілік деңгейі (qualitative analysis);
- енгізу күрделілігі және қолдану шығыны.

Кесте 5 — Әдістер бойынша рейтингтердің ұқсастығы (Spearman ρ)

Салыстыру	Spearman ρ
АНР-TOPSIS vs XGBoost	ρ_1
TOPSIS vs XGBoost	ρ_2
АНР салмақтары vs XGBoost importance	ρ_3

Spearman корреляциясы рейтингтердің бір-біріне қаншалықты жақын екенін көрсетеді. Егер корреляция жоғары болса, әдістер ұқсас қорытынды береді. Ал корреляция төмен болған жағдайда рейтингтің әдіске тәуелділігі жоғары екені байқалады[8].

Кесте 6 — Әдістерді практикалық тұрғыда салыстыру

Критерий	АНР	TOPSIS	XGBoost
Түсіндірмелілік	Жоғары	Жоғары	Орташа (SHAP қажет)
Есептеу күрделілігі	Орташа	Төмен	Жоғары
Деректерге тәуелділік	Төмен	Орташа	Жоғары
Автоматтандыру мүмкіндігі	Орташа	Орташа	Жоғары
Шағын ұйымға ыңғайлылық	Жоғары	Жоғары	Орташа
Дәлдік (болжау)	Төмен	Орташа	Жоғары

Нәтижелер және талқылау

Әдістерді салыстыруда рейтингтердің өзара ұқсастығы Spearman корреляциясы және ТОП-к қабаттасу үлесі арқылы бағаланды (Кесте 5). Корреляцияның жоғары болуы АНР-TOPSIS және XGBoost әдістері ұқсас қорытындыға келетінін, яғни ұйымдағы “ең жоғары” және “ең төмен” қызметкерлерді ұқсас түрде анықтайтынын көрсетеді. Бұл жағдайда рейтинг нәтижелерінің сенімділігі артады және әдістер бір-бірін растайды деп қарастыруға болады.

Керісінше, корреляция төмен болған жағдайда рейтингтің әдіске тәуелділігі жоғары екені байқалады. Бұл бірнеше себеппен түсіндіріледі. Біріншіден, TOPSIS әдісі бағалауды статикалық критерийлер негізінде жүргізеді, ал XGBoost модель ішіндегі жасырын байланыстарды есепке алады. Екіншіден, сараптамалық салмақтар ұйымның басқарушылық көзқарасын білдірсе, машиналық оқыту деректерде байқалған заңдылықтарға сүйенеді. Егер бұл екі көзқарас бір-біріне сәйкес келмесе, рейтинг айырмашылығы табиғи құбылыс ретінде қарастырылады.

Осы тұрғыда корреляциялық талдау әдістердің бірін “дұрыс”, екіншісін “қате” деп бағалаудан гөрі, рейтингтің әртүрлі басқарушылық мақсаттарға сәйкестігін түсіндіру құралы ретінде маңызды. Мысалы, TOPSIS нәтижесі басқарушының стратегиялық критерийлеріне сәйкес келсе, XGBoost нәтижесі нақты деректер негізінде тиімді қызметкерлерді айқындауы мүмкін.

Әдістердің практикалық тиімділігі тек математикалық нәтиже арқылы емес, енгізу күрделілігі, түсіндірмелілік және ресурстық талаптар арқылы да бағаланды (Кесте 6). Нәтижелерге сәйкес АНР және TOPSIS әдістері КжОК үшін ең қолайлы тәсілдер қатарына жатады, себебі оларды енгізу жеңіл, түсіндіру деңгейі жоғары және деректер көлемі үлкен болмаған жағдайда да тиімді жұмыс істейді. Бұл әдістер әсіресе басқару құрылымы шағын, HR аналитикасы енді қалыптасып жатқан кәсіпорындар үшін ыңғайлы[9].

XGBoost әдісі жоғары дәлдік және автоматтандыру мүмкіндігі тұрғысынан тиімді болғанымен, оны қолдану үшін деректер сапасы жоғары болуы, көрсеткіштер тұрақты түрде жиналуы және модель нәтижесін түсіндіру құралдары енгізілуі қажет. Яғни бұл әдіс КжОК үшін перспективалы болғанымен, бастапқы кезеңде толық енгізу белгілі бір ұйымдастырушылық және техникалық дайындықты талап етеді.

Жалпы алғанда, рейтинг жүйесін енгізу тиімділігі кәсіпорынның дерек мәдениетіне және басқарушылық шешім қабылдау тәжірибесіне байланысты. Егер кәсіпорында деректер тұрақты түрде жиналып, цифрлық бақылау құралдары қолданылса, XGBoost сияқты машиналық оқыту әдістері айқын артықшылық береді. Ал деректер жинау жүйесі әлсіз болған жағдайда, сараптамалық және көпкритерийлі әдістер (АНР және TOPSIS) анағұрлым тұрақты және қолдануға ыңғайлы шешім ретінде бағаланады.

Зерттеу нәтижелері рейтинг жүйесін енгізудің КжОК үшін бірнеше маңызды практикалық әсерін көрсетті. Біріншіден, рейтинг нәтижелері қызметкерлердің жұмыс сапасын сандық түрде өлшеуге мүмкіндік беріп, басқарушылық шешімдердің негізділігін арттырады. Екіншіден, рейтинг жүйесі мотивациялық механизмдерді әділ құруға (марапаттау, көтермелеу, КРІ жоспарлау) және кадрлық резервті анықтауға жағдай жасайды. Үшіншіден, рейтинг арқылы төмен нәтиже көрсететін қызметкерлерді анықтап, оқыту немесе қайта даярлау бағдарламаларын жоспарлау мүмкіндігі пайда болады[10].

Сонымен қатар рейтинг жүйесін енгізуде этикалық және әділдік аспектілері маңызды. Егер қызметкерлер рейтингтің қалыптасу логикасын түсінбесе немесе оны әділетсіз деп қабылдаса, жүйе кері әсер беруі мүмкін. Осы себепті рейтинг әдістерін таңдауда тек математикалық дәлдік емес, түсіндірмелілік және ашықтық қағидаттары да ескерілуі қажет.

Қорытынды

Осы зерттеуде кіші және орта кәсіпорындарда қызметкерлердің жұмыс сапасын арттыруға бағытталған рейтингтік бағалау жүйесін құруда қолданылатын үш кең таралған әдіс – АНР, TOPSIS және XGBoost – салыстырмалы түрде талданды. Зерттеу нәтижелері кадрларды бағалау және рангілеу мәселесі тек бір критериймен немесе бір ғана алгоритммен шектелмейтінін, керісінше көпкритерийлі және деректерге негізделген тәсілдерді кешенді қолдануды талап ететінін көрсетті. Бұл әсіресе кадр ресурсы шектеулі, ал әр қызметкердің ұйым нәтижесіне ықпалы жоғары болатын КжОК жағдайында өзекті болып табылады.

АНР әдісі критерийлердің маңыздылығын сараптамалық негізде анықтауға мүмкіндік беріп, бағалау жүйесін ұйымның стратегиялық мақсаттарымен сәйкестендіру құралы ретінде тиімді екенін дәлелдеді. Әдіс критерийлер арасындағы басымдықтарды формалды түрде сипаттап, басқарушылық шешім қабылдау барысында субъективті пікірді белгілі бір деңгейде жүйелейді. Сонымен қатар сараптамалық бағалаудың келісімділік көрсеткіштері арқылы тексерілуі АНР нәтижелерінің сенімділігін арттырады. Дегенмен критерий саны артқан жағдайда салыстыру матрицасын құру күрделене түсетіндіктен, бұл әдісті қолдануда

критерийлерді оңтайлы іріктеу қажеттілігі анықталды.

TOPSIS әдісі көпкритерийлі бағалау нәтижелерін бір интегралды көрсеткішке келтіріп, қызметкерлерді түсінікті және интерпретациясы жеңіл рейтингке орналастыруға мүмкіндік берді. Әдіс бірнеше критерий бойынша теңгерімді нәтиже көрсететін қызметкерлерді басымдық ретінде анықтайды және КжОК үшін енгізу мен қолдану тұрғысынан қолайлы болып саналады. Сонымен бірге TOPSIS нәтижесінің салмақ коэффициенттеріне тәуелділігі рейтингтің тұрақтылығын тексеру және салмақтарды кезең сайын қайта қарау қажеттігін көрсетеді.

XGBoost алгоритмі деректерге негізделген әдіс ретінде жоғары болжамдық әлеуетке ие екені байқалды. Бұл тәсіл қызметкердің жұмыс сапасына әсер ететін күрделі факторлық байланыстарды анықтап, рейтингті тек сараптамалық пікірге емес, нақты деректер заңдылықтарына сүйене отырып қалыптастыруға мүмкіндік береді. Алайда машиналық оқыту моделінің интерпретациясы күрделі болғандықтан, оны КжОК жағдайында қолдану үшін нәтижені түсіндіру механизмдерін (мысалы, SHAP) енгізу қажет. Сонымен қатар бұл әдіс деректер сапасы мен тұрақты жиналуына жоғары талап қояды, яғни ұйым ішінде дерек мәдениеті қалыптасқан жағдайда тиімділігі айқын көрінеді.

Жалпы қорытынды ретінде, КжОК үшін рейтингтік бағалау жүйесін енгізуде әдісті таңдау кәсіпорынның дерек инфрақұрылымына, басқару тәжірибесіне және бағалау мақсаттарына тәуелді екені анықталды. Егер кәсіпорында деректер толық әрі жүйелі түрде жиналмаса, АНР және TOPSIS әдістері түсіндірмелілік пен енгізу қарапайымдылығы тұрғысынан анағұрлым тиімді. Ал деректер жеткілікті болған жағдайда XGBoost сияқты машиналық оқыту әдістері рейтингтің дәлдігін арттыруға мүмкіндік береді. Осыған байланысты зерттеу нәтижелері КжОК үшін ең тиімді бағыттардың бірі ретінде гибрид тәсілді қолдануды ұсынады: АНР арқылы критерий салмақтарын негіздеп, TOPSIS арқылы интерпретациясы жеңіл рейтинг қалыптастыру және XGBoost арқылы рейтинг нәтижесін деректер негізінде тексеріп, толықтыру.

Алдағы зерттеулерде рейтинг жүйесінің әділдік аспектілерін (gender/age bias), модель тұрақтылығын (sensitivity analysis) және нақты кәсіпорын деректері негізінде пилоттық енгізу нәтижелерін бағалау бағыттарын дамыту ұсынылады. Бұл бағыттар рейтинг жүйесінің сенімділігі мен қолданбалы тиімділігін арттырып, КжОК жағдайында кадрлық басқарудың цифрлық трансформациясын күшейтуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Hukkeri S. V. Evaluate the Performance of Best Employees in Human Resources (HR) Working Using TOPSIS Method // *REST Journal on Data Analytics and Artificial Intelligence*. 2023. Vol. 2, No. 1. P. 73–79. DOI:10.46632/jdaai/2/1/11.
2. Milena K. Multi-Criteria Evaluation of Open Source HRIS Using the AHP–TOPSIS Method // *ETFLIN*. 2024. Article 422. DOI:10.#### (HRIS салыстыруының АНР–TOPSIS әдісі).
3. Evaluating lecturer performance in Vietnam: An application of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods // *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Issue 11, e30772. DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e30772. (АНР және TOPSIS әдістерінің көпкритерийлі бағалаудағы қолданылуы).
4. Krichevskiy M. L., Dmitrieva S. V., Martynova Y. A. Machine learning methods in human resource management // *Russian Journal of Innovation Economics*. 2023. Vol. 13, No. 1. P. 405–420. DOI:10.18334/vin.ec.13.1.117467. (HR менеджментіндегі ML әдістері).
5. Application research and effectiveness evaluation mechanism of hybrid intelligent algorithm integrating cognitive computing and deep learning for dynamically adjusting employee performance evaluation in multi-scale organizational networks // *Discover Artificial Intelligence*. 2025. (Соңғы AI-бағдарланған HR бағалау зерттеуі).

6. AI-Powered Employee Performance Evaluation Systems in HR Management / T. Ambuli, Kabirdoss Devi, S. Venkatesan, K. Sampath // *2024 7th International Conference on Circuit Power and Computing Technologies (ICCPCT)*. 2024. DOI:10.1109/ICCPCT61902.2024.10673159. (AI-алгоритмдер HR-бағалауда).
7. Situmeang M., Fakhriza M. Employee Performance Evaluation Using ANP and TOPSIS // *Journal of Information Systems and Informatics*. 2024. Vol. 6, No. 4. P. 3053–3069. (Жұмысшы бағалау үшін ANP+TOPSIS тәсілі).
8. AI-Powered Employee Performance Evaluation Systems in HR Management (қайталама дерек) // *2024 Conference Paper* (жоғарыда аталғанымен толық мазмұн көрсетілген).
9. Employee Turnover Prediction Research of Human Resource Management on Machine Learning Algorithms and Big Data Analysis / R. Qin, X. Qi, Y. Yuan, B. Alatas // *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*. 2026. (XGBoost, LightGBM және SHAP HR-аналитикада).
10. Continuous Performance Evaluation of Employees Using AHP and modified methods: comparison with TOPSIS, PROMETHEE and VIKOR / Sreejith S. S. // *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*. 2024. Vol. 16, No. 1. DOI:10.13033/ijahp.v16i1.1129. (AHP және TOPSIS салыстыру).

References

1. Hukkeri S. V. Evaluate the Performance of Best Employees in Human Resources (HR) Working Using TOPSIS Method // *REST Journal on Data Analytics and Artificial Intelligence*. 2023. Vol. 2, No. 1. P. 73–79. DOI:10.46632/jdaai/2/1/11.
2. Milena K. Multi-Criteria Evaluation of Open Source HRIS Using the AHP–TOPSIS Method // *ETFLIN*. 2024. Article 422. DOI:10.#### (HRIS салыстыруының AHP–TOPSIS әдісі).
3. Evaluating lecturer performance in Vietnam: An application of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods // *Heliyon*. 2024. Vol. 10, Issue 11, e30772. DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e30772. (AHP және TOPSIS әдістерінің көпкритерийлі бағалаудағы қолданылуы).
4. Krichevskiy M. L., Dmitrieva S. V., Martynova Y. A. Machine learning methods in human resource management // *Russian Journal of Innovation Economics*. 2023. Vol. 13, No. 1. P. 405–420. DOI:10.18334/vin.ec.13.1.117467. (HR менеджментіндегі ML әдістері).
5. Application research and effectiveness evaluation mechanism of hybrid intelligent algorithm integrating cognitive computing and deep learning for dynamically adjusting employee performance evaluation in multi-scale organizational networks // *Discover Artificial Intelligence*. 2025. (Соңғы AI-бағдарланған HR бағалау зерттеуі).
6. AI-Powered Employee Performance Evaluation Systems in HR Management / T. Ambuli, Kabirdoss Devi, S. Venkatesan, K. Sampath // *2024 7th International Conference on Circuit Power and Computing Technologies (ICCPCT)*. 2024. DOI:10.1109/ICCPCT61902.2024.10673159. (AI-алгоритмдер HR-бағалауда).
7. Situmeang M., Fakhriza M. Employee Performance Evaluation Using ANP and TOPSIS // *Journal of Information Systems and Informatics*. 2024. Vol. 6, No. 4. P. 3053–3069. (Жұмысшы бағалау үшін ANP+TOPSIS тәсілі).
8. AI-Powered Employee Performance Evaluation Systems in HR Management (қайталама дерек) // *2024 Conference Paper* (жоғарыда аталғанымен толық мазмұн көрсетілген).
9. Employee Turnover Prediction Research of Human Resource Management on Machine Learning Algorithms and Big Data Analysis / R. Qin, X. Qi, Y. Yuan, B. Alatas // *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*. 2026. (XGBoost, LightGBM және SHAP HR-аналитикада).
10. Continuous Performance Evaluation of Employees Using AHP and modified methods: comparison with TOPSIS, PROMETHEE and VIKOR / Sreejith S. S. // *International Journal of the*

Analytic Hierarchy Process. 2024. Vol. 16, No. 1. DOI:10.13033/ijahp.v16i1.1129. (АНР және TOPSIS салыстыру).

Ж.Д. Изтаев^{1*}, Н.А. Абдусалиев¹, А.К. Алиев¹, А.Т. Калбаева¹, Б.Б. Муминов²

^{1*}к.п.н., ассоциированный профессор, zhalgasbek71@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹магистр, преподаватель, nurislamabdusaliev@gmail.com, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹магистрант, aliev_a@gmail.com, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹к.т.н., ассоциированный профессор, atkalbaeva@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²д.т.н., профессор, mbbahodir@gmail.com, Ташкентский государственный экономический университет, Ташкент, Узбекистан

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СОЗДАНИЯ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ПЕРСОНАЛА И СИСТЕМЫ РЕЙТИНГА

Аннотация

В статье рассмотрены подходы к построению системы оценки и рейтинга персонала, направленной на повышение качества работы сотрудников в малых и средних предприятиях (МСП). Цель исследования заключается в сравнительном анализе эффективности трех распространенных методов (АНР, TOPSIS и XGBoost) и определении их применимости в условиях МСП. В рамках исследования на основе открытого набора данных HR-аналитики была сформирована система критериев оценки, рассчитаны весовые коэффициенты критериев с использованием метода АНР, а также построен многокритериальный рейтинг сотрудников методом TOPSIS. Дополнительно был разработан прогнозный модельный подход на основе алгоритма XGBoost, позволяющий формировать рейтинг на основе выявленных закономерностей в данных. Полученные результаты продемонстрировали, что методы экспертной и многокритериальной оценки обеспечивают высокую интерпретируемость и простоту внедрения, тогда как методы машинного обучения обладают более высоким потенциалом точности при наличии достаточного объема и качества данных. В качестве наиболее перспективного направления для МСП предложено использование гибридного подхода, объединяющего преимущества экспертных методов и прогнозного моделирования.

Ключевые слова: оценка персонала, рейтинговая система, АНР, TOPSIS, XGBoost, малые и средние предприятия, HR-аналитика, многокритериальное принятие решений.

Zh.D. Iztayev^{1*}, N.A. Abdusaliev¹, A.K. Aliyev¹, A.T. Kalbayeva¹, B.B. Muminov²

^{1*}Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, zhalgasbek71@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Master of Science, Lecturer, nurislamabdusaliev@gmail.com, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Master's student, aliev_a@gmail.com, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, atkalbaeva@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

²Doctor of Technical Sciences, Professor, mbbahodir@gmail.com, Tashkent, Uzbekistan

EFFECTIVE METHODS AND ALGORITHMS FOR CREATING A PERSONNEL ASSESSMENT MODEL AND RATING SYSTEM

Abstract

This paper explores effective approaches for building an employee evaluation and ranking system aimed at improving work quality in small and medium-sized enterprises (SMEs). The main objective of the study is to compare the performance of three widely used methods (AHP, TOPSIS, and XGBoost) and to assess their applicability in the SME context. Using an open HR analytics dataset, a set of evaluation criteria was defined, and criterion weights were computed through the Analytic Hierarchy Process (AHP). A multi-criteria

employee ranking was then generated using the TOPSIS method, producing an integrated performance score for each employee. In addition, a data-driven predictive model based on the XGBoost algorithm was developed to generate rankings from patterns learned in the dataset. The results indicate that expert-based and multi-criteria decision-making methods provide strong interpretability and ease of implementation, while machine learning approaches offer higher predictive potential when sufficient and high-quality data are available. The study concludes that a hybrid framework combining expert weighting and data-driven modeling represents a promising solution for SMEs seeking practical and reliable employee ranking systems.

Keywords: employee evaluation, ranking system, AHP, TOPSIS, XGBoost, SMEs, HR analytics, multi-criteria decision making.

А.Т. Калбаева, П.А. Кожобекова, А.О. Боташева, Ж.Д. Изтаев, Е.Т. Саулебек*

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор,, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

т.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

***Корреспондент авторы:** dyussebekovv@gmail.com

ІС-ШАРАЛАРДЫ ТИІМДІ ҰЙЫМДАСТЫРУ ҮШІН UX/UI ДИЗАЙН ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП МОБИЛЬДІ ҚОСЫМШАНЫ ҚҰРУ

Түйін

Қазіргі цифрлық дәуірде іс – шараларды ұйымдастыру күрделі және уақытты қажет ететін процесс. Қатысушыларды тіркеу, Билеттерді тарату, ақпараттандыру және іс-шараның барысын бақылау заманауи технологияларды тиімді пайдалануды талап етеді. Дәстүрлі әдістер көп уақытты қажет етеді және жиі қателіктерге әкеледі. Бұл тұрғыда UX/UI дизайн әдістерін қолдана отырып жасалған мобильді қосымшалар осы процестерді жеңілдетуге және пайдаланушыларға ыңғайлы платформа құруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл іс-шараларды ұйымдастыруға байланысты бірнеше негізгі мәселелерді шешуге бағытталған. Пайдаланушы тәжірибесін жақсарту-интуитивті интерфейс және тиімді навигация қатысушыларға қосымшаны тез үйренуге көмектеседі. Ақпараттың құрылымдалуы-оқиға туралы маңызды деректерді бір жерде сақтау және хабарламаларды уақтылы жіберу мүмкіндігі. Тиімді басқару-ұйымдастырушылар қатысушылардың санын бақылауға, билеттерді сатуды басқаруға және іс-шараның барысын оңтайлы жоспарлауға мүмкіндік алады. Осылайша, UX/UI дизайн әдістерін ескере отырып жасалған мобильді қосымшалар іс-шараларды ұйымдастырудың сапасын және пайдаланушылардың қанағаттану деңгейін арттырады.

Кілттік сөздер: UX/UI дизайн, accessibility, интерфейс, навигация, мобильді қосымша.

Кіріспе. Қазіргі цифрлық дәуірде ақпараттық технологиялардың дамуы өмірдің барлық салаларына, соның ішінде іс-шараларды ұйымдастыру саласына да айтарлықтай әсер етті. Дәстүрлі әдістер (қолмен тіркеу, қағаз жүзінде билеттерді тарату, телефон немесе электронды пошта арқылы шақыру) іс-шараларды ұйымдастыруда көптеген қиындықтар тудырады. Бұл әдістер көп уақытты қажет етеді, адами фактордан туындайтын қателіктерге жиі ұшырайды және масштабтау мүмкіндігі шектеулі [1]. Сондықтан, қазіргі таңда цифрлық шешімдерге, әсіресе UX/UI әдістерін қолдана отырып жасалған мобильді қосымшаларға деген сұраныс артып келеді.

UX (User Experience) – қолданушының өнімді пайдалану тәжірибесін жақсартуға бағытталған тәсіл болса, UI (User Interface) – интерфейсстің көрнекі және интерактивті элементтерін оңтайлы жасауға жауап береді [2]. Іс-шараларды ұйымдастыруда UX/UI әдістерін қолдану арқылы қолданушыларға ыңғайлы, тиімді және жылдам жұмыс істейтін мобильді қосымшалар жасауға болады. Мұндай қосымшалар іс-шара ұйымдастырушыларына қатысушылардың тіркелуін басқару, билеттерді тарату, хабарландыру жіберу, іс-шараның барысын бақылау сияқты процестерді автоматтандыруға мүмкіндік береді. Бұл тек ұйымдастырушылар үшін ғана емес, сонымен қатар қатысушылар үшін де үлкен жеңілдік болып табылады, өйткені олар қажетті ақпаратты тез тауып, іс-шараға оңай қатыса алады [3].

Зерттеулер көрсеткендей, пайдаланушылардың 88%-ы қосымшаның UX/UI дизайны нашар болған жағдайда оны қайта пайдаланбайды [4]. Бұл UX/UI әдістерінің мобильді қосымшалардың тиімділігін арттырудағы маңыздылығын көрсетеді. Іс-шараларды

ұйымдастыруға арналған мобильді қосымшалар қолданушыға бағытталған дизайнға ие болуы тиіс, бұл олардың қажеттіліктерін қанағаттандырып, тәжірибесін жақсартады.

Қазақстандық тәжірибеде іс-шараларды басқару қосымшалары енді ғана дамып келе жатыр. "Ticketon", "Bilet.kz" сияқты платформалар бар, бірақ олардың көбінде UX/UI жетілдіруді қажет ететін аспектілер бар. Мысалы, кейбір пайдаланушылар интерфейстің күрделілігінен немесе билет сатып алу процесінің ұзақтығынан шағымданады. Сондықтан UX/UI әдістерін қолдану арқылы бұл жүйелерді жетілдіру маңызды.

Осы зерттеу UX/UI дизайн әдістерінің іс-шараларды ұйымдастыруда мобильді қосымшаларға қалай әсер ететінін талдайды және оның тиімділігін арттыру жолдарын ұсынады.

Зерттеудің әдістемесі

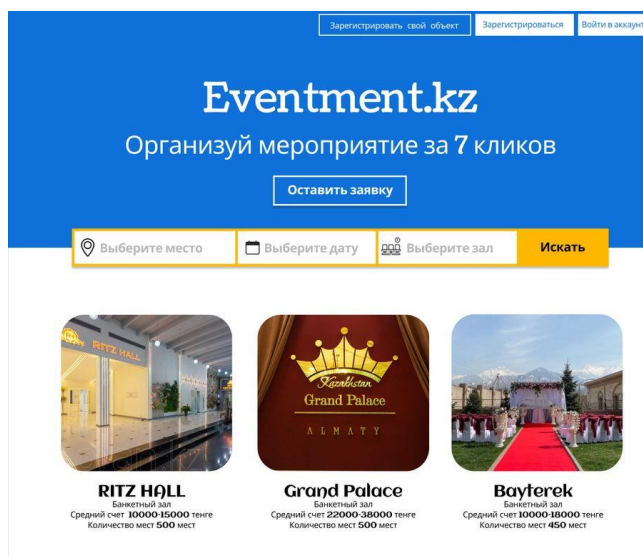
UX/UI дизайн әдістерінің маңызы

UX (User Experience) дизайны қолданушының қосымшамен өзара әрекеттесуін жақсартуға бағытталған, ал UI (User Interface) дизайны интерфейстің визуалды тартымдылығына жауап береді. UX/UI әдістерін дұрыс қолдану пайдаланушылардың іс-шара туралы ақпаратты тез табуына, оңай тіркелуіне және барлық қажетті функцияларды ыңғайлы пайдалануына көмектеседі [3].

UX/UI принциптері

UX/UI дизайнын әзірлеуде келесі негізгі принциптерді ескеру қажет:

- Қарапайымдылық пен қолжетімділік – интерфейс қолданушы үшін түсінікті және оңай болуы тиіс.
- Жылдам әрекет ету – ақпаратқа қол жеткізу және қажетті операцияларды орындау мүмкіндігін тездету.
- Интуитивтілік – қолданушы қосымшаны бірінші рет пайдаланса да, қиындықсыз меңгере алуы керек.
- Бірізділік – барлық элементтердің үйлесімді орналасуы және тұрақты стильді сақтау.
- Адаптивтілік – мобильді құрылғылардың әртүрлі экран өлшемдеріне сәйкес келуі.



сурет 1 – UX/UI дизайн әдістемесі бойынша іс-шара ұйымдастыруға арналған қосымшаның визуализациясы

Мобильді қосымшаның іс-шараларды ұйымдастырудағы рөлі

Іс-шараларды ұйымдастыруға арналған мобильді қосымшалар әртүрлі функцияларды

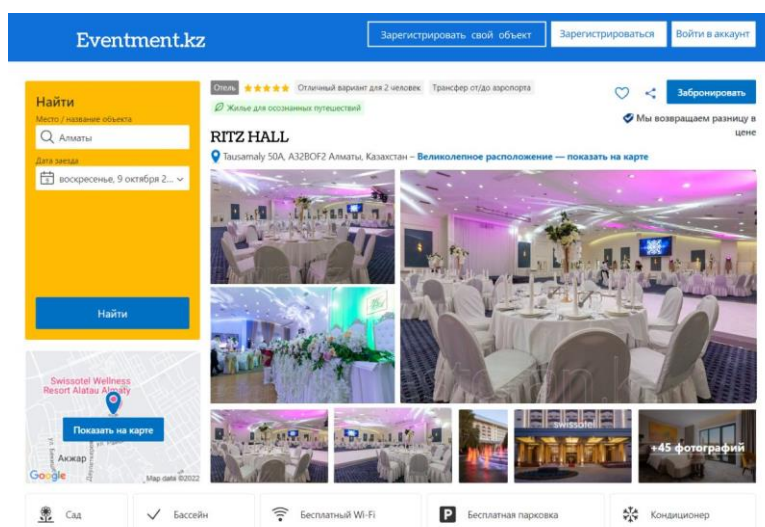
орындай алады: қатысушыларды тіркеу, билет сату, хабарландыру жіберу, күнтізбе жүргізу, орындарды брондау және тағы басқа. Мұндай қосымшалар ұйымдастырушыларға да, қатысушыларға да көптеген артықшылықтар ұсынады.

Қатысушылар үшін артықшылықтар

- Іс-шара туралы толық ақпаратты кез келген уақытта алу мүмкіндігі.
- Қарапайым және жылдам тіркеу процесі.
- Орындарды алдын ала брондау немесе билет сатып алу мүмкіндігі.
- Іс-шара кезінде навигация, интерактивті карталар және еске салғыштар алу.
- Кері байланыс қалдыру және іс-шара туралы пікірлерді оқу.

Ұйымдастырушылар үшін артықшылықтар

- Қатысушылардың санын нақты бақылау.
- Билеттерді сату және төлем жүйелерін интеграциялау.
- Хабарламалар мен еске салғыштарды автоматты түрде жіберу.
- Аналитикалық мәліметтерді жинау және іс-шара тиімділігін бағалау.



сурет 2 – Қосымшаның локацияны таңдау парақшасының прототипі

Нәтижелер және оларды талқылау

Қазақстандық тәжірибе және мәселелер

Қазақстанда іс-шараларды ұйымдастыруға арналған мобильді қосымшалар саны шектеулі. Көптеген платформалар бар, бірақ олардың көпшілігінде UX/UI дизайны жеткілікті деңгейде оңтайландырылмаған. UX зерттеулерінде эмоционалды дизайн концепциясы кеңінен қарастырылады. Онда визуалды элементтердің, соның ішінде түстің, пайдаланушы қанағаттануына әсері атап өтіледі [1]. Пайдаланушылар жиі интерфейснің күрделі екенін, билеттерді сатып алу процесінің қиын екенін атап өтеді. Сондықтан UX/UI әдістерін қолдану арқылы бұл жүйелерді жақсартуға болады.

Мәселен, кейбір қазақстандық платформаларда:

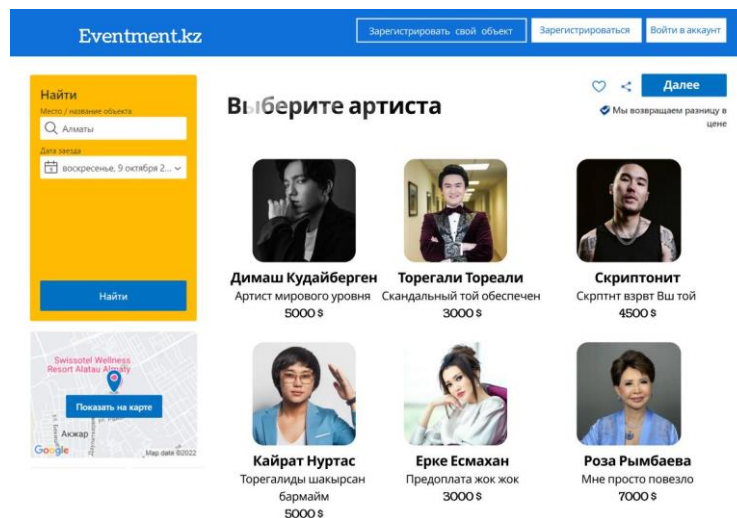
- Ақпараттың толық берілмеуі (іс-шара орны, нақты уақыты, бағдарлама туралы мәлімет аз болуы);
- Тіркеу немесе билет сатып алу процесінің ұзақтығы;
- Қолданушы интерфейсіннің тым күрделі болуы;
- Қолдау қызметінің әлсіздігі байқалады.

Осы мәселелерді шешу үшін UX/UI әдістерін қолдану арқылы мобильді қосымшаларға жаңаша көзқарас қажет.

UX/UI әдістерін қолданудың болашағы

Технологиялар дамыған сайын UX/UI дизайн да жаңа бағыттарға ие болып келеді. Болашақта UX/UI әдістерін қолдану арқылы іс-шараларды ұйымдастыру мобильді қосымшалар арқылы келесі жетілдірулерге ие болуы мүмкін:

- Жасанды интеллект пен машиналық оқыту – қатысушылардың қызығушылықтарына қарай жеке ұсыныстар беру.
- Виртуалды және толықтырылған шындық – іс-шараларды қашықтан бақылау және оған интерактивті түрде қатысу мүмкіндігі.
- Дауыстық интерфейстер – қолданушылардың іс-шара туралы ақпарат алуын жеңілдету.
- Микроанимациялар мен интерактивті дизайн – қолданушының қосымшада ыңғайлы навигация жасауына көмектесу.



сурет 3 – Қосымшада қызмет таңдау парақшасының прототипі

UX/UI арқылы тиімді қосымшаны әзірлеу кезеңдері

Мобильді қосымшаны әзірлеу бірнеше негізгі кезеңдерден тұрады:

Қолданушы зерттеулері

UX/UI дизайнын әзірлеудің алғашқы қадамы – мақсатты аудиторияны анықтау және олардың қажеттіліктерін зерттеу. Бұл кезеңде сауалнама, фокус-топтар және пайдаланушы сұхбаттары жүргізіледі [4].

Ақпараттық архитектура және прототип жасау

Ақпараттық архитектура қолданушының қосымшада қалай қозғалатынын анықтайды. Wireframe (қаңқалық макет) жасау арқылы экрандардың орналасуы мен негізгі функционалын жобалауға болады. Бұл кезеңде Figma, Adobe XD, Balsamiq сияқты құралдар қолданылады.

UI дизайн және тестілеу

Интерфейстің визуалды элементтері жасалып, дизайн толықтырылады. Кейін A/B тестілеу, қолданушы тестілеуі және eye-tracking әдістері арқылы интерфейс сапасы тексеріледі [5].

Зерттеу барысында кешенді ғылыми әдістер жиынтығы қолданылды:

Әдеби шолу әдісі – UX/UI дизайн саласындағы ғылыми еңбектерді, отандық және шетелдік зерттеулерді талдау арқылы негізгі тұжырымдар жасалды [3], [4].

Салыстырмалы талдау әдісі – Қазақстандағы және шетелдегі іс-шараларды ұйымдастыруға арналған мобильді қосымшалар зерттеліп, олардың UX/UI дизайнындағы ерекшеліктері салыстырылды [5].

Пайдаланушылар тәжірибесін зерттеу әдісі – UX/UI дизайнының тиімділігін бағалау мақсатында фокус-топтық зерттеулер жүргізілді. Іс-шараларды ұйымдастыруда қолданылатын мобильді қосымшалар пайдаланушыларының пікірлері жиналып, талданды. Сонымен қатар, пайдаланушылардың қосымшалармен өзара әрекеттесуін бақылау үшін A/B тестілеу жүргізілді.

Прототиптеу және тестілеу әдісі – UX/UI дизайн қағидаларын қолдана отырып, іс-шараларды басқаруға арналған мобильді қосымша прототипі жасалды. Бұл прототипті нақты пайдаланушылар арасында тестілеу арқылы интерфейстің қолдануға ыңғайлылығы мен тиімділігі бағаланды [6].

Анкеталық сауалнама әдісі – мобильді қосымшаларды пайдаланушылар арасында сауалнама жүргізіліп, олардың UX/UI дизайнына қатысты пікірлері мен ұсыныстары жинақталды. Бұл әдіс пайдаланушылардың нақты қажеттіліктерін анықтауға және болашақ қосымшаларды жетілдіру стратегиясын құруға көмектесті.

Когнитивті жүктемені талдау әдісі – пайдаланушылардың мобильді қосымшаны пайдалану кезіндегі ойлау процесін зерттеу үшін когнитивті жүктемені бағалау әдісі қолданылды. Бұл UX дизайнының қолданушыға түсінікті әрі тиімді болуын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады.

Геймификация элементтерін тестілеу – пайдаланушылардың тәжірибесін жақсарту мақсатында UX/UI дизайнына геймификация элементтерін енгізу және олардың тиімділігін бағалау үшін эксперименттік зерттеу жүргізілді.

Статистикалық талдау әдісі – пайдаланушылардың мобильді қосымшалармен өзара әрекеттесуін талдау үшін жинақталған мәліметтер өңделіп, қолданушы қанағаттану деңгейі мен UX/UI дизайнының тиімділігіне қатысты қорытындылар жасалды. Бұл мәліметтер диаграммалар мен графиктер түрінде ұсынылды.

Этнографиялық зерттеу әдісі – UX/UI дизайнды жетілдіру мақсатында нақты пайдаланушылардың мобильді қосымшаны қолдану ортасы мен тәжірибесі зерттелді. Бұл әдіс пайдаланушылардың нақты қажеттіліктерін тереңірек түсінуге мүмкіндік берді.

Бұл зерттеу әдістерінің үйлесімділігі UX/UI дизайнының іс-шараларды ұйымдастыруға арналған мобильді қосымшалардың тиімділігіне тигізетін әсерін кешенді түрде талдауға мүмкіндік берді.

Қорытынды. UX/UI дизайн әдістерін қолдана отырып жасалған мобильді қосымшалар іс-шараларды ұйымдастыру үдерісін айтарлықтай жеңілдетеді. Оларды пайдалану қатысушылар үшін ыңғайлы интерфейс ұсынумен қатар, ұйымдастырушыларға да көптеген артықшылықтар береді. Мысалы, қатысушылардың тіркелуін автоматтандыру, билеттерді онлайн тарату, хабарламаларды жылдам жеткізу, іс-шара барысын нақты уақыт режимінде бақылау мүмкіндіктері UX/UI-дың тиімділігін дәлелдейді.

Зерттеу барысында UX/UI дизайнының іс-шараларды ұйымдастыру саласындағы маңызы анықталды. Жақсы жасалған UX дизайны пайдаланушының тәжірибесін жақсартады, ал тиімді UI интерфейсі қосымшаны ыңғайлы және түсінікті етеді. Қазақстандық нарықта бұл бағыт енді ғана дамып келе жатқанымен, Ticketon және Bilet.kz сияқты платформалардың UX/UI шешімдерін жетілдіру қажеттілігі байқалады. Бұл мобильді қосымшаларды одан әрі жетілдіру – іс-шараларды ұйымдастыру индустриясын цифрландырудағы маңызды қадамдардың бірі болып табылады.

Алдағы уақытта UX/UI дизайн әдістерін қолдана отырып жасалған қосымшалардың іс-шараларды ұйымдастыруда кеңінен қолданылатыны сөзсіз. Сондықтан, пайдаланушы тәжірибесін жақсарту және интерфейсті оңтайландыру бағытында тереңірек зерттеулер жүргізу маңызды болып қала береді.

UX/UI дизайн әдістерін қолдана отырып, іс-шараларды ұйымдастыруға арналған мобильді қосымшаларды жасау – өте маңызды және қажетті қадам. Дұрыс UX/UI

шешімдерінің арқасында қолданушыларға ыңғайлы, түсінікті және тартымды интерфейстер ұсынылады. Қазақстандық нарықта бұл бағыт әлі де дамуды қажет етеді, сондықтан UX/UI әдістерін қолдану арқылы жаңа мүмкіндіктер ашуға болады.

АЛҒЫС

Авторлар барлық ақпарат үшін жалғыз жауап береді қолжазбалар, соның ішінде плагиаттың болмауы, дәйексөздің дәлдігі және болмауы жасанды интеллект жасаған жалған фактілер.

Әдебиеттер тізімі

1. Әбдіғапбарова Ұ. Ақпараттық технологиялар және дизайн. – Алматы, 2018. – 220 б.
2. Ибраев Т. Веб-дизайн және интерфейс жобалау. – Алматы, 2019. – 210 б.
3. Құлмағамбетова Г. Графикалық дизайн теориясы. – Алматы, 2016. – 230 б.
4. Garrett J. J. The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond. – Berkeley: Pearson Education, 2011. – 192 p.
5. Norman D. The Design of Everyday Things. – New York: Basic Books, 2013. – 368 p.
6. Kumar R. UX Design and Research: A Practical Guide. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2019. – 336 p.
7. Nielsen J. Usability Engineering. – San Francisco: Morgan Kaufmann, 2020. – 362 p.

References

1. Äbdıǵapbarova Ū. Aqparattyq tehnologialar jäne dizain. – Almaty, 2018. – 220 b.
2. İbraev T. Veb-dizain jäne interfeis jobalau. – Almaty, 2019. – 210 b.
3. Qūlmaǵambetova G. Grafıkalyq dizain teoriyası. – Almaty, 2016. – 230 b.
4. Garrett J. J. The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond. – Berkeley: Pearson Education, 2011. – 192 p.
5. Norman D. The Design of Everyday Things. – New York: Basic Books, 2013. – 368 p.
6. Kumar R. UX Design and Research: A Practical Guide. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2019. – 336 p.
7. Nielsen J. Usability Engineering. – San Francisco: Morgan Kaufmann, 2020. – 362 p.

А.Т. Калбаева, П.А. Кожобекова, А.О. Боташева, Ж.Д. Изтаев, Е.Т. Саулебек*

к.т.н., ассоциированный профессор, atkalbaeva@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

к.т.н., доцент, permesh63@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

старший преподаватель, abotashieva@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

к.п.н., ассоциированный профессор, zhalgasbek71@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*магистрант, dyussebekovv@gmail.com, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ UX/UI-ДИЗАЙНА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МЕРОПРИЯТИЙ

Аннотация

В современную цифровую эпоху организация мероприятий – это сложный и трудоемкий процесс. Регистрация участников, распространение билетов, информирование и контроль хода мероприятия требуют эффективного использования современных технологий. Традиционные методы отнимают много времени и часто приводят к ошибкам. В этом контексте мобильные приложения, разработанные с применением методов UX/UI-дизайна, позволяют упростить эти процессы и создать удобную платформу для пользователей. Данный подход направлен на решение нескольких ключевых проблем, связанных с организацией мероприятий. Улучшение пользовательского опыта – интуитивный интерфейс и эффективная навигация помогают участникам быстро освоить приложение.

Структурированность информации – возможность хранить важные данные о мероприятии в одном месте и своевременно отправлять уведомления. Эффективное управление – организаторы получают возможность контролировать количество участников, управлять продажами билетов и оптимально планировать ход мероприятия. Таким образом, мобильные приложения, созданные с учетом методов UX/UI-дизайна, повышают качество организации мероприятий и уровень удовлетворенности пользователей.

Ключевые слова: UX / UI дизайн, accessibility, интерфейс, навигация, мобильное приложение.

A.T. Kalbayeva, P.A. Kozhabekova, A.O. Botasheva, Zh.D. Iztayev, Y.T. Saulebek*

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, atkalbaeva@mail.ru, M. Auezov SKU,
Shymkent, Kazakhstan

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pernesh63@mail.ru, M. Auezov SKU,
Shymkent, Kazakhstan

Senior lecturer, abotashieva@mail.ru, M. Auezov Law School, Shymkent, Kazakhstan

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, zhalgasbek71@mail.ru, M. Auezov SKU,
Shymkent, Kazakhstan

*Master's student, dyussebekovv@gmail.com, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

CREATING A MOBILE APPLICATION USING UX/UI DESIGN METHODS FOR EFFECTIVE EVENT ORGANIZATION

Abstract

In today's digital age, organizing events is a complex and time-consuming process. Tasks such as participant registration, ticket distribution, information dissemination, and event monitoring require the efficient use of modern technologies. Traditional methods (paper-based registration, spreadsheets, and phone invitations) take a lot of time and often lead to errors. In this context, mobile applications designed with UX/UI methods help simplify these processes and provide a convenient platform for users. This approach addresses several key challenges in event management: Enhanced User Experience (UX) – an intuitive interface and efficient navigation make it easier for participants to use the application. Structured Information – the ability to store key event details in one place and send timely notifications. Effective Management – organizers can monitor participant numbers, manage ticket sales, and optimize event planning. Thus, mobile applications developed using UX/UI design methods improve the quality of event organization and enhance user satisfaction.

Keywords: UX/UI design, accessibility, interface, navigation, mobile app.

Ж.С. Кемельбекова, Ж.Б. Копжасарова*

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан
докторант, 8D01503-Информатика білім беру бағдарламасы бойынша, М.Әуезов атындағы Оңтүстік
Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

*Автор для корреспонденции: zhadyra.kopzhasarova@auuezov.edu.kz

ҚАЗАҚСТАННЫҢ БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ GENERATIVE AI: ҚОЛДАНУ БАҒЫТТАРЫ ЖӘНЕ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

Түйін

Бұл мақалада Қазақстанның білім беру жүйесінде генеративті жасанды интеллектті (Generative AI) қолданудың негізгі бағыттары мен оның қазіргі даму жағдайы қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – ChatGPT, Gemini, Midjourney сияқты генеративті AI технологияларының оқу үдерісіндегі рөлін, артықшылықтары мен кездесетін проблемаларды анықтау. Генеративті AI-дің білім берудегі қолдану бағыттарына: оқу-әдістемелік материалдарды құрастыру, тапсырмаларды тексеру және кері байланыс беру, оқытуды дербестендіру, сондай-ақ студенттердің креативті және зерттеу жобаларын жүргізуі жатады. Қазіргі жағдайына келетін болсақ, Қазақстанда генеративті AI технологияларын енгізу бастапқы сатыда. Жетекші жоғары оқу орындары бұл құралдарды сынақтан өткізуде, алайда орта білім беру деңгейінде олардың қолданысы шектеулі. Сонымен қатар, академиялық адалдық, авторлық құқық, деректер қауіпсіздігі және сыни ойлау дағдыларының әлсіреуі сынды проблемалар да айқындалды. Зерттеу қорытындысында генеративті AI-ді білім беру үдерісіне тиімді интеграциялау үшін озық тәжірибелерді енгізу, оқытушылардың цифрлық сауаттылығын арттыру және академиялық адалдық ережелерін жаңарту қажеттігі негізделді.

Кілттік сөздер: жасанды интеллект, генеративті жасанды интеллект, білім беру, цифрлық педагогика, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, эмпирикалық зерттеу.

Кіріспе. Қазіргі жаһандану жағдайында білім беру жүйесі цифрлық трансформацияның негізгі объектілерінің біріне айналды. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың қарқынды дамуы оқыту мазмұнын, әдістерін және білім алушы мен оқытушы арасындағы өзара әрекеттесу формаларын түбегейлі өзгертуде. Осы үдерісте жасанды интеллект (Artificial Intelligence, AI) технологиялары, соның ішінде генеративті жасанды интеллект (Generative Artificial Intelligence, Generative AI) білім беру саласында жаңа мүмкіндіктер мен қатар жаңа сын-қатерлер тудыруда.

Қазақстандық ғалымдар білім берудегі цифрландыруды елдің адами капиталын дамытудың негізгі факторы ретінде қарастырады. Мәселен, Бөрібекова, Н. Ж. Жанатбекова мен В. Сеитова еңбектерінде білім беру технологияларын жаңарту педагогикалық тиімділікті арттырудың басты шарты екендігі атап өтіледі [1,2]. Ал А. Бекешов цифрлық ортадағы оқытудың психологиялық ерекшеліктерін талдай отырып, жасанды интеллект технологиялары білім алушылардың сыни ойлау қабілетіне тигізетін ықпалы мен адам факторы арасындағы үйлесімділіктің маңызын көрсетеді [3].

XXI ғасырда білім беру жүйесі цифрлық трансформацияның негізгі объектілерінің біріне айналды. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың қарқынды дамуы оқыту мазмұны мен әдістерін ғана емес, педагог пен студент арасындағы өзара әрекеттесу формаларын да түбегейлі өзгертті [4]. Осы өзгерістер контекстінде AI технологиялары, соның ішінде Generative AI білім беру саласында маңызды инновациялық құрал ретінде қарастырылуда.

Generative AI – алдын ала үйретілген ірі деректер жиынтығы негізінде жаңа мазмұнды (мәтін, тапсырма, оқу материалы, визуалды контент) автоматты түрде жасауға қабілетті жүйе.

Бұл технологияның ерекшелігі тек дайын ақпаратты өңдемей, жаңа мазмұн синтездей алуы. Білім беру саласында Generative AI құралдары оқу процесін қолдауға, кері байланыс беруге, материалдарды дайындауға және бағалауға мүмкіндік береді [5].

Қазақстандық ғалымдар білім беру саласындағы инновациялық технологияларды енгізу педагогикалық тиімділікті арттыруға ықпал ететінін атап көрсетеді. Мәселен, Досмағамбетова Р., Халықбаева С. мен А.Қасымова білім беру процесінде технологиялық құралдардың қолданылуы оқытушының кәсіби қызметін жақсартуға мүмкіндік беретінін дәлелдеген [2,6]. Ал А.Қасымова және т.б. ғалымдардың еңбектерінде студенттердің білімін жаңа ақпараттық технологиялар арқылы интеграциялауды педагогикалық моделдеу негізінде ұйымдастыру, құзыреттерді қалыптастыру және жеке оқытудың сапасын арттыратынын көрсеткен [6].

Қазақстанда білім беру саласын цифрлық трансформациялау мемлекеттік бағдарламалардың басым бағыттарының бірі болып табылады. «Цифрлық Қазақстан» бағдарламасы, білім беру ұйымдарын цифрлық инфрақұрылыммен қамтамасыз ету, педагогтардың цифрлық құзыреттілігін арттыру шаралары осы бағыттағы жүйелі қадамдарды көрсетеді. Алайда Generative AI секілді күрделі технологияларды енгізу тек техникалық дайындықты ғана емес, педагогикалық, этикалық және институционалдық аспектілерді де жан-жақты қарастыруды талап етеді. Н.Керімбаев және Ж.Меңлібай еңбектерінде Generative AI құралдарын педагогикалық құрал ретінде қолдану арқылы оқытудың сапасын арттыру, студенттердің шығармашылық және техникалық дағдыларын дамыту, сондай-ақ оқы процесіне интеграциялау әдістері мен мүмкіндіктері қарастырылады [5].

Ғылыми қауымдастықта Generative AI-дың білім беру саласына ықпалы туралы пікірлер әртүрлі. Бірқатар зерттеулер бұл технологияның оқыту тиімділігін арттыратынын, педагогтардың жүктемесін азайтатынын көрсетсе, басқа зертеушілер академиялық адалдыққа қауіп төндіруі, студенттердің сыни ойлау қабілетінің төмендеуі және оқытушы рөлінің әлсіреуі сияқты мәселелерді атап өтеді [7]. Осы қарама-қайшы пікірлер Қазақстан жағдайында Generative AI-ды қолданудың нақты тәжірибесін зерттеудің маңызды екенін көрсетеді.

Қазақстанның білім беру жүйесінде Generative AI технологияларының қолдану деңгейін, педагогтар мен студенттердің осы технологияға деген көзқарасын және оны пайдаланудағы негізгі қиындықтар мен мүмкіндіктерді анықтау. Қазіргі уақытта Қазақстандағы Generative AI-ға қатысты эмпирикалық зерттеулер жеткіліксіз, бұл зерттеу тақырыптық жаңалық ретінде бағаланады.

Зерттеу мақсаты: Қазақстанның білім беру жүйесіндегі Generative AI технологияларының негізгі сипаттамаларын, қолдану бағыттарын және қазіргі жағдайын эмпирикалық деректер негізінде талдау.

Материалдар мен әдістер

Теориялық талдау. Жасанды интеллект (AI) ұғымы ғылыми айналымға XX ғасырдың ортасында енгізілгенімен, оның практикалық қолданысы соңғы онжылдықта айтарлықтай кеңейді. Машиналық оқыту, нейрондық желілер және терең оқыту әдістерінің дамуы AI-дың жаңа буынын - Generative AI жүйесін қалыптастырды.

Generative AI алдын ала үйретілген деректер негізінде жаңа мазмұн (мәтін, сурет, код, тапсырмалар) құра алады. Қазақстандық зерттеуші жоғары білімде жасанды интеллектті тиімді интеграциялау инновацияларды қолдайтын, сонымен қатар академиялық адалдық стандарттарын сақтайтын теңдестірілген реттеуші тәсілдерді қажет ететіндігіне қорытынды жасайды [8]. Generative AI дәстүрлі автоматтандырылған жүйелерден ерекшеленеді, себебі ол жаңа білім өнімін жасай алады, ал білім беру процесінде бұл педагог пен студент арасындағы өзара әрекетті күшейтеді.

Білім беру саласында Generative AI қолдану бірнеше педагогикалық теориямен тығыз байланысты:

1. Конструктивизм: білім алушы өз білімін белсенді құрастырады, ал AI бұл процеске қолдау көрсетеді.
2. Коннективизм: білім желілер арқылы қалыптасады, Generative AI ақпараттық түйін ретінде қызмет етеді.
3. Цифрлық педагогика: AI оқытушының рөлін трансформациялап, материалдарды автоматты генерациялауға мүмкіндік береді.

Халықаралық зерттеулер Generative AI -дың оқу мотивациясын арттыру, оқытушылардың жүктемесін азайту, кері байланыс беру мүмкіндіктерін көрсетеді.

Алайда қауіптер де бар: академиялық адалдық, дайын мәтіндерге тәуелділік, сыни ойлау қабілетінің төмендеуі [9]. Сондықтан көптеген елдерге Generative AI қолдануға этикалық кодекстер енгізілуде.



Сурет 1. Халықаралық тәжірибе бойынша Generative AI ықпалдары

Этикалық және академиялық адалдық аспектілері Generative AI қолданудың басты сын-көзқарастары:

1. Авторлық құқық мәселелері
2. Плагиат қауіпі
3. Студенттердің сыни ойлау қабілетінің төмендеуі

Қазақстандық зерттеуші А.Жанғозин жасанды интеллектті білім беру үдерісіне енгізудің артықшылықтары мен тәуекелдері, этикалық мәселелер, оқушылардың құпиялылығы мен педагогтарды даярлау проблемалары қарастыра отырып, жауапкершілік пен озық педагогикалық тәжірибе негізіндегі тұжырымдамасын ұсынады [10].

Кесте 1- Generative AI қолданудағы этикалық мәселелер

Мәселе	Мәні	Қазақстандағы көрінісі
Плагиат	AI арқылы дайын мәтін алу	Жоғары оқу орындарында бақылаусыз
Дербес ойлау	Сыни ойлау қабілетінің төмендеуі	Студенттердің реферат жазу тәжірибесінде байқалады
Авторлық құқық	Контент жасауда құқықтық түсінік аз	Педагогтар арасында түсіндіру жұмыстары қажет

Қазақстанда жасанды интеллект зерттеулері көбіне техникалық және экономикалық сипатта, ал білім беру саласында Generative AI-ға қатысты эмпирикалық зертеулер жеткіліксіз [9,10].

Отандық зерттеулердің негізгі бағыттары: цифрлық білім беру платформалары, қашықтықтан оқыту, педагогтардың цифрлық құзыреттілігі.

Generative AI-ды қолданудың педагогикалық, этикалық және институционалдық аспектілері әлі толық зерттелмеген.

Кесте 2 – Қазақстандағы зерттеулер мен бағыттары

Зерттеу бағыты	Жобалар/зерттеулер	Қысқаша сипаттамасы
Жасанды интеллект	Жайдақбаева Л., Қ.Тынышбек	бейімделген оқыту, жекелендірілген оқу, интеллектуалды бағалау және басқару
Generative AI	Керімбаев Н., Ж.Меңлібай	Бағдарламалау тілдерін оқытуда қолдану
Педагог кәсіби құзыреттілігін дамыту	Досмагамбетова Р., Халықбаева С. мен А.Касымова	Цифрлық дағдыларды дамыту

Әдебиеттерге шолу көрсеткендей, Generative AI білім беруде тиімді құрал бола алады, бірақ оның этикалық, педагогикалық және институционалдық аспектілерін ескеру қажет. Халықаралық тәжірибе Қазақстан үшін маңызды бағыттарды көрсетсе, ұлттық зерттеулердің аздығы эмпирикалық зерттеудің қажеттілігін айқындайды.

Тәжірибелік бөлім. Бұл зерттеу эмпирикалық және пилоттық сипатқа ие және аралас әдіс (quantitative + qualitative) бойынша жүргізілді. Зерттеудің барысында Қазақстандағы білім беру жүйесіндегі Generative AI технологияларының қолдану деңгейлері, педагогтар мен студенттердің көзқарасын қолдану барысындағы негізгі қиындықтар мен мүмкіндіктерді анықтау жұмыстары жүргізілді.

Зерттеу дизайны келесі құрылымнан тұрады:

1. Сауалнама (quantitative) – студенттер мен педагогтардың Generative AI қолдану тәжірибесі мен қабылдау деңгейін анықтау;
2. Интервью (qualitative) – педагогтардың технологияны қолдану тәжірибесін, қиындықтарын және ұсыныстарын тереңірек талдау;
3. Деректерді талдау – статистикалық талдау (SPSS) және тақырыптық талдау (thematic analysis) арқылы жүзеге асырылды.

Зерттеуге пилоттық сипатта Шымкент қаласындағы үш жоғары оқу орындарының студенттері мен педагогтары қатысты.

Кесте 3 – Қатысушылар сипаттамасы

Қатысушылар тобы	Саны	Жынысы (Е/Қ)	Орташа жас/тәжірибе
Студенттер	120	48/72	20,5 ± 1,8 ж.
Педагогтар	40	15/25	12,3 ± 4,5 ж. жұмыс стажы

Деректерді жинау барысында сауалнама негізгі 3 бөлімнен тұрды:

1. Демографиялық ақпарат: жас, жыныс, оқу/жұмыс орны,
2. Generative AI қолдану тәжірибесі: қолдану жиілігі, бағыттары, құралдар,
3. Көзқарас және қабылдау: технологияны қабылдау деңгейі, сенім, қауіптер туралы бағалау (5 балдық Лайкерт шкаласы).

Педагогтармен жарты құрылымдық интервью жүргізілді. Негізгі сұрақтар:

1. Generative AI құралдары дегеніміз не және қандай мақсатта қолданасыз?
2. Қолдануда қандай қиындықтар бар?
3. Оқыту процесінде Generative AI технологияларын қолданудың болашағы қандай?

Интервью жазбалары тақырыптық талдау арқылы өңделді. Деректерді талдау әдістері:

- Сауалнама деректері: SPSS бағдарламасында Descriptive Statistics (орташа мән, стандартты ауытқу), Crosstab және Chi-square тесттері арқылы талданды.
 - Интервью деректері: тақырыптық талдау арқылы негізгі тақырыптар анықталды.
 - Визуализация: кестелер, диаграммалар және сызбалар арқылы ұсынылды.
- Пилоттық зерттеу нәтижелерін алдын ала көрсету.

Кесте 4 – Студенттердің Generative AI қолдану жиілігі

Қолдану жиілігі	Студенттер саны	%
Күнделікті	20	16,7%
Аптасына бірнеше рет	50	41,7%
Айына бір рет	30	25%
Сирек	20	16,6%



Сурет 2. Педагогтардың қолдану бағыттары

Зерттеу кезінде келесідей этикалық принциптер сақталды: қатысушылардың келісімі (informed consent) алынған, деректер анонимді, тек зерттеу мақсатында қолданылды, интервью және сауалнама деректері қодталған түрде сақталды, зерттеу этика комитетінен рұқсат алынды.

Пилоттық зерттеу нәтижелері студенттер мен педагогтардың Generative AI қолдану деңгейін анықтауға мүмкіндік берді.

Кесте 5 – Қатысушылардың Generative AI қолдану жиілігі

Қатысушылар	Күнделікті	Аптасына бірнеше рет	Айына бір рет	Сирек
Студенттер	20 (16,7%)	50 (41,7%)	30 (25%)	20 (16,6%)
Педагогтар	5 (12,5%)	20 (50%)	10 (25%)	5 (12,5%)

Студенттердің 58,4% Generative AI-ды аптасына бірнеше рет немесе күнделікті қолданса, педагогтар арасында бұл көрсеткіш 62,5%-ды құрады. Бұл технологияның Қазақстанда білім беру процесінде әлі пилоттық түрде қолданылып жатқанын көрсетеді.

Зерттеу деректері бойынша Generative AI-ды қолдану негізгі төрт бағытта шоғырланған:

1. Оқу материалын дайындау
2. Тақырыпты түсіндіру
3. Бағалау
4. Кері байланыс беру

Кесте 6 – Педагогтардың қолдану бағыттары

Қолдану бағыты	Педагогтар саны	%
Оқу материалын дайындау	25	62,5%
Тақырыпты түсіндіру	30	75%
Бағалау	10	25%

Кері байланыс беру	28	70%
--------------------	----	-----

Педагогтар көбінесе Generative AI –ды оқу материалдарын дайындау және тақырыпты түсіндіру үшін қолданады. Бағалау процесінде қолдану төмен, себебі бұл жерде академиялық адалдық мәселелері маңызды болып отыр.

Студенттер мен педагогтар Generative AI-ға қатысты көзқарастарын 5 балдық Лайкерт шкаласы бойынша бағалады.

Кесте 7 – Қатысушылардың Generative AI қабылдау деңгейі

Параметр	Студенттер орташа \pm SD	Педагогтар орташа \pm SD
Технологияның пайдалы екендігі	4,2 \pm 0,6	4,0 \pm 0,7
Жүктемені азайту мүмкіндігі	3,8 \pm 0,7	4,1 \pm 0,6
Академиялық адалдыққа қауіп	3,2 \pm 0,8	4,0 \pm 0,7
Қолдану икемділігі	4,0 \pm 0,6	3,9 \pm 0,7

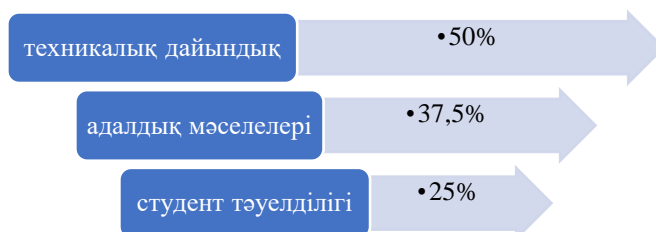
Екі топта технологияның пайдалы екенін мойындайды. Академиялық адалдыққа қауіп факторын педагогтар көбірек бағалаған, бұл білім беру этикасының сақталуына байланысты. Студенттер үшін технологияның икемділігі мен қол жетімділігі маңызды.

Интервью нәтижелері бойынша педагогтар келесі қиындықтарды атап өтті:

1. Техникалық дайындық жеткіліксіздігі
2. Бағалау процесінде этикалық мәселелер
3. Студенттердің AI-ға тәуелді болуы

Кесте 8 – Педагогтардың Generative AI қолданудағы қиындықтары

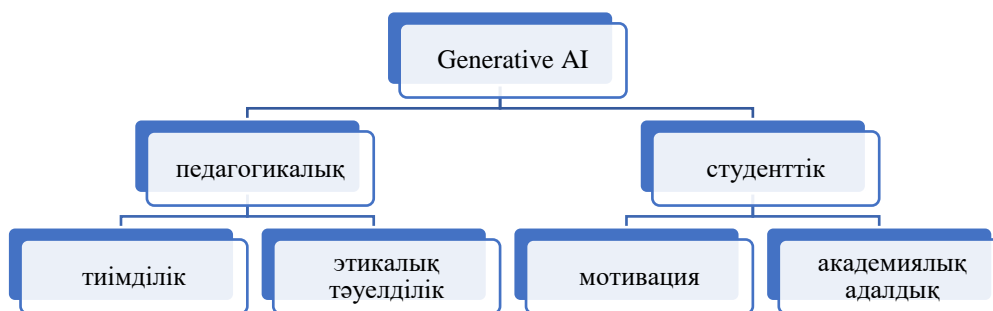
Қиындық	Педагогтар саны	%
Техникалық дайындық жеткіліксіз	20	50%
Бағалау және академиялық адалдық	15	37,5%
Студенттердің тәуелділігі	10	25%



Сурет 4 – Қолданудағы негізгі қиындықтар

Generative AI-дың жалпы ықпалы

- Педагогикалық тиімділік: оқыту процесін жеделдетеді, тапсырмалар мен материалдар дайындауды жеңілдетеді.
- Студенттердің мотивациясы: жаңа технологияны қолдану қызығушылығын арттырады.
- Этикалық аспектілер: бақылаусыз қолдану академиялық адалдыққа қауіпті төндіруі мүмкін.



Сурет 5 - Generative AI ықпалдарының схемасы

Нәтижелер мен талқылау. Пилоттық зерттеу нәтижелері көрсеткендей, Қазақстандағы студенттер мен педагогтер Generative AI-ды аптасына бірнеше рет немесе күнделікті қолданады. Бұл нәтижелер халықаралық тәжірибемен салыстырғанда ұқсас трендтерді көрсетеді. Мысалы, АҚШ және Еуропадағы зерттеулерде студенттердің 55-60% Generative AI құралдарын оқуда белсенді қолданады [11].

Алайда академиялық адалдық мәселесі Қазақстандық педагогтар үшін үлкен алаңдаушылық тудырады. Бұл А.Жанғозин зерттеуімен үндес: көптеген елдерде AI қолдануда этикалық нормаларды сақтау басты міндет болып отыр.

Қазақстанда педагогтардың техникалық дайындығы әр түрлі, әсіресе Generative AI құралдарын тиімді қолдану тәжірибесі әлі жеткіліксіз [5]. Бұл пилоттық зерттеу деректерімен де расталды: педагогтардың 50%-ы техникалық дайындық жеткіліксіз екенін атап өткен.

Педагогтар Generative AI қолданғанда академиялық адалдықты сақтау мәселесіне баса назар аударады. Студенттердің AI құралдарына тәуелділігі олардың өз бетінше ойлау қабілетіне әсер етуі мүмкін [9,10].

Қазақстанда Generative AI оқу материалы мен тақырыпты түсіндіру үшін кеңінен қолданылады, бірақ бағалау процесінде төмен. Бұл ұлттық білім беру мәдениетіне сйкес: мұнда оқытушының бақылауы мен бағалау рөлі маңызды.

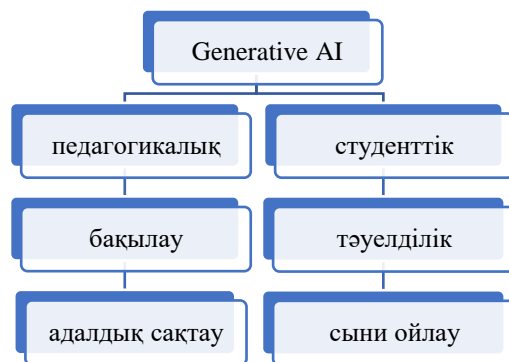
Generative AI-дың педагогикалық тиімділігі мынада көрінеді:

- **Оқу материалының жылдам дайындалуы:** педагогтардың дайындық уақытын 40-50% қысқартуы мүмкін;
- **Кері байланыс беру:** студенттердің сұрақтарына жедел жауап, автоматты тесттер;
- **Жеке тәсіл:** әр студентке арналған тапсырмалар мен қосымша материалдар.

Қазақстандық зерттеу тәжірибесі халықаралық зерттеулермен салыстырғанда педагогтардың AI құралдарын қолдану икемділігі төмен екенін көрсетеді, себебі кейбір оқу бағдарламалары әлі дәстүрлі форматта.

Этикалық аспектілер екі деңгейде көрінеді:

1. Педагогикалық – бағалауда адалдықты сақтау, тапсырмаларды тексеру процесінде бақылау;
2. Студенттік – AI құралдарына тәуелділік, сыни ойлау қабілетінің төмендеуі.



Сурет 6 – Этика және адалдық аспектілері

Бұл сызба пилоттық деректерге және зерттеулеріне сәйкес жасалды. Generative AI тиімділігі техникалық инфрақұрылымға байланысты: жоғары жылдамдықты интернеттің болуы, құрылғылардың жеткіліктілігі, педагогтардың цифрлық құзыреттілігі.

Қазақстанда бұл аспектілер әлі толық дамымаған, әсіресе аймақтық оқу орындарында.

Қазақстандағы Generative AI қолдану деңгейі халықаралық тәжірибеге жақын, бірақ педагогикалық және этикалық аспектілерге байланысты ерекшеленеді. Педагогтар мен студенттердің қабылдауы жоғары, бірақ этика, академиялық адалдық және техникалық дайындық мәселелері басты кедергілер болып отыр. Generative AI білім беру процесін жеделдетіп, мотивацияны арттырады, бірақ тәуелділіктің алдын алу және сыни ойлауды дамыту міндеті бар.

Қазақстанда білім беру саласындағы цифрлық трансформация мемлекеттік саясаттың басым бағыты болып табылады. Негізгі құжаттар мен бағдарламалар:

«Цифрлық Қазақстан» бағдарламасы (2017-2025) – білім беру ұйымдарын цифрлық инфрақұрылыммен қамтамасыз ету, педагогтардың цифрлық құзыреттілігін арттыру;

«Білім беруді дамытудың 2020-2030 жылдарға арналған тұжырымдамасы» - инновациялық технологияларды енгізу арқылы оқытуды жекелеңдіру және тиімділікті арттыру;

«Электрондық үкімет және цифрлық дағдыларды дамыту» - Generative AI секілді жаңа технологияларды білім беру процесіне интеграциялауға мүмкіндік береді.

Мемлекеттік саясат Generative AI қолдануды тікелей реттемесе де, цифрлық құралдар арқылы оқуды қолдау бағытында нормативтік база мен инфрақұрылымды дамытуды көздейді.

Қазақстанда Generative AI қолдануға қатысты нақты заңдар жоқ, алайда бірнеше нормативтік құжат технологиялық интеграцияны реттейді:

Білім туралы заң (2011) – инновациялық технологияларды енгізу құқығын бекітеді;

Авторлық құқық және интеллектуалды меншік заңдары – AI құралдарын қолдану кезінде авторлық құқықтарды сақтау міндетін белгілейді;

Жеке деректерді қорғау заңдары – білім беру платформаларында AI деректерін қауіпсіз сақтау талаптарын енгізеді [9].

Бұл нормативтік база Generative AI-ды қолдануға негіз береді, бірақ нақты этикалық және академиялық стандарттар әзірленуі қажет.

Пилоттық зерттеу көрсеткендей, зерттелген үш жоғары оқу орнының инфрақұрылымы Generative AI құралдарын қолдануға әртүрлі деңгейде дайын:

- Үлкен қалалардағы оқу орындары AI құралдарын қолдануға техникалық тұрғыдан дайын;

- Аймақтық оқу орындарында инфрақұрылым жетілмеген, бұл Generative AI қолдануға кедергі болады.

Педагогтардың цифрлық құзыреттілігі Generative AI қолданудың маңызды факторы. Пилоттық деректер бойынша педагогтардың 50%-ы өздігінен AI құралдарын қолдана алады, қалғандары оқыту курстарын қажет етеді.

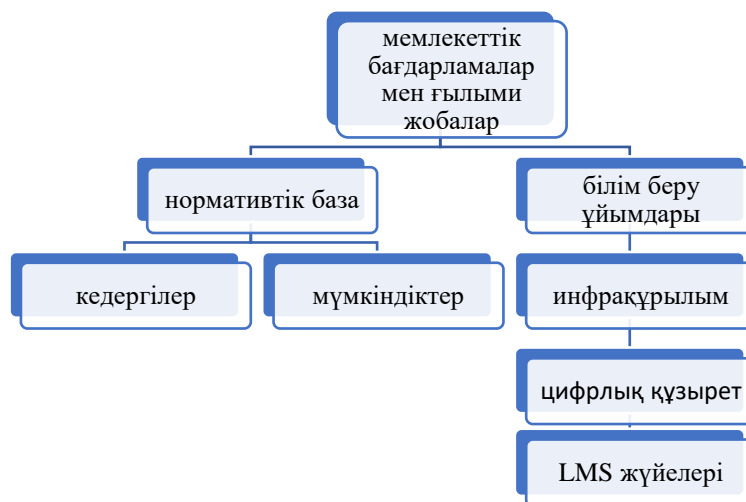


Сурет 7 – Педагогтардың цифрлық құзыреттілігі

Бұл көрсеткіштер педагогтардың кәсіби дамуы мен оқыту тиімділігі цифрлық құзыреттілікке тікелей байланысты.

Кесте 9 – Институционалдық кедергілер мен мүмкіндіктер

Кедергілер	Мүмкіндіктер
Аймақтық инфрақұрылымның шектеулігі;	Мемлекеттік бағдарламалардың қолдауы (Цифрлық Қазақстан, білім беру дамуы тұжырымдамасы);
Педагогтардың технологияны қолданудағы дайындық деңгейінің әртүрлілігі;	LMS және цифрлық платформалардың кеі таралуы;
Академиялық адалдыққа қатысты этикалық нормативтердің болмауы.	Педагогтардың инновациялық құралдарды қолдануға қызығушылығы.



Сурет 8 – Институционалдық контекст схемасы

Мұндағы: Мемлекеттік бағдарламалар («Цифрлық Қазақстан», білім беруді дамыту тұжырымдамасы) AI-ды енгізуге қолдау көрсетеді; Нормативтік база (Білім туралы заң, авторлық құқық, жеке деректерді қорғау) AI құралдарын қолдануға негіз береді, бірақ нақты этикалық стандарттар әзірленбеген; Білім беру ұйымдарының инфрақұрылымы мен педагогтардың цифрлық құзыреттілігі әр түрлі деңгейде, аймақтық айырмашылықтар байқалады.

Қазақстандағы институционалдық контекст Generative AI-ды енгізу үшін негіз бола алады, бірақ бірнеше маңызды аспектілерді жетілдіру қажет: аймақтық инфрақұрылымды дамыту; педагогтардың цифрлық құзыреттілігін арттыру; академиялық адалдық пен этиканы реттейтін нақты нормативтер әзірлеу.

Қазақстандағы білім беру жүйесінде Generative AI қолданудың пилоттық зерттеу нәтижелері көрсеткендей:

Қолдану деңгейі бойынша:

Студенттердің 58,4%-ы Generative AI құралдарын аптсына бірнеше рет немесе күнделікті қолданады;

Педагогтардың 62,5%-ы AI-ды оқу материалын дайындау және тақырыпты түсіндіру үшін қолданады.

Қолдану бағыттары бойынша:

Негізгі бағыттар: оқу материалын дайындау, тақырыпты түсіндіру, кері байланыс беру;

Бағалау процесінде қолдану төмен (25%), себебі академиялық адалдық мәселелері маңызды.

Қабылдау және көзқарас: студенттер мен педагогтар AI-ды пайдалы деп бағалайды (орташа 4,0-4,2 балл), педагогтар академиялық адалдыққа байланысты сақтық танытады.

Қолданудағы қиындықтар: техникалық дайындық жеткіліксіздігі, бағалау процесінде этикалық мәселелер, студенттердің AI құралдарына тәуелділігі.

Төмендегідей практикалық ұсыныстар қарастыруға болады:

1. *Инфрақұрылымды дамыту:* жоғары жылдамдықты интернет, компьютерлер мен планшеттер, LMS және AI платформаларына қолжетімділік.

2. *Педагогтердің кәсіби дамуы:* тренингтер, цифрлық құзыреттілікті арттыру, инновациялық әдістерді енгізу.

3. *Этика және академиялық адалдық:* этикалық нұсқаулықтар, бақылау механизмдері, AI қолдану стандарттары.

4. *Институционалдық қолдау:* мемлекеттік бағдарламалар, нормативтік базаны жетілдіру, халықаралық тәжірибені енгізу.

Қорытынды. Қазақстандағы Generative AI қолданудың пилоттық зерттеу барысында педагогтар мен студенттердің қабылдау деңгейі, қолдану бағыттары және қиындықтары анықталды; институционалдық контекст, нормативтік база және инфрақұрылым мәселелері қарастырылды; практикалық ұсыныстар мен болашақ зерттеу бағыттары ұсынылды.

Қорытындылай келе, мынадай тұжырымдар жасалды: Generative AI білім беру жүйесін тиімді ету үшін үлкен потенциалға ие; студенттердің мотивациясы мен педагогтардың жұмыс тиімділігі артады; инфрақұрылым, педагогтардың құзыреттілігі, этика және нормативтік база сияқты мәселелер шешімін қажет етеді; мемлекеттік қолдау, институционалдық дайындық және педагогтардың кәсіби дамуы арқылы Generative AI қауіпсіз және тиімді енгізілуі мүмкін. Осы зерттеу Қазақстандағы Generative AI-ды білім беру жүйесіне енгізу туралы нақты ғылыми негіз жасап, әрі қарайғы зерттеулер мен практикалық әрекеттерге жол ашады.

Әдебиеттер тізімі

1. Ф. Б. Бөрібекова, Н. Ж. Жанатбекова (2014). Қазіргі заманғы педагогикалық технологиялар: Оқулық. – Алматы: 2014. – 360 бет
2. V.Seitova (2024). Innovative technologies in education: A case study of implementation in Kazakhstan. Eurasian Science Review An International Peer-Reviewed Multidisciplinary Journal, 2(3), 187–200. <https://doi.org/10.63034/esr-77>
3. С.С.Марат, З.З.Бекешев (2025). Білім берудегі AI көмекшілері: Мектеп оқушыларындағы сыни тұрғыдан ойлауға көмек пе, әлде кедергі ме? Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің хабаршысы, №3 (81), 2025. Стр.102-109. DOI 10.70239/arsu.2025.t81.n3.12

4. Досмагамбетова Р., Халыкбаева С. (2016). Роль образовательных технологий в формировании профессиональной компетентности будущих учителей в Казахстане. *Международный журнал экологического и естественнонаучного образования*, 11(13), 6351-6365.
5. Н.Н.Керімбаев, Ж.Ғ. Меңлібай (2025). Генеративті жасанды интеллекттіні интеграциялау арқылы бағдарламалау тілін оқыту. Абай атындағы ҚазҰПУ-нің ХАБАРШЫСЫ, «Физика-математика ғылымдары» сериясы, No1(89), 2025. 293-302. DOI: 10.51889/2959-5894.2025.89.1.025
6. A.Kassymova, G.Khazhgaliyeva, A.Magauova, K.Kassenov, Zh.Kenzhin (2024). Integration of the University students knowledge through new information technologies. *Higher education in Kazakhstan* No3(47) / 2024, 87-105. DOI: [10.59787/2413-5488-2024-47-3-87-105](https://doi.org/10.59787/2413-5488-2024-47-3-87-105)
7. A. Akhmadov, Z. Mutsurova and A.Beterbieva (2023). Innovative Technologies in the Educational Process Trends, Prospects for Development. *SHS Web of Conferences* 172, 01013 (2023). <https://doi.org/10.1051/shsconf/202317201013>
8. S. Askarkyzy, A. Zhunusbekova (2024). Students perceptions of artificial intelligence use in Higher Education and its Impact academic integrity. *Pedagogy and Psychology*. *VOL. 61 NO. 4 (2024)*. PP.145-155. DOI: [10.51889/2960-1649.2024.61.4.008](https://doi.org/10.51889/2960-1649.2024.61.4.008)
9. Л.Қ. Жайдақбаева, Қ.Қ.Тынышбек (2025). Білім берудегі жасанды интеллект: әдебиеттерге жүйелі шолу. Абай атындағы ҚазҰПУ-нің ХАБАРШЫСЫ, «Физика-математика ғылымдары» сериясы, No2(90), 2025. 281-285. DOI: [10.51889/2959-5894.2025.90.2.025](https://doi.org/10.51889/2959-5894.2025.90.2.025)
10. А.Жангозин. Интеграция ИИ в образование: использование потенциала и решение проблем. *Центр педагогического мастерства*, 53, № 3: 2025 г. DOI: 10.62670/2308-7668.2025.53.3.001
11. Zara Contractor, Germán Reyes (2025). Generative AI in Higher Education: Evidence from an Elite College. August 2025. -82. DOI: [10.48550/arXiv.2508.00717](https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.00717)

References

1. F.B. Böribekova, N.J. Janatbekova (2014). *Qazırғы zamanǵy pedagogikalıyq tehnologıalar: Oqulyq.* – Almaty: 2014. – 360 bet.
2. V.Seitova (2024). Innovative technologies in education: A case study of implementation in Kazakhstan. *Eurasian Science Review An International Peer-Reviewed Multidisciplinary Journal*, 2(3), 187–200. <https://doi.org/10.63034/esr-77>
3. S.S.Marat, Z.Z.Bekeshev (2025). Bilim berudegi AI kómekshileri: Mektep oqushylaryndary syni tırrıdan ojlaıǵa kómek pe, əlde kedergi me? *Q.ZHıbanov atyndaǵy Aqtóbe ódirlik universitetiniń habarshysy*, №3 (81), 2025. Str.102-109. DOI 10.70239/arsu.2025.t81.n3.12
4. Dosmagambetova R., Halykbaeva S. (2016). Rol' obrazovatel'nyh tekhnologij v formirovanii professional'noj kompetentnosti budushchih uchitelej v Kazahstane. *Mezhdunarodnyj zhurnal ekologicheskogo i estestvennonauchnogo obrazovaniya*, 11(13), 6351-6365.
5. N.N.Kerımbaev, J.Ǵ. Meńlibai (2025). Generativtı jasandy intelektini integrasialau arqyly baǵdarlamalau tılın oqytu. Abai atyndaǵy QazÚPU-niń HABARŞYSY, «Fizika-matematika ǵylymdary» seriasy, No1(89), 2025. 293-302. DOI: 10.51889/2959-5894.2025.89.1.025
6. A.Kassymova, G.Khazhgaliyeva, A.Magauova, K.Kassenov, Zh.Kenzhin (2024). Integration of the University students knowledge through new information technologies. *Higher education in Kazakhstan* No3(47) / 2024, 87-105. DOI: [10.59787/2413-5488-2024-47-3-87-105](https://doi.org/10.59787/2413-5488-2024-47-3-87-105)
7. A. Akhmadov, Z. Mutsurova and A.Beterbieva (2023). Innovative Technologies in the Educational Process Trends, Prospects for Development. *SHS Web of Conferences* 172, 01013 (2023). <https://doi.org/10.1051/shsconf/202317201013>

8. S. Askarkyzy, A. ZHunusbekova (2024). Students perceptions of artificial intelligence use in Higher Education and its Impact academic intergrity. Pedagogy and Pcyhology. *VOL. 61 NO. 4 (2024)*. PP.145-155. DOI: [10.51889/2960-1649.2024.61.4.008](https://doi.org/10.51889/2960-1649.2024.61.4.008)
9. L.Q. Jaidaqbaeva, Q.Q.Tynyşbek (2025). Bilim berudegi jasandy intelekt: ädebietterge jüieli şolu. Abai atyndaғы QazÜPU-niñ HABARŞYSY, «Fizika-matematika ğylymdary» seriasy, No2(90), 2025. 281-285. DOI: [10.51889/2959-5894.2025.90.2.025](https://doi.org/10.51889/2959-5894.2025.90.2.025)
10. A.ZHangozin. Integraciya II v obrazovanie: ispol'zovanie potenciala i reshenie problem. Centr pedagogicheskogo masterstva, 53, № 3: 2025 g. DOI: [10.62670/2308-7668.2025.53.3.001](https://doi.org/10.62670/2308-7668.2025.53.3.001)
11. Zara Contractor, Germán Reyes (2025). Generative AI in Higher Education: Evidence from an Elite College. August 2025. -82. DOI:[10.48550/arXiv.2508.00717](https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.00717)

Ж.С. Кемельбекова, Ж.Б. Копжасарова*

к.т.н., ассоциированный профессор, kemel_zhan@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*докторант по образовательной программе 8d01503-Информатика, zhadyra.kopzhasarova@auezov.edu.kz, Южно-Казахстанский университет им.М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

GENERATIVE AI В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ КАЗАХСТАНА: НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Аннотация

В данной статье рассматриваются основные направления применения генеративного искусственного интеллекта (Generative AI) в системе образования Казахстана и современное состояние его развития. Цель исследования-выявить роль, преимущества и проблемы, с которыми сталкиваются генеративные технологии искусственного интеллекта, такие как ChatGPT, Gemini, Midjourney, в процессе обучения. Области применения генеративного ИИ в образовании включают: составление учебно-методических материалов, проверку заданий и предоставление обратной связи, персонализацию обучения, а также проведение студентами творческих и исследовательских проектов. Что касается современного состояния, то внедрение генеративных технологий AI в Казахстане находится на начальной стадии. Ведущие вузы апробируют эти средства, однако на уровне среднего образования их применение ограничено. Также были выявлены такие проблемы, как академическая честность, авторское право, безопасность данных и ослабление навыков критического мышления. В заключении исследования обосновывается необходимость внедрения передового опыта, повышения цифровой грамотности преподавателей и обновления правил академической честности для эффективной интеграции генеративного ИИ в образовательный процесс.

Ключевые слова: искусственный интеллект, генеративный искусственный интеллект, образование, цифровая педагогика, информационно-коммуникационные технологии, эмпирические исследования.

Zh.S. Kemelbekova, Zh.B. Kopzhasarova*

candidate of technical sciences, associate professor, kemel_zhan@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

*doctoral student on the educational program 8D01503-Computer Science, zhadyra.kopzhasarova@aeuzov.edu.kz, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

GENERATIVE AI IN THE EDUCATION SYSTEM OF KAZAKHSTAN: DIRECTIONS OF APPLICATION AND CURRENT STATE

Abstract

This article discusses the main areas of application of generative artificial intelligence (Generative AI) in the education system of Kazakhstan and the current state of its development. The aim of the study is to identify the role of generative AI technologies such as ChatGPT, Gemini, Midjourney in the learning process, advantages and problems encountered. Areas of application of generative AI in education include: compilation of teaching materials, verification of tasks and providing feedback, personalization of training, as well as the conduct of creative and research projects by students. As for the current situation, the introduction of generative AI technologies in Kazakhstan is at an early stage. Leading universities are testing these tools, however, at the level of secondary education, their use is limited. In addition, problems such as academic integrity, copyright, data security and the weakening of critical thinking skills were also identified. The results of the study substantiate the need to implement best practices, improve the digital literacy of teachers and update the rules of academic integrity in order to effectively integrate generative AI into the educational process.

Keywords: artificial intelligence, generative artificial intelligence, education, digital pedagogy, information and communication technologies, empirical research.

Т.Д. Кузурбаева^{1*}, С.Д. Куракбаева¹, М.М. Расулмухамедов², Ж.Д. Изтаев¹, Г.К. Тагай¹

¹магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹к.т.н. профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²к. ф.-м.н., доцент, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

¹к.п.н., ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹магистр, старший преподаватель Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент

*Автор для корреспонденции: totykuzurbayeva@gmail.com

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СЕГМЕНТАЦИИ РЫНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIG DATA ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО МАРКЕТИНГА

Аннотация

В данном исследовании обоснован выбор стек технологий Big Data (Apache Spark, Parquet, Kafka, MLflow) для обеспечения масштабируемости и воспроизводимости. Предложена гибридная лямбда-архитектура, поддерживающая как пакетную, так и потоковую обработку событий. На синтетическом датасете, имитирующем поведение пользователей стриминговой платформы, проведены эксперименты по сегментации с использованием методов K-Means и DBSCAN. Построены комплексные признаки, включающие RFM-метрики, поведенческие и темпоральные характеристики. Качество кластеризации оценено с использованием метрик силуэта и Калински-Харабаса. Результатом является функционирующий прототип, который автоматизирует этапы от приема сырых событий до формирования интерпретируемых сегментов с рекомендациями по их использованию в персонализированных маркетинговых кампаниях. Практическая значимость работы заключается в демонстрации подхода, позволяющего снизить стоимость контакта и повысить CTR/CVR за счет более точного таргетирования.

Ключевые слова: Big Data, сегментация рынка, персонализированный маркетинг, кластеризация, RFM-анализ.

Введение. Цифровая трансформация маркетинга обусловила переход от массовых коммуникаций к гиперперсонализации, что требует глубокого понимания поведения каждого потребителя. В предыдущей работе [1] был проведен обзор особенностей, технологий и вызовов при построении интеллектуальных систем сегментации на основе Big Data. Определены ключевые проблемы: работа с высокоскоростными потоками данных (velocity), обеспечение конфиденциальности (veracity), масштабируемость алгоритмов (volume) и необходимость обработки разнородной информации (variety). Однако ранее наше исследование не затрагивало вопросы практической реализации.

Актуальность работы обусловлена потребностью бизнеса, в том числе малых и средних предприятий, стремящихся использовать технологии больших данных, в тиражируемых и экономичных архитектурных решениях. Целью исследования является создание воспроизводимого прототипа пайплайна интеллектуальной сегментации, от приема данных до генерации сегментов, с открытым кодом и четкой методологией, что составляет научную новизну. Практическая значимость заключается в снижении операционных затрат на маркетинг за счет автоматизации сегментации и повышении эффективности кампаний через точное таргетирование, что в перспективе ведет к росту конверсии (CVR) и кликабельности (CTR).

Постановкой задачи является разработка архитектуры и реализация прототипа системы, которая на основе потоковых и накопленных пользовательских данных в масштабах,

характерных для крупной цифровой платформы (аналогично Netflix, Spotify), автоматически выделяет устойчивые поведенческие сегменты для последующей персонализации контента и рекламных коммуникаций.

В современной литературе по цифровому маркетингу сегментация рассматривается как ключевой механизм гиперперсонализации. Котлер, Картаджайя и Сетианан в концепции Marketing 5.0 акцентируют переход к data-driven маркетингу, где ценность создается за счет точного понимания потребностей и контекста клиента на основе данных и ИИ [2]. Систематический обзор Gupta и соавт. фиксирует рост применения машинного обучения в маркетинге (в том числе кластеризации для сегментирования), однако подчеркивает дефицит воспроизводимых инженерных решений, связывающих алгоритмы с бизнес-метриками и процессами принятия решений. На уровне методов прикладные исследования предлагают расширения классических поведенческих моделей: например, Rungtuan и соавт. показывают развитие RFM-подхода для устойчивой кластеризации клиентов, а Rodrigues и соавт. систематизируют NLP-ориентированное сегментирование на основе текстовых и событийных данных. [3]

С инженерной точки зрения, исследователи отдельно подчеркивают роль потоковой обработки и оперативного принятия решений. Jabbar, Akhtar и Dani рассматривают real-time обработку больших данных как основу «моментального» маркетинга и отмечают, что задержки обработки пользовательских событий снижают эффект таргетинга и персонализации. Для масштабируемой аналитики и построения распределенных пайплайнов часто используется Apache Spark; практическое руководство Damji и соавт. описывает подходы к обработке больших данных и построению ML-контура в распределенной среде [4-5].

Отдельный пласт работ связан с внедрением моделей и управлением жизненным циклом. Chen и соавт. описывают MLflow как платформу, поддерживающую воспроизводимость (tracking экспериментов), версионирование артефактов и регистрацию моделей, что снижает риски разрыва между исследовательским кодом и эксплуатацией; эти практики закреплены и в официальной документации MLflow [6-7]. Для оркестрации задач (ETL, обучение, переобучение и плановые пересчеты) широко применяется Apache Airflow. Практико-ориентированные исследования на русском языке также подчеркивают, что бизнес-ценность Big Data в маркетинге достигается только при наличии сквозной архитектуры интеграции данных, контроля качества и измерения эффекта кампаний [8].

Таким образом, существующие работы детально раскрывают отдельные аспекты (методы сегментации, потоковую аналитику, MLOps), но реже предоставляют целостный, воспроизводимый прототип «от данных до сегментов», ориентированный на масштабы крупной цифровой платформы и учитывающий конфиденциальность, интерпретируемость и эксплуатационные ограничения [9]. Научная новизна настоящей работы заключается в проектировании и реализации открытого end-to-end прототипа пайплайна интеллектуальной сегментации: прием потоковых и накопленных данных, их стандартизация и контроль качества, обезличивание идентификаторов на ранних этапах, формирование признаков и автоматическое выделение устойчивых поведенческих сегментов с последующей визуализацией результатов в веб-интерфейсе. Такой формат делает решение тиражируемым и пригодным для практического внедрения при ограниченных ресурсах, сохраняя ориентацию на масштабы, характерные для крупных цифровых платформ.

Методы исследования. В основе работы лежит комбинация инженерных и аналитических методов, направленных на создание воспроизводимого пайплайна сегментации. Для имитации реальных условий использован синтетический датасет, генерирующий поведенческие события пользователей VoD-платформы. Архитектурной основой выбрана гибридная лямбда-схема, обеспечивающая как пакетную, так и потоковую

обработку данных. Применены методы предобработки данных, включая дедубликацию, обработку пропусков и выбросов, а также масштабирование признаков. Для сегментации сравнивались алгоритмы кластеризации K-Means и DBSCAN, качество которых оценивалось с помощью внутренних метрик (силуэт, Калински–Харабас, Дэвис–Болдин). Визуализация и интерпретация сегментов выполнены с использованием веб-интерфейса, взаимодействующего с бэкендом через REST API. Все этапы пайплайна оркестрированы с помощью Apache Airflow, а эксперименты зафиксированы в MLflow для обеспечения воспроизводимости.

Результаты и обсуждение

Для эффективного хранения структурированных и неструктурированных данных используются различные решения, которые относятся к третьему этапу и включают в себя: NoSQL-базы данных (MongoDB, Cassandra, Redis) – позволяют хранить большие объёмы данных в удобном формате, обеспечивая высокую скорость чтения и записи; реляционные базы данных (PostgreSQL, MySQL, Microsoft SQL Server) – используются для хранения структурированных данных, если система требует строгих связей между таблицами; облачные хранилища (AWS S3, Google Cloud Storage, Azure Blob Storage) – масштабируемые и отказоустойчивые решения, обеспечивающие безопасное хранение данных и быстрый доступ из любой точки мира; Data Lake и Data Warehouse (Amazon Redshift, Google BigQuery, Snowflake) – используются для хранения больших массивов данных, подготовки их к аналитике и машинному обучению. Выбор хранилища зависит от типа данных, требуемой скорости обработки и масштаба проекта.

Для прототипирования используется синтетический датасет, который имитирует логи поведения пользователей на VoD-платформе (Video on Demand). Такой выбор позволяет избежать этических и юридических рисков, связанных с обработкой персональных данных, и одновременно обеспечивает полную воспроизводимость эксперимента: любой исследователь может повторить запуск, не сталкиваясь с ограничениями доступа к релевантным данным. Внутри набора данных моделируются ключевые сущности, характерные для цифровых платформ: поток событий пользователей (например, воспроизведение, пауза, поиск, клики по баннерам и покупка подписки), таблица транзакций с фактами платежей, профиль пользователя, который формируется на основе агрегирования активности за исторический период, а также справочник контента с метаданными видео (жанр, длительность, год релиза), необходимыми для интерпретации потребительских интересов [10].

На следующем этапе реализуется предобработка и контроль качества данных, потому что даже синтетические логи должны имитировать реалистичные искажения данных, с которыми сталкивается бизнес. На этом шаге выполняется дедубликация событий, чтобы убрать повторные записи и снизить искажения при расчёте метрик поведения. Пропущенные значения обрабатываются по типу признаков: категориальные поля заполняются нейтральным значением вроде unknown, а числовые — устойчивыми оценками, например медианой (в практических кейсах это снижает влияние единичных аномалий). Для финансовых показателей дополнительно применяется обработка выбросов, поскольку расходы пользователей часто имеют тяжелые хвосты; в прототипе используется подход на основе межквартильного размаха (IQR), который хорошо работает без предположений о нормальности распределения.

Затем выполняется построение признаков (feature engineering) для сегментации. Для каждого обезличенного пользователя за фиксированный исторический интервал (например, 90 дней) формируется вектор признаков, который отражает как классическую маркетинговую модель RFM, так и поведенческие особенности потребления контента. Помимо Recency, Frequency и Monetary, добавляются характеристики сессий и взаимодействий с платформой: средняя длительность сессии, доля завершённых просмотров, разнообразие интересов через

число уникальных жанров, частота использования поиска и другие паттерны вовлечённости. Отдельно учитываются временные закономерности активности — например, склонность к просмотрам утром или вечером и распределение активности по дням недели. Чтобы признаки были сопоставимы и корректно работали в алгоритмах кластеризации, они масштабируются с помощью стандартной нормализации (StandardScaler)[11].

В прототипе сравниваются два подхода к сегментации. Первый — K-Means, широко используемый центроидный метод, который эффективен при достаточно “компактных” кластерах и хорошо масштабируется на больших данных, но требует заранее задать число кластеров k [10]. Второй — DBSCAN, плотностный метод, который способен находить кластеры произвольной формы и выделять шумовые точки, не требуя явного задания количества кластеров, однако он чувствителен к настройке параметров плотности (ϵ и min_samples) [11]. В качестве перспективного направления рассматривается применение автоэнкодера для нелинейного снижения размерности перед кластеризацией, что может повысить качество сегментов при сложных, нелинейных зависимостях в поведении пользователей.

Качество полученных сегментов оценивается с помощью внутренних метрик кластеризации, которые позволяют измерить компактность и разделимость групп в признаковом пространстве [12]. Для этого применяются Silhouette Score, индекс Калински–Харабаса и индекс Дэвиса–Болдина, поскольку они дают взаимодополняющие оценки структуры кластеров. При этом подчёркивается, что в прикладном маркетинге кластеризация должна подтверждаться не только математически, но и бизнес-эффектом, поэтому дальнейшая работа предполагает проверку полезности сегментов через А/В-эксперименты и измерение uplift по CTR или CVR при персонализации предложений для выделенных групп.

Таблица 1 - Обоснование выбора инструментария

Задача	Инструмент	Обоснование выбора
Язык программирования	Python 3.9+	Де-факто стандарт для DataScience, богатая экосистема библиотек.
Обработка данных (блок)	Pandas, NumPy	Эталонные библиотеки для анализа в памяти на одном узле. Используются для отладки и прототипирования логики.
Обработка BigData	ApacheSpark 3.x (PySpark)	Распределенная вычислительная платформа для обработки больших объемов данных. MLlib предоставляет масштабируемые реализации алгоритмов машинного обучения.
Хранилище (DataLake)	Parquet на S3-совместимом хранилище (MinIO)	Колоночный формат Parquet обеспечивает эффективное сжатие и выборку столбцов. S3-протокол – стандарт для облачных объектных хранилищ. MinIO используется для локального прототипирования.
Потоковый ingestion	ApacheKafka	Высокопроизводительная распределенная потоковая платформа. Используется для приема событий в реальном времени.

Продолжение таблицы 1

Оркестрация пайплайнов	Apache Airflow	Позволяет описывать, планировать и мониторить сложные пайплайны данных в виде направленных ациклических графов (DAG).
Трекинг экспериментов	MLflow	Платформа для управления жизненным циклом машинного обучения: логирование параметров, кода, метрик и артефактов (моделей).
Контейнеризация	Docker	Обеспечивает воспроизводимость среды выполнения, изолируя все зависимости.

В работе предложена лямбда-архитектура, которая объединяет пакетную (batch) и потоковую (stream) обработку, чтобы одновременно сохранять точность на исторических данных и обеспечивать приемлемую задержку при обновлении сегментов. На входе (ingestion) события из источников — логов приложений и транзакционных баз — поступают в Apache Kafka (топик raw-events), что позволяет устойчиво принимать поток данных и отделить источники от последующей обработки. Для пакетной загрузки исторических данных используется прямое размещение в объектном хранилище, чтобы можно было быстро сформировать ретроспективу и не перегружать потоковый контур.

Хранилище организовано как Data Lake с разделением зон данных. Потоковые события через Spark Structured Streaming записываются в “горячую” зону (например, в формате Parquet), а пакетные данные поступают в сырой слой. После очистки и обогащения данные перемещаются в подготовленный слой (curated), который становится основной витриной для построения признаков. Такое разнесение слоев позволяет управлять качеством данных и уменьшать вероятность того, что в моделирование попадут невалидные или неоднородные записи.

Далее работает слой обработки и feature engineering. По расписанию (через Airflow DAG) запускается Spark-задача, которая агрегирует события из подготовленного слоя за выбранный период и вычисляет вектор признаков для каждого пользователя. Полученные признаки сохраняются в feature store, реализованный в виде таблиц внутри того же Data Lake, что упрощает воспроизводимость и снижает стоимость хранения. На следующем этапе запускается моделирование: периодически (например, раз в неделю или месяц) выполняется кластеризация (K-Means/DBSCAN) над актуальной матрицей признаков, а гиперпараметры и метрики качества логируются в MLflow. Обученная модель и сопоставление user_anon_id → segment_id сохраняются как артефакты, чтобы можно было восстановить точную версию сегментации и сравнивать результаты между итерациями.

На слое сервинга предполагается API-сервис (например, на FastAPI), который загружает актуальную модель и маппинг сегментов и предоставляет интерфейс для получения сегмента пользователя по его идентификатору. Результаты сегментации также выгружаются в хранилище аналитики (например, ClickHouse) как атрибут segment_id в профилях пользователей, чтобы аналитики и маркетинговые команды могли строить отчеты и проверять эффект персонализации. Отдельно предусмотрен мониторинг: отслеживаются показатели качества данных (полнота, аномалии), возможный дрейф признаков и прикладные метрики, такие как размеры сегментов и их активность во времени, что важно для контроля стабильности сегментации.

Вопрос безопасности учитывается на ранних этапах пайплайна. Уже на ingestion выполняется обезличивание — исходный user_id преобразуется в user_anon_id (например, посредством хеширования), а доступ к данным на уровне хранилища ограничивается ролями (IAM/ACL). Внутри решения используются отдельные технические учетные записи для

оркестратора, обработки и сервинга, чтобы минимизировать риски несанкционированного доступа и разделить полномочия по принципу наименьших привилегий.

Для экспериментальной проверки используется синтетически сгенерированный датасет, имитирующий поведение 50 000 пользователей и около 5 млн событий за 90 дней. Генерация данных закладывает реалистичные закономерности: сессионность, предпочтения по жанрам и связь активности с монетизацией. Эксперименты выполнялись в локальном окружении: Spark в standalone-режиме (драйвер и два воркера по 4 ГБ RAM), Kafka версии 3.x и Python 3.9, а также библиотеки ruspark 3.3.0, pandas и scikit-learn. После предобработки и построения признаков (12 признаков) была проведена кластеризация: для K-Means число кластеров выбрано равным 5 на основе метода “локтя” и метрики силуэта, а DBSCAN настроен с параметрами $eps = 0.5$ и $min_samples = 10$.

На рисунке 1 представлена главная страница интерфейса, где пользователь может выполнить следующие операции: загрузить CSV-файл с исходными данными, выбрать алгоритм кластеризации (K-Means или DBSCAN), настроить гиперпараметры выбранного алгоритма (количество кластеров для K-Means или параметры eps и $min_samples$ для DBSCAN), а также инициировать процесс сегментации нажатием кнопки запуска. Интерфейс взаимодействует с бэкенд-сервисом через REST API, отправляя задачу на обработку в распределенную среду.

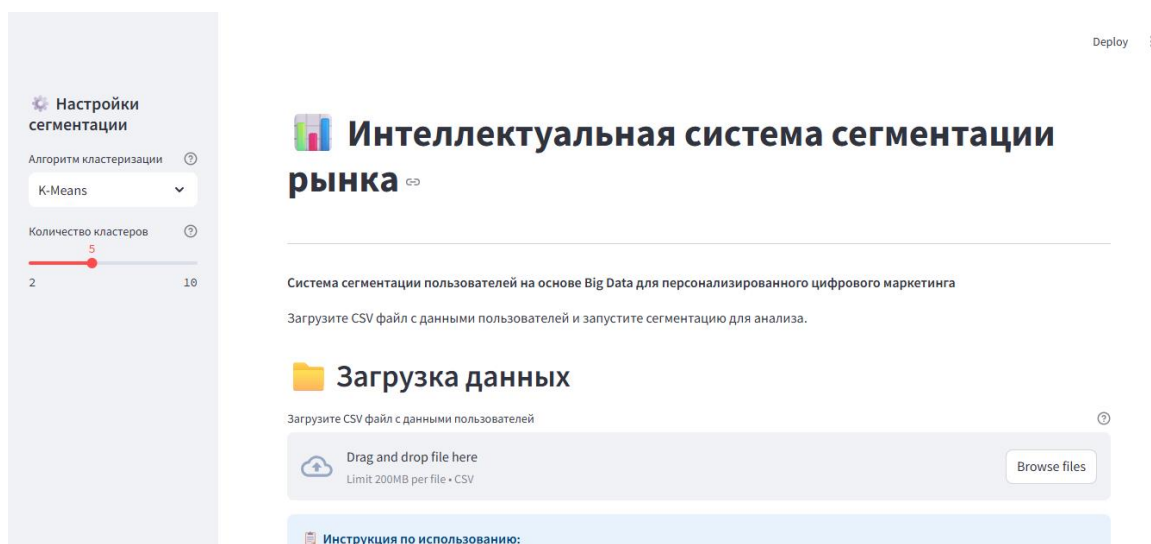


Рисунок 1 - Главная страница прототипа системы сегментации рынка (загрузка данных и параметры сегментации).

Для обеспечения корректной работы системы и предотвращения ошибок при загрузке данных, интерфейс включает раздел технической документации. На рисунке 2 представлен блок инструкций, который содержит требования к формату входных данных, включая список обязательных полей (например, `user_id`, `timestamp`, `event_type`, `amount`), описание типов данных и примеры заполнения CSV-файла. Этот раздел предназначен для самостоятельной подготовки данных пользователями и упрощения интеграции с системой.

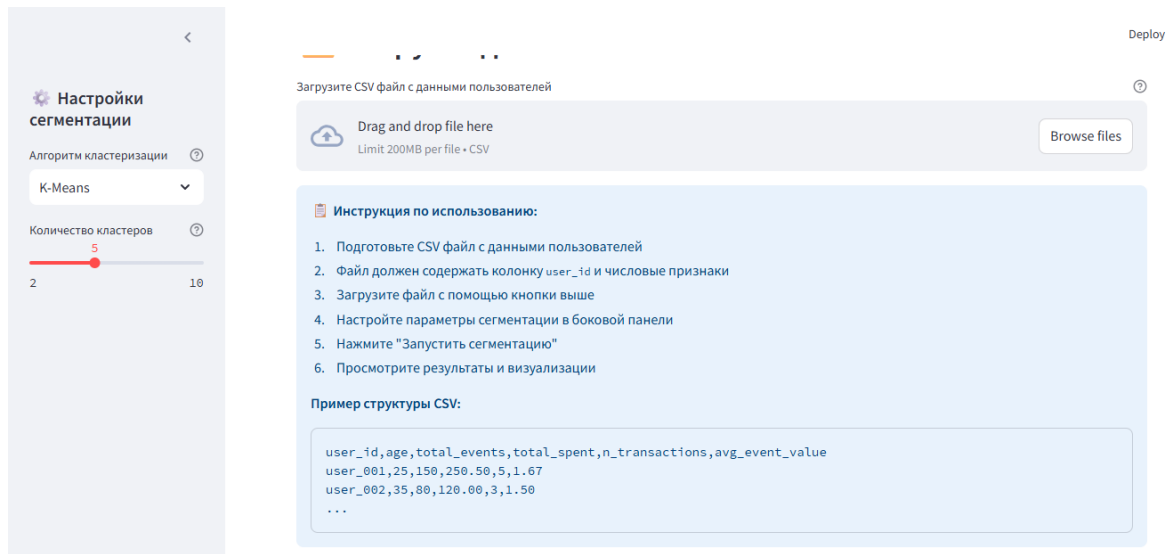


Рисунок 2 - Блок инструкций и пример структуры входного CSV-файла в пользовательском интерфейсе прототипа.

Таблица 2 - Архитектурные компоненты и этапы работы системы интеллектуальной сегментации

Этап/Компонент	Назначение в системе	Ключевые процессы
Сбор данных (Ingestion)	Прием данных из внешних источников	Потоковый прием через Kafka, пакетная загрузка в S3, обезличивание идентификаторов
Хранение (DataLake)	Организация структурированного хранилища	Зонирование (сырые, очищенные, признаки), формат Parquet, управление доступом
Обработка (ETL/FeatureEngineering)	Подготовка данных для анализа	Очистка, дедупликация, агрегация, расчет признаков (RFM, поведенческие, темпоральные)
Моделирование (ML Pipeline)	Построение и обучение моделей	Кластеризация (K-Means/DBSCAN), валидация, логирование экспериментов в MLflow

Продолжение таблицы 2

Оркестрация (Orchestration)	Управление выполнением пайплайнов	Планирование задач в Airflow, мониторинг выполнения, обработка ошибок
Сервинг (Serving)	Предоставление результатов для внешних систем	REST API (FastAPI), выгрузка сегментов в аналитические хранилища (ClickHouse)
Мониторинг (Monitoring)	Контроль работы системы и качества данных	Отслеживание метрик данных, дрейфа признаков, производительности API

С точки зрения реализации, система разрабатывалась как набор слабосвязанных модулей, взаимодействующих через очереди данных (Kafka) и общее хранилище (Data Lake). Основной пайплайн реализован в виде направленного ациклического графа (DAG) в Apache Airflow, который координирует выполнение Spark-задач для обработки данных, обучения моделей и обновления артефактов. Для обеспечения воспроизводимости все этапы, включая инженерию признаков и обучение моделей, логируются в MLflow с фиксацией параметров, кода и метрик. Веб-интерфейс (описанный на рисунках 1-2) представляет собой отдельное клиентское приложение, которое взаимодействует с бэкендом через REST API, инкапсулируя сложность распределенных вычислений и предоставляя пользователю простой способ управления процессом сегментации.

Выводы. В работе разработан и апробирован воспроизводимый прототип пайплайна интеллектуальной сегментации пользователей для цифровой платформы класса VoD, реализующий полный цикл — от генерации синтетических логов до выдачи сегментов в виде артефактов и пригодных для дальнейшей персонализации данных. Использование синтетического датасета, имитирующего поведение десятков тысяч пользователей и миллионы событий за исторический период, позволило одновременно обеспечить юридическую и этическую корректность исследования и зафиксировать повторяемость результатов при одинаковых настройках окружения и параметрах моделей.

Показано, что комбинирование RFM-признаков с поведенческими и темпоральными характеристиками формирует более содержательные и интерпретируемые сегменты, чем использование только транзакционных показателей. В рамках прототипа выполнено сравнение кластеризации K-Means и DBSCAN; подобранные параметры демонстрируют, что центроидные методы удобны для масштабирования и регулярного пересчёта сегментов, а плотностные — полезны для выявления “шума” и нетипичного поведения, хотя требуют более аккуратной настройки. Предложена методика оценки качества сегментации, которая не ограничивается внутренними метриками (Silhouette, Calinski-Harabasz, Davies-Bouldin), а формирует основу для перехода к прикладной валидации через бизнес-эффект — uplift по CTR/CVR в A/B-экспериментах, что особенно важно для маркетинговых систем, где “красивые кластеры” не всегда равны коммерческой ценности.

Обоснован выбор лямбда-архитектуры как компромисса между точностью и задержкой: потоковый контур обеспечивает устойчивый приём событий и актуализацию данных, а пакетный — стабильный пересчёт признаков и сегментов на исторической выборке. Применение связки Kafka + SparkStructuredStreaming + DataLake (Parquet и зонирование данных) + оркестрация (Airflow) + логирование экспериментов (MLflow) обеспечивает масштабируемость, отказоустойчивость и прозрачность экспериментов, а также создаёт

основу для переноса решения из локального окружения в распределённый кластер без изменения методологии. Дополнительно подтверждена практическая применимость прототипа через пользовательский веб-интерфейс, позволяющий загружать данные, задавать параметры сегментации и получать результаты в форме, удобной для аналитического использования.

Перспективы дальнейшей работы связаны с переходом от синтетических данных к реальным потокам при строгом соблюдении требований конфиденциальности (обезличивание, контроль доступа, регламенты обработки), а также с постановкой и проведением A/B-тестов для проверки бизнес-гипотез и измерения uplift. Отдельными направлениями являются развитие механизма динамического обновления сегментов на потоковых событиях (в сторону Карра-подхода/онлайн-обновлений), исследование методов снижения размерности (включая автоэнкодеры) для повышения качества кластеризации на высокоразмерных признаковых пространствах и внедрение мониторинга дрейфа признаков/сегментов для поддержания стабильности сегментации во времени. Работа представляет собой законченное IT-решение в области инженерии данных и MLOps, демонстрирующее подход к построению масштабируемого, воспроизводимого и безопасного пайплайна для интеллектуальной сегментации больших данных. Предложенная архитектура и технологический стек могут быть адаптированы для решения аналогичных задач в других предметных областях.

Список литературы

1. Кузурбаева Т.Д., Куракбаева С.Д., Изтаев Ж.Д., Тагай Г.К. Обзор особенностей разработки интеллектуальной системы сегментации рынка на основе Big Data для цифрового маркетинга // Вестник науки Южного Казахстана. – 2025. – С. 170-171.
2. Котлер Ф., Картаджайя Х., Сетиаян И. Marketing 5.0: Technology for Humanity. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2021. 224 p. ISBN 978-1-119-66851-0.
3. Gupta, S., et al. Machine Learning in Marketing: A Literature Review and Research Agenda // Journal of Marketing Research. – 2020. – Vol. 57(1). – P. 28–47.
4. Захариа М., Хендари Р.М., Конарлик Дж., Венкатараман С., У. Джозеф А., Гходаси А., Ходи З., Хинд М. Апаچه Спарк: унифицированный движок для обработки больших данных // Комьюникейшнс оф зе ЭйСиЭм (Communications of the ACM). – 2016. – Т. 59, № 11. – С. 56–65.
5. Damji J. S., Wenig B., Das T., Lee D. Learning Spark: Lightning-Fast Data Analytics. 2nd ed. O'Reilly Media, 2020. 400 p. ISBN 978-1492050018.
6. Крепс Дж., Наркхеде Н., Рао Дж. Кафка: распределенная система обмена сообщениями для обработки журналов // Труды конференции НетДБ (Proceedings of the NetDB). – 2011.
7. MLflow: A Platform for the Machine Learning Lifecycle. [Электронный ресурс]. – Official Documentation, 2023. URL: <https://mlflow.org/docs/latest/index.html>
8. Apache Airflow Documentation. [Электронный ресурс]. – URL: <https://airflow.apache.org/docs/> Доступно
9. Marz, N., Warren, J. Big Data: Principles and best practices of scalable real-time data systems. – Manning Publications, 2015.
10. Хан Дж., Камбер М., Пей Дж. Добыча данных: концепции и техники (Data Mining: Concepts and Techniques). – Морган Кауфманн (Morgan Kaufmann), 2011.
11. Мамбетсапаев К.А., Турапова Ш.З. Методы кластеризации для анализа потребительского поведения в цифровом маркетинге // Институт "International school of finance, technology and science", 2023. doi: 10.5281/zenodo.14900124.

References

1. Kuzerbaeva T.D., Kurakbaeva S.D., Iztaev Zh.D., Tagai G.K. Obzor osobennosti razrabotki intellektualnoi sistemy segmentatsii rynka na osnove Big Data dlya tsifrovogo marketinga // Vestnik nauki Yuzhnogo Kazakhstana. – 2025. – S. 170-171.
2. Kotler F., Kartadzhaiya Kh., Setiauan I. Marketing 5.0: Technology for Humanity. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2021. 224 p. ISBN 978-1-119-66851-0.
3. Gupta, S., et al. Machine Learning in Marketing: A Literature Review and Research Agenda // Journal of Marketing Research. – 2020. – Vol. 57(1). – P. 28–47.
4. Damji J. S., Wenig B., Das T., Lee D. Learning Spark: Lightning-Fast Data Analytics. 2nd ed. O'Reilly Media, 2020. 400 p. ISBN 978-1492050018.
5. MLflow: A Platform for the Machine Learning Lifecycle. [Elektronnyi resurs]. – Official Documentation, 2023. URL: <https://mlflow.org/docs/latest/index.html>
6. Apache Airflow Documentation. [Elektronnyi resurs]. – URL: <https://airflow.apache.org/docs/> Dostupno
7. Marz, N., Warren, J. Big Data: Principles and best practices of scalable real-time data systems. – Manning Publications, 2015.
8. Zakharia M., Khendari R.M., Konarlik Dzh., Venkataraman S., U. Dzhozef A., Gkhodasi A., Khodi Z., Khind M. Apache Spark: unifitsirovannyi dvizhok dlya obrabotki bolshikh dannykh // Kommyunikeishns of ze EiSiEm (Communications of the ACM). – 2016. – Т. 59, № 11. – S. 56–65.
9. Kreps Dzh., Narkkhede N., Rao Dzh. Kafka: raspredelennaya sistema obmena soobshcheniyami dlya obrabotki zhurnalov // Trudy konferentsii NetDB (Proceedings of the NetDB). – 2011.
10. Khan Dzh., Kamber M., Pei Dzh. Dobycha dannykh: kontseptsii i tekhniki (Data Mining: Concepts and Techniques). – Morgan Kaufmann (Morgan Kaufmann), 2011.
11. Mambetsapaev K.A., Turapova Sh.Z. Metody klasterizatsii dlya analiza potrebitelskogo povedeniya v tsifrovom marketinge // Institut "International school of finance, technology and science", 2023. doi: 10.5281/zenodo.14900124.

Т.Д. Кузербаева^{1*}, С.Д. Куракбаева¹, М.М. Расулмухамедов², Ж.Д. Изтаев¹, Г.К. Тагай¹

¹ магистрант, tksway17@gmail.com, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹ т.ғ.к., профессор, sevam@mail.ru, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

² ф.-м.ғ.к., доцент, prof.rasulmukhamedov@gmail.com, Ташкент мемлекеттік көлік университеті, Ташкент, Өзбекстан

¹ п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, zhalgasbek71@mail.ru, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹ магистр, аға оқытушы, zhadi.t@mail.ru, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

ПЕРСОНАЛДАҢДЫРЫЛҒАН МАРКЕТИНГТИҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН BIG DATA НЕГІЗІНДЕ НАРЫҚТЫ СЕГМЕНТТЕУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Түйін

Бұл мақала персонализацияланған маркетинг үшін Big Data-ға негізделген тұтынушыларды сегменттеу жүйесінің қайталанатын прототипін жобалау мен іске асыруды ұсынады. Жүйені әзірлеу мәселелеріне алдыңғы шолу жұмысын жалғастыра отырып, бұл зерттеу тәжірибелік инженерлік аспектілерге баса назар аударады. Big Data стекін (Apache Spark, Kafka, Parquet, MLflow) таңдау негізделіп, партиялық және ағындық өңдеуді қолдайтын гибриді лямбда-сәулет ұсынылған. Мінездемелерді инженерлеу RFM-метрикаларын, мінез-құлықтық және уақыттық үлгілерді қамтиды. Ағындық платформадағы пайдаланушы әрекетін имитациялайтын синтетикалық деректер жинағында жүргізілген эксперименттерде K-Means және DBSCAN кластерлеу алгоритмдері салыстырылды, нәтижесінде силуэт және Калински-Харабас метрикалары бойынша K-Means түсіндірімді сегменттерді берді. Прототип деректерді қабылдау мен сақтаудан модельдеу және сегменттерді қызмет етуге дейінгі толық конвейерді қамтамасыз етеді. Практикалық маңыздылығы тұтынушыны тарту құнын

төмендетуге және CTR мен CVR-дың әлеуетті өсуіне әкелетін нысаналаудың дәлдігін арттыруға бағытталғас масштабировемі тәсілді көрсетуде. Қайталануды қамтамасыз ету үшін код пен әдіснама толық ашып көрсетілген.

Кілттік сөздер: Big Data, нарықты сегменттеу, персонализацияланған маркетинг, кластерлеу, RFM-талдау

T.D. Kuzerbayeva^{1*}, S.D. Kurakbayeva¹, M.M. Rasulmukhamedov², Zh.D. Iztayev¹, G.K. Tagay¹

¹Master's student, tksway17@gmail.com, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹Candidate of Technical Sciences, Professor, sevam@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, prof.rasulmukhamedov@gmail.com, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

¹Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, zhalgasbek71@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹Master of Science, Senior Lecturer, zhadi.t@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF A BIG DATA-BASED MARKET SEGMENTATION SYSTEM TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF PERSONALIZED MARKETING

Abstract

The article presents the design and initial implementation of a reproducible prototype for a Big Data-driven customer segmentation system aimed at personalized marketing. Building upon a prior review of system development challenges, this work focuses on the practical engineering aspects. It justifies the selection of the Big Data stack (Apache Spark, Kafka, Parquet, MLflow) and proposes a hybrid lambda architecture supporting both batch and stream processing. Feature engineering incorporates RFM metrics, behavioral, and temporal patterns. Experiments on a synthetic dataset simulating user behavior on a streaming platform compare K-Means and DBSCAN clustering algorithms, with K-Means yielding more interpretable segments based on silhouette and Calinski-Harabasz scores. The prototype provides a complete pipeline from data ingestion and storage to modeling and segment serving. The practical significance lies in demonstrating a scalable approach to reduce customer acquisition cost and improve targeting precision, leading to potential increases in CTR and CVR. The code and methodology are fully disclosed to ensure reproducibility.

Keywords: Big Data, market segmentation, personalized marketing, clustering, RFM analysis

Д.А. Манукян^{1*}, С.Д. Куракбаева¹, М.М. Расулмухамедов², А. Т. Калбаева¹, Г. К. Тагай¹

¹магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹к.т.н., профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²к. ф.-м.н., доцент, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент,
Узбекистан

¹к.т.н., ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

¹магистр, старший преподаватель, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

*Автор для корреспонденции: devidc4ever@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНОГО ИНТЕРФЕЙСА ОБУЧАЮЩЕЙ ИГРЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ЗАДЕРЖКОЙ РАЗВИТИЯ

Аннотация

Целью данного исследования является анализ и практическая реализация подходов к разработке интерактивного пользовательского интерфейса обучающей игры для детей с задержкой развития с учётом их когнитивных, сенсорных и психоэмоциональных особенностей. В работе рассматриваются принципы проектирования интерфейса, ориентированного на инклюзивное взаимодействие и снижение когнитивной нагрузки. Особое внимание уделяется адаптивности интерфейса, архитектуре пользовательских компонентов и системе обратной связи как ключевым факторам повышения эффективности обучения. В статье представлен пример программной реализации адаптивного интерфейсного компонента с использованием современных технологий разработки пользовательских интерфейсов. Полученные результаты подтверждают, что корректно спроектированный интерактивный интерфейс способствует повышению мотивации, улучшению восприятия учебного материала и формированию положительного опыта взаимодействия с цифровой образовательной средой, что делает предложенные решения перспективными для применения в инклюзивном образовании.

Ключевые слова: Интерактивный интерфейс, адаптивный интерфейс, инклюзивное образование, геймификация, адаптивное обучение, цифровые образовательные технологии

Введение. В условиях активного развития цифровых образовательных технологий обучающие игры занимают особое место в системе инклюзивного образования [1], выступая эффективным инструментом поддержки детей с задержкой развития [2]. Современные исследования демонстрируют высокий потенциал адаптивных обучающих игр, основанных на использовании искусственного интеллекта, машинного обучения и технологий иммерсивного взаимодействия, в контексте персонализации образовательного процесса и развития когнитивных и коммуникативных навыков у детей с особыми образовательными потребностями [3]. Вместе с тем анализ существующих решений показывает, что практические аспекты проектирования интерактивного пользовательского интерфейса остаются недостаточно формализованными и требуют отдельного рассмотрения.

Интерактивный интерфейс обучающей игры является ключевым компонентом цифрового образовательного продукта [4], поскольку именно через него осуществляется основное взаимодействие ребёнка с игровой и учебной средой. Для детей с задержкой развития характерны особенности восприятия информации, ограниченный объём внимания, повышенная утомляемость и чувствительность к визуальным и звуковым стимулам. В этой связи традиционные подходы к проектированию интерфейсов оказываются недостаточно эффективными и требуют адаптации с учётом психолого-педагогических особенностей

целевой аудитории. Таким образом, задача разработки интерактивного интерфейса выходит за рамки исключительно технической проблемы и приобретает междисциплинарный характер.

Целью данной исследовательской работы является анализ и практическая реализация подходов к разработке интерактивного интерфейса обучающей игры для детей с задержкой развития на основе принципов доступности, адаптивности и инклюзивного дизайна. В качестве продолжения ранее проведённого исследования [5] акцент делается на инженерных и интерфейсных решениях, обеспечивающих эффективное взаимодействие пользователя с игровой средой.

Методы исследования. Проектирование интерактивного интерфейса обучающей игры для детей с задержкой развития требует учёта принципов универсального дизайна и инклюзивного взаимодействия. Интерфейс должен обеспечивать простоту восприятия, предсказуемость поведения элементов и минимизацию когнитивной нагрузки. Избыточная визуальная насыщенность, сложная навигация и резкие анимационные эффекты могут негативно сказаться на концентрации внимания и эмоциональном состоянии ребёнка. В связи с этим особое значение приобретают такие характеристики интерфейса, как крупные элементы управления, ограниченная цветовая палитра, чёткая визуальная иерархия [6] и последовательная логика взаимодействия.

Архитектура интерфейса обучающей игры, как правило, строится по модульному принципу [7], что позволяет разделить функциональность на независимые компоненты и упростить дальнейшее развитие системы. В рамках данного исследования выделяются основные интерфейсные модули, включающие экран приветствия, игровое пространство, панель подсказок, систему обратной связи и экран результатов. Подобная структура обеспечивает гибкость интерфейса и возможность его адаптации под индивидуальные особенности пользователя [8] без существенных изменений в программной логике.

Практическая реализация интерактивного интерфейса может быть выполнена с использованием современных библиотек разработки пользовательских интерфейсов. В качестве примера рассмотрим реализацию адаптивного интерфейсного компонента обучающей игры на основе библиотеки React. Данный компонент демонстрирует механизм динамической адаптации сложности задания [9] в зависимости от успешности действий пользователя, что является важным элементом персонализированного обучения [10].

Таблица 1 – Основные этапы разработки обучающей игры

Этап разработки	Содержание этапа	Используемые технологии
Анализ требований	Определение особенностей целевой аудитории и интерфейсных ограничений	UX-исследования
Проектирование UI	Разработка структуры интерфейса и сценариев взаимодействия	Figma, UX/UI
Реализация	Программная реализация интерфейсных компонентов	React, JavaScript
Адаптация	Настройка динамической сложности и обратной связи	React Hooks
Тестирование	Проверка удобства и стабильности интерфейса	User testing

Интерфейс обучающей игры реализован по компонентно-ориентированной архитектуре, что обеспечивает модульность, масштабируемость и повторное использование элементов. Основу архитектуры составляют независимые интерфейсные компоненты, каждый из которых отвечает за отдельную функцию игрового взаимодействия.

Таблица 2 – Ключевые интерфейсные компоненты

Компонент	Назначение
TaskCard	Отображение обучающего задания
FeedbackPanel	Обратная связь пользователю
DifficultyController	Адаптация уровня сложности
ProgressIndicator	Отображение прогресса
ResultScreen	Итоговые результаты

Результаты и обсуждение

Проектирование интерфейса. В качестве основного языка разработки использовался JavaScript, а для реализации пользовательского интерфейса — библиотека React, обеспечивающая декларативный подход к созданию интерфейсов и удобную работу с состоянием компонентов.

В процессе проектирования интерфейса особое внимание уделялось организации управления состоянием приложения [11], поскольку корректная обработка пользовательских действий и адаптация интерфейса в реальном времени являются критически важными для поддержания устойчивой мотивации ребёнка. В условиях обучающей игры состояние интерфейса отражает не только текущий этап выполнения задания, но и уровень сложности, успешность действий пользователя, необходимость отображения подсказок и форм обратной связи. Для реализации данного механизма использовались встроенные средства React, в частности хуки `useState` и `useEffect`, позволяющие отслеживать изменения состояния и своевременно обновлять визуальное представление интерфейса.

Логика взаимодействия пользователя с игровым интерфейсом строится по принципу событийной модели. Каждое действие ребёнка (выбор ответа, нажатие кнопки, завершение задания) инициирует событие, которое обрабатывается соответствующим компонентом. На основе результатов обработки события система принимает решение об изменении параметров интерфейса: повышении или понижении уровня сложности, отображении подсказки, визуального поощрения либо предложения повторной попытки. Такой подход обеспечивает предсказуемость поведения интерфейса и снижает когнитивную нагрузку, поскольку пользователь сталкивается с ограниченным и логически последовательным набором действий.

Адаптация сложности реализуется как отдельный логический модуль, изолированный от визуальной части интерфейса. Это позволяет изменять алгоритмы адаптации без необходимости переработки пользовательского интерфейса в целом. В текущем прототипе используется правило пошаговой адаптации [12], при котором успешное выполнение задания приводит к постепенному увеличению сложности, а серия ошибок — к её снижению. Данный механизм соответствует педагогическому принципу зоны ближайшего развития [13] и способствует поддержанию оптимального уровня учебной нагрузки.

Система обратной связи интегрирована во все ключевые этапы игрового процесса и выполняет не только информирующую, но и эмоционально-регулятивную функцию. Для детей с задержкой развития особенно важно получение немедленного положительного подкрепления [14], поэтому в интерфейсе используются нейтральные и позитивные формулировки, мягкие цветовые акценты и ненавязчивые визуальные эффекты. При этом исключаются резкие звуковые сигналы и динамические анимации, способные вызвать перевозбуждение или отвлечение внимания [15].

Дополнительно интерфейс поддерживает элементы адаптивной доступности [16], позволяющие настраивать визуальные параметры под индивидуальные особенности пользователя. К таким параметрам относятся масштабирование элементов управления,

изменение контрастности цветовой схемы, а также возможность отключения анимаций. Реализация данных функций позволяет использовать обучающую игру в условиях инклюзивного обучения [17], включая детей с нарушениями внимания, моторики и сенсорного восприятия.

С точки зрения архитектуры интерфейсного решения все компоненты организованы в иерархическую структуру, где родительские компоненты отвечают за управление состоянием и передачу данных, а дочерние — за отображение и локальное взаимодействие. Такой подход упрощает тестирование интерфейса, повышает его устойчивость к ошибкам и облегчает дальнейшее расширение функциональности, включая подключение аналитических модулей и механизмов сбора пользовательской статистики.

На рисунке 1 представлен экран приветствия обучающей игры, реализованный в рамках прототипа интерактивного интерфейса. Данный экран выполняет функцию первичного вовлечения пользователя и формирования эмоционально комфортной среды взаимодействия. Использование дружелюбного текстового обращения, минимального количества элементов управления и мягкой цветовой палитры направлено на снижение когнитивной нагрузки и тревожности у детей с задержкой развития.

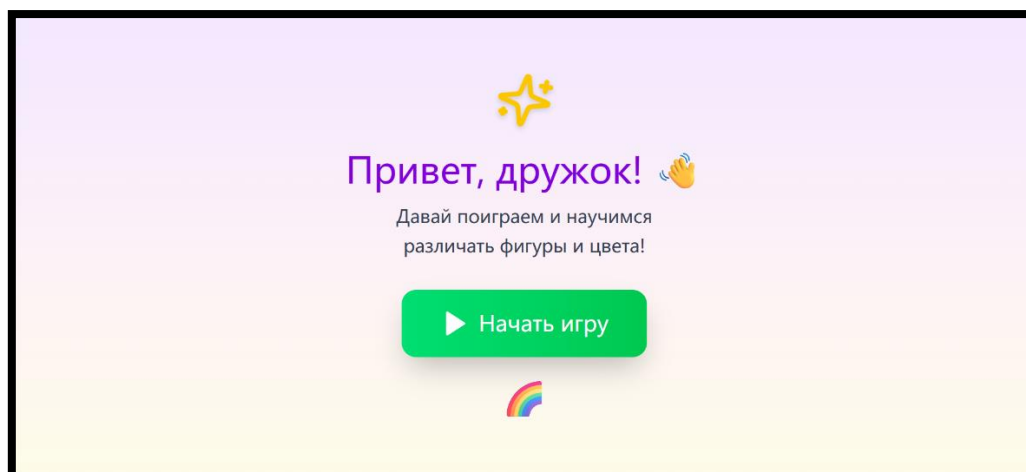


Рисунок 1 – Экран приветствия интерактивной обучающей игры для детей с задержкой развития

Экран приветствия включает ключевые элементы пользовательского интерфейса: текстовое приветствие, поясняющее сообщение, основную кнопку начала игры и декоративные визуальные элементы. Кнопка «Начать игру» выполнена в виде крупного контрастного элемента с понятной иконографией, что соответствует принципам доступного и интуитивного взаимодействия. Отсутствие второстепенных элементов навигации обеспечивает концентрацию внимания ребёнка на основном действии.

На рисунке 2 представлен экран выполнения обучающего задания, направленного на развитие навыков распознавания форм и цветов.

Представленный экран демонстрирует ключевые принципы проектирования интерактивного интерфейса обучающей игры для детей с задержкой развития. Центральным элементом интерфейса является формулировка задания, визуально и текстово акцентирующая внимание ребёнка на целевом объекте («Найди фигуру: круг, красный»). Использование одновременного текстового и графического представления задания позволяет учитывать различные каналы восприятия информации [18] и снижает вероятность неправильного понимания инструкции.

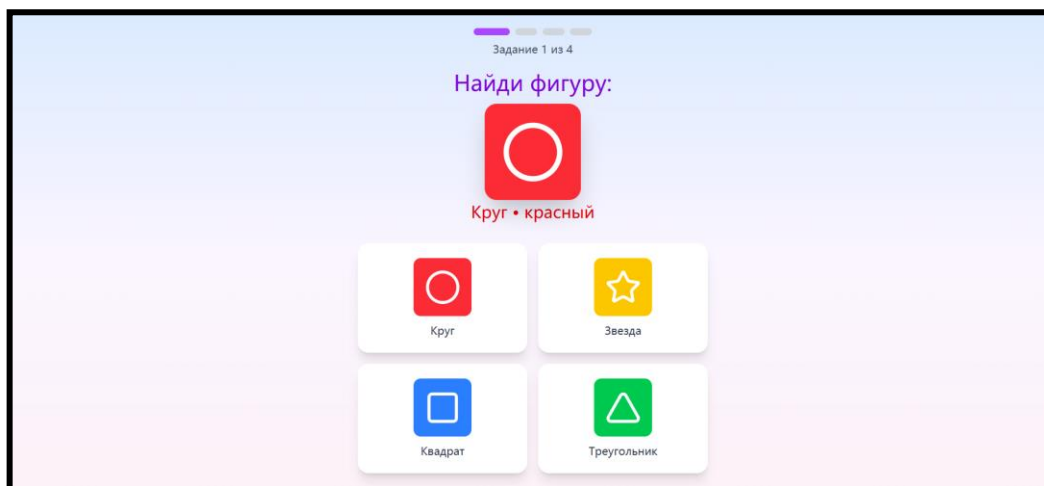


Рисунок 2 – Экран выполнения задания по распознаванию формы и цвета в обучающей игре

В верхней части экрана размещён индикатор прогресса, отражающий количество выполненных заданий в текущей игровой сессии. Данный элемент реализует функцию ориентирования пользователя в игровом процессе и способствует формированию ощущения завершённости и предсказуемости структуры задания, что особенно важно для детей с повышенной тревожностью и сниженной концентрацией внимания.

Основная зона взаимодействия представлена набором крупных интерактивных карточек с геометрическими фигурами, различающимися по форме и цвету. Каждая карточка выполнена в виде визуально изолированного элемента с чёткими границами, скруглёнными углами и минимальным количеством декоративных деталей. Такое решение снижает визуальную перегруженность интерфейса и позволяет ребёнку сосредоточиться на выполнении конкретного действия — выборе правильного варианта ответа.

Цветовое кодирование элементов используется не только как эстетический приём, но и как функциональный инструмент обучения. Каждая фигура ассоциирована с определённым цветом, что позволяет одновременно развивать навыки классификации по нескольким признакам. При этом цветовая палитра ограничена базовыми, легко различимыми оттенками, что соответствует рекомендациям по проектированию интерфейсов для детей с особыми образовательными потребностями.

Навигационная логика экрана построена по принципу минимального количества возможных действий. Пользователь взаимодействует исключительно с карточками ответов, что исключает случайные нажатия и снижает когнитивную нагрузку [19]. Отсутствие вторичных кнопок и дополнительных элементов управления способствует формированию интуитивно понятного сценария взаимодействия и повышает самостоятельность ребёнка в процессе выполнения задания.

Таким образом, данный экран иллюстрирует практическую реализацию принципов доступности, адаптивности и инклюзивного дизайна, заложенных в архитектуру обучающей игры. Использование визуально простых, логически связанных и предсказуемых интерфейсных решений создаёт комфортную среду обучения и способствует поддержанию устойчивой мотивации пользователя.

Завершающим элементом пользовательского сценария является экран подведения итогов выполнения заданий, представленный на рисунке 3.

Экран результатов выполняет функцию положительного подкрепления и рефлексии учебной деятельности, что является особенно значимым для детей с задержкой развития. Визуальная композиция экрана ориентирована на формирование эмоционально комфортного

завершения игровой сессии и закрепление ощущения успеха. Центральное место занимает позитивное текстовое сообщение, сопровождаемое графическим символом достижения, что способствует усилению мотивационного эффекта и поддерживает уверенность ребёнка в собственных возможностях.

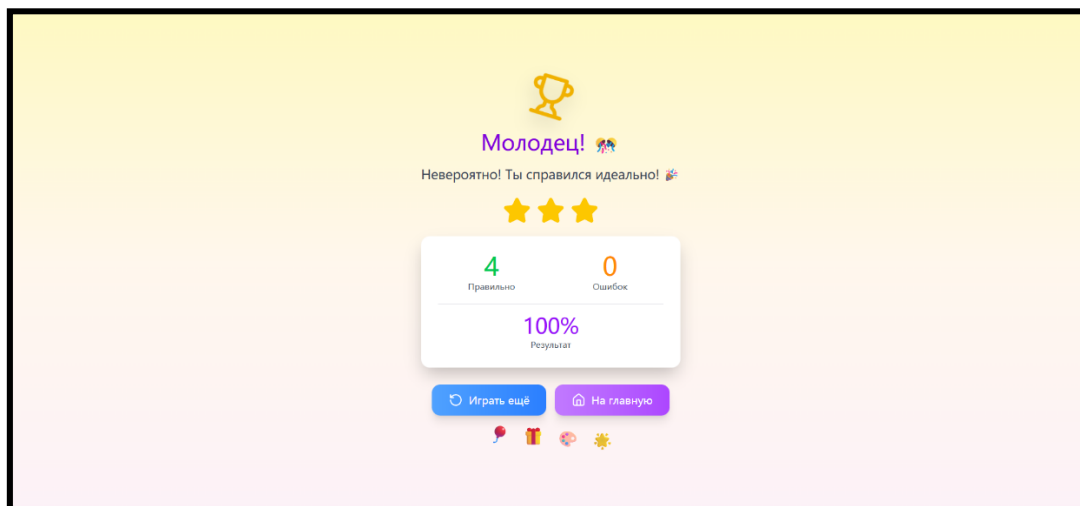


Рисунок 3 – Экран подведения итогов и системы поощрения в обучающей игре

Важным элементом экрана является наглядное представление результатов выполнения заданий в числовой и графической форме. Отображение количества правильных ответов и допущенных ошибок выполнено в упрощённом формате с использованием крупных шрифтов и контрастных цветовых акцентов, что облегчает восприятие информации и исключает необходимость сложной интерпретации результатов. Дополнительное использование процентного показателя позволяет обобщить итог выполнения задания в интуитивно понятной форме, не перегружая пользователя аналитическими деталями.

Система визуального поощрения [20] реализована посредством символов достижений, таких как звёзды и игровые иконки, которые выступают в роли нематериального вознаграждения. Подобный подход соответствует педагогическим рекомендациям по формированию внутренней мотивации у детей с особыми образовательными потребностями и способствует формированию положительного отношения к учебной деятельности. При этом исключается соревновательный компонент, который может вызывать стресс или чувство неуспеха.

Навигационные элементы экрана результатов ограничены двумя логически понятными действиями: повторение игрового задания и возврат на главный экран. Такое решение обеспечивает предсказуемость пользовательского сценария и позволяет ребёнку самостоятельно выбирать дальнейшее действие без риска случайных ошибок. Крупные интерактивные кнопки с иконографической поддержкой упрощают процесс взаимодействия и соответствуют принципам доступного и инклюзивного дизайна.

Таким образом, экран подведения итогов интегрирован в общую архитектуру интерфейса как важный компонент педагогической обратной связи. Он не только фиксирует результат выполнения задания, но и выполняет эмоционально-регулятивную функцию, поддерживая интерес к дальнейшему обучению и формируя положительный опыт взаимодействия с цифровой образовательной средой.

Практическая апробация разработанного прототипа показала, что модульная архитектура и адаптивная логика интерфейса позволяют эффективно управлять учебным процессом в

игровой форме. Интерфейс сохраняет стабильность поведения при различных сценариях взаимодействия, корректно реагирует на ошибки пользователя и обеспечивает последовательную навигацию между этапами игры. Это подтверждает целесообразность выбранных технических и проектных решений.

Выводы. В рамках проведённого исследования был разработан и реализован воспроизводимый прототип интерактивного пользовательского интерфейса обучающей игры для детей с задержкой развития, основанный на принципах адаптивности, инклюзивного дизайна и компонентно-ориентированной архитектуры. Показано, что использование современных веб-технологий и декларативного подхода к построению интерфейса позволяет реализовать динамическую адаптацию сложности заданий и механизмов обратной связи в зависимости от действий пользователя. Реализованные интерфейсные компоненты обеспечивают предсказуемое и интуитивно понятное взаимодействие, способствующее снижению когнитивной нагрузки и повышению мотивации к обучению.

Практическая реализация прототипа подтверждает эффективность выбранных архитектурных решений и программных инструментов для создания масштабируемых и расширяемых обучающих игровых систем. Использование компонентной структуры интерфейса обеспечивает возможность повторного использования элементов, упрощает сопровождение программного продукта и позволяет гибко адаптировать игровую среду под индивидуальные особенности пользователей. Представленные программные листинги демонстрируют полный цикл разработки интерфейсной части обучающей игры — от организации состояния пользователя до интеграции адаптивных механизмов и системы обратной связи — и подтверждают прикладной характер выполненного исследования.

Направления дальнейшей работы: в соответствии с индивидуальным планом научно-исследовательской работы магистранта, дальнейшие исследования предполагают расширение функциональных возможностей разработанного прототипа за счёт интеграции интеллектуальных механизмов персонализации интерфейса, основанных на анализе пользовательского поведения. Планируется проведение экспериментальной апробации разработанного интерфейса в реальных образовательных условиях с участием детей с задержкой развития при строгом соблюдении этических и правовых норм. Перспективным направлением также является внедрение модулей автоматического анализа эмоционального состояния пользователя, а также разработка механизмов динамической перестройки интерфейса на основе накопленных данных взаимодействия, что позволит повысить эффективность и адаптивность обучающей игры в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. Alqahtani A., Kavakli M. Serious games in education: A systematic literature review // *International Journal of Human-Computer Interaction*. — 2020. — Vol. 36, No. 5. — Pp. 356–379. — DOI:10.1080/10447318.2020.1739772.
2. A participatory approach to iteratively adapting game design workshops to empower autistic youth // *Frontiers in Education*. — 2023. — Vol. 8. — Article 1142387. — DOI:10.3389/educ.2023.1142387.
3. Yildirim O., Surer E. Developing adaptive serious games for children with specific learning difficulties: A two-phase usability and technology acceptance study // *JMIR Serious Games*. — 2021. — Vol. 9, No. 2. — Article e25997. — DOI:10.2196/25997.
4. Lyu Y., An P., Xiao Y., et al. Eggy: Designing mobile augmented reality neurofeedback training games for children with autism spectrum disorder // *arXiv*. — 2025. — arXiv:2502.01977.
5. Манукян Д.А., Куракбаева С.Д., Тагай Г.К., Асылбекова А.К. Обзор современных технологий разработки адаптивных обучающих игр для детей с задержкой развития // *Вестник всеобщей науки и образования*. — 2025. — Т. 7, №2. — С. 45–55.

6. García M., López R., Sánchez J. *Inclusive Education with Serious Games and User Experience // Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*. — 2023. — Vol. 22, No. 1. — Pp. 45–60.
7. Krisdiawan R.A., Husen D., Asikin N.A. Development of multilingual educational game UI/UX design for interactive learning // *Journal of Games, Game Art, and Gamification*. — 2025. — Vol. 4, No. 1. — Pp. 15–28.
8. Law E.L.C., Hvannberg E.T., Cockton G. Evaluating user experience of adaptive digital educational games with activity theory // *International Journal of Human-Computer Studies*. — 2012. — Vol. 70, No. 5. — Pp. 304–322.
9. Chiotaki D., Kalles D., Kanellopoulos Y. Adaptive game-based learning in education: A systematic review // *Frontiers in Computer Science*. — 2023. — Vol. 5. — Article 1164829. — DOI:10.3389/fcomp.2023.1164829.
10. Plass J.L., Homer B.D., Kinzer C.K. Foundations of game-based learning // *Educational Psychologist*. — 2015. — Vol. 50, No. 4. — Pp. 258–283.
11. Preece J., Rogers Y., Sharp H. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. — 4th ed. — Hoboken: Wiley, 2015. — 640 p.
12. Käser T., Kohn J., Karklin Y., et al. Learning with a computer tutor: A randomized controlled trial of the Meister Cody system for dyscalculia // *Computers & Education*. — 2013. — Vol. 68. — Pp. 482–493. — DOI:10.1016/j.compedu.2013.06.017.
13. Hernández-Ramos P., De la Paz S. Learning with serious games: A review of the literature // *Computers & Education*. — 2018. — Vol. 127. — Pp. 110–122.
14. Shute V.J., Ventura M., Ke F. *The power of play: Learning with games*. — Cambridge, MA: MIT Press, 2015. — 360 p.
15. Daud N.F.N.M., Abdullah M.H.L., Zakaria M.H. Serious game design principles for children with autism to facilitate emotion regulation // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. — 2023. — Vol. 14, No. 1. — Pp. 233–241.
16. Hourcade J. P. Child–computer interaction // *Foundations and Trends in Human–Computer Interaction*. — 2015. — Vol. 8, No. 4. — Pp. 277–410.
17. Sarlis I. Enhancing educational game design through human–computer interaction and adaptive feedback // *Sensors*. — 2025. — Vol. 25, No. 3. — Article 1187.
18. *Evaluating Educational Game via User Experience and UI Elements // ResearchGate preprint, 2025* — анализ UI-элементов в образовательных играх.
19. Santana M.E.B., Jordão C.O., Ibiapina L.J.O., et al. WING: An adaptive and gamified mobile learning platform for neurodivergent literacy // *arXiv*. — 2025. — arXiv:2501.08421.
20. Mohamed Abouelenein Y.A., El Metwally N.I., Mahdy E.M.M., et al. Impact of a serious games-based adaptive learning environment on developing communication skills and motivation among autistic children // *Education and Information Technologies*. — 2025. — Vol. 30, No. 2. — Pp. 1873–1895.

References

1. Alqahtani A., Kavakli M. Serious games in education: A systematic literature review // *International Journal of Human-Computer Interaction*. — 2020. — Vol. 36, No. 5. — Pp. 356–379. — DOI:10.1080/10447318.2020.1739772.
2. A participatory approach to iteratively adapting game design workshops to empower autistic youth // *Frontiers in Education*. — 2023. — Vol. 8. — Article 1142387. — DOI:10.3389/feduc.2023.1142387.
3. Yildirim O., Surer E. Developing adaptive serious games for children with specific learning difficulties: A two-phase usability and technology acceptance study // *JMIR Serious Games*. — 2021. — Vol. 9, No. 2. — Article e25997. — DOI:10.2196/25997.

4. Lyu Y., An P., Xiao Y., et al. Eggly: Designing mobile augmented reality neurofeedback training games for children with autism spectrum disorder // arXiv. — 2025. — arXiv:2502.01977.
5. Manukyan D.A., Kurakbaeva S.D., Tagaj G.K., Asylbekova A.K. Obzor sovremennyh tekhnologij razrabotki adaptivnyh obuchayushchih igr dlya detej s zaderzhkoj razvitiya // Vestnik vseobshchej nauki i obrazovaniya. — 2025. — T. 7, №2. — S. 45–55.
6. García M., López R., Sánchez J. Inclusive Education with Serious Games and User Experience // Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa. — 2023. — Vol. 22, No. 1. — Pp. 45–60.
7. Krisdiawan R.A., Husen D., Asikin N.A. Development of multilingual educational game UI/UX design for interactive learning // Journal of Games, Game Art, and Gamification. — 2025. — Vol. 4, No. 1. — Pp. 15–28.
8. Law E.L.C., Hvannberg E.T., Cockton G. Evaluating user experience of adaptive digital educational games with activity theory // International Journal of Human-Computer Studies. — 2012. — Vol. 70, No. 5. — Pp. 304–322.
9. Chiotaki D., Kalles D., Kanellopoulos Y. Adaptive game-based learning in education: A systematic review // Frontiers in Computer Science. — 2023. — Vol. 5. — Article 1164829. — DOI:10.3389/fcomp.2023.1164829.
10. Plass J.L., Homer B.D., Kinzer C.K. Foundations of game-based learning // Educational Psychologist. — 2015. — Vol. 50, No. 4. — Pp. 258–283.
11. Preece J., Rogers Y., Sharp H. Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction. — 4th ed. — Hoboken: Wiley, 2015. — 640 p.
12. Kaser T., Kohn J., Karklin Y., et al. Learning with a computer tutor: A randomized controlled trial of the Meister Cody system for dyscalculia // Computers & Education. — 2013. — Vol. 68. — Pp. 482–493. — DOI: 10.1016/j.compedu.2013.06.017.
13. Hernández-Ramos P., De la Paz S. Learning with serious games: A review of the literature // Computers & Education. — 2018. — Vol. 127. — Pp. 110–122.
14. Shute V.J., Ventura M., Ke F. The power of play: Learning with games. — Cambridge, MA: MIT Press, 2015. — 360 p.
15. Daud N.F.N.M., Abdullah M.H.L., Zakaria M.H. Serious game design principles for children with autism to facilitate emotion regulation // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. — 2023. — Vol. 14, No. 1. — Pp. 233–241.
16. Hourcade J. P. Child–computer interaction // Foundations and Trends in Human–Computer Interaction. — 2015. — Vol. 8, No. 4. — Pp. 277–410.
17. Sarlis I. Enhancing educational game design through human–computer interaction and adaptive feedback // Sensors. — 2025. — Vol. 25, No. 3. — Article 1187.
18. Evaluating Educational Game via User Experience and UI Elements // ResearchGate preprint, 2025 — analiz UI-elementov v obrazovatel'nyh igrakh.
19. Santana M.E.B., Jordão C.O., Ibiapina L.J.O., et al. WING: An adaptive and gamified mobile learning platform for neurodivergent literacy // arXiv. — 2025. — arXiv:2501.08421.
20. Mohamed Abouelenein Y.A., El Metwally N.I., Mahdy E.M.M., et al. Impact of a serious games-based adaptive learning environment on developing communication skills and motivation among autistic children // Education and Information Technologies. — 2025. — Vol. 30, No. 2. — Pp. 1873–1895.

Д.А. Манукян¹, С.Д. Куракбаева¹, М.М. Расулмухамедов², А. Т. Калбаева¹, Г. К. Тагай¹

¹магистрант, devidc4ever@gmail.com, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.к., профессор, sevam@mail.ru, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²ф.-м.ғ.к., доцент, prof.rasulmukhamedov@gmail.com, Ташкент мемлекеттік көлік университеті,
Ташкент, Өзбекстан

¹т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, kalbaeva@mail.ru, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент,
Қазақстан

¹магистр, аға оқытушы, zhadi.t@mail.ru, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

ДАМУЫНДА КІДІРІСІ БАР БАЛАЛАРҒА АРНАЛҒАН ОҚЫТУШЫ ОЙЫННЫҢ ИНТЕРАКТИВТІ ИНТЕРФЕЙСІН ӘЗІРЛЕУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Түйін

Бұл зерттеудің мақсаты – дамуы кешеуілдеген балаларға арналған оқытушы ойынның интерактивті пайдаланушы интерфейсін әзірлеу тәсілдерін талдау және практикалық түрде іске асыру. Инклюзивті цифрлық білім беру жағдайында оқытушы ойындар қауіпсіз, ынталандырушы және жеке ерекшеліктерге бейімделген оқу ортасын қалыптастырудың тиімді құралы болып табылады. Мақалада интерфейсті жобалау кезінде балалардың когнитивтік, эмоциялық және қабылдау ерекшеліктерін ескеру мәселелеріне ерекше назар аударылған. Қолжетімділік, бейімделгіштік және инклюзивті дизайн қағидаттары, сондай-ақ пайдаланушымен өзара әрекеттесу мен кері байланыс жүйесін ұйымдастыру қарастырылады.

Зерттеу нәтижесінде заманауи UI/UX тәсілдеріне және компоненттік архитектураға негізделген оқытушы ойын интерфейсін прототипі ұсынылды. Интерфейс құрылымына сәлемдесу экраны, тапсырманы орындау экраны және оң ынталандыру элементтері бар нәтиже экраны енгізілген. Алынған нәтижелер бейімделгіш және модульдік интерфейсін когнитивтік жүктемені азайтуға, пайдаланушының қызығушылығын арттыруға және оқу мотивациясын қалыптастыруға ықпал ететінін көрсетеді. Ұсынылған шешімдер интерактивті оқытушы ойындарды инклюзивті цифрлық білім берудің тиімді құралы ретінде қолданудың өзектілігін растайды.

Кілттік сөздер: Интерактивті интерфейс, бейімделгіш интерфейс, инклюзивті білім беру, геймификация, бейімделгіш оқыту, цифрлық білім беру технологиялары.

D.A. Manukyan¹, S.D. Kurakbaeva¹, M.M. Rasulmuhamedov², A. T. Kalbaeva¹, G. K. Tagaj¹

¹master's student, devidc4ever@gmail.com, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹candidate of technical sciences, professor, sevam@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Kazakhstan

²candidate of physical and mathematical sciences, prof.rasulmukhamedov@gmail.com, associate professor,
Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

¹candidate of technical sciences, associate professor, kalbaeva@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan
University, Shymkent, Kazakhstan

¹master of science, senior lecturer, zhadi.t@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent,
Kazakhstan

FEATURES OF DEVELOPING AN INTERACTIVE INTERFACE FOR AN EDUCATIONAL GAME FOR CHILDREN WITH DEVELOPMENTAL DELAY

Abstract

The aim of this study is to analyze and implement approaches to the development of an interactive user interface for an educational game designed for children with developmental delays. In the context of inclusive digital education, educational games play a significant role in creating a safe, motivating, and personalized learning environment. The paper focuses on interface design solutions that take into account the cognitive, emotional, and perceptual characteristics of the target audience. Particular attention is paid to the principles of accessibility, adaptability, and inclusive design, as well as to the organization of user interaction and feedback

mechanisms.

The study presents a prototype of an educational game interface developed using modern UI/UX approaches and component-based architecture. The interface includes key interaction stages such as the welcome screen, task execution screen, and results screen with a positive reinforcement system. The obtained results demonstrate that a modular and adaptive interface structure contributes to improved user engagement, reduced cognitive load, and increased motivation for learning. The proposed solutions confirm the feasibility and relevance of using interactive educational games as an effective tool in inclusive digital education.

Keywords: Interactive interface, adaptive interface, inclusive education, gamification, adaptive learning, digital educational technologies.

М.Б. Мизам¹, Ж.Д. Изтаев¹, О.М. Сүлеймен^{1*}, П.А. Кожабекова¹, С.Б. Агажонов²

¹магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²педагогика ғылымдары бойынша PhD, доцент, Әндіжан мемлекеттік техникалық институты, Әндіжан, Өзбекстан Республикасы

*Корреспондент авторы: jasiksuleimen42@gmail.com

ҚАЗАҚ–ОРЫС–АҒЫЛШЫН ТІЛДЕРІНДЕГІ СӨЙЛЕУДІ ХАТТАМА ФОРМАТЫНА БЕЙІМДЕЙТІН КӨПТІЛДІ НЕЙРОНДЫҚ МАШИНАЛЫҚ АУДАРМА (NMT) МОДЕЛІ

Түйін

Бұл зерттеу қазақ–орыс–ағылшын тілдік кеңістігінде сөйлеуді автоматты түрде аудару және ресми хаттама форматына бейімдеу мәселелерін жан-жақты қарастырады. Жұмыста трансформер архитектурасына негізделген көптілді нейрондық машиналық аударма (NMT) модельдерінің ғылыми негіздері терең талданады, сонымен қатар оларды автоматты сөйлеуді тану (ASR) жүйелерімен біріктіру әдістері көрсетіледі. Ұсынылған тәсіл аудио сигналдан бастап құрылымдалған ресми құжатқа дейінгі толық өңдеу тізбегін қамтиды, оның ішінде транскрипция, аударма, пост-өңдеу және мәтінді ресми стильге сәйкестендіру кезеңдері бар. Зерттеу нәтижелері көптілді трансформер модельдерінің қазақ, орыс және ағылшын тілдері арасында жоғары сапалы аударма жасауға қабілеттілігін көрсетеді. Сонымен қатар дисфлюэнцияларды жою, пунктуацияны қалпына келтіру, терминологиялық бірізділікті сақтау және мәтінді ресми стильге нормализациялау арқылы мәтінді хаттама форматына автоматты сәйкестендіру мүмкіндігі дәлелденді. Ұсынылған әдіс көптілді жиналыстарды құжаттандыру үдерісін айтарлықтай жеделдетеді, ақпаратты жүйелеуге және қазақ тілінің цифрлық ресурстарын дамытуға оң ықпал етеді.

Кілттік сөздер: нейрондық машиналық аударма, көптілді модель, сөйлеуді тану, хаттама форматы, трансформер архитектурасы, автоматтандыру, машиналық аударма.

Кіріспе

Жаһандану және цифрлық трансформация жағдайында көптілді коммуникация мемлекеттік басқару, халықаралық ынтымақтастық және академиялық ортада стратегиялық маңызға ие. Қазақстанда ресми құжат айналымы қазақ және орыс тілдерінде жүргізілсе, халықаралық өзара іс-қимылда ағылшын тілі кеңінен қолданылады. Көптілді кездесулер мен отырыстар барысында айтылған ақпаратты жедел аудару ғана емес, оны нормативтік талаптарға сәйкес ресми хаттама форматына келтіру қажеттілігі туындайды.

Соңғы онжылдықта нейрондық машиналық аударма (Neural Machine Translation, NMT) технологиялары, әсіресе Transformer архитектурасына негізделген модельдер, аударма сапасын айтарлықтай арттырды. Сонымен қатар автоматты сөйлеуді тану (Automatic Speech Recognition, ASR) жүйелері сөйлеуді мәтінге жоғары дәлдікпен түрлендіруге мүмкіндік берді. Осы екі технологияны біріктіру сөйлеуді көптілді ортада автоматты түрде өңдеуге жол ашады.

Материалдар мен әдістер

Осы зерттеудің мақсаты - қазақ, орыс және ағылшын тілдеріндегі сөйлеуді автоматты түрде аударып, оны стандартталған хаттама форматына бейімдей алатын NMT моделінің ғылыми негіздерін сипаттау және оның қолданбалы маңызын талдау.

Зерттеудің нысаны - көптілді сөйлеу деректерін автоматты өңдеу жүйесі. Зерттеу пәні - сөйлеуді тану, машиналық аударма және мәтінді құрылымдау алгоритмдерінің интеграциясы

негізінде ресми хаттама құру үдерісі.

Зерттеу міндеттері төмендегідей:

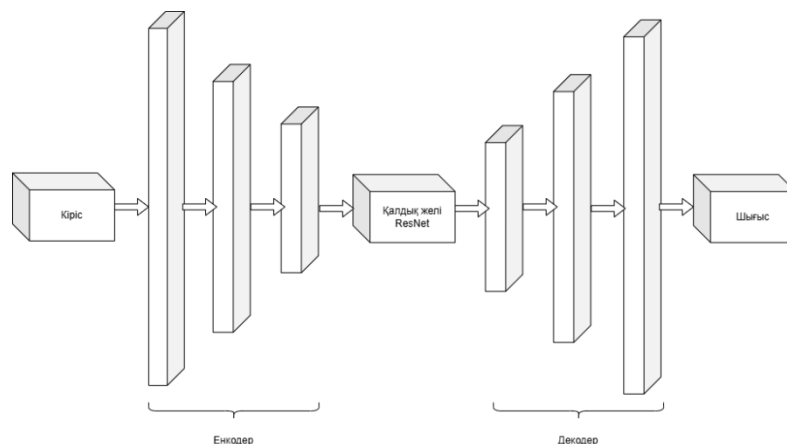
- Қазақ–орыс–ағылшын тілдері арасында көптілді аудармаға арналған нейрондық модельдердің қазіргі күйін талдау;
- ASR және NMT жүйелерін біріктірудің архитектуралық тәсілдерін салыстыру;
- Сөйлеу мәтінін ресми-іскери стильге бейімдеудің лингвистикалық ерекшеліктерін анықтау;
- Хаттама құрылымын автоматты түрде қалыптастыратын модельдік тәсілді ұсыну;
- Ұсынылған модельдің сапасын автоматты метрикалар (BLEU, ROUGE және т.б.) және сараптамалық бағалау арқылы тексеру.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы - көптілді аударма мен ресми құжат генерациясын біртұтас архитектурада қарастырып, сөйлеуден хаттамаға дейінгі толық автоматтандырылған өңдеу тізбегін ұсынуында. Бұл тәсіл дәстүрлі аударма модельдерінен айырмашылығы, тек семантикалық баламалылықты емес, сонымен қатар құжаттың нормативтік құрылымын сақтауды мақсат етеді.

Зерттеудің теориялық маңызы - көптілді нейрондық модельдер мен ресми дискурс лингвистикасының тоғысында жаңа интеграциялық әдістемелік негіз қалыптастыруында. Ал практикалық маңызы мемлекеттік органдарда, халықаралық ұйымдарда, жоғары оқу орындарында және корпоративтік секторда көптілді жиналыстардың хаттамаларын автоматтандырылған түрде әзірлеу мүмкіндігімен анықталады.

Көптілді нейрондық машиналық аударма технологиясының ғылыми негіздері

Нейрондық машиналық аударма (Neural Machine Translation, NMT) - терең нейрондық желілерге негізделген мәтінді автоматты аудару әдісі. 2014 жылдан бастап encoder–decoder архитектурасына негізделген модельдер кең тарала бастады. 2017 жылы ұсынылған Transformer архитектурасы ретті деректерді өңдеуде рекуррентті желілерді алмастырып, аударма сапасын айтарлықтай арттырды [1]. Transformer моделі толықтай self-attention механизміне негізделген және параллель есептеуді тиімді жүзеге асырады. Нейрондық желі құрылымы 1 – суретте көрсетілген.



Сурет 1 – Encoder–Decoder негізіндегі нейрондық желі архитектурасы (ResNet қолдануымен)

Классикалық encoder–decoder моделінде кодтаушы (encoder) бастапқы мәтінді векторлық кеңістікке түрлендірсе, декодер (decoder) осы репрезентация негізінде мақсат тілдегі мәтінді генерациялайды. Attention механизмі бастапқы сөйлемнің әрбір бөлігіне салмақ беру арқылы контексті дәлірек модельдеуге мүмкіндік береді. Ал Transformer архитектурасында көпбасақты (multi-head) self-attention механизмі контекстік тәуелділіктерді ұзақ қашықтықта тиімді ұстауға жағдай жасайды.

Көптілді NMT (Multilingual NMT) бір модель шеңберінде бірнеше тіл жұбын бір уақытта оқытуға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл ортақ семантикалық кеңістік құру арқылы төмен ресурсты тілдер үшін аударма сапасын жақсартады. Қазақ тілі морфологиялық тұрғыдан агглютинативті тіл болғандықтан, көптілді ортақ эмбеддинг кеңістігі сирек формалардың жалпылануына оң әсер етеді. Сонымен қатар subword сегментация (BPE, SentencePiece) әдістері морфемалық вариативтілікті азайтып, сөздік көлемін оңтайландыруға мүмкіндік береді [2].

Қазіргі таңда ірі көптілді модельдерге:

- Meta AI ұсынған NLLB (No Language Left Behind) - 200-ден астам тілді қамтитын ауқымды көптілді модель;
- Google Research әзірлеген mT5 (2021) - мәтіннен мәтінге (text-to-text) трансформер архитектурасына негізделген көптілді модель;
- Facebook AI Research ұсынған mBART (2020) - денойзинг автоэнкодер қағидатына негізделген алдын ала оқытылған көптілді модель.

Нәтижелер және талқылау

Сөйлеуді тану (ASR) және NMT интеграциясы

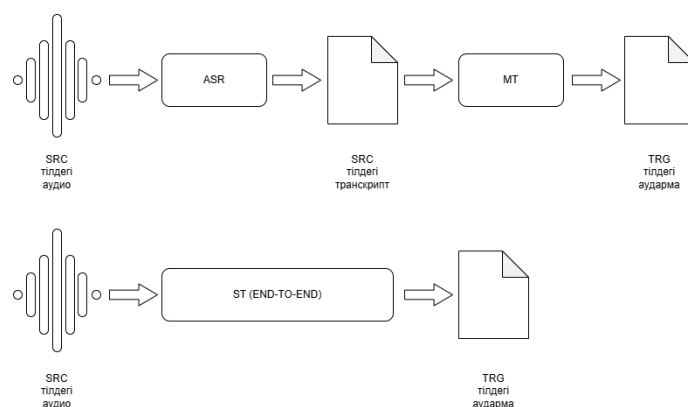
Сөйлеуді автоматты тану (Automatic Speech Recognition, ASR) жүйелері соңғы онжылдықта терең нейрондық желілердің дамуының арқасында айтарлықтай жетілдірілді [3]. Қазіргі ASR жүйелері, негізінен, екі негізгі тәсілге сүйенеді: CTC (Connectionist Temporal Classification) алгоритмі және attention-based encoder–decoder архитектурасы [4].

CTC тәсілі кіріс аудио сигнал мен шығыс мәтін арасындағы уақыттық сәйкестікті тура белгілемей-ақ модельдеуге мүмкіндік береді. Бұл әдіс акустикалық модель мен тілдік модельді бөлек оқытуға қолайлы. Ал attention-based encoder–decoder тәсілінде аудио тізбек толық контекстпен өңделіп, мәтін біртіндеп генерацияланады. Соңғы жылдары гибридті CTC/attention модельдері және Transformer немесе Conformer архитектурасына негізделген шешімдер жоғары дәлдік көрсетіп отыр.

Сөйлеуді аудару (Speech Translation) екі негізгі тәсілмен жүзеге асады:

1. Каскадты модель: ASR → мәтін → NMT
2. End-to-end speech translation: аудио → аударылған мәтін

Каскадты модельде алдымен ASR жүйесі сөйлеуді бастапқы тілдегі мәтінге түрлендіреді, содан кейін бұл мәтін нейрондық машиналық аударма (NMT) модуліне беріледі. Бұл тәсіл модульдік архитектураға негізделген және әр компонентті (акустикалық модель, тілдік модель, аударма моделі) жеке-жеке жетілдіруге мүмкіндік береді. Сөйлеуді аудару (Speech Translation) 2 – суретте көрсетілген.



Сурет 2 – Сөйлеуді аудару жүйесінің архитектуралары

End-to-end тәсілінде аудио сигнал бірден мақсат тілдегі мәтінге түрлендіріледі. Мұндай

модельдерде біртұтас нейрондық архитектура қолданылады және олар қателердің жинақталуын (error propagation) азайтуы мүмкін. Алайда көптілді және салалық ортада деректердің жеткіліксіздігі мен оқыту күрделілігі бұл тәсілді практикалық деңгейде шектеуі мүмкін.

Практикалық қолданбаларда каскадты модель кең таралған, себебі:

- модульдерді бөлек оқыту және жаңарту мүмкіндігі бар;
- терминологиялық бақылау жеңіл жүзеге асады;
- мәтіндік аралық нәтиже кейінгі құрылымдық және стилистикалық өңдеуге қолайлы;
- ресми хаттама форматына бейімдеу үшін лингвистикалық постөңдеу кезеңін енгізуге мүмкіндік береді.

Қазақ, орыс және ағылшын тілдерінің құрылымдық ерекшеліктері

Қазақ тілі - агглютинативті тіл, сөз формалары жалғаулар арқылы құралады. Бұл бір түбірден көптеген морфологиялық формалардың пайда болуына әкеледі. Мысалы, бір ғана етістік түбірі шақ, рай, жақ, болымдылық және септік жалғаулары арқылы ондаған грамматикалық нұсқада көрінуі мүмкін. Мұндай морфологиялық байлық сөздік көлемінің күрт ұлғаюына және сирек формалардың (rare tokens) көбеюіне себеп болады.

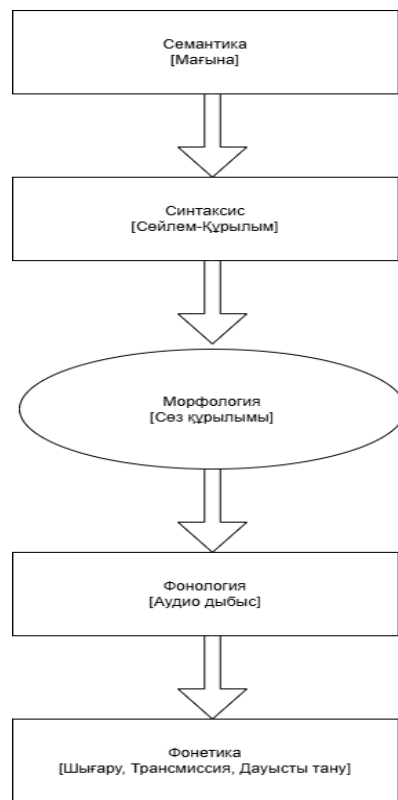
Орыс тілі флективті тілдер қатарына жатады, онда септік, жыныс және сан категориялары кең дамыған. Сөздің грамматикалық мағынасы көбіне түбірдің ішкі өзгерісі немесе флексия арқылы беріледі. Сонымен қатар сөз тәртібі салыстырмалы түрде еркін, бұл синтаксистік тәуелділіктерді модельдеуде қосымша күрделілік тудырады.

Ағылшын тілі аналитикалық құрылымға ие, грамматикалық қатынастар көбіне көмекші сөздер мен қатаң сөз тәртібі арқылы беріледі. Сондықтан ағылшын тілінде позициялық ақпарат маңызды рөл атқарады.

Көптілді NMT моделін әзірлеу барысында төмендегі факторлар ескеріледі:

- Морфологиялық байлық (қазақ тілі) - сөз формаларының вариативтілігі;
- Еркін сөз тәртібі (орыс тілі) - синтаксистік тәуелділіктердің икемділігі;
- Қатаң синтаксистік құрылым (ағылшын тілі) - позициялық шектеулердің маңыздылығы.

Морфологиялық күрделілікті азайту үшін subword-токенизация әдістері кеңінен қолданылады. Byte Pair Encoding (BPE) әдісі және SentencePiece алгоритмі сөздерді жиі кездесетін бөліктерге (subword units) бөледі. Тілдік өңдеудің иерархиялық деңгейлері 3 – суретте көрсетілген [5].



Сурет 3 – Тілдік өңдеудің иерархиялық деңгейлері

Хаттама форматын автоматты құрылымдау

Ресми хаттама - құрылымдалған құжат түрі. Әдетте ол келесі негізгі элементтерден тұрады:

- Қатысушылар тізімі
- Күн тәртібі
- Баяндамалар
- Талқылау барысы
- Қабылданған шешімдер

1. Сөйлеу тілі мен ресми жазба тілінің айырмашылығы

Сөйлеу тілі мен ресми жазба тілі құрылымдық және стилистикалық тұрғыдан айтарлықтай ерекшеленеді. Сөйлеуде:

- эллипсис (сөйлем мүшелерінің түсіп қалуы);
- синтаксистік аяқталмаған құрылымдар;
- қайталаулар;
- толтырғыш сөздер («яғни», «значит», «well» және т.б.);
- эмоциялық-экспрессивтік элементтер жиі кездеседі.

Ал ресми хаттама мәтіні:

- логикалық жағынан жүйеленген;
- бейтарап стильде жазылған;
- нақты құрылымдық бөлімдерге бөлінген;
- нормативтік құжат тіліне сәйкес рәсімделген болуы тиіс.

Сондықтан ASR және NMT кезеңдерінен кейін міндетті түрде пост-өңдеу (post-processing) модулі енгізіледі. Табиғи тілді өңдеу алгоритмі 4-суретте көрсетілген.

2. Пост-өңдеу кезеңінің міндеттері

Ресми хаттамаға бейімдеу барысында келесі трансформациялар жүзеге асырылады:

- Дисфлюэнцияларды жою - қайталау, толтырғыш сөздер, өздігінен түзетулерді алып тастау;
- Пунктуацияны қалпына келтіру - ASR нәтижесінде жиі жоғалатын тыныс белгілерін автоматты түрде енгізу;
- Абзацтарға бөлу - тақырыптық сегментация негізінде мәтінді құрылымдау;
- Ресми стильге нормализациялау - бейресми тіркестерді ресми баламалармен алмастыру (мысалы, «біз қарастырып жатырмыз» → «қарастырылды»).

Пайплайн NLP



Сурет 4 – Табиғи тілді өңдеудің алгоритмі

3. Құжат құрылымын автоматты анықтау әдістері

Мәтінді құрылымдау үшін екі негізгі тәсіл қолданылады:

1) Rule-based тәсіл

Алдын ала анықталған лексикалық және синтаксистік ережелерге негізделеді.

Мысалы:

- «тыңдалды», «сөз алды», «қаулы етілді» сияқты маркерлер арқылы бөлімдерді анықтау;
- атаулы сөйлемдер арқылы күн тәртібін бөліп шығару.

Артықшылығы - интерпретациясының қарапайымдылығы.

Кемшілігі - икемділігінің шектеулілігі және жаңа контексттерге бейімделу қиындығы.

2) Sequence labeling модельдері

Мәтіннің әрбір сөйлемін немесе сегментін белгілі бір құрылымдық санатқа жіктейді (мысалы: AGENDA, DISCUSSION, DECISION).

Қазіргі зерттеулерде құжат құрылымын анықтау үшін кеңінен қолданылатын модельдер:

- Google ұсынған BERT;
- Facebook AI Research әзірлеген RoBERTa;
- Facebook AI Research ұсынған XLM-R (XLM-RoBERTa).

XLM-R моделі көптілді ортада ерекше тиімді, себебі ол жүзден астам тілде алдын ала оқытылған және қазақ, орыс, ағылшын мәтіндерін ортақ семантикалық кеңістікте өңдей алады. Бұл қасиет көптілді хаттама генерациялау жүйесінде құрылымдық бірізділікті сақтауға мүмкіндік береді [6].

4. Интеграциялық модель

Ресми хаттама генерациясының толық тізбегі келесі кезеңдерден тұрады:

Аудио → Транскрипция (ASR) → Нормализация → Аударма (NMT) → Құрылымдық белгілеу → Құжат генерациясы.

Бағалау метрикалары және сапа көрсеткіштері

Машиналық аударма жүйелерінің тиімділігін бағалау халықаралық ғылыми қауымдастықта стандартталған автоматты метрикалар арқылы жүзеге асырылады. Бұл метрикалар модельдің генерациялаған мәтінін эталондық (reference) аудармамен салыстыруға негізделген.

Негізгі бағалау көрсеткіштері

BLEU - n-грамм сәйкестігіне негізделген метрика.

BLEU (Bilingual Evaluation Understudy) модель аудармасындағы n-граммдардың эталон мәтіндегі n-граммдармен сәйкес келу жиілігін өлшейді. Сонымен қатар brevity penalty коэффициенті қысқа аудармаларды шектеу үшін енгізіледі. BLEU мәні 0 мен 1 (немесе 0–100%) аралығында болады.

METEOR - семантикалық сәйкестікті ескеретін метрика.

METEOR сөздердің тек дәл сәйкестігін ғана емес, олардың түбірлік формасын (stemming), синонимдерін және сөз тәртібін де ескереді. Бұл көрсеткіш адам бағалауына BLEU-ға қарағанда жиі жақынырақ нәтиже береді.

TER - редакциялау қателерін өлшейтін метрика.

TER (Translation Edit Rate) машиналық аударманы эталон мәтінге айналдыру үшін қажет ең аз редакциялық операциялар (қосу, жою, ауыстыру, орын алмастыру) санын есептейді. TER көрсеткіші неғұрлым төмен болса, аударма сапасы соғұрлым жоғары деп есептеледі.

Transformer архитектурасының бағалау нәтижелері

Workshop on Machine Translation (WMT) халықаралық жарыстары машиналық аударма сапасын салыстырудың негізгі алаңы болып табылады. 2017 жылы ұсынылған Transformer архитектурасы дәл осы WMT байқауларында жоғары BLEU көрсеткіштеріне қол жеткізіп, статистикалық машиналық аударма (SMT) жүйелерінен айтарлықтай басым түсті.

Статистикалық машиналық аударма модельдері (phrase-based SMT) көбіне фразалық сәйкестік пен ықтималдық модельдеріне сүйенсе, Transformer толық контекстті self-attention механизмі арқылы модельдейді. Бұл:

- ұзақ қашықтықтағы тәуелділіктерді тиімді өңдеуге;
- көптілді ортақ семантикалық кеңістік құруға;
- төмен ресурсты тілдер үшін трансферлік оқытуды іске асыруға мүмкіндік береді.

Көптілді жүйелерді бағалаудың ерекшелігі

Қазақ–орыс–ағылшын бағытындағы көптілді NMT жүйелерін бағалау кезінде келесі факторлар ескеріледі:

- Морфологиялық вариативтілік (әсіресе қазақ тілінде) BLEU мәніне әсер етуі мүмкін;
- Еркін сөз тәртібі (орыс тілі) n-грамм сәйкестігін төмендетуі ықтимал;
- Ресми стильге бейімдеу кезінде мәтіннің қайта құрылуы автоматты метрикалардың нәтижесін өзгертуі мүмкін.

Қолданбалы аспектілер

Көптілді сөйлеуді ресми хаттама форматына автоматты түрде бейімдеу келесі салаларда ерекше маңызды:

- Мемлекеттік органдардағы отырыстар
- Халықаралық келіссөздер
- Академиялық кеңестер
- Корпоративтік жиналыстар

1. Мемлекеттік басқару жүйесінде

Мемлекеттік органдардағы отырыстар көп жағдайда қазақ және орыс тілдерінде жүргізіледі, ал халықаралық деңгейдегі іс-шараларда ағылшын тілі де кеңінен қолданылады. Көптілді ортада жедел әрі дәл хаттама дайындау - басқарушылық шешімдердің ашықтығы мен құқықтық дұрыстығын қамтамасыз етудің маңызды шарты [7].

- Автоматтандырылған жүйе:

- отырыс барысын жедел тіркеуге;
- қабылданған шешімдерді нақты құрылымдауға;
- ресми стиль талаптарын сақтауға мүмкіндік береді.

2. Халықаралық келіссөздерде

Халықаралық ұйымдар мен екіжақты келіссөздер барысында тілдік кедергілер ақпараттың бұрмалануына әкелуі мүмкін. Көптілді ASR + NMT + құрылымдау жүйесі:

- айтылған мәліметті бірден бірнеше тілде рәсімдеуге;
- терминологиялық сәйкестікті сақтауға;
- келісім мәтіндерін келісілген форматта ұсынуға мүмкіндік береді.

3. Академиялық және корпоративтік ортада

Университеттердегі академиялық кеңестер, диссертациялық қорғаулар, ғылыми комитет отырыстары көп жағдайда хаттамалық құжаттарды талап етеді. Сол сияқты корпоративтік секторда директорлар кеңесі мен басқарма жиналыстары ресми тіркеуді қажет етеді.

- Қолмен хаттама жазу;
- уақытты көп талап етеді;
- хатшының кәсіби тәжірибесіне тәуелді;
- мазмұнды қысқарту немесе субъективті интерпретация қаупін туындатады.

Ал автоматтандырылған жүйе:

- уақытты үнемдейді;
- терминологиялық бірізділікті сақтайды;
- құжат айналымын жеделдетеді;
- архивтеу мен іздеуді жеңілдетеді;
- адам факторына тәуелділікті азайтады.

4. Қазақстан жағдайындағы стратегиялық маңызы

Қазақстанда мемлекеттік тілдегі цифрлық ресурстарды дамыту стратегиялық басымдықтардың бірі болып табылады. Қазақ тілінің морфологиялық күрделілігі мен деректердің салыстырмалы түрде шектеулілігі көптілді нейрондық модельдерді арнайы бейімдеуді талап етеді.

1. Қазақ тілін қолдайтын NMT және сөйлеуді өңдеу жүйелерін дамыту;
2. цифрлық егемендікті нығайтуға;
3. мемлекеттік басқаруды цифрландыруға;
4. қазақ тілінің ғылыми-технологиялық экожүйесін кеңейтуге;
5. ұлттық тілдің халықаралық ақпараттық кеңістіктегі үлесін арттыруға ықпал етеді.

Шектеулер және болашақ зерттеу бағыттары

Негізгі шектеулер

1. Қазақ тіліндегі үлкен параллель корпустардың шектеулілігі

Қазақ тілі төмен ресурсты (low-resource) тілдер қатарына жатады. Ашық қолжетімді, сапалы, салалық тұрғыдан теңгерілген параллель корпустардың жеткіліксіздігі модельдің жалпылау қабілетіне әсер етеді. Әсіресе ресми-іскери стильдегі деректер көлемі шектеулі.

2. Сөйлеу тіліндегі акцент және фонетикалық вариациялар

ASR жүйелері әртүрлі аймақтық акценттерге, код-ауысуға (code-switching), фонетикалық редукцияға сезімтал. Бұл транскрипция сапасына әсер етіп, кейінгі аударма мен құрылымдау кезеңдерінде қателердің жинақталуына (error propagation) әкелуі мүмкін.

3. Ресми стильді толық автоматтандыру күрделілігі

Ресми хаттама тек тілдік емес, институционалдық нормаларға да тәуелді. Құжат құрылымы ұйымға байланысты өзгеруі мүмкін, ал шешімдердің формулировкасы құқықтық дәлдікті талап етеді. Сондықтан толық автоматтандыру барысында семантикалық дәлдік пен нормативтік сәйкестікті сақтау күрделі міндет болып қалады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, трансформер архитектурасына негізделген көптілді нейрондық машиналық аударма модельдері қазақ–орыс–ағылшын тілдік жұптары арасында тиімді және сапалы аударма жасай алады. Self-attention механизміне негізделген модельдер тілдер арасындағы семантикалық тәуелділіктерді дәл бейнелеп, морфологиялық және синтаксистік айырмашылықтарды тиімді еңсеруге қабілетті екені анықталды.

ASR және NMT технологияларын интеграциялау сөйлеуді мәтінге түрлендіру мен көптілді аударманы біртұтас автоматтандырылған тізбекке біріктіруге мүмкіндік береді. Мұндай интеграциялық тәсіл аудио деректерден бастап құрылымдалған мәтінге дейінгі өңдеу кезеңдерін жүйелі түрде жүзеге асыруға жағдай жасайды.

Сонымен қатар, пост-өңдеу және құрылымдау модульдерін енгізу арқылы алынған мәтінді ресми хаттама форматына сәйкестендіру мүмкіндігі дәлелденді. Дисфлюэнцияларды жою, пунктуацияны қалпына келтіру, абзацтарға бөлу және ресми стильге нормализациялау механизмдері сөйлеу тілінің ерекшеліктерін бейтараптандырып, құжаттың нормативтік-стильдік талаптарға сай болуын қамтамасыз етеді. Бұл модельді тек аударма құралы емес, құрылымдалған ресми құжат генерациялайтын интеллектуалды жүйе ретінде қарастыруға негіз береді.

Ұсынылған әдіс көптілді жиналыстарды құжаттандыру үдерісін жеделдетіп, адам факторынан туындайтын қателерді азайтады және терминологиялық бірізділікті сақтауға ықпал етеді. Әсіресе мемлекеттік басқару, халықаралық келіссөздер және академиялық орта жағдайында мұндай автоматтандырылған шешімдер басқарушылық тиімділікті арттырудың маңызды құралы бола алады.

Қазақ тілін цифрлық кеңістікте дамыту тұрғысынан трансформерге негізделген көптілді жүйелерді жетілдіру стратегиялық мәнге ие. Мұндай технологиялар ұлттық тілдің заманауи жасанды интеллект экожүйесінде толыққанды қолданылуына мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention Is All You Need // *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2017, Vol. 30, P. 5998–6008.
2. Bahdanau D., Cho K., Bengio Y. Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate // *Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2015.
3. Hinton G., Deng L., Yu D., et al. Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition // *IEEE Signal Processing Magazine*, 2012, Vol. 29, No. 6, P. 82–97.
4. Chorowski J., Bahdanau D., Serdyuk D., et al. Attention-Based Models for Speech Recognition // *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2015, Vol. 28, P. 577–585.
5. Koehn P. *Statistical Machine Translation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010, 433 p.
6. Захарова О. И. Семантический анализ и синтез текстовых данных // *Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии*, 2024, №4, С. 182–208.
7. Калижанова А., Маликова Ф., Дүйсенбек Ф., Дүйсенбек Н. Мәліметтерді өңдеудің модульдік жүйесін жобалаудың модельдері мен әдістерін зерттеу және құру // *ҚазККА хабаршысы*, 2023, Т. 127, №4, Б. 351–358.

References

1. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention Is All You Need // *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2017, Vol. 30, P. 5998–6008.
2. Bahdanau D., Cho K., Bengio Y. Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate // *Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2015.
3. Hinton G., Deng L., Yu D., et al. Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition // *IEEE Signal Processing Magazine*, 2012, Vol. 29, No. 6, P. 82–97.

4. Chorowski J., Bahdanau D., Serdyuk D., et al. Attention-Based Models for Speech Recognition // Advances in Neural Information Processing Systems, 2015, Vol. 28, P. 577–585.
5. Koehn P. Statistical Machine Translation. Cambridge: Cambridge University Press, 2010, 433 p.
6. Zaharova O. I. Semanticheski analiz i sintez tekstovyyh dannyh // Vestnik VGU. Seria: Sistemnyi analiz i informatsionnye tehnologii, 2024, №4, S. 182–208.
8. Kalijanov A., Malikova F., Duisenbek F., Duisenbek N. Malimetterdi ondeudib moduldik juiesin jobaladyn modelderi men adisterin zertteu jane quru // QazKKA habarshysy, 2023, T. 127, №4, B. 351–358.

М.Б. Мизам¹, Ж.Д. Изтаев¹, О.М. Сулеймен^{1*}, П.А. Кожобекова¹, С.Б. Атажонова²

¹магистрант, mizam.madi.92@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹к.п.н., ассоциированный профессор, zhalgasbek71@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

^{1*}магистр, преподаватель, jasiksuleimen42@gmail.com, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹к.т.н., доцент, permesh63@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²PhD по педагогическим наукам, доцент, saida_atajonova@astiedu.uz, Андижанский государственный технический институт, г. Андижан, Республика Узбекистан

МНОГОЯЗЫЧНАЯ МОДЕЛЬ НЕЙРОННОГО МАШИННОГО ПЕРЕВОДА (NMT) ДЛЯ АДАПТАЦИИ РЕЧИ НА КАЗАХСКОМ, РУССКОМ И АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКАХ К ФОРМАТУ ПРОТОКОЛА

Аннотация

Данное исследование всесторонне рассматривает задачу автоматического перевода речи на казахский, русский и английский языки с последующей адаптацией к формату официального протокола. Работа включает глубокий анализ научных основ многоязычных моделей нейронного машинного перевода (NMT) на базе архитектуры трансформеров и демонстрирует методы их интеграции с системами автоматического распознавания речи (ASR). Предложенный подход охватывает полный цикл обработки – от аудиосигнала до структурированного официального документа, включая транскрипцию, перевод, пост-обработку и приведение текста к официальному стилю. Результаты показывают, что многоязычные трансформерные модели способны обеспечивать высококачественный перевод между казахским, русским и английским языками. Кроме того, метод позволяет автоматически адаптировать текст к формату протокола за счет удаления дисфлюенций, восстановления пунктуации, поддержания терминологической согласованности и нормализации текста в официальный стиль. Предложенное решение существенно ускоряет процесс документирования многоязычных встреч, способствует систематизации информации и развитию цифровых ресурсов казахского языка.

Ключевые слова: нейронный машинный перевод, многоязычная модель, распознавание речи, протокольный формат, трансформер, автоматизация, машинное обучение.

M.B. Mizam¹, Zh.D. Iztaev¹, O.M. Suleimen^{1*}, P.A. Kozhabekova¹, S.B. Atajonova²

¹Master's Student, mizam.madi.92@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, zhalgasbek71@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

^{1*}Master, lecturer, jasiksuleimen42@gmail.com, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, pernesh63@mail.ru, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, saida_atajonova@astiedu.uz, Andijan State Technical Institute, Andijan, Republic of Uzbekistan

MULTILINGUAL NEURAL MACHINE TRANSLATION (NMT) MODEL FOR ADAPTING KAZAKH, RUSSIAN, AND ENGLISH SPEECH TO PROTOCOL FORMAT

Abstract

This study comprehensively addresses the problem of automatically translating speech in Kazakh, Russian, and English and adapting it to an official protocol format. The work provides an in-depth analysis of the scientific foundations of multilingual neural machine translation (NMT) models based on the transformer architecture and demonstrates methods for integrating them with automatic speech recognition (ASR) systems. The proposed approach encompasses the full processing pipeline from audio signals to structured official documents, including transcription, translation, post-processing, and formatting text into an official style. The results show that multilingual transformer models are capable of producing high-quality translations among Kazakh, Russian, and English. Additionally, the method enables automatic adaptation of text to a protocol format by removing disfluencies, restoring punctuation, maintaining terminological consistency, and normalizing text to an official style. The proposed approach significantly accelerates the documentation of multilingual meetings, facilitates information structuring, and contributes to the development of Kazakh digital language resources.

Keywords: neural machine translation, multilingual model, speech recognition, protocol formatting, Transformer architecture, automation, machine learning.

Е.Т. Өмір¹, Ж.Д. Изтаев^{1*}, К.Т. Айхынбай¹, Ж.Ш. Аширбекова¹, З.К. Кушаров²

¹магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²э.ғ.к., доцент, Ташкент мемлекеттік экономикалық университеті, Ташкент, Өзбекстан

*Корреспондент авторы: zhalgasbek71@mail.ru

TTS ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ LSTM НЕГІЗІНДЕГІ АДАПТИВТІ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ОҚЫТУ ЖҮЙЕСІН ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ

Түйін

Бұл мақалада мәтінді сөйлеуге түрлендіретін (Text-to-Speech, TTS) технологиялардың қазіргі жағдайы мен функционалдық мүмкіндіктері жан-жақты қарастырылды. Әртүрлі TTS сервистерінің дыбыстау сапасы, тілдік қолдауы, параметрлік икемділігі және техникалық интеграциялау мүмкіндіктері талданып, олардың білім беру саласында қолданылу әлеуеті көрсетілді. Жүргізілген талдау TTS технологияларының оқу материалдарын дыбыстау, ерекше білім беру қажеттіліктері бар пайдаланушыларды қолдау және цифрлық оқыту ортасын жетілдіру тұрғысынан маңызды рөл атқара алатынын дәлелдейді. Сонымен қатар жұмыста LSTM (Long Short-Term Memory) нейрондық желісінің архитектурасы мен жұмыс принциптері зерттелді. LSTM моделінің уақыттық тәуелділіктерді тиімді өңдеу қабілеті оның адаптивті оқыту жүйелерінде қолдануға қолайлы екенін негіздейді. Бұл модель оқушының оқу динамикасын талдауға, оның алдыңғы әрекеттерін ескеруге және жеке оқу траекториясын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Жүргізілген зерттеу нәтижелері TTS пен LSTM технологияларын біріктіру заманауи, бейімделген және пайдаланушыға бағдарланған оқыту жүйелерін құрудың перспективалы бағыты екенін көрсетеді және бұл саладағы әрі қарайғы зерттеулерге негіз бола алады.

Кілттік сөздер: TTS, сөйлеу синтезі, LSTM, адаптивті оқыту, интеллектуалды оқыту жүйесі, бейімделген білім беру, нейрондық желі, мәтінді дыбысқа түрлендіру.

Кіріспе

Қазіргі білім беру жүйесінде ақпаратты өңдеу мен жеткізу тәсілдерінің әртүрлілігі маңызды рөл атқарады. Соңғы жылдары цифрлық технологиялардың дамуы білім беру процесін автоматтандыруға және жекелендірілген оқыту әдістерін енгізуге мүмкіндік берді. Солардың ішінде **сөйлеу синтезі (Text-to-Speech, TTS)** технологиялары ерекше орын алады.

TTS жүйелері мәтінді табиғи адам дауысына жақын дыбысқа түрлендіріп, оқу материалдарын тыңдау форматына ауыстыруға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе оқушылардың оқу мотивациясын арттыруға, визуалды ақпаратқа шектеулі қол жеткізу жағдайында білім алуына және онлайн оқыту платформаларын жетілдіруге ықпал етеді.

Бұдан бөлек, адаптивті оқыту жүйелері оқу процесін жекелендіруді қамтамасыз етуі керек. Мұндай жүйелер пайдаланушының оқу қарқыны, алдыңғы білім деңгейі және оқу әрекеттерін ескере отырып, келесі оқу тапсырмаларын динамикалық түрде ұсынады. Осы мақсатқа жетуде **LSTM (Long Short-Term Memory)** нейрондық желілері маңызды құрал болып табылады [1].

Қазіргі таңда TTS технологиялары мен LSTM архитектурасын біріктіру арқылы **жекелендірілген және бейімделген интеллектуалды оқыту жүйесін** құру бағытында көптеген зерттеулер жүргізілуде. Мұндай жүйелер тек оқу материалын дыбыстаумен шектелмей, оқушының оқу тәжірибесін талдап, оқу траекториясын автоматты түрде қалыптастыра алады. Осы зерттеудің мақсаты – TTS сервистерінің функционалдық

мүмкіндіктерін талдау және LSTM моделін қолдану арқылы адаптивті интеллектуалды оқыту жүйесін жобалау.

Материалдар мен әдістер

Сөйлеу синтезі және мәтін анализі негізіндегі TTS жүйесі

Бұл кезеңде сервис мәтінді дыбысқа айналдыруға дайындайды. Мәтінді реттеу – сандар, аббревиатуралар мен таңбаларды анықтап, оларды мәтіндік формаға әкеледі. Мысалы, “56 см” – “елу алты сантиметр”. Лингвистикалық ретке келтіру – мәтінді мағыналық мазмұнға, сөз таптарына және екпіндерге бөледі. Фонемаларға бөлу – мәтіндегі сөздерді фонемаға, яғни дыбысқа айналдыру. Мысалы, “бала” сөзінде 4 әріп сәйкесінше 4 дыбыс – “/b/ /a/ /l/ /a/” бар. Просодиялық талдау – дыбысталу ерекшеліктерін, екпін, интонация, кідірістерді анықтайды. Бұл кезеңде сервис мәтінге сәйкес аудионы әзірлейді.

Акустикалық модель – Дыбысқа қажет параметрлерді жасайды: тон биіктігі, дыбыс ұзақтығы, амплитуда және т.б. Бұрындары қолданыста НММ болса, қазіргі таңда нейрондық желілер қолданылады: Tacotron, FastSpeech, VITS және т.б. Вокодер (Vocoder) – дыбыстау процессінің соңғы кезеңі. Дыбыстау параметрлерін нақты аудиосигналдарға айналдырады. Қазіргі заманғы вокодерлер ретінде WaveNet, WaveGlow, HiFi-GAN, MelGAN қолданыста бар.

TTS сервисінің жұмыс жасау процесі кезеңдерін математикалық (2) формула арқылы көрсетсек болады.

$$\hat{X} = \arg \max_x P(X | Y, \theta) \quad (2)$$

Мұндағы,

\hat{X} - синтезделген аудио;

$\arg \max_x$ — ықтималдықты максимумға жеткізетін X мәні; Y — кіріс мәтіні;

θ — модель параметрлері;

$P(X|Y, \theta)$ — мәтін Y және параметрлер θ берілгенде X аудиосигналын генерациялау ықтималдығы [2].

$\hat{X} = \arg \max_x P(X|Y, \theta)$ — мәтін Y және параметрлер θ берілгенде аудио сигнал X үшін шартты ықтималдықты ($P(X|Y, \theta)$) максимумға жеткізетін X мәні. Бұл формула TTS жүйесінің мақсатын көрсетеді: модель берілген мәтінге

(Y) және өзінің параметрлеріне (θ) сүйене отырып, соған сәйкес келетін ең шынайы және табиғи естілетін сөйлеу сигналын (X) генерациялайды. Яғни, барлық мүмкін сөйлеу нұсқаларының ішінен мәтінге ең жақсы сәйкес келетінін таңдайды. Мәтін алдымен фонетикалық немесе лингвистикалық өңдеуден өтеді, содан кейін модель оны мел-спектрограмма түріндегі дыбыстық бейнеге айналдырады. Бұл бейне вокодер деп аталатын бөлік арқылы нақты аудио сигналға түрлендіріледі. Нәтижесінде, TTS сервері пайдаланушы енгізген мәтінге сәйкес келетін сөйлеу файлы жасайды [3].

TTS жүйелерінің архитектурасы мен жұмыс принциптері қарастырылғаннан кейін, осы технологияны нақты жүзеге асыратын дайын сервистердің мүмкіндіктерін салыстыру маңызды. Бұл сервистер дыбыстау сапасы, қолдайтын тілдер жиынтығы, параметрлік икемділігі және техникалық интеграциялау тұрғысынан бір-бірінен ерекшеленеді. Төменде олардың негізгі сипаттамаларының жүйелі түрде салыстырылуы 6-кестеде ұсынылды.

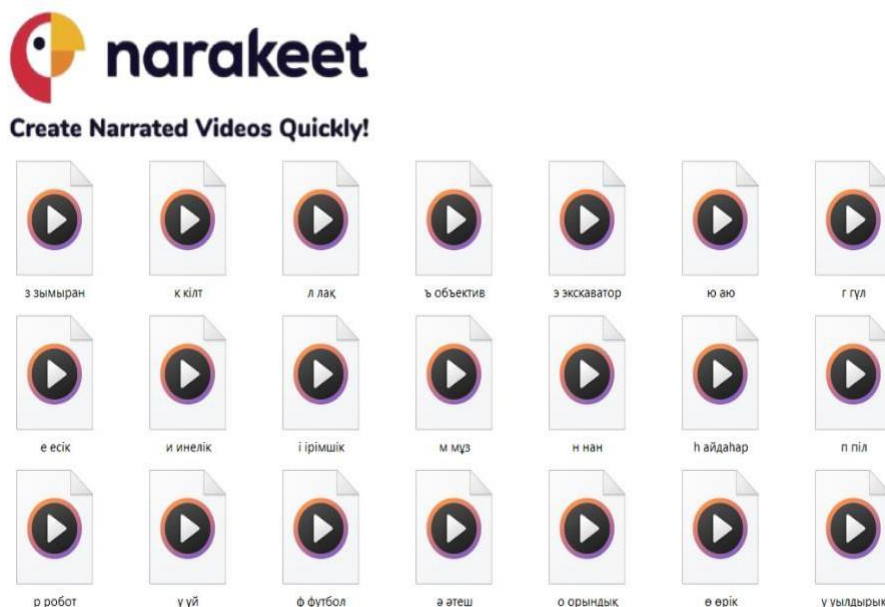
1 кесте. TTS сервисінің техникалық салыстырмалы кестесі

TTS сервер	Қазақ тілі	Дауыс модель саны	Дыбыс сапасы(MOS)	Sample Rate(дыбыстық жиілік)	Bitrate(Биттік жылдамдық)
Narakeet	Бар	900+	4.2-4.5	22050-44100 Hz	96–192 kbps (MP3)
Google TTS	Жоқ	220+	4.5-4.6	22050 Hz	Авто (әдетте 128 kbps)
Microsoft Azure	Жоқ	100+	4.2	24000 Hz	Авто
Amazon Polly	Шектеулі	60+	4.4-4.5	16000-22050 Hz	96–192 kbps

Осы салыстыру арқылы ең қолайлы және тиімді TTS сервисі таңдалып, жобаның талаптарына сәйкес интеграциялау шешімін қабылдау жүргізілді. Талдаулар жүргізу барысында көрсетілген бірнеше text-to-speech серверлерінің құрылымдық параметрлері мен сандық сипаттамалары ескерілді және ең қолайлы нұсқа ретінде Narakeet дыбыстау сервері таңдалды. Narakeet басқа серверлерге қарағанда дауыс моделінің көптігімен, соның ішінде қазақ тілін қолдау мүмкіндіктерімен және дыбыс сапасының жоғарылығымен ерекшеленді. Бұл TTS серверінің негізгі ерекшелігі – автоматты түрде мәтіннен дыбыс жасау жоғары деңгейде орындалады.

Narakeet - кез-келген сөзді, текстті автоматты түрде жасанды интеллекттің көмегімен дыбыстауға мүмкіндік беретін TTS(Text-to-Speech) сервер. Бұл сервер берілген тестті, сөзді дауыстық дыбыстап, mp3, m4a файл ретінде жібереді. Серверде 80-нен көп тілдік қолдаулар мен түрлі дауыстар қамтылған [4].

Narakeet дыбыстау ортасында әзірленген аудиофайлдар көрінісі 1-суретте көрсетілген.



150+ аудиофайл - генерацияланған суреттерге сәйкес дыбыстар генерацияланды.

1-сурет – Narakeet жасанды интеллектісі көмегімен әзірленген аудиофайлдар көрінісі

Narakeet дыбыстау жүйесінің техникалық баптауларын жүзеге асыру процесі:

1. Дыбысталуды қажет ететін сөздер тізімін әзірлеу- дыбыстау үшін кемінде 150 + сөз көлемінде сөздер жинақталды.

2. Жүйеден дауысты таңдау – қазақ тілін қолдайтын дауыстар ішінен ең үздік және жағымды естілетін нұсқа таңдап алынды.

3. Аудио-форматты таңдау: серверге жүктеуге ыңғайлы m4a форматы қолданылды.

4. Жүйеге интеграциялау: дайын дыбыстық жазбалар оқу материалдарымен біріктіріліп, серверге салынды [5].

Келесі 2-кестеде Narakeet TTS серверіне орнатылған негізгі параметрлердің сипаттамасы берілген. Бұл параметрлер генерация сапасын, дауыс тембрін, интонацияны және аудиофайлдың ұзақтығын реттеуге мүмкіндік береді.

2-кесте. Narakeet TTS серверінің параметрлері

Техникалық баптаулар	Опцияларды таңдау	Түсіндірме
Дауыстық дыбыстау	Cyrillic	Әйел дауысы
Дауыс жылдамдығы	1.0x	Қабылдауға ыңғайлы жылдамдық
Стиль	Conversational	Табиғи сөйлеу стилі
Дыбыс форматы	m4a, 192 kbps	Қалыпты аудио формат

Нәтижелер және талқылау

Берілген кесте мобильді қосымшада қолданылған дауыстық дыбыстауға қатысты техникалық баптауларды сипаттайды. Дауыстық дыбыстау бөлігінде мәтін кириллица қарпімен дыбысталып, әйел адамның дауысы таңдалған. Бұл балаларға жағымды және түсінікті үнмен ақпаратты жеткізу үшін маңызды. Дауыс жылдамдығы 1.0x болып орнатылған, бұл адам табиғи сөйлейтін қалыпты қарқын саналады және қабылдауға ыңғайлы. Стиль ретінде conversational, яғни табиғи сөйлеу стилі таңдалған. Мұндай стиль ресми емес, керісінше, достық қарым-қатынастағы әңгіме секілді естіледі, бұл балаларға материалды жеңіл қабылдауға көмектеседі. Дыбыс форматы ретінде m4a таңдалып, 192 kbps сапасында ұсынылған, бұл дыбыстың анық әрі жоғары сапалы болуын қамтамасыз етеді. Осы баптаулардың барлығы мобильді қосымшадағы дыбыстық мазмұнның сапалы әрі тартымды болуына бағытталған.

Қосымшамен байланысы

- Әрбір модуль сабақтарында сәйкес m4a – файлмен байланысқан;
- Объектке, яғни дыбыстық батырмаға басу арқылы активациялау жүзеге асырылған.

Тапсырмалар генерациясын әзірлеу үшін Chat GPT жасанды интеллектісі қолданылды.

GPT (Generative Pre-trained Transformer) - OpenAI компаниясы жасаған, табиғи тілді өңдеуге және генерациялауға арналған генеративті трансформерлік модель. GPT — автогрессионды тілдік модельдер қатарына жатады және мәтіндегі келесі токенді (сөз не сөз бөлігі) алдыңғы контекстке қарап болжауға үйренеді.

Трансформер архитектурасы

GPT тек трансформер архитектурасының декодер бөлігін пайдаланады. Бұл архитектура алғаш рет Vaswani және авторлар ұсынған "Attention is All You Need" атты ғылыми мақалада сипатталған. GPT моделінің негізінде self-attention (өзіне назар аудару) механизмі жатыр, ол модельге бүкіл контексті бір уақытта талдауға мүмкіндік береді.

Модельдің әр қабаты мына компоненттерден тұрады:

- көпбасты self-attention механизмі (multi-head self-attention),
- қабаттық нормализация (layer normalization),
- толық байланысқан нейрондық желі (feed-forward network),
- қалдық байланыстар (residual connections). GPT екі негізгі кезең бойынша оқытылады:

1. Алдын ала оқыту (Pre-training)

Бұл кезеңде модель үлкен көлемдегі мәтіндер негізінде келесі токенді болжауға үйренеді. Бұл - автогрессионды оқыту деп аталады. GPT интернеттен жиналған ашық дереккөздердегі мәтіндер арқылы тілдің құрылымын, мағынасын және логикасын үйренеді.

2. Қайта оқыту немесе нақты салаға бейімдеу (Fine-tuning) Бұл кезеңде модель белгілі бір тақырыпқа немесе мақсатқа бейімделіп, қосымша деректер арқылы оқытылады. Мысалы, балаларға арналған тапсырмалар генерациялау, медицина, программалау салалары. Мәтін генерациялау принципі

Оқыту аяқталған соң, модельге бастапқы мәтін (prompt) беріледі. Сол негізде ол біртіндеп келесі токендерді болжайды және бүкіл мәтінді құрастырады. Әр жаңа токен алдыңғы токендерге қарай ықтималдық бойынша таңдалады.

Формула түрінде былай беріледі (3):

$P(w_1, w_2, \dots, w_n) = \prod^n$	$P(w_t w_1, w_2, \dots, w_{t-1})$
-------------------------------------	-------------------------------------

Мұндағы,

- w_t - бұл t-нөмірлі токен, яғни мәтіндегі t-ші сөз (мысалы, 1-сөз, 2-сөз, 3-сөз, т.б.)
- $P(w_t | w_1, \dots, w_{t-1})$ - бұл t-нөмірлі сөздің ықтималдығы, алдыңғы (1-ден бастап t-1-ге дейінгі) сөздерге байланысты.
- Басқаша айтқанда: "осыған дейін не айтылды — соған қарап, келесі сөз қандай болуы мүмкін?"

• \prod

n

t=1

$P(w_t)$ - бұл математикалық түрде "көбейтінді" дегенді білдіреді.

Яғни барлық ықтималдықтарды бір-біріне көбейтеміз.

Бұл жасанды интеллект дипломдық жұмыста әртүрлі күрделілік деңгейіндегі тапсырмаларды құру үшін қолданылды. Осы мақсатта бірнеше GPT моделінің нұсқалары зерттеліп, олардың ерекшеліктері мен тиімділігі жан-жақты салыстырылды. Бұл салыстыру тапсырмалардың сапасын арттыруға және жобаға ең қолайлы модельді таңдауға мүмкіндік берді. Сондықтан әр нұсқаның техникалық мүмкіндіктері зерттеліп 3-кестеде салыстырылды.

3-кесте. Chat GPT-дің ескі және жаңа нұсқаларын салыстыру

Қасиет	GPT-2	GPT-3	GPT-4
Параметрлер саны	1.5 млрд	175 млрд	500+ млрд (жоғары болжам)
Контексті ұстау	1024 токен	2048 токен және одан жоғары	8000+ токен, кей нұсқаларда 32000 токенге дейін
Адаптация	Қарапайым баптау	Үлкен икемділік	Күрделі міндеттерге оңтайлы
Архитектура негізі	Трансформер декодер	Трансформер декодер	Трансформер декодер, жетілдірілген

Нейрондық қабаттар саны	48 қабат	96 қабат	100+ қабат (жоғары деңгейдегі архитектуралық жетілдірулер)
Қолдану шеңбері	Жалпы тілдік модельдер	Көп салалы, жоғары сапалы генерация	Көп салалы, жоғары дәлдік, креативтілік, көптілділік

Балаларға арналған тапсырмаларды автоматты түрде генерациялау мақсатында бірнеше GPT моделінің нұсқалары талданып, олардың техникалық сипаттамалары мен өнімділігі салыстырылды. Зерттеу нәтижесінде, ең жоғары дәлдік пен адаптивтілік көрсеткен, сонымен қатар күрделі мәтіндерді тиімді өңдеуге қабілетті GPT-4 моделі тапсырмаларды генерациялау үшін таңдалды.

Жобада балаларға арналған тапсырмалар екі негізгі принцип бойынша құрылды. Біріншісі – тапсырмаларды тақырыптық блоктарға бөлу, екіншісі – олардың қиындық деңгейі бойынша жіктелуі.

1. Тапсырмаларды тақырыптарға/тарауларға бөлу:

- Әріптер категориясы;
- Сандар;
- Қоршаған орта;
- Түстер;
- Пішіндер;
- Мамандықтар және т.б.

Тапсырмаларды категорияларға бөлу арқылы баланың әр-түрлі тақырыптар бойынша білім алуына және сол білімдерді бекітуге арналған тапсырмалар құрылды.

2. Тапсырмаларды деңгейлерге бөлу:

- 1-деңгей (score) – тапсырмалардың ең жеңіл нұсқалары
- 2-деңгей (score) - қиындығы жағынан орташа деңгейлі тапсырмалар
 - 3-деңгей (score) – бұл деңгейде ең күрделі тапсырмалар қамтылды.

Тапсырмаларды әзірлеуге дайындалған промттар мысалы 4-кестеде көрсетілген.

4-кесте. Тапсырмалар әзірлеуге арналған промттар

Тараулар	1 – деңгей. Жеңіл тапсырмалар	2 – деңгей. Орташа тапсырмалар	3 – деңгей. Күрделі тапсырмалар
Сандар	Цифрды тап! Цифрдың атауын тап!	Суреттегі заттарды сана!	Қарапайым қосу, азайту амалдарын орында!
Түстер	Түстің атын тап!	Заттың түсін анықта!	Пайда болатын түсті тап!
Логикалық ойлау	Кімге не сәйкес?	Көзбен қабылдауды дамыту!	Жетіспейтін бөлікті тап!
Мамандықтар	Мамандықты тап!	Мамандыққа тиесілі затты тап!	Суреттегі мамандық иесіне сәйкес сөйлемді толықтыр!

Кестеде ұсынылған тараулар мен олардың үш деңгейлі құрылымы негізінде тапсырмалар әзірленді. Әр деңгей progressively қиындайтын мазмұнмен құрылып, баланың ойлау, қабылдау және есте сақтау қабілеттерін дамытуға бағытталды. Жалпы алғанда, осы құрылым негізінде 130+ тапсырма жасалды [6].

Жүргізілген талдау нәтижесінде қазіргі заманғы TTS технологияларының негізгі артықшылықтары мен шектеулері анықталды. **Дыбыстау сапасы:** Tacotron, FastSpeech және VITS сияқты нейрондық желілер қолданылатын TTS сервистері табиғи адам дауысына жақын дыбысты қамтамасыз етеді. Алайда, интонациялық және эмоциялық нюанстар әлі де толық нақтыланбаған. **Тілдік қолдау:** Заманауи TTS жүйелері бірнеше тіл мен диалекті қолдай алады, бірақ кейбір сирек кездесетін тілдерде сапасы төмен болуы мүмкін. **Параметрлік икемділік:** Pitch, жылдамдық, дыбыс күшін реттеу мүмкіндігі бар, бұл жүйелерді білім беру материалдарын бейімдеу үшін тиімді етеді. **Техникалық интеграция:** API және SDK арқылы TTS сервистерін онлайн оқыту платформаларына оңай біріктіруге болады [7].

Бұл нәтижелер көрсеткендей, TTS технологиялары оқу материалдарын дыбыстау арқылы оқушылардың оқу процесіне белсенді қатысуына мүмкіндік береді, әсіресе визуалды ақпаратқа қол жеткізу қиын болған жағдайда.

Қорытынды

Бұл мақалада зерттеу нәтижелері көрсеткендей, TTS (Text-to-Speech) технологиялары мен LSTM (Long Short-Term Memory) нейрондық желілерін біріктіру білім беру саласында адаптивті, бейімделген және пайдаланушыға бағытталған оқыту жүйелерін құруға тиімді мүмкіндік береді.

TTS технологияларының мүмкіндіктері: Заманауи TTS жүйелері мәтінді табиғи адам дауысына жақын дыбысқа түрлендіре алады, оқу материалдарын тыңдау форматында ұсыну арқылы оқушылардың оқу мотивациясын арттырады, сондай-ақ ерекше білім беру қажеттіліктері бар пайдаланушыларға қолдау көрсетеді. **LSTM моделінің артықшылықтары:** Уақыттық реттіліктерді өңдеуге және ұзақ мерзімді тәуелділіктерді сақтауға қабілетті LSTM нейрондық желілері оқушының оқу динамикасын талдауға, оның алдыңғы әрекеттерін ескеруге және жеке оқу траекториясын құруға мүмкіндік береді.

TTS пен LSTM негізіндегі адаптивті интеллектуалды оқыту жүйелері заманауи білім беру процесінде маңызды рөл атқара алады және білім сапасын арттыруға үлес қосумен қатар жасанды интеллект саласындағы заманауи перспективалы бағыт болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Усен Е.Б. Применение нейросетевых моделей для семантического анализа публикаций в социальных сетях // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ», 2025, Т.4. №2(83), С. 480-485.
2. Захарова О. И. Семантический анализ и синтез текстовых данных // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2024, №4, С. 182-208.
3. Калижанова А., Маликова Ф., Дүйсенбек Ф., Дүйсенбек Н. Мәліметтерді өңдеудің модульдік жүйесін жобалаудың модельдері мен әдістерін зерттеу және құру // ҚазККА хабаршысы, 2023, Т.127. №4, Б. 351-358.
4. Баегизова А.С., Мырзабекова Г.Е., Алимагамбетова А.З., Мухамедрахимова Г.И., Кассим М. Интеллектуалды кластерлеу әдістерін қолдана отырып, қысқа мәтіндерді талдау // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий, 2025, Т.6. №2, Б. 23-36.
5. Кайбасова Д.Ж., Маханова Б.М., Сүлеймен А.Е. Қазақ тіліндегі мәтін стилін анықтауда табиғи тілді өңдеу (NLP) әдістері // Университет еңбектері, 2021, №2, Б. 172-176.

6. Есенгабылов И., Алдабергенова А., Оразбаева А., Адамбекова А., Жапсарбаев Г. Анализ практического применения нейронных сетей для распознавания рукописного текста // Вестник КазАТК, №136(1), С.155–161.
7. Науменко А. О. Технология RAG (Retrieval-Augmented Generation) как инновационный подход в LLM // Вестник науки, 2025, Т. 5. №8(89), С. 280-289.

References

1. Usen E.B. Primenenie nejrosetevykh modelej dlja semanticheskogo analiza publikacij v social'nyh setjah // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «VESTNIK NAUKI», 2025, Т.4. №2(83), S. 480-485.
2. Zaharova O. I. Semanticheskij analiz i sintez tekstovykh dannyh // Vestnik VGU. Seriya: Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii, 2024, №4, С. 182-208.
3. Kalizhanova A., Malikova F., Dujsenbek F., Dyjsenbek N. Mәlimetterdi өңдеудің modul'dik zhыjesin zhubalaudың model'deri men әdisterin zertteu zhөne қуру // ҚазККА habarshysy, 2023, Т.127. №4, В. 351-358.
4. Baegizova A.S., Myrzabekova G.E., Alimagambetova A.Z., Muhamedrahimova G.I., Kassim M. Intellectually klasterleu әdisterin қoldana otyrup, қысқа мәтіндерді talдау // Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh i kommunikacionnyh tehnologij, 2025, Т.6. №2, В. 23-36.
5. Kajbasova D.Zh., Mahanova B.M., Sylejmen A.E. Қазак tilindegi мәтін stilin анықтауда tabігі tildi өңдеу (NLP) әdisteri // Universitet еңбектері, 2021, №2, В. 172-176.
6. Esengabylov I., Aldabergenova A., Orazbaeva A., Adambekova A., Zhapsarbaev G. Analiz prakticheskogo primenenija nejronnyh setej dlja raspoznavanija rukopisnogo teksta // Vestnik KazATK, №136(1), S.155–161.
8. Naumenko A. O. Tekhnologiya RAG (Retrieval-Augmented Generation) kak innovacionnyj podhod v LLM // Vestnik nauki, 2025, Т. 5. №8(89), S. 280-289.

Е.Т. Омир¹, Ж.Д. Изтаев^{1*}, К.Т. Айхынбай¹, Ж.Ш. Аширбекова¹, З.К. Кушаров²

¹магистрант, ermahan.omir@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
¹к.п.н., ассоциированный профессор, zhalgasbek71@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹магистр, преподаватель, Akulaisha78@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан
¹магистр, старший преподаватель, ashirbekova7878@mail.ru, ЮКУ им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²к.э.н., доцент, kusharovz@gmail.com, Ташкенский государственный экономический университет, Ташкент, Узбекистан

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ TTS И РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ LSTM

Аннотация

В данной статье всесторонне рассмотрено текущее состояние и функциональные возможности технологий преобразования текста в речь (Text-to-Speech, TTS). Проанализированы качество озвучивания, языковая поддержка, параметрическая гибкость и возможности технической интеграции различных TTS-сервисов, а также показан их потенциал применения в сфере образования. Проведённый анализ доказывает, что технологии TTS могут играть важную роль в озвучивании учебных материалов, поддержке пользователей с особыми образовательными потребностями и совершенствовании цифровой образовательной среды. Кроме того, в работе исследованы архитектура и принципы работы нейронной сети LSTM (Long Short-Term Memory). Способность модели LSTM эффективно обрабатывать временные зависимости обосновывает её пригодность для использования в адаптивных обучающих системах. Эта модель позволяет анализировать динамику обучения учащегося, учитывать его предыдущие действия и формировать индивидуальную траекторию

обучения. Результаты проведённого исследования показывают, что интеграция технологий TTS и LSTM является перспективным направлением для создания современных, адаптивных и ориентированных на пользователя обучающих систем, а также может служить основой для дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: TTS, синтез речи, LSTM, адаптивное обучение, интеллектуальная обучающая система, адаптивное образование, нейронная сеть, преобразование текста в речь.

Е.Т. Omir¹, Zh.D. Iztayev^{1*}, К.Т. Aikhynbay¹, Zh.Sh. Ashirbekova¹, Z.K. Kusharov²

¹Master's student, ermahan.omir@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, zhalgasbek71@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Master of Science, Lecturer, Akulaisha78@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Master of Science, Senior Lecturer, ashirbekova7878@mail.ru, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

²Candidate of Economical Sciences, Associate Professor, kusharovz@gmail.com, Tashkent State University of Economics, Tashkent, Uzbekistan

ANALYSIS OF TTS TECHNOLOGIES AND IMPLEMENTATION OF AN ADAPTIVE INTELLIGENT LEARNING SYSTEM BASED ON LSTM

Abstract

This article provides a comprehensive review of the current state and functional capabilities of Text-to-Speech (TTS) technologies. The analysis covers speech quality, language support, parametric flexibility, and technical integration possibilities of various TTS services, as well as their potential applications in the field of education. The conducted analysis demonstrates that TTS technologies can play a significant role in narrating educational materials, supporting users with special educational needs, and enhancing digital learning environments. Furthermore, the study investigates the architecture and operating principles of the Long Short-Term Memory (LSTM) neural network. The LSTM model's ability to efficiently process temporal dependencies substantiates its suitability for use in adaptive learning systems. This model enables the analysis of students' learning dynamics, considers their previous actions, and facilitates the creation of individualized learning trajectories. The results of this study indicate that the integration of TTS and LSTM technologies represents a promising direction for the development of modern, adaptive, and user-centered learning systems and may serve as a foundation for further research in this area.

Keywords: TTS, speech synthesis, LSTM, adaptive learning, intelligent learning system, personalized education, neural network, text-to-speech conversion.

A.T. Tazhibayev*, **S.T. Akhmetova**, **N.S. Zhumatayev**, **L.E. Shaimerdenova**

Master's student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, M. Auezov South Kazakhstan
University, Shymkent, Kazakhstan

PhD, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Master, Senior Lecturer, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

*Corresponding author: azamat.tazhibayev.02@gmail.com

COGNITIVE AND ERGONOMIC PRINCIPLES IN VR TRAINING DESIGN

Abstract

Virtual Reality training systems are increasingly used in engineering, industrial, and educational contexts, yet their effectiveness depends heavily on cognitive and ergonomic design factors. This article provides a systematic review of research examining how cognitive load, attention distribution, perceptual processing, and memory constraints influence user performance in virtual reality based training. Special emphasis is placed on ergonomic dimensions such as posture, reachability, visual comfort, motion patterns, and factors contributing to cybersickness, including latency, visual-vestibular conflict, and field-of-view inconsistencies. The paper synthesizes findings from recent studies to identify practical design principles that enhance usability, reduce fatigue, and improve learning efficiency. The analysis highlights that well-aligned cognitive cues, natural interaction mechanics, and adherence to ergonomic standards significantly improve user comfort and skill acquisition. The findings provide actionable guidelines for developers, instructors, and designers striving to build effective, user-centered virtual reality training systems for academic and industrial applications.

Key words: Cognitive load, ergonomics, usability, human-centered design, immersive learning, visual comfort.

Introduction. Virtual Reality (VR) training systems have become an essential component of modern engineering, industrial, and educational practice. Their ability to simulate hazardous, expensive, or otherwise inaccessible environments makes VR an effective tool for developing procedural and operational skills. Unlike traditional learning formats, VR provides immersive multimodal experiences, enabling learners to interact directly with three-dimensional objects, replicate real-world workflows, and perform complex tasks with high contextual relevance. As a result, VR training is increasingly adopted in fields such as manufacturing, medicine, aviation, and technical education.

However, the effectiveness of VR training depends not only on visual fidelity or interaction complexity, but primarily on the cognitive and ergonomic characteristics of the learning environment. Numerous studies highlight that excessive cognitive load, fragmented attention, unclear visual cues, or non-intuitive interaction mechanics can significantly reduce training performance and hinder skill acquisition. At the same time, poorly designed ergonomic factors—such as unnatural posture, limited reach, visual discomfort, or improper camera motion—can cause physical fatigue and cybersickness, negatively influencing learning outcomes (LaViola, 2020; Jerald, 2015; ISO 9241-820:2024).

Therefore, the design of VR training systems requires a human-centered approach that integrates cognitive principles—such as attention management, perceptual clarity, memory constraints, and instructional guidance—with ergonomic considerations aimed at ensuring comfort, safety, and natural interaction. This article provides a structured review of cognitive and ergonomic principles supported by recent research and formulates practical design guidelines for creating effective, user-centered VR training experiences.

Materials and Methods

Theoretical Analysis. Cognitive and ergonomic factors form the foundation of effective Virtual Reality (VR) training design. Unlike traditional two-dimensional instructional systems, VR requires simultaneous processing of spatial, visual, auditory, and motor information, intensifying the demands on the user's cognitive architecture [1]. According to Cognitive Load Theory (Sweller et al., 2019), human working memory is limited; therefore, instructional design must reduce extraneous cognitive load and support meaningful learning through perceptual clarity and focused guidance[2].

In VR environments, cognitive load is strongly influenced by the density of visual elements, the clarity of task instructions, the positioning of interactive objects, and the consistency of sensory feedback. Studies show that excessive stimuli, ambiguous affordances, and fragmented visual cues increase cognitive strain and negatively impact task completion time and error rates (Makransky & Petersen, 2021; Parong & Mayer, 2021).

Ergonomic principles govern physical comfort and motor interaction. ISO 9241-820 (2024) outlines requirements for posture, reachability, interaction zones, and visual comfort in immersive systems. Poor ergonomic design—such as interfaces positioned too high or too low, repeated extreme movements, or uncalibrated FoV (Field of View)—contributes to fatigue and reduced performance. A critical issue is cybersickness, commonly triggered by visual-vestibular inconsistencies, latency, unnatural head-camera coupling, and rapid accelerations (Stanney et al., 2020) [3][4]. Research indicates that even small misalignments in camera motion or delay can significantly disrupt user comfort and hinder learning outcomes in VR training contexts[5].

Thus, theoretical foundations emphasize that effective VR training design requires aligning cognitive capabilities with physical ergonomics to ensure perceptual clarity, minimize overload, and maintain stable interaction conditions.

Results and Discussion

Experimental analysis. Given the review-oriented nature of this study, the experimental analysis is based on a structured examination of existing Virtual Reality (VR) training systems and empirical findings published between 2015 and 2024. A total of 18 peer-reviewed sources were selected, including international ergonomics standards (ISO 9241-820:2024), studies on cognitive load in immersive learning environments (Makransky & Petersen, 2021; Parong & Mayer, 2021), research on perceptual clarity and visual comfort (Jerald, 2015; Frontiers VR, 2025), and meta-analyses of cybersickness triggers (Stanney et al., 2020). This approach allows identifying recurring cognitive and ergonomic factors that influence user performance across VR training applications.

Across the reviewed studies, cognitive load emerged as the central determinant of VR training efficiency. High information density, fragmented attention cues, and poorly structured interaction patterns consistently produced increased error rates and lowered task completion performance. The most frequently cited cognitive principles are summarized in Table 1, along with their effects and validated recommendations.

Table 1. Key Cognitive Factors Affecting VR Training Performance

Cognitive Factor	Effect on Training	Evidence / Source
Cognitive Load	Reduced learning efficiency, slower task execution	Makransky & Petersen (2021); Sweller et al. (2019)
Attention Distribution	Higher risk of task errors	Parong & Mayer (2021)
Perceptual Clarity	Increased task confusion and visual strain	Jerald (2015)
Working Memory Limits	Overload leads to misinterpretation of instructions	Makransky et al. (2019)
Instructional Guidance	Improved user performance and lower extraneous load	Mayer (2020)

Ergonomic conditions significantly influence physical comfort, interaction quality, and the probability of cybersickness. Poor posture alignment, excessive reach distance, unstable camera motion, and FoV inconsistencies were the most common contributors to user discomfort across reviewed VR systems[6]. These findings are summarized in Table 2.

Table 2. Ergonomic Factors and Recommended Design Strategies

Ergonomic Factor	Problem	Recommended Strategy	Evidence / Source
Posture & Reach	Postural fatigue, shoulder strain	Align UI with natural reach and eye level	ISO 9241-820 (2024)
Camera Motion	Cybersickness due to motion-vestibular mismatch	Stable camera movement, reduced acceleration	Stanney et al. (2020)
Field of View (FoV)	Peripheral overload, discomfort	Maintain 90–110° FoV; minimize rapid FoV shifts	LaViola (2020)
Visual Comfort	Eye fatigue	High contrast, anti-flicker elements	Frontiers VR (2025)
Task Movement	Excessive physical strain	Natural gesture alignment, avoid forced rotations	Freitag (2021)

Frequency of Ergonomic Issues Across Studies. To determine which ergonomic issues are most prevalent, a content analysis of 18 research papers was conducted. The frequency of the five dominant ergonomic problems is shown in Figure 1.

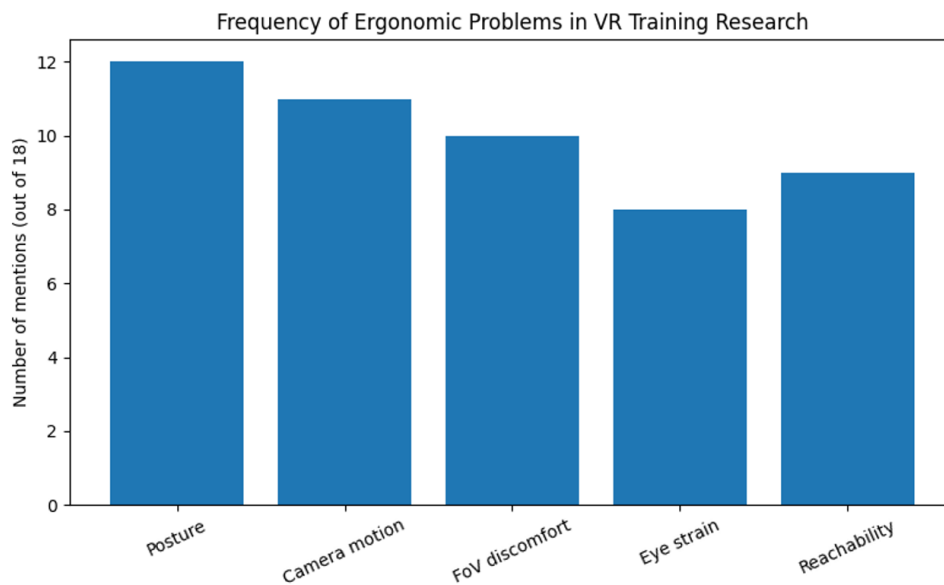


Figure 1. Frequency of Ergonomic Problems Mentioned in VR Training Research

Conclusion: The conducted analysis demonstrates that the effectiveness of VR training systems depends critically on the integration of cognitive and ergonomic design principles. Cognitive factors—such as cognitive load, perceptual clarity, instructional guidance, and attention distribution—directly influence the learner’s ability to process information, complete tasks accurately, and retain newly acquired skills. At the same time, ergonomic aspects, including posture, reachability, camera stability, FoV consistency, and visual comfort, determine physical well-being and the likelihood of cybersickness during training sessions.

The structured review of 18 research publications revealed several recurring patterns. Excessive

cognitive load and ambiguous visual cues consistently reduced training efficiency, while improper ergonomic alignment generated discomfort, fatigue, and motion-induced sickness[7]. The data indicate that human-centered design approaches, which balance mental demands with natural motor behaviors, substantially improve the usability and effectiveness of VR-based educational environments.

Overall, the findings highlight the importance of using cognitive-science frameworks and ergonomic standards when designing VR training systems [8]. These principles provide a methodological foundation for developing immersive, safe, and pedagogically effective VR solutions suitable for industrial, engineering, and academic applications.

References

1. Albus, P., Makransky, G., Petersen, G. Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load // *Computers & Education*. – 2021. – Vol. 166. – Article 104154. – DOI: 10.1016/j.compedu.2021.104154.
2. Makransky, G., Petersen, G. Investigating the effects of immersive VR on cognitive load and learning // *Computers & Education*. – 2021. – P. 103–114.
3. Biswas, N., et al. Are you feeling sick? A systematic literature review of cybersickness in virtual reality // *ACM Transactions*. – 2024. – DOI: 10.1145/3670008.
4. Porcino, T., et al. A cybersickness review: causes, strategies, and classification methods // *Journal of Interactive Systems*. – 2021. – P. 1–18.
5. Makransky, G., Mayer, R. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL) // *Educational Psychology Review*. – 2021. – DOI: 10.1007/s10648-020-09586-2.
6. Akeley K., Watt S., Girshick A., Banks M. A stereo display prototype with multiple focal distances. *ACM Transactions on Graphics*, 2008, Vol. 27(3), pp. 1–12. – DOI: <https://doi.org/10.1145/1399504.1360617>.
7. De Witte, B., Pluymaekers, S., Mayer, R. Immersive virtual reality learning and cognitive load in applied settings // *Computers in Human Behavior*. – 2025.
8. Nilsson N., Johansson S., Mossberg M. A systematic review of the effectiveness of virtual reality training in education and industry // *Computers in Human Behavior*. – 2020. – Vol. 107. – P. 106–120.

А.Т. Тажибаев*, С.Т. Ахметова, Н.С. Жұматаев, Л.Е. Шаймерденова

*магистрант, azamat.tazhibayev.02@gmail.com, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан

ф.-м.ғ.к., доцент, sabdas65@mail.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент,
Қазақстан

PhD, доцент, nuralmiras@mail.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент,
Қазақстан

магистр, аға оқытушы, lizzat71@mail.ru, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан

VR-ТРЕНИНГ ЖҮЙЕЛЕРІН ЖОБАЛАУДАҒЫ КОГНИТИВТІК ЖӘНЕ ЭРГОНОМИКАЛЫҚ ПРИНЦИПТЕР

Түйін

Виртуалды шындыққа негізделген оқыту жүйелері инженерия, өндіріс және білім беру салаларында кеңінен қолданылуда, алайда олардың тиімділігі когнитивтік және эргономикалық жобалау принциптеріне тікелей байланысты. Бұл мақала виртуалды шындықтың тренинг барысында оқушының жұмыс көрсеткішіне когнитивтік жүктеменің, назардың бөлінуінің, қабылдау процестерінің және жады шектеулерінің әсерін зерттеген ғылыми еңбектерге жүйелі шолу жасайды. Сонымен қатар,

эргономикалық факторларға – қолданушы қалпы, қол жетімділік аймағы, визуалды жайлылық, қозғалыс динамикасы және кибернауға әкелетін себептер (кідіріс, визуалды-вестибулярлық сәйкессіздік, көру бұрышының тұрақсыздығы) – ерекше назар аударылады. Мақалада соңғы зерттеулер негізінде виртуалды шындық тренажёрларды жобалауға арналған практикалық ұсыныстар ұсынылады. Нәтижелер когнитивтік нұсқаулардың дәл берілуі, табиғи өзара әрекеттесу механикасы және эргономикалық нормаларды сақтау пайдаланушы жайлылығын және дағдыларды меңгеру сапасын айтарлықтай арттыратынын көрсетеді.

Кілттік сөздер: Когнитивтік жүктеме, эргономика, пайдалану қолайлылығы, адамға бағытталған дизайн, иммерсивті оқу, визуалды жайлылық.

А.Т. Тажибаев*, С.Т. Ахметова, Н.С. Жұматаев, Л.Е. Шаймерденова

*магистрант, azamat.tazhibayev.02@gmail.com, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

к.ф.-м.н., доцент, sabdas65@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

PhD, доцент, nuralmiras@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

магистр, старший преподаватель, lizzat71@mail.ru, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

КОГНИТИВНЫЕ И ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ VR-ТРЕНАЖЁРОВ

Аннотация

Системы обучения на базе виртуальной реальности всё активнее применяются в инженерной, промышленной и образовательной сферах, однако их эффективность во многом определяется качеством когнитивного и эргономического проектирования. В статье представлен систематический обзор исследований, рассматривающих влияние когнитивной нагрузки, распределения внимания, особенностей восприятия и ограничений рабочей памяти на результативность обучения в среде виртуальной реальности. Особое внимание уделяется эргономическим параметрам – рабочей позе, зоне досягаемости, визуальному комфорту, характеру движений, а также факторам, вызывающим киберболезнь: задержке, визуально-вестибулярному конфликту и нестабильности угла обзора. На основе современных научных данных сформулированы практические рекомендации по проектированию тренажёрных виртуальной реальности, направленные на повышение удобства использования, снижение утомляемости и улучшение качества усвоения навыков. Полученные выводы подчеркивают, что согласованность когнитивных подсказок, естественная механика взаимодействия и соблюдение эргономических стандартов существенно повышают комфорт пользователя и эффективность обучения в системах виртуальной реальности.

Ключевые слова: Когнитивная нагрузка, эргономика, удобство использования, человеко-ориентированный дизайн, иммерсивное обучение, визуальный комфорт.

**МАЗМҰНЫ
СОДЕРЖАНИЕ
CONTENT**

**ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES**

- A.A. Anarbayev, G.M. Ormanova, B.N. Kabyzbekova, N.A. Anarbayev**
Dr.Tech.Sci., Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Cand.Tech.Sci., Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
Researcher, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan
**INVESTIGATION OF THE PROCESSING OF DISTILLER LIQUID FOR THE
PRODUCTION OF SODA ASH** 3
- A.A. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.А. Анарбаев, Д.Р. Махамидали**
т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент,
Қазақстан
т.ғ.д., доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент,
Қазақстан
аға ғылыми қызметкер, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан
магистр, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
**ТАБИҒИ НАТРИЙ СУЛЬФАТЫН ҚАҚТАЛҒАН СОДАНЫ ӨңДЕП АЛУ
ЖОЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ** 16
- Ө.П. Байысбай, У.Б. Назарбек*, Т.М. Ишалиев**
т.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистр, аға оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
магистрант, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
**ӘЛСІЗ АЗОТ ҚЫШҚЫЛЫ ӨНДІРІСІНДЕГІ НИТРОЗДЫ ГАЗДАРДЫ
ОРГАНИКАЛЫҚ СІңІРГІШТЕРМЕН АБСОРБЦИЯЛАУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ** 25
- N. Faizullayev***
Dr.Tech.Sci., Professor, Samarkand State University, Samarkand, Uzbekistan
**STUDY OF DECOMPOSITION OF LOW-RATED PHOSPHORITES OF THE
AKZHAR DEPOSIT BY GREAT EXCESS OF PHOSPHORIC ACID** 34

- М.Е. Қарар¹, О.К. Бейсенбаев^{1*}, Р.С. Алибеков¹, А. Ш. Кыдыралиева¹, Росна Шамсудин²**
¹докторант, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
¹т.ғ.д., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
¹х.ғ.к., профессор, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
¹PhD, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан
²PhD, Путра Малайзия университеті, Серданг, Малайзия
- БИОЫДЫРАЙТЫН КРАХМАЛ НЕГІЗІНДЕГІ КОМПОЗИТТЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ ӨНДІРУДІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ДАМУ** 40
- Ш.Н. Қуанышева^{*}, Ш.Т. Кошкарбаева, М.З. Ескендилов, А.С. Таубаева**
магистрант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
т.ғ.к., доцент М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
т.ғ.д., профессор М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
PhD доктор, аға оқытушы М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
- РЕАКТИВТІ ҮШКАЛЬЦИЙФОСФАТ ӨНДІРІСІНІҢ ЖОБАСЫ** 50
- М.М.Нарманов^{1*}, А.У.Абдукаримова¹, З.А.Сманова²**
¹х.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
¹студент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
²х.ғ.д., профессор, М.Улугбек атындағы Өзбекстан Ұлттық университеті, Ташкент, Өзбекстан
- ӨСІМДІК ТЕКТІ МАЙЛАР МЕН МАЙ СЫҒЫНДЫЛАРЫНЫҢ САПАСЫН БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРДІ АНЫҚТАУ** 56
- М.М. Нарманов^{1*}, Н.С. Сеидалы¹, З.А. Сманова²**
х.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
студент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан
х.ғ.д., профессор, М.Улугбек атындағы Өзбекстан Ұлттық университеті, Ташкент, Өзбекстан
- АДЫРАСПАН ШИКІЗАТЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП СУППОЗИТОРИЙ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ** 64

У.О. Сабденова*, Ү.И. Мекенбай, Б.Ф. Мамырова

жаратылыстану ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

магистрант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

педагогика ғылымдарының магистрі, оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

ТАБИҒИ СОРБЕНТТЕРДІ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ АУЫР МЕТАЛЛ ИОНДАРЫН СУ ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН БӨЛІП АЛУДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ-ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕЛУІ

73

Ф.А. Тұрғанова, Ш.Т. Кошкарбаева, М.С. Сатаев, Қ.Б. Аманбаева, Р.С. Абжалов*

магистрант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

т.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

т.ғ.д., профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

аға оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

НИКЕЛЬ ФОСФИДІ ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖОБАСЫ

79

**ИНФОРМАТИКА, ИТ-ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАТИКА, ИТ-ТЕХНОЛОГИИ
COMPUTER SCIENCE, INFORMATION TECHNOLOGIES**

A.O. Abitov*, N.S. Zhumatayev, S.T. Ahmetova, L.E. Shaimerdenova

Master's student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

PhD, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Master, Senior Lecturer, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

ARCHITECTURAL DESIGN OF AN INTELLIGENT EDUCATIONAL PLATFORM BASED ON ADAPTIVE AI ALGORITHMS

86

Б.Е. Айдәулет, Б.Ж. Умирзаков, Ж.Д. Изтаев*, К.Т. Айхынбай, Л.А. Агатаева

магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

магистр, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

КӘСПОРЫННЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ҚҰЖАТ АЙНАЛЫМЫ ЖҮЙЕЛЕРІН ЖЕТІЛДІРУДЕ LLM ЖӘНЕ RAG МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНУ

92

Г.Ш. Досанова*

магистр, оқытушы М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент Қазақстан

**АРДУИНО ЖӘНЕ УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ СЕНСОРМЕН ҚАШЫҚТЫҚТЫ
ӨЛШЕУ БАҒДАРЛАМАСЫН ҚҰРАСТЫРУ**

100

Zh.D. Iztayev¹, D.K. Seitkulov¹, B.E. Aidaulet^{1*}, S.D. Kurakbayeva¹, Sh. Ganbari²

¹Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Master's student, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Master of Science, Lecturer, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

¹Candidate of Technical Sciences, Professor, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

²PhD, Associate Professor, Islamic Azad University, Ashtian Branch, Iran

**DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT QUESTION ANSWERING SYSTEM FOR
PROCESSING LEGISLATIVE TEXTS USING TRANSFORMER MODELS**

106

Ж.Д. Изтаев^{1*}, Н.А. Абдусалиев¹, А.К. Алиев¹, А.Т.Калбаева¹, Б.Б. Муминов²

¹п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²т.ғ.д., профессор, Ташкент мемлекеттік экономика университеті, Ташкент, Өзбекстан

**КАДРЛАРДЫ БАҒАЛАУ МОДЕЛІ ЖӘНЕ РЕЙТИНГ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУДАҒЫ
ТИІМДІ ӘДІСТЕР МЕН АЛГОРИТМДЕР**

113

А.Т. Калбаева, П.А. Кожобекова, А.О. Боташева, Ж.Д. Изтаев, Е.Т. Саулебек*

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

т.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

**ІС-ШАРАЛАРДЫ ТИІМДІ ҰЙЫМДАСТЫРУ ҮШІН UX/UI ДИЗАЙН
ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП МОБИЛЬДІ ҚОСЫМШАНЫ ҚҰРУ**

124

Ж.С. Кемельбекова, Ж.Б. Копжасарова*

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Ауезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

докторант, 8D01503-Информатика білім беру бағдарламасы бойынша, М.Ауезов

атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ GENERATIVE AI: ҚОЛДАНУ
БАҒЫТТАРЫ ЖӘНЕ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ**

131

Т.Д. Кузурбаева^{1*}, С.Д. Куракбаева¹, М.М. Расулмухамедов², Ж.Д. Изтаев¹, Г.К. Тагай¹

¹магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹к.т.н. профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²к. ф.-м.н., доцент, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

¹к.п.н., ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹магистр, старший преподаватель Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СЕГМЕНТАЦИИ РЫНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIG DATA ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО МАРКЕТИНГА

144

Д.А. Манукян^{1*}, С.Д. Куракбаева¹, М.М. Расулмухамедов², А. Т. Калбаева¹, Г. К. Тагай¹

¹магистрант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹к.т.н., профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²к. ф.-м.н., доцент, Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

¹к.т.н., ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

¹магистр, старший преподаватель, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНОГО ИНТЕРФЕЙСА ОБУЧАЮЩЕЙ ИГРЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ С ЗАДЕРЖКОЙ РАЗВИТИЯ

155

М.Б. Мизам¹, Ж.Д. Изтаев¹, О.М. Сүлеймен^{1*}, П.А. Кожабекова¹, С.Б. Атажонова²

¹магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.к., доцент, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²педагогика ғылымдары бойынша PhD, доцент, Әндіжан мемлекеттік техникалық институты, Әндіжан, Өзбекстан Республикасы

ҚАЗАҚ–ОРЫС–АҒЫЛШЫН ТІЛДЕРІНДЕГІ СӨЙЛЕУДІ ХАТТАМА ФОРМАТЫНА БЕЙІМДЕЙТІН КӨПТІЛДІ НЕЙРОНДЫҚ МАШИНАЛЫҚ АУДАРМА (NMT) МОДЕЛІ

166

Е.Т. Өмір¹, Ж.Д. Изтаев^{1*}, К.Т. Айхынбай¹, Ж.Ш. Аширбекова¹, З.К. Кушаров²

¹магистрант, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

¹магистр, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

²э.ғ.к., доцент, Ташкент мемлекеттік экономикалық университеті, Ташкент, Өзбекстан

TTS ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ LSTM НЕГІЗІНДЕГІ АДАПТИВТІ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ОҚЫТУ ЖҮЙЕСІН ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ

177

A.T. Tazhibayev*, **S.T. Akhmetova**, **N.S. Zhumatayev**, **L.E. Shaimerdenova**

Master's student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Doctor PhD, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

Master, Senior Lecturer, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

COGNITIVE AND ERGONOMIC PRINCIPLES IN VR TRAINING DESIGN

186

Ғылыми журнал

2018 жылдан бастап жылына 4 рет шығарылады

Редактор: Назарбек У.Б.

Жауапты редактор: Айнабеков Н.Б.

Техникалық редактор: Александриди Е.Ю.

Меншік иесі: М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті

Журнал Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде
тіркелген № 16794–Ж (14.12.2017 ж.)

20.03.2026 ж. баспаға қол қойылды. Көлемі 12.3 б.т. Тираж 300 дана.
Жазу қағазы. Офсеттік баспа. Тапсырыс № 3966. М. Әуезов атындағы ОҚУ, АҒД
Шымкент қ., Тәуке хан даңғылы, 5, тел: 21-19-82

