

ISSN-1682-0533

Научно-Техническое Общество «КАХАК»

ИЗВЕСТИЯ

Научно-Технического Общества «КАХАК»

2018, № 1 (60)

Алматы, 2018

ИЗВЕСТИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА «КАХАК»

Алматы, 2018 г., № 1 (60)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Пак И.Т. – заслуженный деятель науки и техники РК,
доктор технических наук, профессор

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Бияшев Р.Г. – доктор технических наук, профессор; **Кан В.М.** – доктор сельскохозяйственных наук; **Ким Н.Х.** – кандидат технических наук, профессор; **Мукашев Б.Н.** – доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК; **Мун Г.А.** – доктор химических наук, профессор, *заместитель главного редактора*; **Сон Э.Е.** – доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН (Москва, РФ); **Цой О.Г.** – доктор медицинских наук, профессор; **Цой С.В.** – доктор технических наук, профессор; **Khatskevich V.Kh.** – доктор технических наук, профессор (Нью-Йорк, США); **Kim Byung-Soo** – PhD (Сеул, Республика Корея); **Park Kinam** – PhD, профессор (Уэст Лафайетт, США); **Ю В.К.** – доктор химических наук, профессор, *ответственный секретарь*; **Югай О.К.** – кандидат химических наук, *зам. ответственного секретаря*.

EDITOR-IN-CHIEF

Pak I.T. – Honored Worker of Science and Technology of Kazakhstan,
Doctor of Technical Sciences, professor

THE EDITORIAL BOARD:

Biyashev R.G. – Doctor of Technical Sciences, professor; **Kan V.M.** – Doctor of Agricultural Sciences; **Kim N.Kh.** – Candidate of Technical Sciences, professor; **Mukashev B.N.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor, NAS RK academician; **Mun G.A.** – Doctor of Chemical Sciences, professor, *Deputy Chief Editor*; **Son E.E.** – Doctor of Physico-mathematical Sciences, professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russian Federation); **Tsoy O.G.** – Doctor of Medical Sciences, professor; **Tsoy S.V.** – Doctor of Technical Sciences, professor; **Khatskevich V.Kh.** – Doctor of Technical Sciences, professor (New-York, USA); **Kim Byung-Soo** – PhD (Seoul, Republic of Korea); **Park Kinam** – PhD, professor (West Lafayette, USA); **Yu V.K.** – Doctor of Chemical Sciences, professor, *Managing Editor*; **Yugay O.K.** – Candidate of Chemical Sciences, *Deputy Managing Editor*

Учредитель: Научно-техническое общество «КАХАК»

Издается с 1998 г.

Выходит 4 раза в год.

Свидетельство о регистрации издания № 1561-ж от 3 ноября 2000 г.

Выдано Министерством культуры, информатики и общественного согласия Республики Казахстан

Подписной индекс: 74838

Подписку можно оформить в отделениях связи АО «Казпочта».

Подписка продолжается в течение года.

Адрес редколлегии и редакции:

050010, г. Алматы, ул. Пушкина, 125, к. 108.

телефон 8-(727)-2727902, 2916069

e-mail: izv.ntokahak@mail.ru

Сайт: www.ntokahak.kz

ISSN-1682-0533

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

МРНТИ 81.93.29

УДК 004.9

SECURITY CONCERNS FOR CRYPTOCURRENCIES

Amandzholova S.T., Mussabekov D.S.

International Information Technology University, Almaty, Republic of Kazakhstan

e-mail: 31.10.93@bk.ru, shokataeva@gmail.com

Blockchain based platforms, like crypto currency payment systems, has multiple layers of protocols that transfer data to each other. Most of these data transfers are based on popular protocols, where each of them may have their own security problems that could be exploited. Attackers can get IP address of victim and may identify where user lives. Some blockchain based technologies offer smart contracts, which are transparent and exposes its operations for public and that is why it requires another level of encryption which will add more complexity and thus create more vulnerabilities. There are multiple ways to solve security problems, like introducing multiple types of encryption and using some methods to provide proof-of-work in order to make computational work of each participant reliable. Another major security concern of cryptocurrencies is mining pools. A lot of participants combining their computational power to perform mining, because it is safer and even participant with weak computational power can get some kind of reward. However, mining pools are working in blockchain as single entity and they are under control of single party, like operators of these pools. It is all known that party that controls more than half of computational power can make any changes to blockchain. Some of these mining pools started to get significant part of mining power of whole blockchain system and it may lead to security problems.

Key-words: *blockchain, Bitcoin, Ethereum, Litecoin, consensus algorithm, mining, encryption.*

Блокчейн технологиясына негізделген платформалар өзара ақпарат тасымалдауға арналған бірнеше хаттамалар топтарынан тұрады. Ақпаратты тасымалдайтын хаттамаларда заянкестер пайдалана алатын қауіпсіздік проблемалары бар. Олар жәбірленушінің IP-мекен-жайын есептей алады және сол арқылы оның тұрғылықты мекен-жайын біле алады. Кейбір блокчейн технологиясына негізделген платформалар бағдарламаланатын контрактілермен қамтамасыз етеді. Бірақ контрактілердегі деректер ашық, яғни кез келген блокчейн қолданушы деректерді көре алады. Деректері сақтау үшін қосымша шифрлау қолданылады. Қосымша шифрлау бағдарламалыды күрделендіреді де, жаңа осалдылықтарға жол ашуы мүмкін. Қауіпсіздік проблемаларын шешудің бірнеше жолы бар, мысалы, шифрлаудың бірнеше түрлерін енгізу және қатысушылардың есептеу жұмыстарын сенімді ету үшін жұмыс дәлелдерін ұсынудың кейбір әдістерін қолдану. Қауіпсіздікке тағы майнинг пулдар ерекше көзқарас бар. Қатысушылардың көпшілігі манингке арналған компьютерлік есептеу қуатын біріктіреді, өйткені бұл өте сенімді және әрбір қатысушы кем дегенде қандай да бір сыйақы ала алады. Дегенмен, майнинг пулдары блокчейн жүйесінде бір субъект ретінде, және пул операторлар арқылы жеке тұлғалардың бақылауында тұрады. Егер бір тұлға бүкіл блокчейннің есептеу қуатын жартысынан көбіне ие болса, ол оны өзгерте алады. Қазіргі майнинг пулдарының есептеу үлестері өсіп жатыр, және сонымен қауіпсіздікке байланысты қиыншылықтарды тудыру мүмкін.

Тірек сөздер: *блокчейн, биткойн, эфир, лайткойн, консенсуса алгоритмі, майнинг, шифрлеу.*

Платформы, основанные на технологии блокчейн, состоят из нескольких слоев протоколов, которые переносят данные между собой. Большинство способов переноса данных используют популярные протоколы, которые могут иметь свои собственные проблемы по безопасности, которые могут использовать злоумышленники. Они могут вычислить IP адрес жертвы и узнать адрес его проживания. Некоторые технологии на базе блокчейн имеют умные контракты, которые являются прозрачными, тем самым выявляют в публичный доступ как он работает, из-за чего требуется добавлять дополнительную прослойку с шифрованием, которая добавит дополнительную сложность и может открыть новые уязвимости. Есть несколько способов решения проблем с безопасностью, такие как внедрение нескольких видов шифрования и использование некоторых методов для предоставления доказательства работы, чтобы сделать вычислительные работы участников более надежным. Еще одно отношение к безопасности представляют майнинговые пулы. Огромное количество участников объединяют свои вычислительные мощности для майнинга, так как это надежнее, и каждый участник может получить хоть какую-то награду. Однако пулы для майнинга работают в блокчейне как одна сущность и находятся под контролем лиц, таких как операторы пулов. Известно, что если одно лицо владеет более чем половиной вычислительной мощности всего блокчейна, то он имеет возможность его изменять. Некоторые из существующих майнинговых пулов начали занимать значительную часть вычислительных мощностей блокчейна, которые могут привести проблемам безопасности.

Ключевые слова: блокчейн, биткойн, эфир, лайткойн, алгоритм консенсуса, майнинг, шифрование.

Introduction. This article describes some security concerns around cryptocurrencies. In distributed networks, each participant should update their copy of data. In order to determine what data is valid for all there are multiple types of consensus algorithms. However, most of these consensus models work when each participant will provide some kind of identification. Because participants in cryptocurrencies are anonymous that kind of consensus is not acceptable. In order to determine what data is valid, network will generate some kind of puzzle, which each miner should solve. Miner that successfully solved puzzle will receive reward of freshly minted new coins. There are multiple types of algorithms that will generate new puzzle and they may have some weaknesses against malicious attackers. Mining also depends on computational power, which leads to rise of mining pools, where multiple participants collaborate in order to solve puzzle. That could lead to another problem, where combined computational power of one community will exceed half of networks power. This could lead to tampering blockchain data and may result to double spending.

Concerns around Bitcoin

This and past years have been noticeable rise of cryptocurrencies like Bitcoin, Ethereum, Litecoin and etc. These cryptocurrencies are decentralized and makes users to be able to send money and create contracts between parties even if there is negative trust. This has a great potential for creating new type of system in finance, which could be more efficient than today's existing centralized examples.

However, it is difficult to say that these cryptocurrencies are well secured. For example, Bitcoin has a complex protocol layers that interact with each other. Each of these layers design may have some security risks. Also, Bitcoin is part of many other types of altcoins (alternative names of cryptocurrencies based on Bitcoin) that compete each other and each of them constantly evolving. Figure 1 shows approximate structure of Bitcoin's protocol layers.

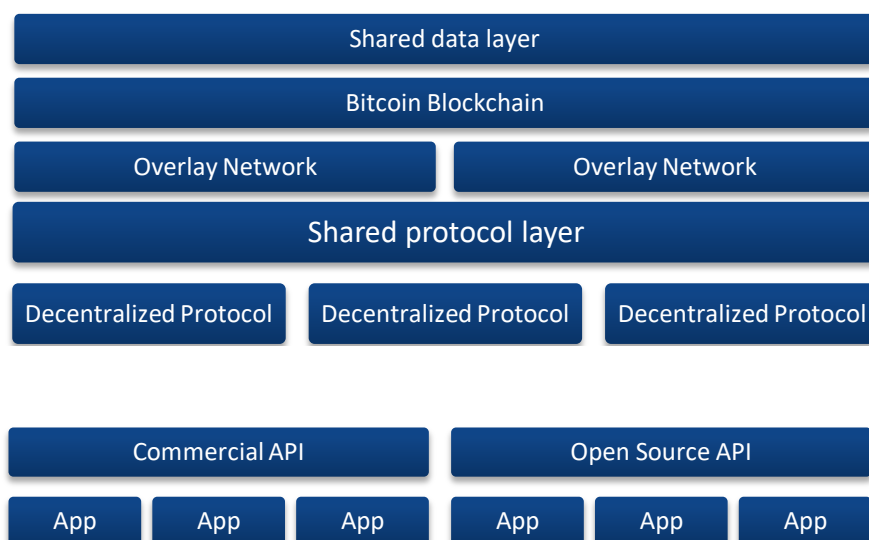


Figure 1 – Bitcoin’s protocol layers

Cryptocurrencies eliminates central points of failure by distributing its own influence all over the network, they have the potential to become more robust financial infrastructure. Today about 20 billion of USD are being exchanged via cryptocurrencies [1]. Even if Bitcoin has such a success, it is difficult to check its security. This also led to boom of «altcoins», Bitcoin derivatives, which have simple modifications of the same template in order to compete it for market share. Ecosystem of cryptocurrencies undergo constant changes and modifications due to being an open source software where communities contribute improvements to improve its performance.

In Bitcoin, new money is created by coin minting process. In current time roughly 25 bitcoins are created in every 10 minutes on average. Epoch is considered as each ten minutes that Bitcoin works. Blockchain will generate new challenge or puzzle, at the start of new epoch. Each Bitcoin nodes compete each other to solve puzzle of current epoch. Whoever provides acceptable solutions to the puzzle will get newly minted coins for this epoch.

Bitcoin broadcasts message through the entire network, which is where consensus mechanism relies on. Each time there is some kind of tasks to solve that is being found by miner and this message should be distributed through the network as soon as possible. Messages are being broadcast over peer to peer overlay network. Randomized process is being used to form network topology. Each node contains the list of peer addresses. New nodes update their data by querying other existing nodes that are listed inside of their source code. Each node maintains outbound 8 connections to peers, by choosing from list randomly. Also, each node accepts 125 incoming connections from other peers.

However, this peer-to-peer network is not perfect, and is vulnerable to deanonymization attacks [2]. This type of attack can expose public IP address of account that created transaction. Also, they can detect nodes where user’s node is connected to the Bitcoin network. If users are under Network Address Translation (NAT), attackers can identify IP addresses of Internet Service Providers, where it can point to user’s address where he could live. Some people say that ISP can work as anonymizer and suggests to use multiple layers of VPN’s making IP address geolocation useless. However, those entry nodes can be served via unique user identification in these cases. Out of eight nodes knowing only three nodes, which can serve as unique user identification, during the session. This works when Bitcoin client is still online. The main idea is when user creates a new transaction it would be most likely forwarded via entry nodes. Entry nodes can be known at the time

when connection appeared and will be used to find where this transaction was originated from. Attacker can make connections to Bitcoin server, as many as he could. Then he will listen how users broadcasting their addresses on the connections and attacker will receive IP addresses. At last attacker will listen for transaction and will correlate them for clients.

If we simplify case, each individual Bitcoin miner works independently, only communicating through messages by using its protocol. However, in the last years, a lot of Bitcoin participants join together, by forming “mining pools”, instead of working as independents. This is made in order to reduce the payoff uncertainty [3].

Nearly all of these mining pools are being administered by “pool operator”, who will direct how the computational power of this pool will be used. Bitcoin whitepaper compares between mining and voting in as a democratic election, where entity that has more CPU power, will have more votes [4].

Several times, one of the largest mining pools had more than third of computational power [5]. Some of the most popular mining pool had more than half of the total capacity to mine new bitcoins. That made community, that works with Bitcoin, to express a requirement for some kind of solution to resolve this problem.

One of the main factors that made mining pools to grow is their enforcement mechanism. Each member of this pool does not trust each other, but they are submitting their cryptographic proofs to operator of pool and to other members that participate in mining, to demonstrate that their contributions of their computational work is beneficial to pool.

Smart contracts

Even if Bitcoin is created by purpose to make an electronic cash services, that allows participants of bitcoin to send their digital currency account to other participants, it is obvious that network will be foundation for implementation of complex applications that works with finance. Bitcoin has interface that works as programming language to define policies that controls access of users. For example, creating script code where specific amount of virtual currency is possible to be sent with the agreement of 2 out of 3 principals. Ethereum, which is largest competitor of Bitcoin, has programming model to control how money will flow in the system [6]. Users will implement application like code which will be executed as processes, these processes are known as “smart contracts”. Smart contracts are being executed by Ethereum’s blockchain network to receive or send currency and some other types of data from one user to another. Ethereum’s documentation has examples of creating payment mechanisms such as auctions, lotteries, and elections, by using programming language that looks like a Javascript which is called Solidity and a language that looks like a Python which is named as a Serpent.

The model of using smart contracts has a lot of potential, but creating a simple coded contract may have some errors [7]. There have not yet created any frameworks that provides security for smart contract-based applications. Also, because smart contracts are being executed by blockchain network, which has peer-to-peer architecture, that means that these contracts are not transparent, which means that they don’t have any private state. Smart contracts are considered as a trusted third party instead of centralized financial institutions for its correctness and availability, but not for privacy.

Applications that requires privacy, which is very common in financial operations, because financial information has sensible information of its owners and their businesses, cannot be implemented by only smart contract. It will require additional layer of cryptography, which adds more complexity.

Ways to improve privacy

In order to improve Bitcoin's privacy, more sophisticated cryptography should be used. Even though, Bitcoin is implemented in the way where each user is anonymous, it is based only on cryptography, like only digital signatures, and it could reveal some vital information. Some researches discovered that it is easy to monitor blockchain of Bitcoin and trace how funds flow by inferring connections between related transactions [8].

The second direction is to provide new type of rules, where in multi-party mining, will be considered as "fair", by using a cryptography as a primitive within cryptographic protocol. Fairness means that each participant will receive specific amount of output from this collective computation or no one of them do. Fairness is mostly impossible without trusted intermediary. By considering cryptocurrencies as a basis, it is possible to implement some kind of policy that uses fairness among with penalties. Penalty from attacker will be taken and will be distributed to honest participants as compensation [9].

Public key cryptography is used as ownership of bitcoin. The network associates money between public keys that will be supplying them. It is possible to send virtual currencies between accounts (public keys), by sending messages that are signed. We can consider Bitcoin as machine that has multiple types of states; each state at specific time will correspond to amount of money in accounts.

Researching the "consensus protocols" has taken a lot of time and effort, in order to make multiple computers in same network to be able to achieve some kind of agreement. There are several notorious problems, because each of these types of networks are susceptible to failure and some participating computers are vulnerable to attackers. There are multiple protocols, such as Paxos [9] and PBFT [10] that provides their own types of consensus.

One of the main differences of Bitcoin's consensus protocol from other popular types is the competitive environment. Bitcoin based on anonymous distributed network. It is possible to any participant to be a miner and because of anonymity, users do not have names. Nearly all consensus protocols are dependent on information that identifies each user and their work is similar to a collecting the votes, where majority will be considered as a winner. Without having any participants with authority, it is hard to securely count their votes. Systems that makes participants to be able to generate their own identifiers are susceptible to Sybil attack [11], where attackers will just generate a large number of accounts to overfill with their votes.

Bitcoin's security based on selection of computational resources. Consensus is reached, after completion of some kind of task, it is considered secure until computational power of community is higher than the attackers. This is preferable in decentralized system, where each participant is anonymous, and each participant can get benefits of computing power.

Proof-of-work, that is sometimes called as a Cryptographic puzzle, has been analyzed and proposed for a lot of other purposes, by including timed-release encryption [12], spam prevention [13], Denial of Service resistance [14], and defense against Sybil attacks [15].

Suggestions around consensus protocols

James Aspnes studied Byzantine agreement without using Public Key Infrastructure in a model where at some bounded rate computational puzzles can be solved [16]. However, this work uses pre-existing authenticated channels between honest parties.

Some researches made analysis new methods of reaching consensus that are inspired by Bitcoin [17]. Each process will make some number of random queries and diffuses anonymous messages. The protocol of Dziembowski [18] don't depend on global single value in order to start consensus. Instead of that, each participant will create its own task, and global task will be generated by

combining all tasks of each participants. Large networks may require some extra data to be transferred, which will add some extra cost during the communication. In Bitcoin's protocol, participants that are lucky enough to find solution challenge must send a message, and the amount of these puzzles will be varying. While these puzzles are parallelizable, Miller [17] shows the implementation puzzles that will be broadcast sequentially.

Some researchers have some propositions to separate encryption based on timelock, from a scratch-off puzzle scheme [19]. Where, instance of task will be used as public key for encryption of message, and solution will be used to decrypt the message. However, these types of consensus protocols are based on methods that considered as a very computationally expensive, which is impractical to use for now.

As explained above, Bitcoin miners compete to solve computational challenges, also known as a puzzle and reward will be sent to a user who solved this puzzle. There are no shortcuts to find the solution of this puzzle; attacker needs to have the amount of computational power more than the all other honest participant together. Even though, Bitcoin's puzzle is called a proof-of-work puzzle, the requirement of the puzzle varies from the descriptions [20].

This first requirement should not be able to find some kind of «shortcuts» in order solve it faster than other honest participants. This could be expressed as an explicit parameter γ , which means the efficiency of attacker's puzzle solving γ is higher than the honest parties that follows this algorithm.

Another requirement is the parallel effort should be used to solve puzzle efficiently. In Bitcoin, all participants communicate only to send and trade their solutions that they have found. Even if their works aren't coordinated, they should not waste their effort for redundant work. A traditional proof-of-work puzzle may be solvable by step by step computation that is carried by single party. Because this method works in deterministic way and also sequential, all participants, which are independent, can't solve it faster than those who works alone. This puzzle constrictions have that kind of properties are designed in the way that they can only be solved by using brute force search of large space of solutions. Because this amount of data to search is large, each participant will search in random regions without overlapping each of their searches.

It is also required that puzzle solutions to be nonmalleable, which makes seeing solutions for specific types of puzzles that will not provide any help to solve another puzzle. This means that puzzle must require new work to solve it. If puzzles do not satisfy this rule, then participants can just solve easily new tasks based on precomputations of previous solved tasks. Stebila pointed that early definitions of puzzles did not prevent this scenario [21].

Bitcoin consensus

In Bitcoin consensus, solving a puzzle makes solver to determine which transactions will be committed to blockchain, and select the account's public key to send a reward. This could be defined by adding additional data to payload. If honest participant commits message which is connected to some kind of payload, which is considered asm , that contains public key that belongs to party where reward should be sent, for other competitor it should not be possible to get some kind of advantage in getting solution of this puzzle which is connected to different payload, which is considered m^* for the same puzzle. In Bitcoin, each epoch is defined by a unique puzzle instance, which is globally known, mostly one payload message and one ticket will be added to blockchain. Participant will gain reward if and only if his message is associated to solved puzzle. If users could be able to change a payload of attacked ones winning ticket that he had chosen, then the adversary can listen for the victim's ticket's announcement in the network, and then will start to propagate the modified ticket, where it contains its own public key for reward and will attempt to outrace the

victim. There is a possibility that network will consider the adversary as the winner of this epoch, especially if the adversary has better network connectivity than the victim. Ability to see solution of puzzle, won't help to produce new solution that will be connected to another payload, which is considered as m^* .

The difficulty, nonmalleability, and non-transferrability combined could be considered called incompressibility. This will prevent an attacker to solve different puzzles based on previous solutions and stealing others work.

Puzzle is parametrized by parameters (d, t, t_0, γ) . Where:

- t means the amount of work that is needed to solve single puzzle solution
- γ means maximum amount of process finding solutions which adversary can speed up
- d affects the average number of attempts to find a solution
- t_0 means initialization overhead of the algorithm

This puzzle consists of the following algorithms [21]:

1. $G(1^\lambda) \rightarrow \text{params}$: made for public parameters of task or puzzle. For each of the functions there parameters are considered implicit.

2. $\text{Work}(\text{puz}, m) \rightarrow \text{ticket}$: This algorithm takes instance of puzzle $\text{puz} \in \{0,1\}^\lambda$, and message for payload, which is considered as m . The Work algorithm will make an attempt to get a solution for puzzle, and terminates itself when one is solution is found. Solution will be searched in solution space by using brute-force method, where each attempt takes t steps, and for initialization is t^0 .

3. $\text{Verify}(\text{puz}, m, \text{ticket}) \rightarrow \{0,1\}$: Will check if instance of puz and payload, that is considered as m , are valid to each other. If validation is passed, it will be considered as a winning ticket.

This work algorithm has attempts that will be repeated, and each attempt will increase the probability to create winning ticket.

As explained above Bitcoin is based on non peer-to-peer broadcasting network that makes users to be able to anonymously publish their solutions for puzzles. There is also other type of consensus called "Monte-Carlo Consensus". This protocol is based on number of processes, considered as n , and f , which can be considered as a tampered or corrupted, starts with each correct process P_i receiving an input value proposed $i \in \{0,1\}^*$, and must satisfy the following properties [22]:

- After some time, single value should be outputted from each process, which are considered as correct ones;
- Same value should be outputted from each process, which are considered as a correct one;
- Inputs with invers-polynomial probability will be inputs to the output values;

Participants of Bitcoin mining will be trying to find the solutions of puzzles, where each solution is used to create new task for next puzzle, and then by solutions that are chained together. They help to each other by following rule: authoritative solution will be considered one that has the longest solutions chained together. Each participant that works as node tries to expand their own longest chain of solutions, and when node finds new solution, it broadcast this solution over the network to other nodes. If there are proper parameters, this guarantees that the honest parties will eventually agree on their own chains of solutions.

In contrast of traditional consensus protocol, also including Monte Carlo protocol that was mentioned above, where processes should terminate and output result value, the Bitcoin never does it. Each process provides an output in order to register current most possible value, and lastly this register makes itself stable that the chance of changing is negligible.

Concerns around mining pools

In cryptocurrencies, there is an assumption that there is no single entity with large part of the computational power in the network. If this assumption is violated, this could lead to attacks like changing history of transactions, making double spending, which will negate all security properties of blockchain.

However, because of two new types of mining, like mining pools and hosted mining, which leads to the concentration of mining computation power, and have made a serious doubt of security of Bitcoin and other similar cryptocurrencies. One of the main reasons of existence of mining pools, is that solo miners wish to minimize their risks and make rewards income more stable. Multiple times, the largest mining pools had over a third of computational power of network. For example, GHash.IO, has made more than half of total mining power. Also, there are hosted mining, which makes users to outsource their mining effort to one of these service providers. Services like Alydian [23], which has Terahash computational power. That kind of services are becoming popular, because it could reduce miners cost.

That kind of large mining pools present potential threat to security to Bitcoin and similar other cryptocurrencies. There are also several works [24] that shows that it is possible to collaborated mining to deviate from honest protocol. Having more than a third of mining power could lead to disproportionately large rewards that will create some kind of “selfish mining”.

Nowadays, there are even more mining pools, which are overstepped previous ones. Image below shows mining pools shares [24]:

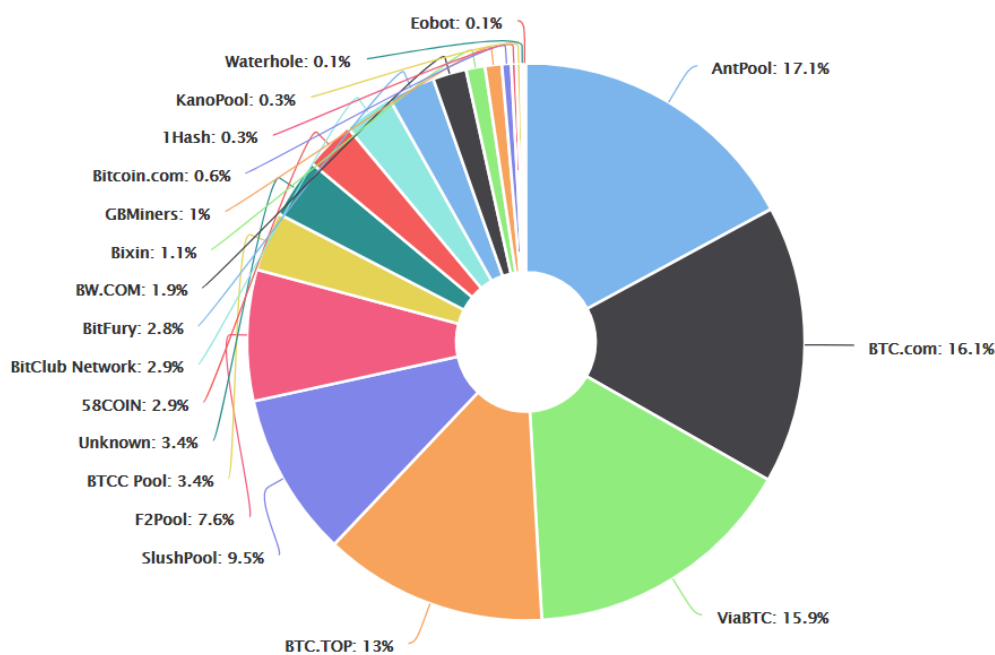


Image 1 – Hash rate of mining pools

Mining pools, such as AntPool, BTC.com, ViaBTC and BTC.TOP has taken significant part of shares. Even if there are appearing more mining pools which makes harder to take most of computational power of whole system, there is high possibility that some mining pools can merge into larger ones and eventually will threaten the system.

While there are alternatives to centralized mining pools, like peer-to-peer mining pools, and even if they have been deployed for several years, they are not so popular and have low user adoption.

This happens because Bitcoin's reward mechanism does not provide any incentives for decentralized types of collaborative mining.

Conclusion. The goal of this article is to provide some security concerns around cryptocurrencies. These cryptocurrencies are implemented on stack of multiple technologies that are displaced in several layers. Each of these layers may be susceptible to malicious attacks even if they are constantly evolving by communities. When in distributed network common data needs to be changed, like for example, change of money balance of accounts, there should be some kind of consensus. Most of existing consensus models requires identification of each participant of this network. However, in cryptocurrencies each member is anonymous, and that kind of consensus is meaningless. That is why network generates some kind of puzzle, where each of miners should solve. Participant that solved this puzzle will be rewarded with freshly created coins. This part of blockchain based cryptocurrencies may have some weaknesses against attacks. If the result of successfully solved puzzle will be dependent on previous solved puzzles, this may lead to exploitation of previous results and participants will do less work. If result is malleable, then malicious attacker can hijack solved result change reward address to his own and then broadcast all over the network. There is a high possibility that his result will be accepted as a real one by network. Entity that has more than half of computational power can be able to tamper and change data of whole blockchain and may be do double spending. Even if this entity will have about the third of computational power, this could lead to "selfish mining", where participant can get more rewards than other participants. That problem has become high concern because of mining pools and hosted centralized mining services, where multiple participants collaborate their mining efforts in order to make stable reward income.

References:

1. Coinbase, October 23, 2017. – <https://www.coinbase.com>.
2. Biryukov A., Khovratovich D., Pustogarov I. Deanonymisation of clients in bitcoin p2p network // In ACM CCS. – 2014. – P. 15–29.
3. Nakamoto S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. – 2008. – P.1–9. – www.bitcoin.org.
4. Buterin V. Bitcoin network shaken by blockchain fork. October 24, 2017. – <https://bitcoinmagazine.com/articles/bitcoin-network-shaken-by-blockchain-fork-1363144448/>.
5. Wood G. Ethereum: A secure decentralized transaction ledger. Final draft – under review. October 24, 2017. – <https://bravenewcoin.com/assets/Whitepapers/Ethereum-A-Secure-Decentralised-Generalised-Transaction-Ledger-Yellow-Paper.pdf>.
6. Delmolino K., Arnett M., Kosba A., Miller A., Shi E. Step by step towards creating a safe smart contract: Lessons and insights from a cryptocurrency lab. October 24, 2017. – <https://eprint.iacr.org/2015/460>.
7. Koshy Ph., Koshy D., McDaniel P. An analysis of anonymity in bitcoin using p2p network traffic // International Conference on Financial Cryptography and Data Security. – 2014. – P. 469–485.
8. Andrychowicz M., Dziembowski S., Malinowski D., Mazurek L. Secure Multiparty Computations on Bitcoin // S&P. – 2013. – P. 1–18. – <https://eprint.iacr.org/2013/784.pdf>.
9. Lamport L. The part-time parliament // ACM Transactions on Computer Systems (TOCS). – 1998. – P.133–169.
10. Douceur J.R. The Sybil attack // International Workshop on Peer-to-Peer Systems, Springer. – 2002. – P. 251–260.

11. Rivest R.L., Shamir A., Wagner D.A. Time-lock puzzles and timed-release crypto / Technical report, Massachusetts Institute of Technology. – 1996. – <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=888615&preflayout=flat>.
12. Back A. Hashcash – a denial of service counter-measure, 2002. – [https://www.researchgate.net/publication/2482110_Hashcash - A Denial of Service Counter-Measure](https://www.researchgate.net/publication/2482110_Hashcash_-_A_Denial_of_Service_Counter-Measure).
13. Groza B., Warinschi B. Cryptographic puzzles and DoS resilience, revisited // Designs, Codes and Cryptography. – 2014. – Vol. 73. – № 1. – P. 177–207.
14. Borisov N. Computational puzzles as sybil defenses // Sixth IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing. – 2006. – P. 171–176.
15. Aspnes J., Jackson C., Krishnamurthy A. Exposing computationally challenged Byzantine impostors / Technical report, Yale, 2005. – P. 1–6.
16. Katz J., Miller A., Shi E. Pseudonymous secure computation from time-lock puzzles // Cryptology ePrint Archive Report. – 2014. – P. 857.
17. MarcinAndrychowicz, Stefan Dziembowski. Pow-based distributed cryptography with no trusted setup // Annual Cryptology Conference, Springer. – 2015. – P. 379–399.
18. Jager T. How to build time-lock encryption // IACR Cryptology ePrint Archive. – 2015. – P. 478.
19. Dwork C., Naor M. Pricing via processing or combatting junk mail // CRYPTO '92 Proceedings of the 12th Annual International Cryptology Conference on Advances in Cryptology, August 16–20, 1992. – 1992. – P.139–147.
20. Stebila D., Kuppusamy L., Rangasamy J., Boyd C., Gonzalez Nieto J. Stronger difficulty notions for client puzzles and denial-of-service-resistant protocols // Topics in Cryptology–CT-RSA. – 2011. – P. 284–301.
21. Andrew Miller. Provable security for cryptocurrencies. – Diss. PhD. – Maryland, 2016. – P. 119.
22. Bradbury D. Alydian targets big ticket miners with terahash hosting, December 22, 2017. – <http://www.coindesk.com/alydian-targets-big-ticket-miners-with-terahash-hosting>
23. Kroll J.A., Davey I.C., Felten E.W. The economics of bitcoin mining or, bitcoin in the presence of adversaries // The Twelfth Workshop on the Economics of Information Security (WEIS 2013). – Washington, June 11-12, 2013. – P. 1–23. – <http://www.econinfosec.org/archive/weis2013/papers/KrollDaveyFeltenWEIS2013.pdf>
24. Blockchain Info, December 22, 2017. – <https://blockchain.info/pools>

Поступила 27 февраля 2018 г.

МРНТИ 81.93.29

УДК 004.9

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ГРУПП

Аманжолова С.Т.¹, Масалович А.И.², Ахметова Д.Т.¹

¹Международный университет информационных технологий,
Алматы, Республика Казахстан,

²Компания «Лавина Пульс», Москва, Российская Федерация
e-mail: shokataeva@gmail.com

Проведен анализ групп социальной сети «ВКонтакте», содержащих потенциально опасный контент. Обоснована перспективность и актуальность интернет-разведки. Описаны особенности работы с таким приложением, как Avalancheonline и методы применения данного приложения для целей интернет-разведки. Названы социально опасные сообщества, найденные путем использования данного приложения. Показаны методы нахождения подобных групп через приложение Avalancheonline. Полученные результаты исследования были проанализированы и приняты соответствующие меры по блокировке групп, содержащих несоответствующий контент согласно правилам использования социальной сети «ВКонтакте». Показаны проблемы предотвращения появления социально опасных групп, а также предложены варианты их решения.

Ключевые слова: интернет-разведка, социальные сети, Avalancheonline, контент, группы «ВКонтакте», сообщества, сайты.

Ықтимал қауіпті контент бар «ВКонтакте» әлеуметтік желісінің топтарын талдау жүргізілді. Интернет-барлаудың болашағы мен өзектілігіне негізделген. Интернетте Avalanche онлайн және осы қосымшаны Интернет ақыл-ойының мақсаттары үшін қолдану әдістері сияқты қолданудың ерекшеліктері сипатталған. Осы қосымшаның көмегімен табылған әлеуметтік қауіпті қоғамдар аталды. Осындай топтарды табуға арналған әдістер «Avalanche» онлайн өтінімі арқылы көрсетіледі қорытындылар талданды және керекті шаралар орынсыз мазмұнды қамтитын топтарды блок-тауға алынады, әлеуметтік желі «ВКонтакте» пайдалану ережелеріне сәйкес. Әлеуметтік қауіпті топтардың пайда болуын болдырмау проблемалары, сондай-ақ оларды шешу жолдары көрсетілген.

Тірек сөздер: интернет-барлау, әлеуметтік желілер, қалдықтарды онлайн, контент, VKontakte топтары, қауымдастықтар, сайттар.

The analysis of groups of the social network «VKontakte» containing potentially dangerous content was carried out. The prospects and relevance of Internet intelligence have been grounded. Features of work with such application as Avalanche online and application methods of this application for the purposes of Internet intelligence are described. The socially dangerous communities found by using this application are named. The methods for finding similar groups are shown through the Avalanche online application. The results of the research were analyzed and appropriate measures were taken to block groups containing inappropriate content, according to the rules for using the social network «VKontakte». The problems of preventing the emergence of socially dangerous groups are shown, as well as solutions for their solution.

Keywords: *Internet intelligence, social networks, Avalanche online, content, «VKontakte» groups, communities, sites.*

Введение. Интернет-разведка – организованный на регулярной основе сбор и мониторинг любой значимой для компании информации в сети Интернет. Ряд методов и инструментов Интернет-разведки позволяют извлекать из сети важную для ведения бизнеса информацию, не доступную при использовании стандартных методов поиска в Интернет, например, с помощью поисковых систем. Поэтому стоит выбрать мощные поисковики, правильно подобрать слова и вот она – интернет-разведка в действии.

Интернет-разведка включает в себя:

- поиск (мониторинг) информации в сети Интернет с целью выявления деятельности конкурентов, деловых партнеров;
- исследование сайтов (технические данные, анализ контента и многое другое);
- мониторинг деятельности сотрудников компании Заказчика в сети Интернет;
- мониторинг наличия в сети Интернет информации о фирме, объекте;
- мониторинг появления в сети коммерческой информации компании;
- поиск информации по заданному объекту, теме в форумах, блогах, гостевых книгах, досках объявлений, дневниках [1].

Практически все читали или слышали, что 90 % информации даже государственная разведка добывает из открытых источников, которые в настоящее время главным образом сосредоточены в WEB. Поэтому такое внимание приковано к Интернет-разведке.

Приложение «AVALANCHE ONLINE»

Программный комплекс Avalanche предназначен для мониторинга изменений, происходящих в Интернете. Он собирает информацию с веб-страниц по заданному алгоритму и складывает эту информацию в собственную базу данных.

Помимо этого, комплекс обладает гибкими настройками параметров поиска, позволяет осуществлять накопление информации и хранить ее в удобной форме (создание информационных карточек объектов). Также реализован механизм определения связей между объектами и графическая визуализация диаграммы связей.

Перечень функциональных возможностей:

- а) автоматизированный мониторинг различных внешних информационных ресурсов, в том числе RSS лент, форумов и поисковых систем (Google, Yandex);
- б) автоматизированный мониторинг социальных медиа:
 - 1) «ВКонтакте» (vk.com);
 - 2) Facebook (facebook.com);
 - 3) Твиттер (twitter.com);
 - 4) Livejournal (livejournal.ru);
 - 5) Яндекс. Блоги (blogs.yandex.ru);
- в) осуществление поиска по «невидимому» интернету (поиск интернет-страниц, которые не были проиндексированы поисковыми системами);
- г) возможность подписки на источник из общей базы знаний;
- д) сбор, рубрикация, хранение в централизованной базе данных, подготовка и представление для анализа больших объемов текстовой информации о любых заданных объектах поиска;

- ж) возможность резервного копирования проектов;
- з) возможность задания регламента обхода источников;
- и) предоставление собранной информации в виде новостей и рубрик, а также в контексте объектов мониторинга в виде карточек персоны, организации, события и т.д.;
- к) быстрый полнотекстовый поиск на базе технологии Sphinx;
- л) автоматическое определение нечетких дублей новостей;
- м) предоставление возможности ведения информационных карточек (досье) на объекты мониторинга;
- н) автоматизированный сбор данных из социальных сетей;
- о) быстрый полнотекстовый поиск по объектам мониторинга;
- п) возможность построения связей между объектами мониторинга с графической визуализацией;
- р) возможность прикрепления различных документов (файлов) к конкретному объекту мониторинга;
- с) возможность генерации отчетов. Возможность многопользовательской работы, и разграничение прав доступа к проектам.

Особенности работы с «AVALANCHE ONLINE»

В ходе исследования потребовалось создание новых объектов, групп, а также построение графа участников, друзей и выборка групп. Далее приведен принцип использования приложения.

Главное меню является основным навигационным элементом внутри проекта. Переход в главное меню осуществляется с любого экрана, путем нажатия соответствующей кнопки на панели инструментов (рисунок 1).

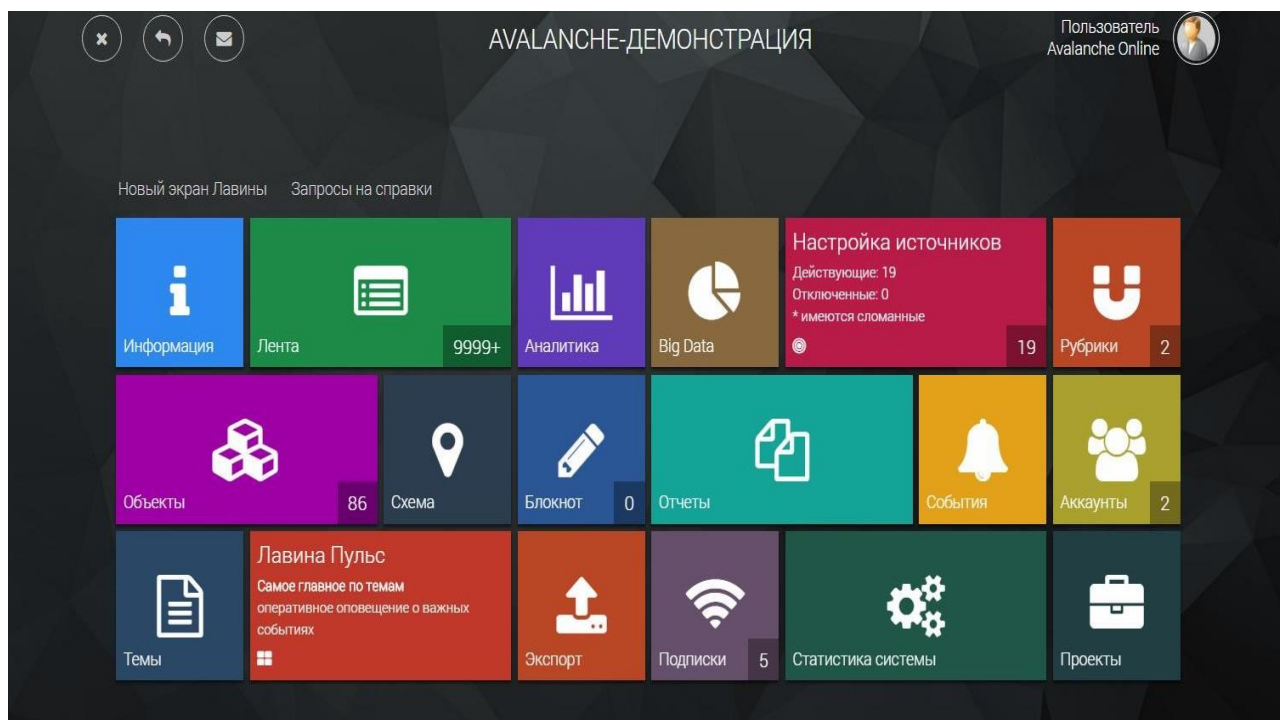


Рисунок 1 – Главное меню приложения

Для создания нового объекта необходимо нажать кнопку «Создать» и выбрать тип создаваемого объекта.

Для создания объекта типа «Персона», необходимо выбрать его из списка и заполнить поля накопленной информацией об объекте интереса (рисунок 2).

Аналогичным образом создаются объекты других типов.

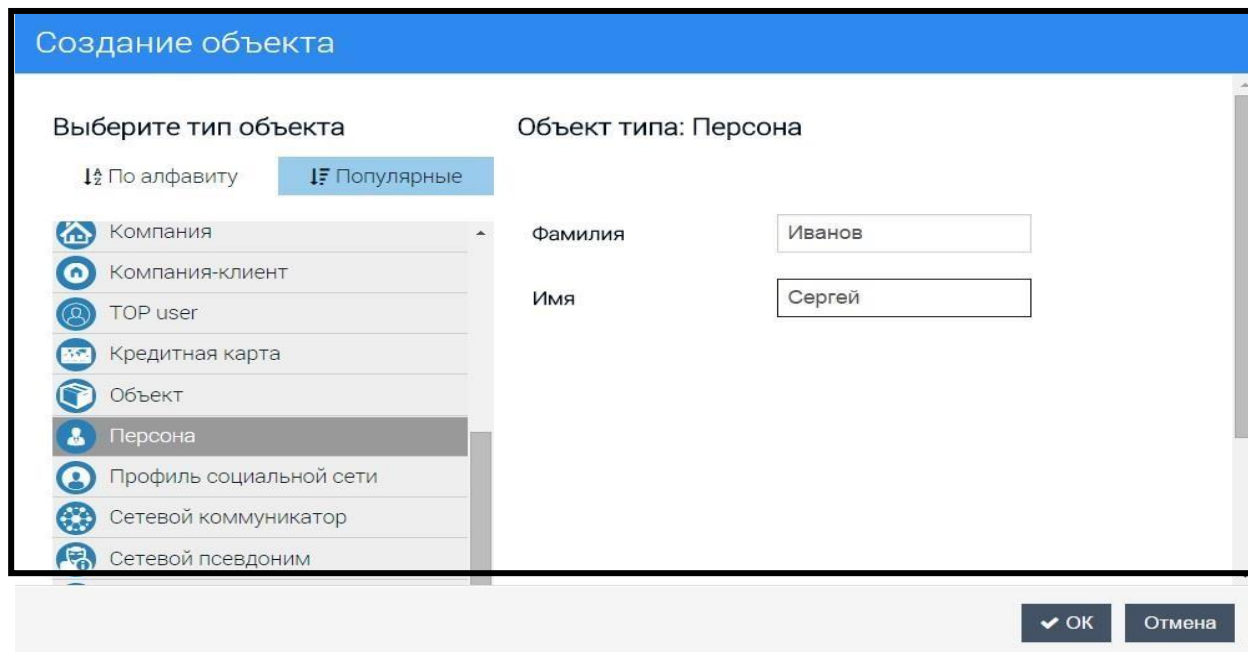


Рисунок 2 – Создание объекта типа «Персона»

1 Автозаполнение. При выполнении действия происходит автозаполнение карточки по анкетным данным профиля (рисунок 3).

2

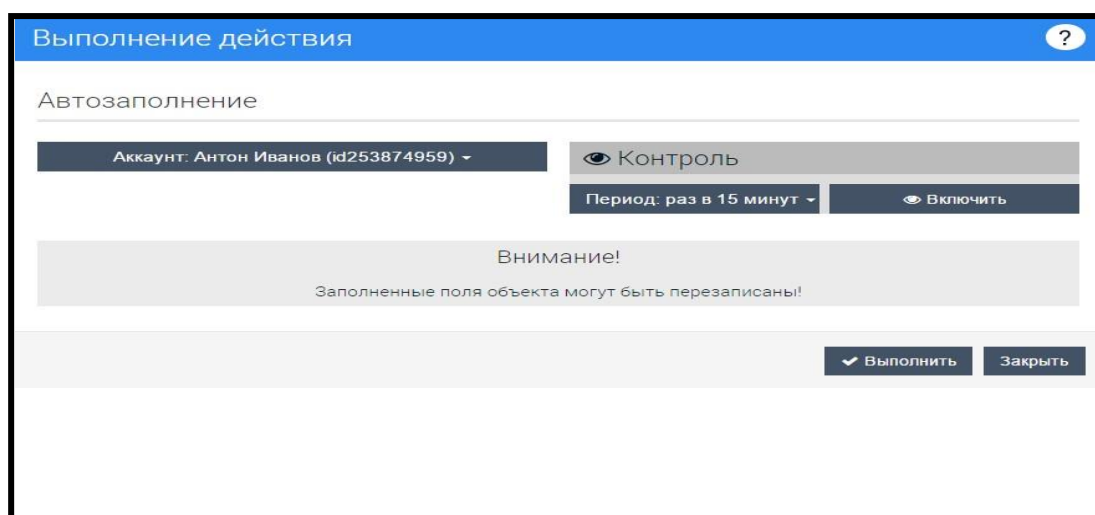


Рисунок 3 – Действие «Автозаполнение»

2 Граф друзей. (Только для социальной сети «ВКонтакте»). При выполнении данного действия сервер AvalancheOnline строит граф социальных связей относительно исследуемого объекта (профиля социальной сети) (рисунки 4, 5).

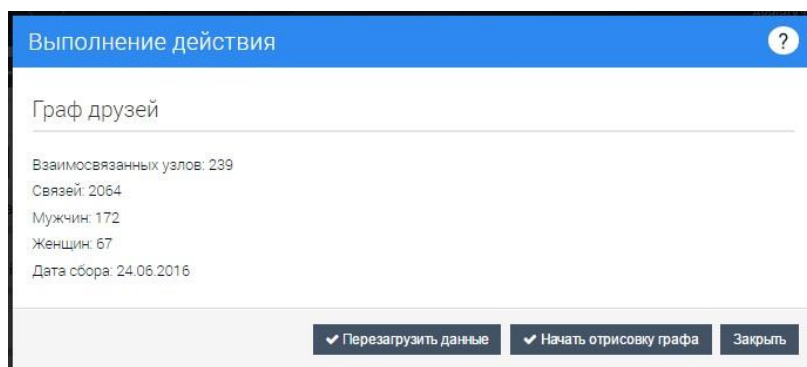


Рисунок 4 – Выполнение действия «Граф друзей»

После открытия графа в веб-браузере, к нему можно применять различные фильтры (в правой части экрана).

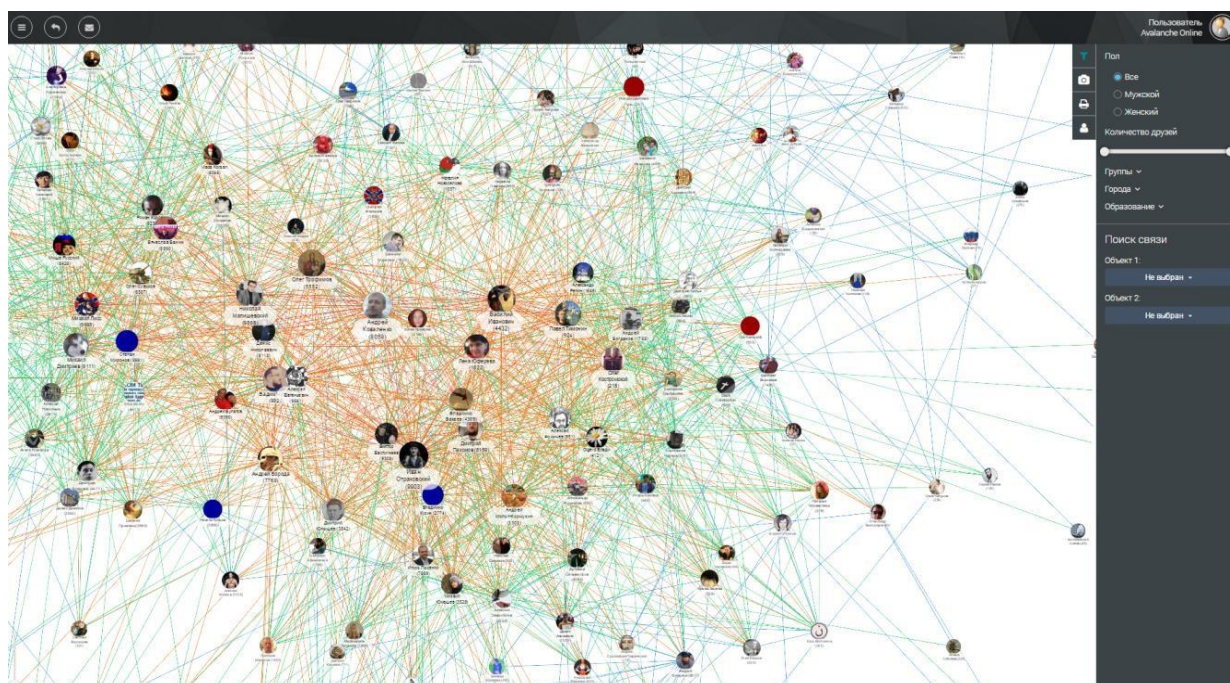


Рисунок 5 – Отрисовка графа друзей

Имеются фильтры по:

- полу;
- количеству друзей;
- группе Вконтакте;
- городу;
- образованию (ВУЗ).

Диаметр круга на диаграмме сообщает о количестве связей у пользователя. Чем больше круг, тем больше у данного профиля друзей в социальной сети «ВКонтакте». Пользователи с большим числом связей расположены ближе к центру графа.

При одноразовом клике мышью по любому объекту на графе, в левой части экрана откроется информация о профиле «ВКонтакте».

Также, на данном графе имеется возможность проверить наличие связи между двумя объектами и найти между ними кратчайший маршрут (рисунок 6) [2].

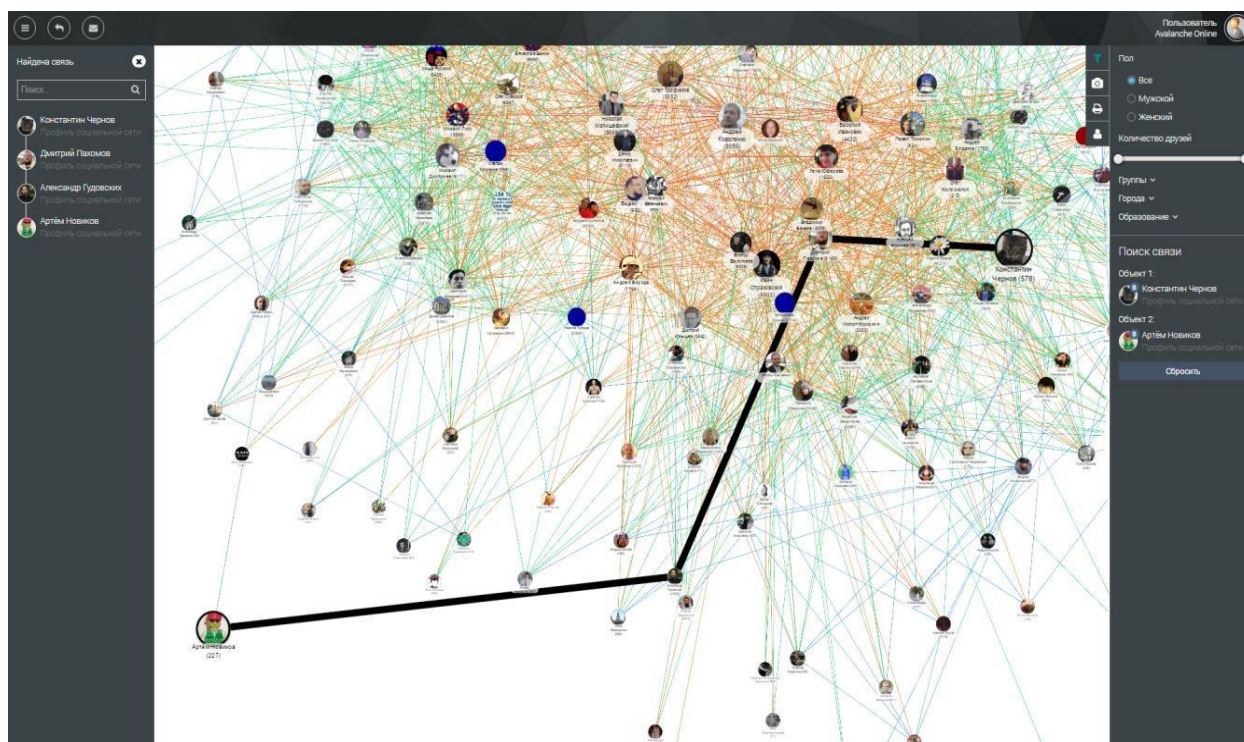


Рисунок 6 – Отрисовка связей между двумя объектами

Вышеописанные действия были использованы для анализа.

Нахождение потенциально опасных групп

«Группы смерти», склоняющие детей к суициду в соцсети «ВКонтакте», активизировали свою деятельность. Самыми многочисленными смертельно-опасными играми прошлого года в социальных сетях являлись: синий кит, море китов, тихий дом, млечный путь, разбуди меня в 4:20, f57, f53, f58, D28, распространявшиеся с невероятной скоростью.

В январе этого года по итогам анализа тегов, типичных для подобных групп в публичных сообщениях на стенах групп в соцсети «ВКонтакте», обнаружено около 4 тысяч тегов этих групп за день.

Как сообщил пресс-секретарь «ВКонтакте» Евгений Красников, сообщества, посвященные описанию способов суицида или оправданию этой темы, «ВКонтакте» блокирует на регулярной основе. По его словам, такие сообщества блокируются навсегда и без права обжалования. Кроме того, в мониторинге социальной сети с целью выявления и ограничения доступа к профилям и сообществам, оказывающих негативное и опасное влияние на детей и подростков, участвуют специалисты «Твоей территории». Психологи помогают оперативно оказывать поддержку подросткам, находящимся в критической психологической ситуации [3].

Как сообщается в новостях, на Украине среди детей набирает обороты новая суицидальная игра «Красная сова». Принцип опасной игры такой же, как и во всем известной уже игры «Синий кит» [4].

Также описан механизм, согласно которому злоумышленники заманивают детей в эту смертельную игру. Так, сначала дети в сети получают ссылку, по которой нужно перейти (она якобы выбрасывает ошибку). Благодаря этой ссылке «кураторы» узнают ориентировочный адрес, где проживает участник игры. А потом, если ребенок отказывается выполнять какое-то задание, злоумышленники его шантажируют тем, что знают адрес и приедут к нему на «разборки».

В «Красную сову» играют так: в личные сообщения «ВКонтакте» пишет загадочный куратор и говорит, что нужно «не спать 12 дней». Во время игры куратор проверяет игрока сообщением «Сова не спит?». Отвечать нужно «Сова никогда не спит». Игрок должен быть всегда онлайн, а когда куратор скидывает видео – его нужно сразу посмотреть. Выполняешь задание, не спишь 12 дней – получаешь приз [5].

Поиск участников игры

В первую очередь, участников очень легко можно определить по тегам, связанным с данной игрой (рисунок 7).

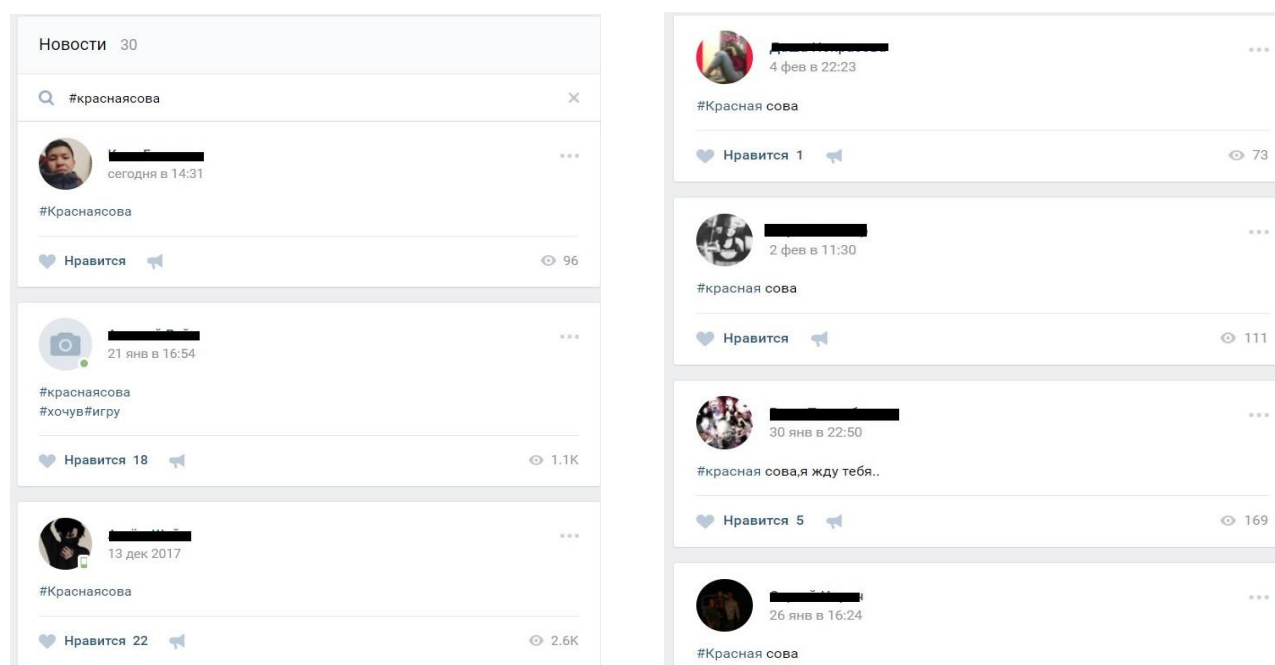


Рисунок 7 – Поиск участников игры

Далее необходимо выбрать профиль участника игры «Красная сова», создать объект типа «Персона», сделав автозаполнение, построить граф друзей данного пользователя (рисунки 8–10).

Таким образом, через действие «Построение графа друзей» можно определить профили других участников опасной игры, также группы, в которых они состоят и город места жительства, согласно данным анкеты пользователей.

Наиболее опасные группы

Как было показано на предыдущем примере, удалось найти следующие потенциально опасные группы в социальной сети «ВКонтакте», контент которых не соответствовал правилам Сайта, а именно:

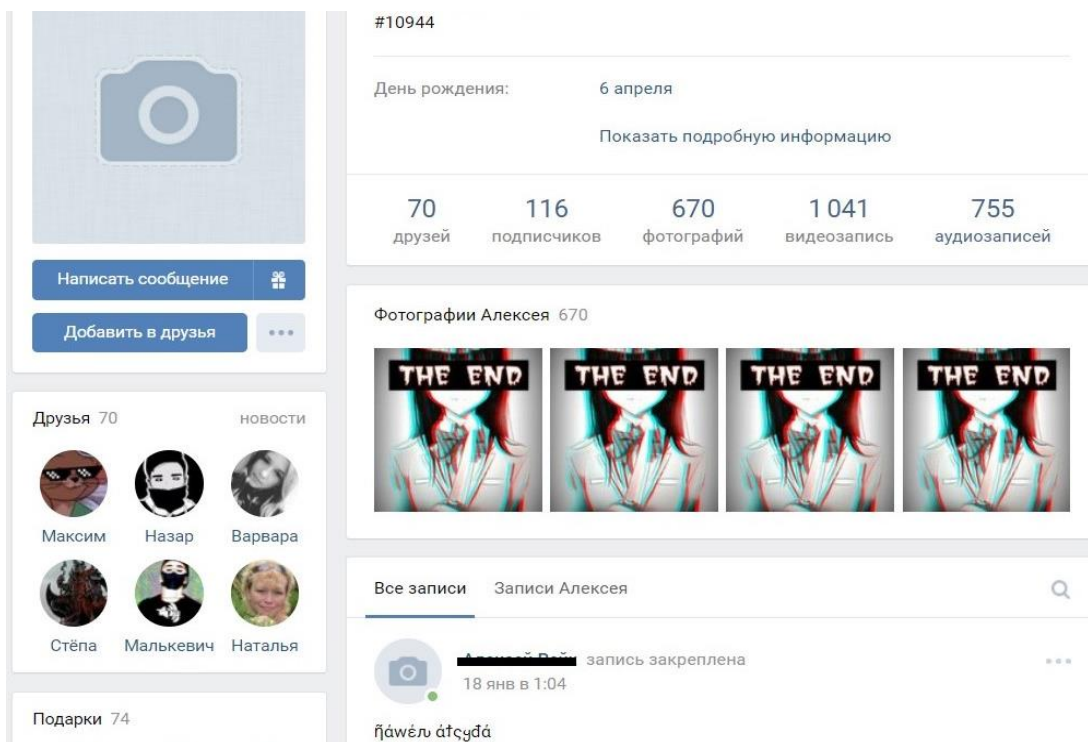


Рисунок 8 – Социальная страничка «ВКонтакте» одного из участников игры

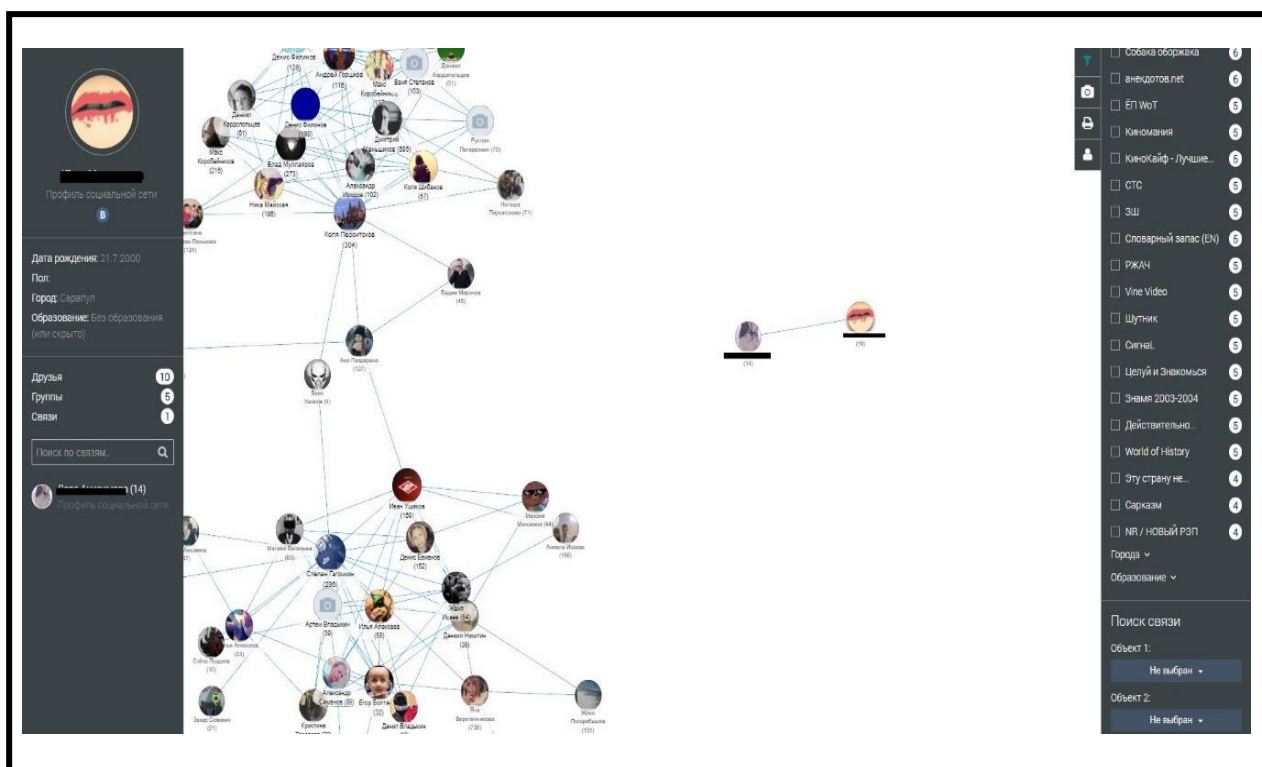


Рисунок 9 – Действие «Построение графа друзей»

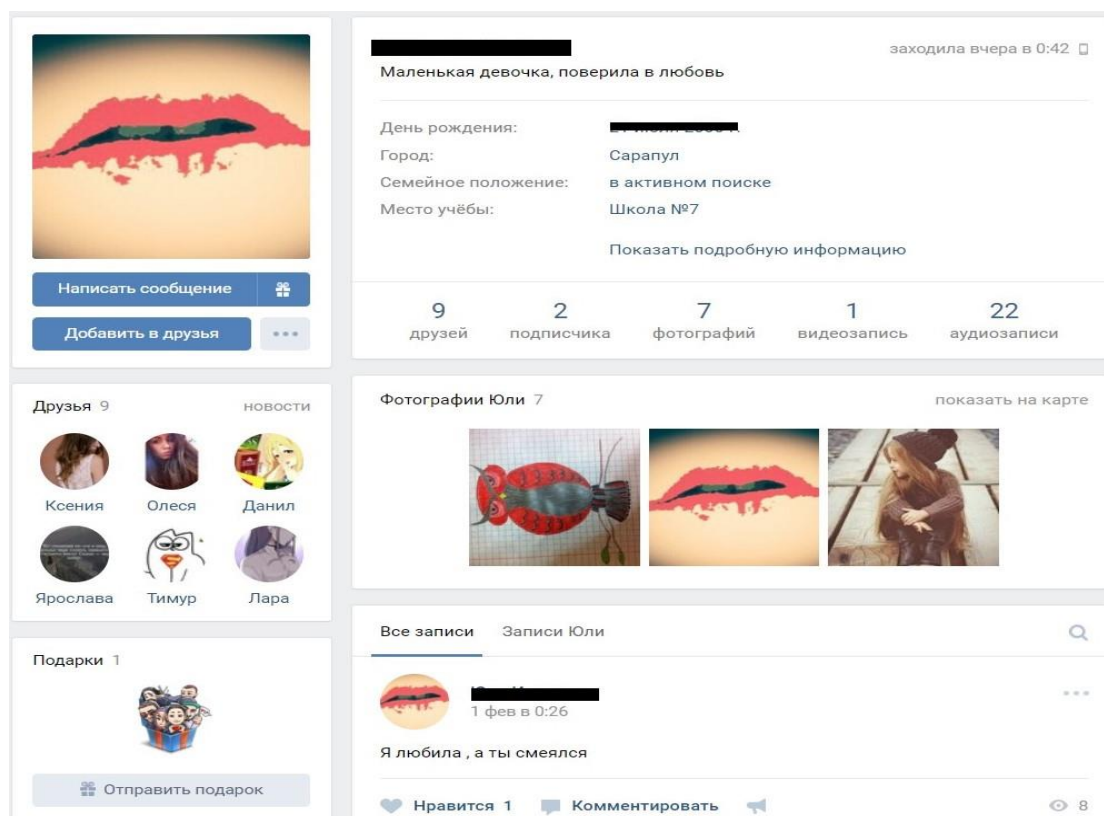


Рисунок 10 – Профиль участника игры через поиск по связям участников

правонарушения п. 5.13.3 раздела «Создание и использование Сообществ», содержащего п. 6.3.4. (д) «содержит описание средств и способов суицида, любое подстрекательство к его совершению» (рисунок 11)

- **5.13.3.** В Сообществе, в том числе в описании, на главной фотографии Сообщества, в альбомах, в новостях, обсуждениях, опросах, аудиозаписях, видеозаписях, на стене, не допускается размещение Контента (в значении, предусмотренном п. 7.1.1. настоящих Правил) целиком или по частям без предварительного разрешения правообладателя, а также информации, предусмотренной п. 6.3.4. настоящих Правил. Пользователь, администрирующий Сообщество, обязан самостоятельно следить и пресекать не соответствующее Правилам размещение информации в Сообществе, и при необходимости блокировать пользователям, нарушающим настоящие Правила, доступ к Сообществу, используя функциональные возможности Сайта.
- **6.3.4.** загружать, хранить, публиковать, распространять и предоставлять доступ или иным образом использовать любую информацию, которая:
 - (а) содержит угрозы, дискредитирует, оскорбляет, порочит честь и достоинство или деловую репутацию или нарушает неприкосновенность частной жизни других Пользователей или третьих лиц;
 - (б) нарушает права несовершеннолетних лиц;
 - (в) является вульгарной или непристойной, содержит порнографические изображения и тексты или сцены сексуального характера с участием несовершеннолетних;
 - (г) содержит сцены бесчеловечного обращения с животными;
 - (д) содержит описание средств и способов суицида, любое подстрекательство к его совершению;

Рисунок 11 – Правила сайта социальной сети «ВКонтакте»

Именно таким образом были определены следующие группы:

- «собери мои крокодильи слезы» [6];
- «мы встретимся, я обещаю» [7];
- «brotherly cemetery» [8];
- «я нашел твою тульпу» [9].

Выявлены наиболее активные участники данных сообществ и города проживания участников.

Способы предотвращения возникновения потенциально опасных групп

Как сообщает руководитель отдела модерации «ВКонтакте» Иван Корнеев: «Со своей стороны «ВКонтакте» принимает глобальные меры по мониторингу и пресечению противоправного контента, который в конечном итоге бьет по нашей репутации и по площадке в целом. У нас есть ряд мер, собственных технических наработок с использованием искусственного интеллекта. Это помогает нам анализировать тексты, искать в них какие-то общие зацепки, общий подход к формированию слов в противоправном и потенциально опасном контенте. В совокупности это позволяет нам отслеживать тему подстрекательства к суициду и удалять этот контент в случае необходимости. Мы блокируем конкретные группы, где аккумулируется такая информация.

Они постоянно меняются, размываются какими-либо символами. Отслеживать их становится сложнее. За этим всплеском мы видим целенаправленную атаку ботов. Это очевидно, потому что появляется несколько тысяч страниц, созданных исключительно для того, чтобы публиковать такие хештеги. То есть вот новые аккаунты зарегистрировались, и первое, и единственное, что сделали, написали: «Тихий дом. Возьми меня в игру. Разбуди меня в 4.20». И всё, больше на этих страницах ничего не происходит.»[6].

Таким образом, необходимо вовремя отслеживать и предотвращать появление подобных «групп смерти», проверяя наиболее активных участников, что, например, можно сделать через приложение Avalanche. Данное приложение дает возможность видеть связи участников групп между собой, собирать статистику по пользователям, выбирая определенные фильтры, такие, как: «образование», «группы» и «города». Далее, определив, в каких группах состоят потенциальные участники подобных суицидальных игр, выполнить «построение графа друзей» данных пользователей, имеющих наибольшее количество связей, по страницам которых в дальнейшем необходимо выполнить соответствующий анализ и проверить на активность пользователя на участие в «группах смерти».

Заключение. В заключение хотим еще раз напомнить, что Всемирная Сеть – мощный инструмент в работе специалиста интернет-разведки, хотя и не главный, который содержит массу полезной информации, но легко может и дезинформировать. Понимание сильных и слабых сторон интернет-разведки позволяет использовать Интернет с целью мониторинга различных Интернет-ресурсов (различных сайтов, в том числе сайтов конкурентов, блогов и форумов, социальных сетей), мониторинг информационного поля вокруг интересующего объекта, отслеживания фактов утечки критически важной информации в сеть, а также выявление каналов таковых утечек.

Литература:

1. Интернет-разведка – http://www.informn.ru/info/it_exploration/.
2. http://start.avalancheonline.ru/static/docs/user_manual.pdf.
3. Вести.Ru – <https://www.vesti.ru/doc.html?id=2845217>Интерпресс/Елена Пальм/ТАСС.
4. https://24tv.ua/ru/ukraina_tag1119.
5. <http://www.ellegirl.ru>.
6. <https://vk.com/zelinovdaniil>.
7. <https://vk.com/urn0t41one>.
8. <https://vk.com/public120972856>.
9. https://vk.com/ya_nashe_tvou_tulpu.
10. Мурсалиева Г. – <https://www.novayagazeta.ru/articles/2017/03/05/71692-vidite-prizyv-k-suitsidusrochno-zhmite-na-knopku-pozhalovatsya>.

Поступила 20 февраля 2018 г.

МРНТИ: 52.47.29

УДК 547.912.66

ЭФФЕКТИВНАЯ ТРАНСПОРТИРОВКА НЕФТИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ. ДЕПРЕССОРНАЯ ПРИСАДКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бекбасов Т.М.¹, Ажғалиев Б.У.²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби

²ТОО «РауанНалко»

Алматы, Республика Казахстан

e-mail

Транспортировка нефти в условиях низких температур, на участках, не оборудованных нагревательными установками, может быть осложнена проблемами текучести и выпадения отложений парафинов, смол и асфальтенов. Именно с такими осложнениями транспортировки сталкиваются при транспортировке товарной нефти по магистральному трубопроводу «Кумколь-Каракоин-Шымкент». Депрессорная присадка была призвана бороться со всеми вышеперечисленными осложнениями транспортировки. Депрессорная присадка нового поколения, произведенная компанией ТОО «РауанНалко», была разработана как замена устаревшей и не технологичной депрессорной присадке, которая применялась на вышеуказанном участке. Депрессорная присадка прошла весь спектр необходимых испытаний, включая лабораторные и промышленные испытания. «Рандеп-5102» превзошла применяемую до этого присадку по многочисленным параметрам. В 2016 году она была номинирована на премию «Лучший товар Казахстана».

Ключевые слова: депрессорная присадка, «Рандеп-5102», Кумкольская нефтесмесь, температура потери текучести, реологические свойства нефти, Казтрансойл, отечественная депрессорная присадка.

Жылыту қондырғылары жоқ учаскелер арқылы төменгі температуралық жағдайда мұнайды тасымалдау, аққыштық мәселесі мен парафин, шайыр және асфальтен шөгінділерінің пайда болуы қиындаады. Жоғарыда көрсетілген тасымалдау мәселелері «Құмкөл-Қарақоин-Шымкент» бағытындағы магистральды мұнай құбыры бойында кездеседі. Осы мәселені шешуге депрессорлыққосымдар - химиялық реагенті негізделген. «РауанНалко» ЖШС шығарған жаңа қатарлы депрессорлық қоспа ескі және технологиялық емес қоспаны атап өткен аумақта ауыстыруға негізделді. Осы реагент барлық бақылаудан, сонын ішінде лабораториялық және өнеркәсіптік сынақтардан, өтті. «Рандеп-5102» осыдан бұрын қолданылған қоспадан көптеген параметрлер бойынша асты. 2016 жылда ол «Жыл тауары» сыйлыққа ұсынылды.

Тірек сөздер: депрессорлық қоспа, «Рандеп-5102», Құмкөл мұнай қоспасы, мұнайдың аққыштық жоғалту температурасы, мұнайдың реологиялық қасиеттері, Казтрансойл, отандық депрессорлық қоспа.

Transportation of oil in low temperature conditions via areas that are not equipped with heating facilities, can be complicated with flow problems and wax deposition. Complications like these are being faced on the main pipeline by the route «Kumkol-Karakoin-Shymkent». Pour point depressant is the

chemical that should help to overcome these complications during transportation. Pour Point depressant produced by «RauanNalco» LLP was developed as the replacement for outdated and non-technological chemical that was applied on the described route. Pour Point Depressant passed all needed tests, including laboratory and field trials. «Randep-5102» surpassed pour point depressant that was used before by many parameters. In 2016 it was nominated for «Product of the Year» award.

Keywords: *pour point depressant, «Randep-5102», Kumkol oil mixture, pour point, rheological properties of oil, Kaztransoil, domestic pour point depressant.*

Введение. Транспортировка нефти в условия низких температур, на участках, не оборудованных нагревательными установками, может быть осложнена проблемами текучести и выпадения отложений парафинов, смол и асфальтенов при соприкосновении с холодными стенками трубы [1]. Именно с такими осложнениями транспортировки сталкиваются при транспортировке товарной нефти по магистральному трубопроводу «Кумколь-Каракоин-Шымкент».

Данный магистральный маршрут не оборудован подогревательными агрегатами, а транспортируемая нефтесмесь обладает средней температурой текучести близкой к +9...+15 °С. В зимнее время температура грунта и транспортируемой нефтесмеси может опускаться до +2 °С и +3 °С соответственно [2, 3]. Для решения данной проблемы АО «Казтрансойл» обязало недропользователей, которые сдают нефть в магистральный трубопровод «Кумколь-Каракоин-Шымкент», использовать депрессорную присадку в период сентябрь–апрель ежегодно. Депрессорная присадка была призвана бороться со всеми вышеперечисленными осложнениями транспортировки.

Однако у применяемой до 2015 года депрессорной присадки имелся ряд недостатков. Присадка поставлялась в виде вязкой массы, которую необходимо было растворить в дизельном топливе перед вводом. Осложнялся данный процесс также необходимостью разогревать депрессорную присадку до 60 °С перед смешением и только после этого растворять ее в дизельном топливе. Данный процесс требовал от недропользователей дополнительных затрат на обогрев и специальные установки для приготовления депрессорной смеси. Нестабильные цены на зимнее дизельное топливо также вносили свою лепту в процесс планирования бюджета для закупа депрессорной присадки на каждый год.

В 2015 году компания ТОО «РауанНалко» совместно со всеми недропользователями и АО «Казтрансойл» провели опытно-промышленные испытания отечественной депрессорной присадки нового поколения «Рандеп-5102» [4], которая была разработана для применения на вышеуказанном маршруте. Она не только не имела недостатков депрессорной присадки, которая применялась до 2015 года, но и превосходила последнюю по параметрам депрессии и ингибирования парафиноотложений.

Подбор и испытание «Рандеп-5102» для магистрального нефтепровода Кумколь-Каракоин-Шымкент

Работы по разработке отечественной депрессорной присадки начались в 2010 году. Был произведен отбор проб со всех месторождений, которые после формируют нефтесмесь для транспортировки по маршруту Кумколь-Каракоин-Шымкент. Далее каждый образец был обработан в аккредитованной лаборатории ТОО «РауанНалко». Были изучены реологические свойства и температура текучести каждого образца товарной нефти. В таблице 1 приведены значения температуры текучести товарной нефти месторождений Кумкольского региона. Пробы были отобраны и исследованы в 2011 году.

Таблица 1 – Температура потери текучести товарной нефти месторождений Кумкольского региона

	Акшабулак	Ащысай	Коныс-Бектас	ПБККР	Тургай
$T_{\text{тек.}}, ^\circ\text{C}$	6	21	15	9	6

Далее были изучены влияние депрессорной присадки на реологические характеристики и температуру текучести, транспортируемой нефтесмеси.

Таблица 2 – Реологические характеристики общей нефтесмеси обработанной присадками и холостого образца.

Образец	Вязкость образца, сР		Вязкость образца, сР			
	10	10	18	12	9	6
Температура, $^\circ\text{C}$	10	10	18	12	9	6
Нефть холостая проба	7,1	68,7	0,7	8,1	47,5	47,5
Депрессорная смесь	5,2	27,1	0,5	0,9	2,6	47,5
«Рандеп-5102»	5,2	12,7	0,5	0,9	2,5	28,6

Параллельно «Рандеп-5102» прошла схожий комплекс испытаний в НТЦ АО «Казтрансойл». Специалисты НТЦ подтвердили эффективность дессорной присадки ТОО «РауанНалко» и рекомендовали к опытно-промышленным испытаниям.

«Рандеп-5102» также прошла комплекс испытаний в соответствии с требованиями РД 153-39-026-97 и «Схемой проведения работ по отраслевому допуску к применению химпродуктов в нефтяной отрасли», утвержденной Минэнерго РФ 01.02.2002.

В 2015-2016 гг. депрессорная присадка прошла масштабные 8-месячные промышленные испытания в ТОО «СП «КазГерМунай», АО «ПБКР», АО «ТУРГАЙ-ПЕТРОЛЕУМ», ТОО СП «КУАТАМЛОНМУНАЙ», АО «НК «КОР», АО «СНПС-Ай Дан Мунай» и была рекомендована к промышленному применению на 2016–2017 гг. ТОО «РауанНалко» согласовало применение данной присадки с ТОО «ПКОП» в 2014 г.

Результаты промышленных испытаний можно видеть ниже в таблицах 3, 4.

Таблица 3 – Температура потери текучести общей нефтесмеси до начала и средняя потеря текучести обработанной нефти в ходе испытаний

	До начала испытаний	Средняя температура потери текучести в ходе испытаний
$T_{\text{тек.}}, ^\circ\text{C}$	9	0

Таблица 4 – Динамическая вязкость образцов общей нефтесмеси до начала и средняя вязкость обработанной нефти в ходе испытаний

Образец	Вязкость образца, сР		
	20	10	5
Температура, °С			
До начала испытаний	7,8	36,3	95,8
Средняя динамическая вязкость в ходе испытаний	6,5	12,8	19,2

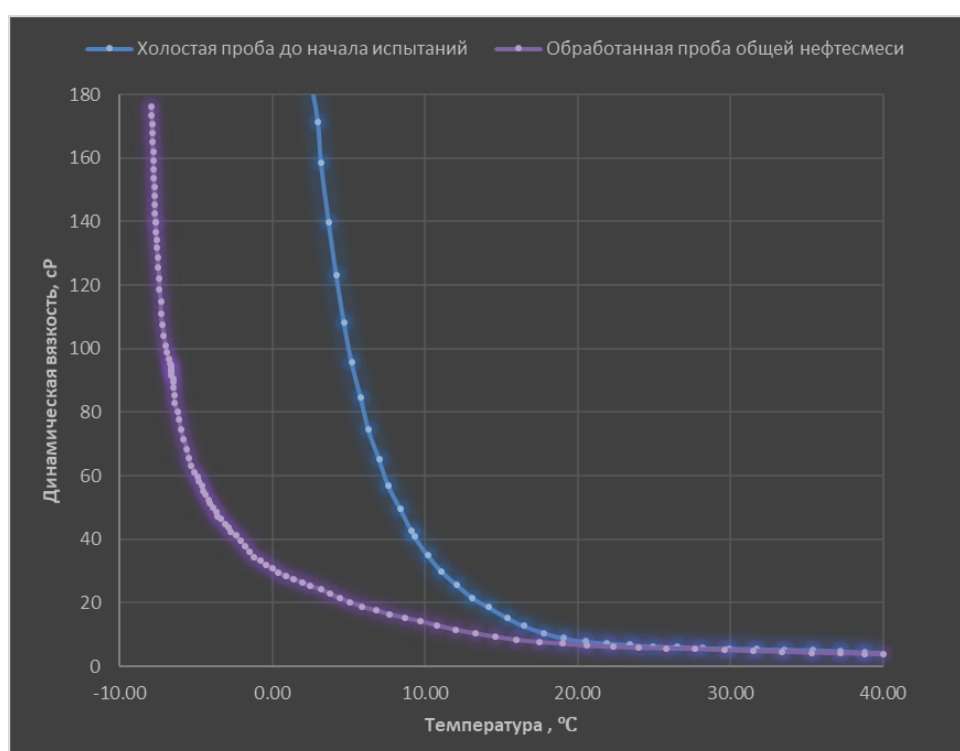


Рисунок 1 – Графическое отображение зависимости динамической вязкости для образцов общей нефтесмеси до начала и средняя вязкость обработанной нефти в ходе испытаний

Заключение. Депрессорная присадка нового поколения ТОО «РауанНалко» «Ранеп-5102», разработанная специально для нефтесмеси, транспортируемой по магистральному трубопроводу превзошла применяемую до этого присадку по многочисленным параметрам. «Рандеп-5102» поставляется в жидкой форме, которая проста в закачке и не требует высокой температуры продукта перед вводом. Присадка ТОО «РауанНалко» превзошла свой аналог по основным реологическим характеристикам, обработанной ею нефти. Успешные промышленные испытания в период 01.09.15–01.04.16 гг. вылились в рекомендации со стороны АО «Казтрансойл» для промышленного использования «Рандеп-5102» на нефтепроводе Кумколь-Каракоин-Шымкент.

Отечественная депрессорная присадка «Рандеп-5102» получила многочисленные положительные отзывы от нефтепользователей, которые сдают нефть в магистральный нефтепровод Кумколь-Каракоин-Шымкент. Также она (депрессорная присадка «Рандеп-5102») была номинирована на премию лучший товар Казахстана в 2016 году.

Литература:

1. Тронов В.П. Механизм образования смоло-парафиновых отложений и борьба с ними. – М.: Недра, 1970. – 192 с.

2. Махмотов Е.С., Сигитов В.Б., Исмурзин О.Б., Кондратьев В.В., Боранбаева Л.Е. Физико-химические и реологические параметры нефтей Республики Казахстан. Справочник на 3-х языках (казахский, русский и английский). Ч.1. – Алматы: Жибек жолы, 2008. – 629 с.

3. Махмотов Е.С., Сигитов В.Б., Боранбаева Л.Е., Дидух А.Г., Алексеев С.Г. Нефтьесми, транспортируемые по магистральным нефтепроводам АО «КазТрансОйл». Справочник на 3-х языках (казахский, русский и английский). Ч.2. – Алматы: Жибек жолы, 2009. – 530 с.

4. Инновационный патент РК 30239. Депрессорная присадка комплексного действия «Рандеп-5102» / Ажгалиев Б.У., Беглеров Е.А., Бекбасов Т.М. – Оpubл. 17.08.15, Бюл. №8.

Поступила 2 марта 2018 г.

МРНТИ 67.53.21

УДК 621.438:621.311.22 67.53.21

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ

Кенжалин А.Р., Нурпеисова К.М.

*Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан
e-mail: supermassiveblackhole1234@mail.ru, nurpeisova_km@mail.ru*

В данной статье рассмотрены «энергосберегающие» технологии в системах теплоснабжения в странах СНГ и дальнем зарубежье. Отмечена необходимость подробного изучения энергосбережения с применением современных технологий при выработке тепла и его использования потребителями. Рассмотрены вопросы рационального использования невозобновляемых природных ресурсов в сфере теплоснабжения, экономии энергии при передаче тепла от источника к потребителю. Показаны возможные пути решения проблемы энергосбережения на этапе потребления, важность теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций, потери при потреблении тепла в жилых домах. Указаны преимущества применения энергоэффективных технологий.

Ключевые слова: *теплоснабжение, энергоресурсы, помещение, отопление, энергосбережение, декларация, структура, автономный источник тепла, ограждающие конструкции, теплоэлектроцентраль.*

Бұл мақалада ТМД елдерінде және шет елдердегі жылу жүйелерінде «Энергия үнемдеу» технологиясын қарастырылады. Жылу көзі мен тұтынушылар пайдаланатын жылу, заманауи технологияларды қолдана отырып энергияны үнемдеу егжей-тегжейлі зерттеу қажеттілігі көрсетілген. Қайнар көзден тұтынушыға жылуды тасымалдау кезінде энергияны үнемдеу мәселелері қарастырылады. Жаңартылмайтын табиғи ресурстарды жылумен жабдықтау саласында тиімді пайдалану. Тұрғын үйлердегі жылуды тұтыну кезінде шығындар құрылымын талдау. Тұтыну сатысында энергия үнемдеу проблемасын шешу жолдары көрсетілген. Энергия үнемдейтін технологияларды қолданудың артықшылықтары қарастырылады. Қоршау конструкцияларының жылу оқшаулау қасиеттерінің маңыздылығы көрсетілген.

Тірек сөздер: *жылумен жабдықтау, энергетикалық ресурстар, үй-жайлар, жылу, энергия үнемдеу, декларация, құрылым, автономды жылу көзі, қоршау құрылыстары, жылу және электр станциялары.*

Consider the «energy-saving» technology in heating systems in CIS countries and far abroad. The necessity of a detailed study of energy savings with the use of modern technology in heat generation in the heat source and use by consumers. The issues of energy saving in the transfer of heat from the source to the consumer are considered. Rational use of non-renewable natural resources in the sphere of heat supply. Analysis of the structure of losses when consuming heat in residential buildings. The ways of solving the energy saving problem at the consumption stage are shown. The advantages of using energy-efficient technologies are considered. The importance of thermal insulation properties of enclosing structures is shown.

Keywords: *heat supply, energy resources, premises, heating, energy saving, declaration, structure, autonomous heat source, enclosing structures, heat and power plant.*

Введение. Развитие экономики сопровождается ростом потребления энергоресурсов. Реализация объявленных национальных программ, особенно в части «доступного и комфортного жилья», вряд ли может быть успешно осуществлена без достаточного количества природных ресурсов. К сожалению, в нашей стране достаточно запутана система доступа к энергоресурсам. Действующая законодательная база противоречива и больше защищает интересы естественных монополистов. Более того, стоимость присоединения к сетям и системам энергоресурсов не только дорога, но имеет и подводные потоки. Объективно, природные ресурсы не бесконечны. Добыча, транспортировка и доставка их до потребителя стоит больших сил и средств [1].

Расчеты показывают, что только в сфере быта потенциальные ресурсы энергосбережения составляют не менее 50 %. Однако проблемы энергосбережения вот уже в течение ряда лет больше декларируются, чем практически решаются. Необходимо сформировать и совершенствовать экономические и организационно-правовые механизмы более интенсивного внедрения энергоэффективных технологий при сохранении, повышении качества и устойчивости функционирования системы коммунальной инфраструктуры городского хозяйства [2].

Сегодняшнее состояние и дальнейшее развитие централизованного теплоснабжения, занимающего одно из главных мест в инфраструктуре и жизнеобеспечении городского хозяйства, с каждым годом будет требовать все больше и больше капитальных затрат. Затраты на тепло – в силу климатических условий Казахстана – являются основными в бюджете государства, регионов и населения. Это потребует комплексного подхода к рассмотрению эффективного использования энергетических ресурсов как при их производстве, транспортировке, так и при потреблении, с учетом сбалансированности интересов, как производителей, так и потребителей [3].

Повышение инвестиционной привлекательности внедрения энергоэффективных технологий должно стимулироваться со стороны частных инвесторов. Учитывая уровень технического состояния систем теплоснабжения и квалификацию обслуживающего персонала в звене производства тепла в большей мере необходимо сделать упор на внедрение энергосберегающих технологий в сфере потребления. Тут есть серьезные проблемы как в сфере существующего жилищно-коммунального фонда, так и в сфере нового строительства. К сожалению, существующая либеральность строительных норм и правил позволяет тиражировать проектирование и строительство энергозатратных жилых и общественных зданий. Меры по снижению удельных затрат энергии на отопление и вентиляцию на стадии проектирования принимаются недостаточные, а качество строительства зачастую сводят их на нет. Действие мер должно быть направлено и на то, чтобы выработать экономически и технически обоснованные и экспериментально подтвержденные нормативы, соблюдение которых контролировалось бы не только на всех стадиях инвестиционного процесса, но и при последующей эксплуатации [4]. Необходимо принять меры снижения экологической нагрузки на окружающую среду не только за счет абсолютного снижения использования энергоресурсов, но и за счет применения экологически чистого оборудования, технологический процесс которых проходит со значительным снижением вредных выбросов в атмосферу.

Основная часть. В настоящее время существует целый ряд технологий, позволяющих значительно снизить расход энергоресурсов для теплоснабжения жилых домов и промышленных предприятий. Используемые энергосберегающие технологии в системах

потребления тепла дают одинаковый эффект независимо от того, централизованная или автономная система теплоснабжения.

Спор о целесообразности применения этих систем в последнее время разгорается все с большей силой. Однако он беспочвенен, если в каждом случае присутствует квалифицированный, технико-экономический расчет и озабоченность экологической безопасностью [5].

Анализ структуры потерь при потреблении тепла в жилых домах позволяет определить основные пути решения проблемы энергосбережения на этапе потребления:

1. Применение горизонтальной поквартирной разводки системы отопления с индивидуальным управлением и учетом потребляемой тепловой энергии для нового строительства и установки регистраторов тепла для существующего жилого фонда.

2. Разработка и внедрение энергоэффективной схемы приточно-вытяжной вентиляции для зданий с повышенной герметизацией ограждающих конструкций, обеспечивающей комфортность проживания, защиту и сохранность строительных конструкций от повышенной влажности.

3. Переход от мощных центральных тепловых пунктов к использованию автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) в каждом здании с количественно-качественным регулированием потребления тепла в зависимости от температуры наружного воздуха и переходом на внутридомовой температурный график 80–60 °С с возможностью применения пластиковых труб в системах отопления и горячего водоснабжения.

4. Использование современных строительных материалов и технологий, таких как возведение ограждающих конструкций методом несъемной опалубки, повышение теплоизоляционных свойств фасадов, установка оконных конструкций повышенной герметичности и т. д., позволяющих значительно снизить потери тепла через ограждающие конструкции и окна.

Часть из вышеперечисленных технологий, как например, повышение теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций, записаны в нормативных документах и обязательны к применению, другие же оставлены на усмотрение проектировщиков и строителей [6].

Рассмотрение структуры потерь тепла при производстве, транспортировке и потреблении позволяет наметить для реализации основные пути повышения энергоэффективности в этой сфере:

1. Приблизить источники тепла, работающие на газе, к потребителю с целью уменьшения потерь тепла при транспортировке путем устройства пристроенных, встроенных, крышных автоматизированных котельных.

2. Организовать системы диспетчеризации, управления и учета производства и потребления тепловой энергии, используя самые современные информационные технологии, что позволит перевести систему теплоснабжения на качественно новый уровень интеллектуальных систем.

3. Использовать вместо существующего качественного метода регулирования с температурным графиком 150–70 °С количественный метод отпуска тепла с частотно-регулируемым электроприводом циркуляционных насосов с постоянной температурой теплоносителя 115–60 °С в отопительный период и 75 °С в неотапительный период, который позволяет снизить коррозионный износ тепловых сетей и перейти на использование пластиковых материалов на обратном трубопроводе.

4. При наличии обоснования экономического эффекта использовать для целей теплоэлектроснабжения промышленных предприятий и жилых районов мини-ТЭЦ на базе современных газопоршневых или газотурбинных установок, устройство электрических надстроек существующих котельных с использованием партурбинных или газотурбинных агрегатов.

При проектировании и строительстве экспериментального жилого района Куркино (Россия, Московская область) некоторые из вышеперечисленных технологий были успешно внедрены. В частности, для теплоснабжения микрорайонов были использованы автономные источники теплоснабжения с количественно-качественным способом регулирования отпуска тепла, автоматизированные индивидуальные тепловые пункты с погодозависимым регулированием для каждого здания, для части зданий были запроектированы системы отопления с горизонтальной поквартирной разводкой [7]. В одном из автономных источников тепла была использована каталитическая установка Российского производства, позволяющая значительно снизить количество вредных выбросов в атмосферу. В настоящее время широко развито строительство «теплых домов» – зданий с повышенной теплоизоляцией ограждающих конструкций.

Цивилизация систем централизованного теплоснабжения, как отмечают многие эксплуатирующие организации, должно происходить именно таким путем и главным образом созданием условий для неразрывности всей цепи от выработки тепла до потребителя. Таким путем пошли теплоснабжающие организации в странах Восточной Европы и добились реального снижения затрат на отопление, повысив коммерческую привлекательность квартир, построенных в 60–70 годах прошлого столетия [8].

Однако, опыт внедрения новых технологий не получил широкого распространения в нашей стране. Применение инженерных систем, позволяющих значительно снизить расход природных ресурсов, уменьшить вредную нагрузку на окружающую среду, по-прежнему носит случайный эпизодический характер. При новом строительстве и реконструкции продолжают применяться традиционные системы вертикальной разводки систем отопления, не позволяющие организовать индивидуальный учет и регулирование тепла, вместо использования автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов, расширяются и реконструируются центральные тепловые пункты, не обеспечивающие экономию электроэнергии, тепла и воды.

Заключение. Рассмотрение вопроса «Энергоэффективность» зачастую носит формальный характер, отсутствует контроль за внедрением ресурсосберегающих технологий на этапе сдачи и эксплуатации. Основными препятствиями на пути активного внедрения мероприятий по энергосбережению являются: во-первых, во многих случаях некоторое увеличение капитальных затрат при строительстве и отсутствие механизма возврата вложенных средств, во-вторых, приверженность традиционным технологиям, боязнь нового. Для решения задач повышения энергоэффективности экономики, придания этому процессу системного характера существуют два направления.

Во-первых, это создание условий экономической заинтересованности субъектов во внедрении новых технологий и экономии ресурсов, во-вторых – административный контроль. Необходимо создать правовую основу для стимулирования внедрения энергоэффективных, ресурсосберегающих технологий всеми хозяйствующими субъектами вне зависимости от форм собственности.

В теплоснабжении крупных городов необходимо провести работы для выбора экономических и научно-обоснованных нормативов по эффективности внедрения ресурсосберегающих технологий с целью определения удельных показателей расхода ресурсов, проверки гипотезы эффективности внедрения новых технологий при новом строительстве. Внести изменения и дополнения в существующие нормативно-технические документы, с учетом обязательного использования энергоэффективных технологий.

Литература:

1. Стронг А.С., Никулин М.В. Опыт энергетического мониторинга жилых домов с централизованным теплоснабжением. // Энергосбережение. – 2001. – № 4. – С.68–69.
2. Филиппов В. П., Панфилов В. И. Опыт внедрения современных энергосберегающих технологий в системах теплоснабжения. // Энергетик. – 2001. – № 6. – С.38–39.
3. Балувев Е.Д. Перспективы развития централизованного теплоснабжения. // Сибирь: Теплоэнергетика, 2001. – 203 с.
4. Беляев В.М., Ивашин В.В., Шатравская О.А. Основы экологии и энергосбережения. – Минск: Издательство МИУ, 2011. – 255 с.
5. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. – Москва: НИИСФ, 2008. – 496 с.
6. Богуславский Л.Д. Экономия теплоты в жилых зданиях. – Москва: Строиздат, 1990. – 119с.
7. Шарипов А. Я. Энергоэффективные мероприятия и энергосберегающие технологии в системе теплоснабжения жилого района Куркино г. Москвы. // Энергосбережение. – 2001 – № 5. – С.10–13.
8. Теплоснабжение: Учебник для вузов/ А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая; Под ред. А.А. Иониной. – Москва: Стройиздат, 1982. – 439 с.

Поступила 12 февраля 2018 г.

МРНТИ 73.31.41

УДК 656.13

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН С ЦИКЛОИДАЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Ли С.В., Мурзахметова У.А., Сипаков И.Н., Ним В.М., Злавинов А.Т.

Казахская автомобильно-дорожная академия им. Л.Б. Гончарова (КазАДИ),

Алматы, Республика Казахстан

e-mail: lee.sergei@list.ru

Поперечное сечение рабочего органа (РО) машины представляет собой плоскую треугольную фигуру. Точки этой фигуры при вращательном движении вокруг двух параллельных осей описывают кривые линии – гипоциклоиды с прямолинейными ветвями. Боковые образующие сечения перекатываются по этим ветвям, как по направляющим. Именно эта особенность движения РО (по взаимноогibaющим кривым) используется в ручной машине. Машины для резки листовых материалов относятся к ручным строительным машинам (РМ), рабочий орган которых приводится в движение двигателем, а вспомогательное движение (подача) – оператором вручную. Ручные машины (ножницы) для резки и раскроя листовых материалов могут быть использованы в строительстве, на малых ремонтно-механических предприятиях (СТО, мастерские), в условиях сельского хозяйства (мастерские по ремонту техники), на предприятиях бытового обслуживания населения, а также в личном и подсобных частных хозяйствах. В статье определены кинематические характеристики РО ручной машины с циклоидальным движением.

Ключевые слова: машины строительного производства, производительность, циклоидальное движение, рабочий орган, основные параметры, взаимноогibaющие кривые, гипотрохоида, сателлит.

Жұмыс органы машинаның көлденең қимасы тегіс үшбұрышты пішіні болып табылады. Тікелей филиалдары бар гипоциклоиды – екі параллель ось айналасында айналмалы қозғалыс бұл көрсеткіш балл қисық сипаттайды. Бағыттағыштың-ақ осы филиалдарына бөлімін қалыптастыру жағы ролл. Ол машинада қолданылатын жұмыс органы қозғалысының осы ерекшелігі болып табылады. Кесу материалдарын кесуге арналған машиналар жұмыс органы қозғалтқышты басқаратын қолмен жүретін конструкциялық машиналарға және қосалқы қозғалысқа (тамақтандыруға) жатады. Кесетін материалдарды кесу және кесу үшін қолмен жұмыс істейтін машиналар (қайшылар) құрылыста, кіші жөндеу және механикалық кәсіпорындарда (шеберханалар, шеберханалар), ауыл шаруашылығында (жабдықты жөндеу шеберханаларында), мемлекеттік қызмет көрсету кәсіпорындарында, және қосалқы шаруашылықтар. Мақалада циклоидті қозғалыстағы қолмен жүретін машинаның РО кинематикалық сипаттамалары анықталған.

Тірек сөздер: құрылыс техникасы, өнімділік, циклоидтық қозғалыс, жұмыс органы, негізгі параметрлері, өзара бүктелген қисықтар, гипотрохоид, сателлит.

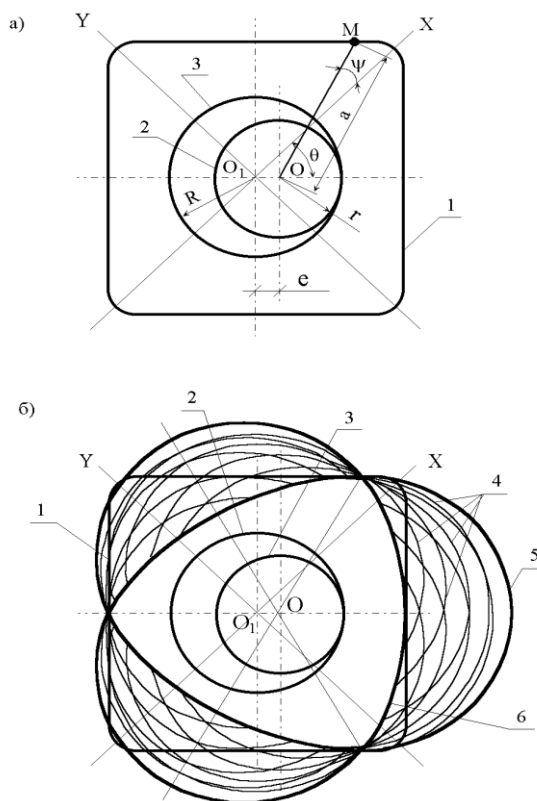
The cross-section of the working element (RO) of the machine is a flat triangular figure. The points of this figure, when rotated about two parallel axes, describe curves – hypocycloids with rectilinear branches. The lateral cross-sections are rolled along these branches, both along the guides. It is this feature of RO motion (by mutually bending curves) that is used in the hand machine. Machines for cutting sheet materials refer to hand-held construction machines (PM), the working organ of which is driven by the engine, and auxiliary

motion (feed) – by the operator in manual. Manual machines (scissors) for cutting and cutting sheet materials can be used in construction, at small repair and mechanical enterprises (workshops, workshops), in the conditions of agriculture (workshops for the repair of equipment), at public service enterprises, as well as in personal and subsidiary private farms. The article defines the geometric characteristics of the RO of a manual car with a cycloidal motion. It is necessary to choose the geometric characteristics of PO in terms of minimum energy consumption.

Keywords: *construction machinery, productivity, cycloidal movement, working body, basic parameters, mutually bending curves, hypotrochoid, satellite.*

Кинематический анализ и определение кинематических параметров рабочего органа ручной машины выполнено аналитическим методом. Применение этого метода возможно, когда получены и известны формулы для определения необходимых кинематических параметров. В нашем случае рабочий орган (подвижный нож) машины соосно связан с сателлитом и совершает с ним циклоидальное (планетарное) движение, при этом вершины рабочего органа описывают ту, или иную гипотрохоиду (рисунок 1).

Любая точка связанная с производящим кругом вращается вокруг двух параллельных осей проходящих через центры O и O_1 . Скорость точки M (рисунок 1) суммируется из линейной скорости центра O при его вращении вокруг центра O_1 равной $\omega_2 \cdot e$ и линейной скорости $\omega_1 \cdot r$ при вращении точки M вокруг центра O . Скорость точки M равна нулю, так как эта точка является точкой контакта производящего круга с неподвижной направляющей окружностью.



а – гипотрохоида при $z = 3$; б – внешняя и внутренняя огибающие при $z = 3$;

Рисунок 1– Образование трохоид

Тогда:

$$\omega_2 \cdot e + \omega_1 \cdot r = 0,$$

откуда

$$\omega_1 / \omega = -e / r = -1 / z.$$

Получаем

$$\psi / \theta = -1/z ; \quad \psi = -\theta/z.$$

Угловая скорость производящего круга, при его вращении вокруг центра O в z раз меньше угловой скорости этого центра при его вращении вокруг центра O_1 , направление угловых скоростей противоположное, поэтому они имеют различные знаки.

В ручной машине нами применен планетарный механизм Джеймса, в котором водило H получает вращение от приводного двигателя, а сателлит 2 обкатывается внутри коронного зубчатого колеса 3 (рисунок 2).

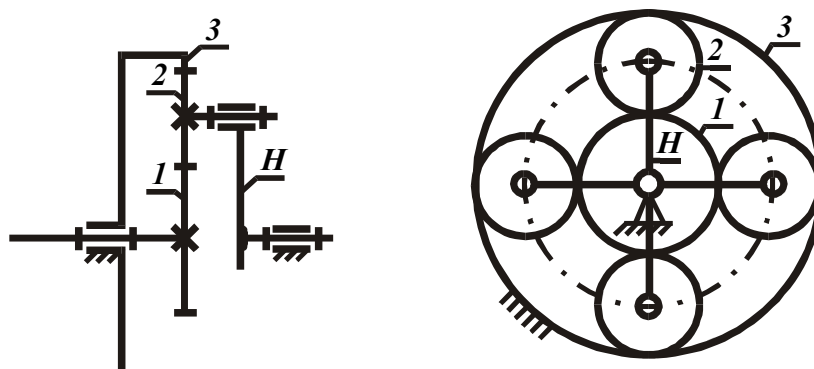


Рисунок 2 – Механизм Джеймса

Отклонение радиусов колеса и сателлита при числе вершин рабочего органа PO равных z :

$$\frac{R}{r} = \frac{z+1}{z}, \quad r = z \cdot e,$$

а

$$\frac{R}{r} = \frac{z+1}{e}.$$

Передаточное число планетарного механизма от водила к сателлиту

$$i = \frac{r}{r-R} = \frac{ze}{ze - e(z+1)} = -z$$

пропорционально числу вершин рабочего органа z . В нашей конструкции ручной машины число вершин рабочего органа $z = 3$ и при эксцентриситете $e = 3$ передаточное число планетарного механизма будет равно $i = 3e/-e = -3$, а вершины рабочего органа будут

описывать гипотрохиду – квадрат с прямолинейными сторонами. При постоянной подводимой мощности частота вращения сателлита рабочего органа и крутящий момент зависят от передаточного числа i планетарного механизма. При увеличении передаточного числа i планетарного механизма происходит уменьшение частоты вращения сателлита рабочего органа и увеличение крутящего момента на нем.

Скорость движения рабочего органа является одним из основных параметров, от которого зависит производительность ручной машины.

Продифференцировав по времени уравнение гипотрохиды определим скорость точки, описывающей гипотрохиду [1,2]:

$$\left. \begin{aligned} v_x &= -\omega_1 r (\sin z\psi + c \sin \psi) \\ v_y &= -\omega_1 r (-\cos z\psi + c \cos \psi) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Тогда, абсолютная величина скорости:

$$v = \omega_1 r \sqrt{1+c^2 - 2c \cos (z+1)\psi}, \quad (2)$$

где $\omega_1 = d\psi/dt$ – угловая скорость точки.

Скорость $v = f(\psi)$ периодически изменяется от минимального значения: $v_{\min} = \omega_1 r(c-1)$ до максимального значения $v_{\max} = \omega_1 r(c+1)$, что видно из анализа выражения (2).

Определим среднюю скорость точки рабочего органа проинтегрировав выражение (2). Тогда:

$$v_{cp} = \frac{2}{p} \int_0^{p/2} v(\psi) d\psi = \frac{2}{p} \omega_1 r \int_0^{p/2} \sqrt{1+c^2 - 2c \cos(z+1)\psi} d\psi. \quad (3)$$

Можно определять среднюю скорость точки рабочего органа с достаточной для инженерных расчетов точностью, как среднее квадратичное или среднее арифметическое значение максимальной и минимальной скорости.

Тогда средняя квадратичная скорость определится по выражению:

$$v_{cp.кв.} = \left[\frac{2}{p} \int_0^{p/2} v^2(\psi) d\psi \right]^{1/2} = \omega_1 r \sqrt{1+c^2} \quad (4)$$

Средняя арифметическая скорость определится как среднее арифметическое максимальной и минимальной скоростей:

$$v_{cp.ap.} = \frac{v_{\max} + v_{\min}}{2} = \omega_1 z e. \quad (5)$$

Используя зависимости (1-5) можно определить основные кинематические параметры рабочего органа и планетарного механизма на стадии проектирования ручной машины. В нашем случае при числе вершин рабочего органа $z = 3$ и параметре формы $c = 3$

производящая точка описывает гипотрохиду, практически совпадающую с контуром квадрата.

Скорость производящей точки будет максимальной v_{\max} при $\psi = 45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ т.е. когда производящая точка находится в середине ветви гипотрохиды $\cos(z+1)\psi = -1$ (2). Скорость производящей точки будет минимальной v_{\min} при $\psi = 0^\circ; 90^\circ; 180^\circ; 270^\circ$; т.е. когда производящая точка находится в вершине гипотрохиды $\cos(z+1)\psi = 1$ (2). Таким образом, видно что скорость точки в середине ветви гипотрохиды в два раза больше, чем в вершине ветви (рисунок 3). При этом отношение $\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{4}{z} = 2$.

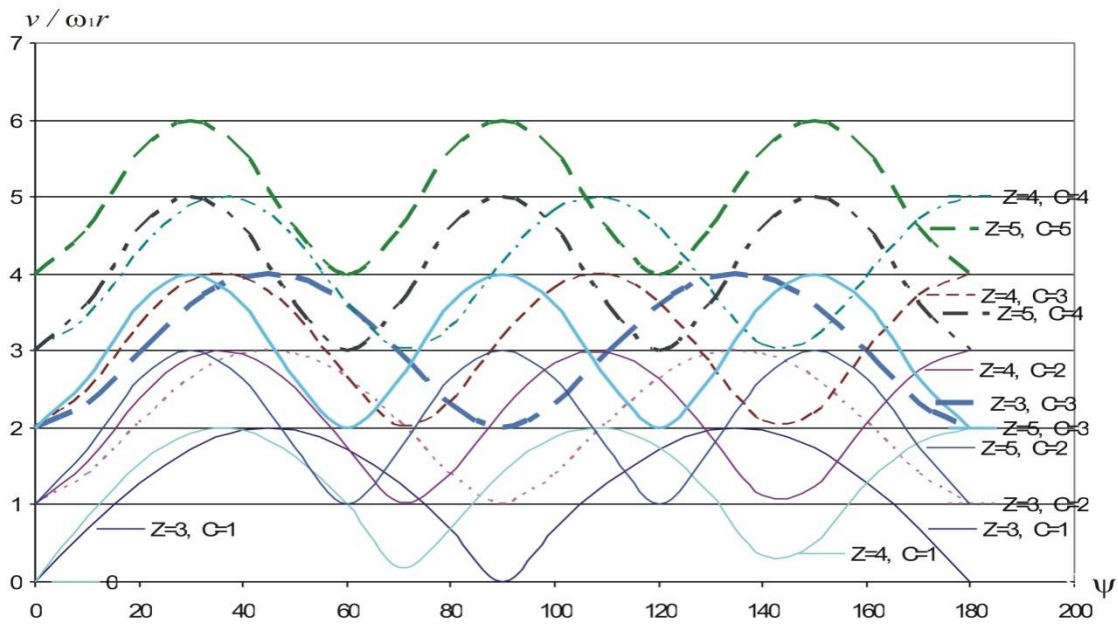


Рисунок 3 – Зависимость безразмерной скорости ножа от угла его поворота

Найдем ускорения вершин рабочего органа. Для этого продифференцируем по времени уравнение (1):

$$\left. \begin{aligned} w_x &= -\omega_1^2 r(z \cos z\psi + c \cos \psi) \\ w_y &= \omega_1^2 r(z \sin z\psi - c \sin \psi) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Тогда абсолютная величина ускорения:

$$w = \sqrt{w_x^2 + w_y^2} = \omega_1^2 r \sqrt{z^2 + c^2 - 2zc \cos(z+1)\psi} \quad (7)$$

Ускорение w изменяется в пределах:

$$\begin{aligned} \text{от } w_{\min} &= \omega_1^2 zc(c-z) \text{ при } \rho = \rho_{\min} \\ \text{до } w_{\max} &= \omega_1^2 zc(c+z) \text{ при } \rho = \rho_{\max} \end{aligned}$$

В отличие от скорости, ускорение вершины рабочего органа имеет минимальное значение в серединах ветвей гипотрохиды, а максимальное значение в вершинах ветвей.

Среднее ускорение вершины рабочего органа:

$$w_{cp} = \frac{2}{p} \int_0^{p/2} w(t) dt = \frac{2}{p} \omega_1^2 r \int_0^{p/2} \sqrt{z^2 + c^2 - 2zc \cos(z+1)} t dt. \quad (8)$$

Среднее квадратичное ускорение:

$$w_{cp.кв.} = \left[\frac{2}{p} \int_0^{p/2} \omega_1^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} = \omega_1^2 r \sqrt{z^2 + c^2}. \quad (9)$$

Определим нормальное и тангенциальное ускорения вершин рабочего органа для этого разложим ускорение w на две составляющие w_n и w_t , направленные по нормали и по касательной к контуру рабочего органа.

Тогда нормальное ускорение можно записать в виде:

$$w_n = -\frac{\left(\frac{\partial w}{\partial n}\right)}{|n|} = -\frac{w_x n_x + w_y n_y}{|n|},$$

где \vec{n} – вектор, направленный по внешней нормали к контуру;
 $|n|$ – модуль этого вектора.

После преобразований получаем

$$w_n = \omega_1^2 r \frac{-z + c^2 + (z-1)c \cos(z+1)\psi}{\sqrt{1 + c^2 - 2c \cos(z+1)\psi}}. \quad (10)$$

Нормальное ускорение w_n изменяется в пределах от $w_n = \omega_1^2 r(c - z)$ до $w_n = \omega_1^2 r(c + z)$.

Тангенциальное ускорение:

$$w_t = \frac{\left(\frac{\partial w}{\partial \tau}\right)}{|\tau|} = \frac{w_x \tau_x + w_y \tau_y}{|\tau|},$$

где $\vec{\tau}$ – вектор, касательный к контуру;
 $|\tau|$ – модуль этого вектора.

Принимая во внимание, что $|\tau| = |n|$, имеем

$$w_t = -\omega_1^2 r \frac{(z+1)c \sin(z+1)\psi}{\sqrt{1+c^2-2c \cos(z+1)\psi}}. \quad (11)$$

Из анализа выражения (11) видно, что тангенциальное ускорение ограничено пределами, не зависящими от параметра формы гипотрохида c :

$$-\omega_1^2 r(z+1) \leq w_t \leq \omega_1^2 r(z+1).$$

Выводы:

1. Математическое моделирование геометрических и кинематических параметров позволяет на стадии проектирования определить форму, размеры, конфигурацию рабочего органа (ножа), а также проанализировать изменения скорости и ускорения его вершин, установить их минимальные и максимальные значения и период их изменения. Сравнительный анализ обеспечивает оперативную оценку вариантов проектных решений и выбор наиболее рационального для определенных (заданных) условий.

2. Установлено, что скорость точки в каждой вершине гипотрохида минимальна, а в середине каждой ветви максимальна. Таким образом, при перемещении от вершины до середины производящая точка движется с ускорением, а от середины ветви до следующей вершины точка движется с замедлением.

3. Получены выражения скорости (5–7) и ускорения (6–11) точки РО, используя которые можно определить на стадии проектирования скорость и ускорение любой точки вершин РО РМ.

4. Высокая эффективность РО с гипоциклическим движением поверхностей обеспечивает конкурентоспособность нового направления совершенствования ручных строительных машин [3].

Литература:

1. Ли С.В. Проектирование и конструирование строительно-дорожных машин с планетарно-роторным движением рабочих органов // Вестник Национальной инженерной академии РК. – 2004. – №4 (14). – С. 68–73.
2. Ли С.В., Есенгалиев М.Н. Основы расчета кинематических и динамических параметров рабочих органов строительно-дорожных машин с циклоидальным движением // Вестник КазАТК. – 2007. – №1. – С. 125–129.
3. Патент РК №31859. Ручные электроножницы. Опубл. 28.02.2017 г. Бюл. №4. Ли С.В. и др.

Поступила 2 декабря 2017 г.

МРНТИ 20.15.31

УДК 004.6

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДОСТУПА К НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ РЕСУРСАМ В КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЯХ

Рахматуллаев М.А., Норматов Ш.Б, Каримов У.У.

Ташкентский университет информационных технологий им. Мухаммада ал-Хорезми,

Ташкент, Узбекистан

e-mail: marat56@mail.ru, shb.normatov@gmail.com, oktam13_89@mail.ru

Статья включает результаты исследований по созданию интегрированной информационной системы. Система ориентирована на обеспечение доступа к электронным научно-образовательным ресурсам в корпоративной библиотечной сети высших учебных заведений. Рассмотрены вопросы взаимодействия различных подсистем системы, как на уровне метаданных, так и на уровне функциональных программных комплексов. Основными подсистемами интегрированной системы являются: информационно-библиотечная система, определение аналога, информационная безопасность. При создании интегрированной системы используются методы Cloud Technology, создания электронных библиотек и корпоративных сетей. Интегрированная система служит не только для создания баз данных научной информации и предоставления к ним доступа, но и аккумуляции мировых информационных ресурсов из лицензионных источников (EBSCO Information Services, Springer и др.). Некоторые важные результаты исследований внедрены при создании корпоративной информационно-библиотечной сети вузов Узбекистана и Ташкентского университета информационных технологий.

Ключевые слова: *интегрированная система, информационно-библиотечная система, электронный каталог, информационная безопасность, база данных, научно-образовательные ресурсы, облачные технологии, электронная библиотека.*

Мақалада интеграцияланган ақпараттық жүйені құру бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Жүйе жоғары оқу орындарының корпоративтік кітапханалық желісінде электрондық ғылыми және білім беру ресурстарына қолжетімділікті қамтамасыз етуге бағытталған. Метадеректер деңгейінде, сонымен бірге функционалдық бағдарламалық кешендер деңгейінде де жүйенің әртүрлі кіші жүйелерінің өзара әрекеттесуі мәселесі қарастырылған. Интеграциялық жүйенің негізгі кіші жүйелері: ақпараттық кітапханалық жүйе, аналогтық анықтама, ақпараттық қауіпсіздік болып табылады. Біртұтас жүйені құру кезінде Cloud Technology, электрондық кітапханаларды және корпоративтік желілерді құру әдістері қолданады. Интеграциялық жүйе тек қана ғылыми ақпараттың дерекқорларын жасауға және оларға қол жетімділікті қамтамасыз етуге ғана емес, сонымен бірге лицензиялық көздерден (EBSCO Information Services, Springer және т.б.) жаһандық ақпараттық ресурстар жинақтауға қызмет етеді. Өзбекстан ЖОО және Ташкент ақпараттық технологиялар университетінде корпоративті ақпараттық-кітапханалық желісін құруда бірқатар маңызды зерттеулер нәтижелері енгізілді.

Тірек сөздер: *интеграциялық жүйе, ақпараттық-кітапханалық жүйе, электрондық каталог, ақпараттық қауіпсіздік, дерекқор, ғылыми және білім беру ресурстары, бұлтты технологиялар, электронды кітапхана.*

The article includes the results of studies on the creation of the integrated information system. The system is aimed to provide the access to electronic scientific and educational resources in the corporate library network of higher education institutions. The issue of interaction of various subsystems of the system both at the level of metadata and at the level of functional software complexes is considered too. The main subsystems of the integrated system are: information library system, analogue definition, information security. The methods of Cloud Technology, creation of electronic libraries and corporate networks to create the integrated system are used. The integrated system serves not only to create databases of scientific information and provide access to them, but also to accumulate global information resources from licensed sources (such as EBSCO Information Services, Springer, etc.). Some important research results were introduced in the creation of the corporate information library network of universities in Uzbekistan and the Tashkent University of Information Technologies.

Keywords: *Integrated system, information library system, electronic catalog, information security, database, scientific and educational resources, cloud technologies, electronic library.*

Введение. В настоящее время задачи развития корпоративных информационных сетей для доступа к общим ресурсам становятся наиболее актуальными. Это связано с ростом объема данных и проблемами отсева ненужной или менее актуальной информации. В системе высшего образования особенно есть большая потребность в доступе к ценным научно-образовательным ресурсам, их эффективному накоплению и использованию в корпоративной сети, которая должна позволять не только исключить дублирование данных, но и определять аналоги документов и плагиат.

В последнее время в научных и прикладных исследованиях все больше появляются работы, посвященные разработке методов и программных средств интеграции разнородных информационных систем [1–3]. Большинство существующих информационных систем для предоставления доступа к источникам научной информации ориентированы на использовании стандартных библиотечных подсистем (каталогизация, комплектование, статистика и др.), которые чаще всего работают автономно от других автоматизированных систем этой корпорации. Наблюдается дублирование данных, повтор программных модулей, с одинаковыми функциональными свойствами, замедление процессов обработки информации и др. Во многих случаях не учитывается «цена» информации, ее статус, уровень доступа. Или документ считается источником открытого доступа, или к нему доступ закрыт (ограничен). Причем нет строгого обоснования как открытости, так запрета доступа. Поэтому имеется большая необходимость в анализе научной информации, в разработке методов и средств интеграции различных функциональных модулей для повышения эффективности не только доступа к научным базам данных, но и решения вопросов санкционированного доступа, защиты баз данных, определения аналогов (и плагиата) документов. Ниже рассмотрена функциональная структура интегрированной информационной системы для формирования научной информации и поиска в базах данных, характеристики задач подсистемы информационной безопасности, поиска аналогов текстов в интеграции с электронной библиотекой научной документации.

Основная часть. Рассмотрим структуру интегрированной автоматизированной системы для обработки, передачи и хранения данных в корпоративной информационно-библиотечной сети высших учебных заведений (рисунок 1).

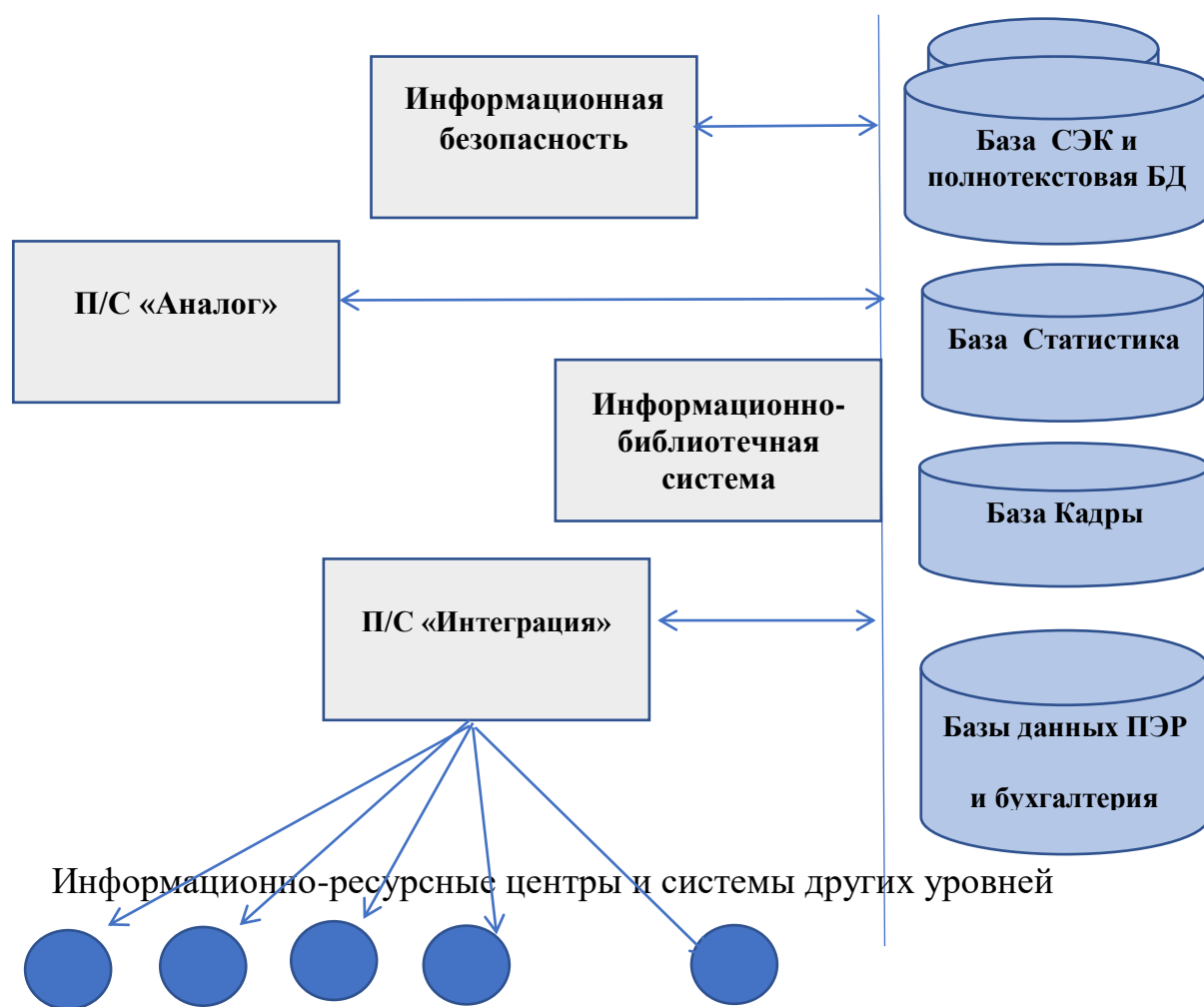


Рисунок 1 – Функциональная структура Интегрированной информационной системы

Подсистема ИБС

Информационно-библиотечная система (ИБС) предназначена для автоматизации функций комплектования фондов библиотек, каталогизации на основе международных форматов, поиска информации, формирования статистической информации об использовании ресурсов и т.д. Это главная подсистема интегрированной системы, которая по существу и обеспечивает формирование научно-образовательных ресурсов и доступ к ним в различных режимах функционирования (локальном, онлайн-овом и др.) и выполняет следующие функции:

- ❖ позволяет формировать и обрабатывать электронные каталоги и полнотекстовые базы данных электронных учебников, книг, периодических изданий, справочно-методической литературы и др., а также формировать сводный электронный каталог участников консорциума в корпоративной сети;
- ❖ она ориентирована на работу, как в локальных вычислительных сетях, так и в корпоративных Интернет сетях с использованием VPN технологии без ограничения количества пользователей при условии, что клиентской платформой является Windows;
- ❖ позволяет обрабатывать и описывать любые виды изданий, как традиционные (книги, учебники, журналы, статьи и т.д.), так и нетрадиционные (аудио- и видеоматериалы, компьютерные файлы и программы, картографические материалы и ноты и т.д.);

❖ полностью совместима с международным стандартом ядра DUBLIN Core для описания библиографических данных и поддерживает электронные каталоги на коммуникативных форматах MARC21, UNIMARC и RUSMARC;

❖ позволяет вводить данные в электронный каталог в упрощенной форме по структуре DUBLIN Core и затем конвертировать в структуру MARC;

❖ осуществляет дистанционный доступ к электронным библиотечным ресурсам через Интернет и позволяет заимствовать записи у других библиотек;

❖ позволяет создавать личный электронный кабинет для читателей, вести учет их заказов (статистику), дистанционно обслуживать, подавать заказы как по электронному каталогу библиотеки, так литературы, которая в ней отсутствует.

Подсистема ИБС была разработана в нескольких версиях (RARMAT и ARMAT++) в Ташкентском университете информационных технологий и внедрена в корпоративной сети информационно-ресурсных центров вузов республики.

Подсистема «Интеграция».

Эта подсистема выполняет функции интеграции ИБС с другими подсистемами, которые напрямую не связаны с формированием ресурсов, но выполняют важные функции обеспечения достоверности информации и санкционированного доступа к ним. Такими подсистемами могут быть автоматизированные системы формирования сводного электронного каталога, расчета планово-экономических и бухгалтерских расчетов, системы документооборота и управления, определения антиплагиата, обеспечения информационной безопасности, электронного правительства, интеграции с ИБС других уровней и классов и др.

Основное назначение подсистемы:

- интеграция различных подсистем с разными функциональными возможностями на уровне метаданных и баз данных;
- исключение дублирования данных и функций в интегрированных подсистемах;
- обеспечение оперативности передачи данных между функциями (подсистемами), базами данных разных уровней;
- сбор и обработка данных для формирования статистических данных о работе системы в целом и отдельных ее подсистем и задач;
- формирование обобщенных данных (таблиц) из разных источников.

Принципы, заложенные в интегрированной системе, сродни принципам концепции Library 2.0 и Cloud Computing. Для информационно-библиотечных сред они сводятся к следующим требованиям:

- ориентация на индивидуум;
- активизацию роли пользователя в создании, как интегрированных информационных ресурсов, так и оригинальных, личных;
- развитие виртуальных личных кабинетов пользователя;
- организацию и проведение совместных форумов – «читатель–библиотекарь» или, более расширенный – «читатель – библиотекарь – создатель информационных ресурсов»;
- расширение возможностей сводных электронных каталогов и систем доступа к полнотекстовым электронным ресурсам коллективного пользования;
- развитие средств и методов самообслуживания в получении информационных услуг;

- максимальное, экономичное использование пользователями технических, технологических и информационных ресурсов корпоративной сети.

При создании интегрированной системы в условиях функционирования ее корпоративной библиотечной сети вузов формируется информационное пространство на головном сервере. Информационное пространство предоставляет возможность хранить как главную базу данных корпоративных информационных ресурсов, так и персональные данные библиотек – членов консорциума (таблица 1).

Таблица 1 – Информационное пространство головного сервера (Information space of the General Server)

Главная база данных корпоративных информационных ресурсов в General Server	Персональные кабинеты библиотек – членов консорциума в пространстве General Server	
	1	N
Статистика корпоративной сети и баз данных (запросы, категории запросов, выполненные услуги, использованная литература)	Статистика i-й библиотеки (запросы, категории запросов, выполненные услуги, использованная литература)	
Сводный электронный каталог	Электронный каталог i-й библиотеки	
Полнотекстовые источники корпоративной сети (общие источники)	Полнотекстовые базы данных, созданные в библиотеке	
	Данные пользователей библиотеки	
Ссылки на источники	ID – password библиотеки	
Данные пользователей		

Теоретически на головном сервере (General Server) может быть пространство для неограниченного количества библиотек (от 1 до N). Персональные кабинеты библиотек – членов консорциума в пространстве General Server включают следующие данные о каждой библиотеке: статистика библиотеки (запросы, категории запросов, выполненные услуги, использованная литература), Электронный каталог, Полнотекстовые базы данных, созданные в библиотеке, Данные пользователей библиотеки, ID – password библиотеки [4].

Администрирование базы данных происходит централизованно. Качество библиографических записей проверяется высококвалифицированными специалистами.

Сводный электронный каталог формируется на основе MARC21 коммуникативного формата. Тем библиотекам, которые работают на UNIMARC, оказывается помощь в конвертации библиографических записей на MARC21. Для обмена библиографическими записями используется стандарт ISO 2709. Каждая библиотека может создавать свое информационное подпространство в главном сервере, формировать свои личные информационные ресурсы, используя корпоративные, формировать базу статистических данных об использовании ресурсов и пользователях. Кроме того, есть возможность создания персональных кабинетов для читателей библиотек и корпоративных ресурсов (таблица 2). Это позволяет пользователям, используя дисковое пространство на головном сервере, создавать свою индивидуальную электронную библиотеку, вести статистический учет пользования литературы.

Таблица 2 – Структура персонального кабинета пользователя (Structure of user personal cabinet)

Персональный кабинет пользователя		
Статистика i-го пользователя (запросы, категории запросов, выполненные услуги, использованная литература)		
Персональная электронная библиотека		
Электронный каталог пользователя и полезные ссылки	Импортированные информационные ресурсы для индивидуального пользования	Информационные ресурсы, созданные пользователем
ID – password пользователя		

Подсистема «Аналог»

Данная подсистема в интегрированной системе служит не только для поиска аналогов текста, тем научных работ, но и для определения плагиата. Для решения задачи исключения плагиата в дипломных работах и магистерских диссертациях разработан отдельный модуль «определения похожих текстов» и интегрирован в автоматизированную информационно-библиотечную систему (ИБС) на базовом уровне. Для сбора и формирования статистических данных используется модули ввода, каталогизация, статистика и комплектования информационно-библиотечной системы АРМАТ. На базе АРМАТ формируется электронная библиотека дипломных работ и диссертаций. Полный текст каждого введенного ресурса (дипломные работы и диссертации) индексируется (преобразуется в нормализованную форму) и сохраняется в формате «mediumtext» в специальной базе для проверок на наличия плагиата. Система обнаружения заимствования текстов для проверки исходного текста на оригинальность расчленяет полный текст на мелкие множества слов, применив метод Шингла, и отправляет на поиск в индексированную базу дипломных работ. Каждое найденное сходство имеет определённый вес (зависит от того на сколько Шинглов разделен весь исходный текст) сумма которого влияет на показатель оригинальности текста т.е. чем больше найденных шинглов тем меньше оригинальность.

Одним из результатов интеграции информационных систем является корпоративная каталогизация. Корпоративная каталогизация будет содействовать получению первичных данных для формирования сводного электронного каталога. Основной проблемой при корпоративной каталогизации является дублирование информации (библиографических записей). В целях решения данной проблемы определено минимальное количество элементов (метаданных) библиографической записи (таблица 3). Если библиографические записи будут отличаться, как минимум, одним параметром, то они будут считаться разными. В случае 100 % совпадения, библиографические записи будут считаться дублетными.

Таблица 3 – Перечень базовых метаданных для описания библиографической информации

№	ИД	Суб ИД	Наименование метаданных
1	100	А	Автор
2	245	А	Основное заглавие
3	245	Б	Продолжения заглавия
4	245	Н	Номер части
5	773	Г	Примечания (отдельный номер многотомного издания)
6	260	С	Год издания
7	020	А	ISBN
8	300	А	Объем
9	901	Т	Тип документа

Подсистема «Информационная безопасность»

Функция обеспечения защиты системы в корпоративных сетях от несанкционированного доступа осуществляется подсистемой «Информационная безопасность (ИБ)», которая необходима для реализации задач обеспечения защиты ресурсов от несанкционированного доступа в условиях:

- наличия платных электронных ресурсов;
- регулярных атак на базы данных корпоративной сети;
- обоснованных требований сохранности целостности научно-образовательных ресурсов, даже если они могут быть предоставлены для открытого доступа;
- наличие в базе данных сети конфиденциальной информации о пользователях ресурсов;
- наличие специальных требований по доступу к научной информации, имеющей важное значение с точки зрения военного, политического и иного использования;
- и другие специальные требования к научной, технологической информации, представляющей интеллектуальную ценность страны или корпорации.

Причинами актуальности проблемы обеспечения безопасности научных и образовательных информации могут быть следующие:

- резкое возрастание объема сохраняемой информации и численности пользователей;

- возрастание важных общественных, экономико-стратегических активных свойств информации;
- относительно высокая цена средств обеспечивающих безопасность информации;
- полностью несформированные способы и методы обеспечения безопасности доступа к ресурсам обладателей научно-образовательной информации;
- повышения стоимости источников научной информации;
- невысокий уровень знания по информационной безопасности самих обладателей ресурсов (директоров ИРЦ, заведующих библиотек и сотрудников);
- возможность использования последних достижений науки и технологий для организации несанкционированного доступа.

Подсистема ИБ предназначена для выполнения следующих задач:

- классификация и оценивание информационных ресурсов с точки зрения ИБ;
- аутентификация и авторизацию пользователей и сотрудников библиотеки;
- управление доступом к информационным ресурсам;
- защита информационных ресурсов и персональных данных от несанкционированного доступа;
- обеспечение целостности информации (баз данных научно-образовательной информации);
- обеспечение доступности информационных ресурсов и систем.

В интегрированной системе в настоящее время предусмотрено несколько уровней информационной защиты:

- Защита от несанкционированного удаления, дополнения и редактирования информационных ресурсов (проверка логина и пароля пользователя, проверка ролей, защита от подбора (попытка взлома) логина и пароля путем генерации комбинации символов).
- Защита от SQL Injection.
- Защита базы данных головного сервера (от прямого доступа к базам данных).

Заключение. Рассмотренные выше решения проходят апробацию, а некоторые подсистемы уже были опробованы при реализации информационно-библиотечной сети 60-ти вузов Узбекистана.

Первая версия системы включала формирование корпоративных информационных ресурсов (более 800 тыс. записей и 25 тыс. полнотекстовых документов); предоставление доступа к сводному электронному каталогу и полнотекстовым ресурсам; формирование личного кабинета и др. Пополнение базы данных новыми ресурсами производится при поддержке Министерства среднего и специального образования (МВССО) РУз, которое выделяет финансовые средства на сканирование учебников, учебно-методических пособий и электронную каталогизацию, а также администрирование баз данных и сети.

Реализация базовой версии системы позволило:

- Предоставить онлайн-доступ к электронному каталогу и базе данных научно-образовательной информации в режиме виртуальной библиотеки.
- Существенно повысить (особенно в регионах) эффективность учебного процесса, освоения материалов студентами за счет оперативного доступа к ценным электронным научно-образовательным ресурсам, организации интерактивного режима обучения, включая телеконференции и теле-лекции и развития системы дистанционного обучения и тестирования знаний.

- Формировать полнотекстовые научно-образовательные базы данных (включая базы данных электронных учебников, диссертаций, научных статей, мультимедиа (учебные кино-, мультипликационные фильмы, музыкальные произведения и др.) по стандартам отвечающим международным требованиям.
- Сократить затраты финансовых, трудовых и материальных ресурсов библиотек и вузов на создание и поддержку электронных каталогов, других видов библиотечно-информационных ресурсов а также массовых услуг пользователям.
- Оперативно обеспечить студентов, преподавателей и научных сотрудников необходимой научно-образовательной информацией в сети электронных библиотек.
- Повысит скорость поиска данных в электронных библиотеках (по сравнению с традиционными методами поиска).
- Обеспечить корпоративный обмен информацией между вузами Узбекистана на основе передовых технологий (VPN, автоматизированных библиотечных систем и т.д.).
- Повысить уровень преподавания и освоения учебного материала за счет эффективного использования электронных учебников и баз данных, а также развития платформы дистанционного образования.

Следующий этап проекта – реализация интеграции подсистем «Информационная безопасность» и «Аналог» в корпоративной сети вузов. Решение задач этого уровня позволит обеспечить санкционированный доступ к научно-образовательным ресурсам, с учетом авторских прав и цены источников информации. Подсистема «Аналог», которая уже апробирована в Ташкентском университет информационных технологий (ТУИТ), будет решать комплекс задач по определению как аналогов статей, диссертаций и книг, так и выявлению плагиата в сети вузов Узбекистана.

Литература:

1. Rao Shen, Goncalves M.A., Fox E.A. Key Issues Regarding Digital Libraries: Evaluation and Integration // Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval and Services. – 2013. – № 5(2). – P. 1–110.
2. Alemu G., Stevens B., Ross P., Chandler J. The Social Space of Metadata: Perspectives of LIS Academics and Postgraduates on Standards-Based and Socially Constructed Metadata Approaches // Journal of Library Metadata. – 2012. – №12(4). – P. 311–344.
3. <https://www.emeraldinsight.com/author/Yadav%2C+DeepakSirje> Virkus Getaneh Agegn Alemu Tsigereda Asfaw Demissie Besim Jakup Kokollari Liliana M. Melgar Estrada Deepak Yadav, Integration of digital libraries and virtual learning environments: a literature review. // New Library World. – 2009. – Vol. 110. – Issue 3/4 – P.136–150. Permanent link to this document: <http://dx.doi.org/10.1108/03074800910941338>
4. Рахматуллаев М.А., Бобомуродов О., Хайдаров О. Управление корпоративной системой информационно-ресурсных центров высших учебных заведений. Материалы Десятого Международного симпозиума «Интеллектуальные системы». М.: Российский университет дружбы народов. Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2014. – С. 26–38.

Поступила 10 марта 2018 г.

МРНТИ 29.31.01; 37.17.15; 44.37.29

УДК 621.395: 546.15

АДАПТИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СТИМУЛ-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ

Сулейменов И.Э.¹, Байпакбаева С.Т.^{1,2}, Колдаева С.Н.²

¹Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Республика Казахстан

²Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Республика Беларусь
e-mail: saltanat.baipakbayeva@gmail.com

Предложен новый подход к разработке адаптивных оптических систем, основанный на использовании стимул-чувствительных

х гидрогелей, способных существенно изменять степень набухания при изменении температуры или кислотности среды. Предложено использование солнечной энергии в совокупности с оптическим элементом. Изменение объема геля, набухающего в рабочей жидкости, вызывает перемещение поршня, подсоединенного к оптическому элементу. Изменение объема геля, заполняющего поршневою систему, в свою очередь, протекает за счет дистанционного взаимодействия гелей. При таком взаимодействии изменение температуры одного из образцов, приводит к изменению кислотности среды в буферном объеме между образцами, вызывающему изменение объема второго образца. В данной работе показан новый принцип наведения гелиоустановок на Солнце, основанный на использовании стимул-чувствительных гидрогелей. Рассматривается конкретный пример адаптивной оптической системы предложенного типа.

Ключевые слова: стимул-чувствительный гель, степень набухания, адаптивные оптические системы, кислотность среды, солнечная энергетика, низкомолекулярные соли, полимеры.

Сезімталдығы жоғары гидрогельдердің негізінде ісіну деңгейін температура мен ортаның қышқылдығына байланысты түбегейлі өзгеруі әкелетін бейімді оптикалық жүйелерді жете зерттеу амалдары ұсынылған. Күн энергиясын оптикалық элементпен қатар қолдану тәжірибесі ұсынылған. Жұмыс сұйықтығында ісінетін гелдің көлемінің өзгерісі оптикалық элементпен қосылған поршеннің қозғалысын қоздырады. Поршенді жүйеде толтырылған гель өз алды гелдердің қашықтық әсерлесуі арқылы жүзеге асады. Мұндай әсерлесу нәтижесінде бір нұсқаның температурасының өзгерісі буферлі ауқымдағы нұсқалар арасындағы орта қышқылдықтың өзгеруіне соқтырады, өзгеріс нәтижесі көлемнің екінші нұсқалық өзгеріске әкеледі. Берілген мақалада гелиоқұралдардың күнге қаратуының жаңа қағидасы көрсетілген, және ол стимул-сезімтал гидрогель негізіне сүйелген. Ұсынылған түрдегі бейімді оптикалық жүйенің дәл өзі қарастырылады.

Тірек сөздер: сезімталдығы жоғары гидрогельдер, ісіну деңгейі, бейімді оптикалық жүйе, қышқылдық орталар, күн энергетикасы, аз молекулалы тұздар, полимерлер.

A new approach to the development of adaptive optical systems based on the use of stimulant-sensitive hydrogels capable of significantly changing the degree of swelling with a change in the temperature or acidity of the medium is proposed. The use of solar energy in combination with an optical element is proposed. The change in the volume of the gel swelling in the working fluid causes displacement of the piston

connected to the optical element. The change in the volume of the gel filling the piston system, in turn, it is a due to the remote interaction of the gels. With such interaction, a change in the temperature of one of the samples leads to change in the acidity of the medium in the buffer volume between the samples causing and the change in the volume is the second sample. In this paper, we show a new principle for directing solar units on the Sun, based on the use of stimulus-sensitive hydrogels. In addition is given a concrete example of an adaptive optical system that is using for.

Keywords: *stimul-sensitive gel, degree of swelling, adaptive optical systems, acidity of environment, solar energy, low-molecular salt, polymer.*

В настоящее время солнечная энергетика развивается в нескольких направлениях. В частности, несмотря на существенные успехи в повышении эффективности солнечных фотоэлектрических панелей, актуальной остается разработка солнечных коллекторов и концентраторов [1–4]. Конструкция такого рода систем может быть достаточно сложной (в том числе и с точки зрения используемых оптических схем [5]). Однако в литературе продолжают обсуждаться и устройства, основанные на использовании исторически первого концентратора излучения – параболического отражателя [6,7], последние могут быть использованы и в комбинации с солнечными фотоэлектрическими панелями [8].

Известно, что основным недостатком такого рода систем является необходимость менять расположение рабочего узла системы в пространстве по мере того, как источник излучения (Солнце) меняет свое положение относительно системы. Как показано в [9], проблема наведения гелиоустановок на Солнце является весьма серьезной, и на ее решение продолжают затрачиваться значительные усилия. В настоящее время для этой цели главным образом используются следящие электроприводы (СЭП), в схему которых входят фотоэлектрические датчики слежения. Осложняющим фактором при использовании систем наведения такого типа является облачность, которая может приводить к заметному отклонению оси концентратора от направления на Солнце. Для преодоления данного затруднения требуются дополнительные усилия. В [10], в частности, описывается система наведения, в которой осуществляется непрерывное перемещение гелиоустановки независимо от того, находится ли Солнце в прямой видимости или же скрыто за облаками. Определенные затруднения связаны также с массогабаритными характеристиками самого концентратора, на перемещение которого также затрачивается определенная энергия, кроме того возникает необходимость в эксплуатационном обслуживании конструктивных узлов системы.

В данной работе новый принцип наведения гелиоустановок на Солнце, основанный на использовании стимул-чувствительных гидрогелей. Основной их особенностью является способность существенно менять степень набухания (количество поглощенной гидрогелем жидкости) при относительно малых (в пределах нескольких градусов Цельсия) вариациях температуры, кислотности и ионной силы окружающего раствора. Эти вещества в настоящее время хорошо изучены [11]. В частности, существует возможность синтезировать термочувствительные гидрогели с заданным изменением степени набухания при вариациях температуры в заданном диапазоне. Для достижения целей данной работы важно также, что осмотическое давление, связанное с набуханием геля в воде или других жидкостях может достигать значительных величин. Именно этот факт позволяет реализовывать поршневые системы, в которых рабочим телом является сильно набухающий гидрогель, обеспечивающий движение поршня (и сопутствующее совершение механической работы) по

мере набухания геля в рабочей жидкости. Уместно подчеркнуть, что идеи, связанные с возможностями использования полимеров с нетривиальным поведением в солнечной энергетике высказываются уже достаточно давно [12].

Как показано в данной работе, преимуществом использования стимул-чувствительных гидрогелей для реализации адаптивных оптических систем (частным случаем которых являются системы наведения гелиоустановок на Солнце), работа которых осуществляется в режиме самонастройки. Нагрев рабочего элемента солнечным излучением приводит в действие поршневую систему, которая, в свою очередь, обеспечивает наведение гелиоустановки на Солнце. Также важно, что полимерные гидрогели способны вступать в дистанционные взаимодействия [13–15]. При таких взаимодействиях изменение состояния сшитой сетки, локализованной в определенной области раствора, способно изменять состояние геля, локализованного в другой области. Дистанционные взаимодействия между гидрогелями, в свою очередь, позволяют реализовать нейронную сеть элементной базе такого рода. Такие нейронные сети допустимо рассматривать как макроскопическую реализацию систем молекулярного программирования [16]. Именно это обстоятельство позволяет, по крайней мере, в перспективе, полностью исключить использование вычислительных элементов в системах адаптивной оптики, использующих предлагаемый принцип. Эти функции принимает на себя нейронная сеть, сформированная элементами на основе стимул-чувствительных гидрогелей, обменивающихся между собой химическими сигналами, и обеспечивающая самонастройку оптической системы.

При набухании полимерные гидрогели способны развивать значительное осмотическое давление [17]. Это позволяет, в том числе использовать их в поршневых системах следующей конструкции (рисунок 1).

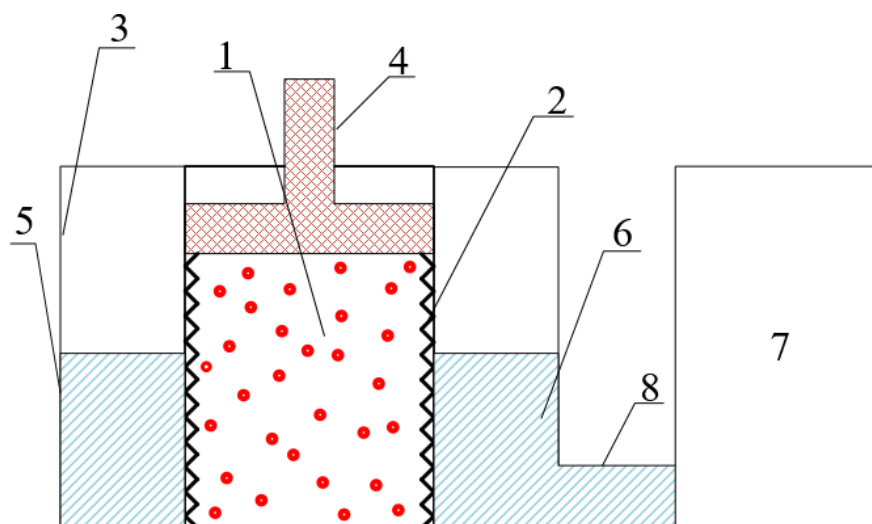


Рисунок 1 – Конструкция простейшего поршневого элемента на основе стимул-чувствительного гидрогеля

Данная система содержит:

- рабочее вещество – гидрогель (1);

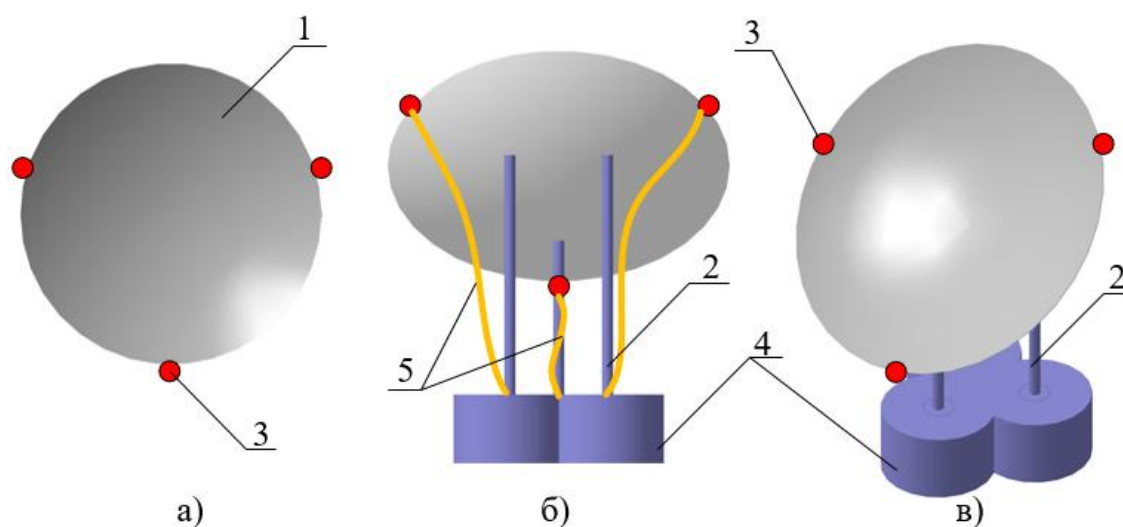
- гофрированный цилиндр (2), проницаемый для жидкости, в которой набухает гидрогель;
- наружный круговой цилиндр (3), снабженный отверстиями для доступа жидкости;
- поршень (4);
- наружный кожух устройства, непроницаемый для рабочей жидкости (5);
- рабочую жидкость (6);
- управляющий элемент (7), обеспечивающий выделение растворенных низкомолекулярных веществ или жидкости, в целях воздействия на рабочее вещество;
- канал, обеспечивающий обмен ионами и/или рабочей жидкостью с управляющим элементом системы (8).

Система работает следующим образом: рабочее вещество – сильно набухающий гидрогель (1) – размещают внутри гофрированного цилиндра (2), который, в свою очередь, размещают внутри наружного кругового цилиндра (3). К гофрированному цилиндру (2) подсоединяют поршень (4). Наружный цилиндр (2) заключают в наружный кожух (5), который заполняют рабочей жидкостью (6). В простейшем случае в качестве такой жидкости может использоваться раствор низкомолекулярной соли, например, хлорида натрия. Кожух (5) подсоединяют к управляющему элементу (7) через канал обмена жидкостью и/или низкомолекулярными ионами (8), обеспечивающими изменение степени набухания рабочего вещества (1).

Принцип действия управляющего элемента в рассматриваемой системе также основан на использовании стимул-чувствительных, конкретно, термочувствительных гидрогелей. При изменении температуры характеристики гидрогеля изменяются, в частности, существуют полиэлектролитные гидрогели, степень ионизации которых изменяется под воздействием температуры [17]. В простейшем случае для этой цели можно использовать гели на основе слабой, например, полиакриловой кислоты. В данном случае, изменение степени ионизации гидрогеля при изменении температуры связано с тем, что при изменении температуры меняется степень диссоциации карбоксильных групп.

Изменение концентрации низкомолекулярной компоненты в рабочей жидкости (6), окружающей цилиндры (2) и (3), вызванное изменением состояния геля, входящего в состав управляющего элемента (8), приводит к изменению степени набухания рабочего вещества (1), так как стенки цилиндров (2) и (3) являются проницаемыми и для жидкости, и для низкомолекулярной компоненты. В свою очередь, изменение степени набухания гидрогеля обеспечивает перемещение поршня (4), совершающего механическую работу. Собственно, рассматриваемая схема использует явление дистанционного взаимодействия гидрогелей, аналогичное тому, которое обнаружено в [13–15]. Отличие состоит в том, что для реализации поршневых систем предлагаемого типа нет необходимости обязательно использовать катионную и анионную сетки. Как будет ясно из дальнейшего, дистанционное взаимодействие может быть обеспечено, в том числе, и между гидрогелями на основе сшитых поликислот. Подчеркиваем, что рабочая жидкость заполняет объем кожуха (5) не полностью, то есть дистанционное взаимодействие не ограничено условием постоянства суммарного объема гелей. Подчеркиваем также, что в рассматриваемой системе де-факто может происходить усиление отклика геля на изменение термодинамических параметров окружающей среды, например, за счет того, что объем геля, входящего в состав управляющего элемента, заметно превышает объем геля, заполняющего поршень.

Характер использования поршневой системы предложенного типа для целей наведения гелиоустановок на Солнце иллюстрирует рисунок 2.



а) – вид сверху, б) вид сзади; в) трехмерный вид, 1 – параболическое зеркало, 2 – поршневые элементы, 3 – датчики уровня освещенности, 4 – блок управления поршневыми элементами, 5 – каналы съема данных с датчиков освещенности

Рисунок 2 – Схема использования поршневых элементов на основе полимерных гидрогелей для наведения гелиоустановки на Солнце

На данном рисунке показан параболический концентратор солнечной энергии (параболическое зеркало) на три поршневые системы предложенного типа. Эти три системы подключены к трем управляющим элементам, на которые также направляется поток солнечного излучения. При надлежащем подборе характеристик гидрогелей изменение степени их набухания в трех поршневых узлах обеспечивает требуемую ориентацию параболического зеркала в пространстве за счет неодинакового нагрева управляющих элементов. Как будет показано ниже, управляющие элементы могут быть подключены к поршневым системам также в дифференциальном режиме, что повышает эффективность самонастройки системы. Сходным образом можно реализовать и более сложные адаптивные системы, в которых перемещение зеркал в пространстве обеспечивается поршневыми элементами, в том числе, дифференциальными.

Как отмечалось выше, эффект дистанционного взаимодействия гидрогелей, положенный в основу предлагаемой поршневой системы, первоначально был обнаружен на примере пары взаимодействующих катионной и анионной сеток [13–15], в этом случае одна из сеток является донором, а другая – акцептором ионов водорода. Однако дистанционное взаимодействие может иметь место и между двумя шитыми полимерными сетками, при диссоциации которых образуются подвижные катионы. Этот случай удобен тем, что он позволяет реализовывать дифференциальные поршневые системы рассмотренного выше типа, отличающиеся тем, что перемещение поршня определяется не абсолютным значением температуры, а взвешенной разностью температур между двумя управляющими элементами, являющимися параллельно датчиками интенсивности попадающего на них излучения. Кроме

того, гели на основе полиакриловой кислоты в настоящее время выпускаются промышленно; они широко используются в изделиях медико-гигиенического назначения и стоимость таких веществ сравнительно невелика (по сравнению с гелями других типов, получаемых в лабораторных количествах).

Механизм дистанционного взаимодействия между полимерными гелями на основе сшитой полиакриловой кислоты, имеющими различные температуры, состоит в следующем.

При нагревании образца геля полиакриловой кислоты повышается значение константы диссоциации карбоксильных функциональных групп. Как следствие, повышается степень ионизации сетки. Как показано в [17–19], при помещении геля в раствор низкомолекулярной кислоты или соли имеет место эффект перераспределения концентраций, причем концентрация низкомолекулярных ионов над гелем тем больше, чем больше степень ионизации сетки. Следовательно, повышение степени ионизации сетки при повышении температуры обеспечивает повышение концентрации низкомолекулярной соли в растворе над гелем, входящим в состав управляющего элемента. Это, в свою очередь, вызывает снижение степени набухания геля, входящего в состав поршневой системы.

Приведем экспериментальные данные, доказывающие существование зависимости концентрации низкомолекулярных ионов в растворе над гелем от температуры.

В экспериментах регистрировались зависимости рН раствора над гелем от времени и температуры. Исследовалась система «гидрогель + раствор», в которой имеет место изменение кислотности среды над гидрогелем при изменениях температуры последнего.

Применительно к случаю, когда используется раствор кислоты, наблюдаемое изменение рН непосредственно свидетельствует об изменении концентрации низкомолекулярных ионов в растворе над гидрогелем. Применительно к случаю низкомолекулярной соли вариации рН также свидетельствуют о вариациях концентрации низкомолекулярной компоненты, так как изменение рН в растворе над гелем однозначно свидетельствует об изменении степени ионизации геля. В соответствии с механизмом эффекта перераспределения концентрации [17,18] это означает, что в растворе над гелем изменяется и концентрация соли.

В таблице 1 представлен пример результатов экспериментов по измерению временных зависимостей рН раствора над гидрогелем на основе полиакриловой кислоты.

Таблица 1 – Временные зависимости рН раствора кислоты над гелем при различных исходных значениях рН кислоты; число протонов водорода приходящееся на добавленную кислоту, равно количеству карбоксильных групп в образце гидрогеля.

рН кислоты	4,70	4,21	3,002
рН водного раствора	7,38	7,61	8,059
15 мин	8,11	8,08	6,780
30 мин	8,18	8,12	6,680
45 мин	8,10	8,02	6,744
60 мин	8,09	7,97	6,895
75 мин	8,09	7,89	6,891

Измерения относятся к случаю, когда к гелю добавлялось расчетное количество кислоты, отвечающее условию равенства полного числа молей молекул кислоты и полного числа

ионогенных функциональных групп (средняя концентрация протонов водорода = 0,0075 М). Данные эксперименты носят вспомогательный характер и призваны продемонстрировать, что равновесие в рассматриваемой системе устанавливается достаточно быстро.

Вывод о повышении чувствительности системы «гидрогель + раствор» к вариациям температуры вследствие эффектов ионного обмена подтверждается непосредственными данными экспериментов, представленными в таблице 2. Из представленных данных видно, что при определенных условиях концентрация протонов над гидрогелем может меняться более чем в 10 (!) раз (показатель 10 соответствует изменению рН раствора на единицу); представлены данные трех серий экспериментов.

Таблица 2 – Зависимости рН раствора хлорида натрия над гелем от температуры; количество молекул соли в системе равно количеству карбоксильных групп в образце гидрогеля. Масса навески 0,1008 г (образец №1), 0,1046 г (образец №2) и 0,1019 г (образец №3).

Температура, °С	рН			
	Вода	Образец №1	Образец №2	Образец №3
25	5,927	7,15	7,17	7,12
30	5,920	8,275	8,299	8,288
40	5,925	8,421	8,531	8,504
50	5,946	8,357	8,573	8,610
60	5,932	8,522	8,384	8,505
70	5,928			

Контрольные измерения, проведенные в чистой воде, показывают, что в этом случае рН среды над гелем остается практически неизменным.

Результаты экспериментов, отражающих влияние концентрации кислоты на поведение рассматриваемой системы, представлены в таблице 3.

Исследовались следующие образцы:

– №1 – образец, содержащий количество протонов водорода в 2 раза меньше количества карбоксильных групп в образце гидрогеля (Средняя концентрация протонов водорода = 0,00375 М);

– №2 – образец, содержащий количество протонов водорода, равное количеству карбоксильных групп в образце гидрогеля (Средняя концентрация протонов водорода = 0,0075 М);

– №3 – образец, содержащий количество протонов водорода в полтора раза больше количества карбоксильных групп в образце гидрогеля. Средняя концентрация протонов водорода = 0,01125 М. Концентрация солевого раствора [NaCl] = 0,0075 М (был добавлен в сухом виде).

Из представленных результатов видно, что степень восприимчивости к вариациям температуры снижается по мере увеличения интегральной кислотности среды.

Таким образом, полученные результаты подтверждают вывод о непосредственном влиянии изменения температуры геля на основе поликислоты на концентрацию низкомолекулярной компоненты над гидрогелем.

Таблица 3 – Зависимости рН раствора соляной кислоты над гелем от температуры при различных соотношениях количества молекул кислоты в системе и количества карбоксильных групп в образце гидрогеля. Масса навески 0,1001 г (образец №1), 0,1004 г (образец №2) и 0,1002 г (образец №3).

Температура, °С	рН			
	Вода	Образец №1	Образец №2	Образец №3
25	5,927	3,678	2,379	2,344
30	5,920	3,792	2,303	2,388
40	5,925	3,926	2,242	2,310
50	5,946	4,313	2,201	2,274
60	5,932	4,434	2,196	2,274
70	5,928			

Механизм данного эффекта связан с тем, что при вариациях температуры изменяется степени ионизации кислоты, а, следовательно, и величина множителя Доннана. Эффект усиливается ионообменными процессами между кислым гелем и раствором. Следовательно, возникает возможность реализовать адаптивные оптические системы предложенного типа на основе серийно выпускаемых гидрогелей.

Литература:

1. Sathyamurthy R., El-Agouz S. A., Nagarajan P. K., Subramani J., Arunkumar T., Mageshbabu D., Prakash N. A Review of integrating solar collectors to solar still // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – № 77. – P.1069–1097.
2. Fernández-García A., Zarza E., Valenzuela L., Pérez M. Parabolic-trough solar collectors and their applications // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2010. – №14 (7). – P.1695–1721.
3. Sabiha M. A., Saidur R., Mekhilef S., Mahian O. Progress and latest developments of evacuated tube solar collectors // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – №51. – P. 1038–1054.
4. Prasad G. C., Reddy, K. S., Sundararajan, T. Optimization of solar linear Fresnel reflector system with secondary concentrator for uniform flux distribution over absorber tube // *Solar Energy*. – 2017. – №150. – P. 1–12.
5. Karp J.H., Tremblay E.J., Ford J.E. Planar micro-optic solar concentrator // *Optics Express*. – 2010. – №18 (2). – P. 1122–1133.
6. Lovegrove K., Burgess G., Pye J.A new 500 m2 paraboloidal dish solar concentrator // *Solar Energy*. – 2011. – №85 (4). – P.620–626.
7. Li H., Huang W., Huang F., Hu P., Chen Z. Optical analysis and optimization of parabolic dish solar concentrator with a cavity receiver // *Solar energy*. – 2013. – №92. – P.288–297.
8. Lee K., Lee J., Mazor B. A., Forrest S. R. Epitaxial lift-off processed GaAs thin-film solar cells integrated with low-cost plastic mini-compound parabolic concentrators // *In Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2014 IEEE*. – 2014. – № 40. – P. 2127–2129.
9. Аббасова Т. С. Система наведения концентратора на солнце // *Мир транспорта*. – 2016. – № 3. – С.44–53.

10. Салямов О. М., Гаджигасанов И. А., Мамедов Ф. Ф., Самедова У. Ф., Исаков Г. И. Система автоматического наведения гелиоустановок с параболическими и параболоцилиндрическими концентраторами на Солнце // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2007. – № 5. – С. 44–53.
11. Dergunov S.A., Mun G.A., Dergunov M.A., Suleimenov I.E., Pinkhassik E. Tunable thermosensitivity in multistimuli-responsive terpolymers // *Reactive and Functional Polymers*. – 2011. – №71 (12). – P. 1129–1136.
12. Seeboth A., Schneider J., Patzak A. Materials for intelligent sun protecting glazing // *Solar energy materials and solar cells*. – 2000. – №60 (3). – 263–277.
13. Jumadilov T., Yermukhambetov, B., Panchenko S., Suleimenov I. Long-distance Electrochemical Interactions and Anomalous Ion Exchange Phenomenon // *AASRI Procedia*. – 2012. – № 3. – P.553–558.
14. Alimbekova B.T., Korganbayeva Zh.K., Himersen H., Kondaurov R.G., Jumadilov T.K. Features of polymethacrylic acid and poly-2-methyl-5-vinylpyridine hydrogels remote interaction in an aqueous medium // *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. – 2014. – №8 (3). – P. 265–269.
15. Jumadilov T., Shaltykova D., Suleimenov I. Anomalous ion exchange phenomenon // *Proceedings of ASPM, Bled, Slovenia*. – 2013. – Abstr. S5. – P.51.
16. Сулейменов И. Э., Панченко С. В., Ердаулетова М. А. Молекулярное программирование: аналогия с радиотехническими системами // *Известия научно-технического общества «КАХАК»*. – 2015. – №4 (51). – С. 77–89
17. Бектуров Е. А., Сулейменов И. Э. Полимерные гидрогели. – Алматы: Гылым, 1998. –240 с.
18. Budtova T.V., Suleimenov I.E., Bichutskii D.A., Frenkel S. Redistribution of low-molecular-mass acid between polyelectrolyte hydrogel and solution // *Polymer science. Series A, Chemistry, physics*. – 1995. – №37 (6). – P. 646–650.

Поступила 10 февраля 2018 г.

МРНТИ 31.25.15; 12.41.25

УДК 541.64

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ИНФОРМАТИКИ КАК СИНТЕЗА ФИЗИКО-ХИМИИ ПОЛИМЕРОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сулейменов И.Э.¹, Мун Г.А.²

¹Алматинский университет энергетики и связи

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Алматы, Республика Казахстан

e-mail: mungrig@yandex.ru

Представлена разработанная авторами Концепция развития молекулярной информатики как синтеза физико-химии полимеров и информационных технологий. В Концепции отражены подходы к разработке базовых положений молекулярной информатики, являющейся новым разделом нанонауки. Показано, что плодотворное развитие молекулярной информатики может быть реализовано на основе последовательной нейросетевой теории межмолекулярных взаимодействий с участием интеллектуальных макромолекул. Принципиальное отличие идей данной Концепции от существующих аналогов состоит в том, что она ориентирована на реализацию киберфизических системы на молекулярном уровне организации материи. Предлагаемая Концепция рассматривает любые макромолекулы как системы переработки информации. Такой подход, с одной стороны, позволяет создать последовательную картину протекания эволюции, которая предшествовала биологической. С другой стороны, возникает возможность для обеспечения направленной и контролируемой эволюции, протекающей в квазибиологических системах с тем, чтобы, в частности, получать материалы и системы не только с заранее заданными свойствами, но и с заданной реакцией на изменение характеристик окружающей среды. Концепция разработана как инструмент практической реализации шагов, направленных на достижение стратегических целей развития казахстанской науки, определенных в Послании Президента РК от 10 января 2018 г.

Ключевые слова: молекулярная информатика, интеллектуальные макромолекулы, киберфизические системы, запись информации, гистерезис, фазовые переходы, гидрогели.

Полимерлердің физика-химиясы мен ақпараттық технологиялардың синтезі ретінде молекулалық информатиканың дамуының авторлар әзірлеген тұжырымдамасы ұсынылды. Тұжырымдамада наногылымның жаңа бөлімі болып табылатын молекулалық информатиканың негізгі ережелерін әзірлеуге амалдар көрсетілген. Молекулалық информатиканың жемісті дамуы интеллектуалды макромолекулалар қатысуымен жүретін молекулааралық әрекеттесулердің ретті нейрожүйелі теориясы негізінде жүзеге асырылуы мүмкін екені көрсетілді. Осы Тұжырымдама идеяларының басқа ұқсас тұжырымдамалардан айырмашылығы—бұл Тұжырымдама материя ұйымдастырылуының молекулалық деңгейіндегі киберфизикалық жүйелерді жүзеге асыруға бағытталған. Ұсынылатын Тұжырымдама кез келген макромолекуланы ақпаратты өңдеудің жүйесі ретінде қарастырады. Мұндай амал, бір жағынан биологиялық эволюцияға дейін болған эволюцияның дамуының жүйелі көрінісін құруға мүмкіндік береді. Екінші жағынан, квазибиологиялық жүйелерде жүретін бағытталған және бақыланатын эволюцияны қамтамасыз ету үшін, атап айтқанда алдын ала белгіленген қасиеттері ғана емес, сонымен қатар қоршаған ортаның сипаттамаларының өзгерістеріне жауап беретін материалдар мен жүйелерді алуға мүмкіндік туады. Тұжырымдама 2018 жылдың 10 қаңтарында ҚР Президентінің Жолдауында

белгіленген қазақстандық ғылымды дамытудың стратегиялық мақсаттарына жетуге бағытталған қадамдарды практикалық жүзеге асырудың құралы ретінде әзірленген.

Тірек сөздер: молекулалық информатика, интеллектуалды макромолекулалар, киберфизикалық жүйелер, ақпаратты жазу, гистерезис, фазалық ауысулар, гидрогельдер.

The concept of the development of molecular informatics as a synthesis of physicochemistry of polymers and information technologies developed by the authors is presented. The Concept reflects approaches to the development of the basic provisions of molecular informatics, which is a new section of nanoscience. It is shown that the fruitful development of molecular informatics can be realized on the basis of a consistent neural network theory of intermolecular interactions involving intelligent macromolecules. The fundamental difference between the ideas of this Concept and existing analogues is that it is oriented towards the realization of the cyberphysical system at the molecular level of the organization of matter. The proposed Concept considers any macromolecule as an information processing system. This approach, on the one hand, makes it possible to create a consistent picture of the evolution that preceded the biological evolution. On the other hand, there is an opportunity to provide a directed and controlled evolution proceeding in quasi-biological systems in order, in particular, to obtain materials and systems not only with predetermined properties, but also with a given response to changing environmental characteristics. The Concept is developed as a tool for practical implementation of the steps aimed at achieving the strategic goals of the development of Kazakhstan's science defined in the President's Message of January 10, 2018.

Keywords: molecular informatics, intellectual macromolecules, cyberphysical systems, information recording, hysteresis, phase transitions, hydrogels.

Молекулярная информатика является новым разделом нанонауки. Она способна осуществить революционные изменения в самой основе физической химии высокомолекулярных соединений и ее приложений. Это, в первую очередь, связано с тем, что Жизнь на планете Земля обусловлена специфическими свойствами вполне определенного класса гидрофильных полимеров, способных передавать и преобразовывать генетическую информацию (к этому классу веществ относится, в частности, ДНК). Молекулярная информатика призвана ответить на вопрос о том, насколько уникальными являются свойства данного класса полимеров, в том числе, через доказательство существования киберполимерных систем, обладающие определенными признаками Живого. В перспективе это делает возможным создание вполне определенного класса киберфизических систем (разработка которых является неотъемлемой частью концепции Индустриализация 4.0), аналогичных тем, что разрабатываются в настоящее время, но оперирующих на супрамолекулярном уровне организации материи. В упрощенной трактовке, такие киберфизические системы являются промежуточной формой между биологическими системами и современной вычислительной техникой на полупроводниковой основе.

В данной Концепции отражены подходы к разработке базовых положений молекулярной информатики и ее дальнейшему развитию на основе последовательной нейросетевой теории межмолекулярных взаимодействий с участием интеллектуальных полимеров, являющейся, в том числе, основой практического средства управления процессами, протекающими в наном мире, при помощи макроскопических воздействий.

Концепция разработана как инструмент практической реализации шагов, направленных на достижение стратегических целей развития казахстанской науки, определенных в Послании Президента РК от 10 января 2018 г. По существу, речь идет о глубинных трансформациях всей науки о полимерах в направлениях, равно как и нанонауки, характер которых определен

четвертой технологической революцией и становлением «цифрового» общества, значение которых для Казахстана отражено в цитируемом Послании.

«Цифровизация» общества в целом означает, в том числе, активное проникновение информационных технологий в иные отрасли знания, причем такое проникновение заведомо не может быть связано с одним лишь использованием вычислительных устройств и программного обеспечения, как это имеет место в настоящее время.

Концепция нацелена на получение следующих результатов в ближайшей перспективе:

- обеспечить экспериментальное обоснование базовой концепции молекулярной информатики и получение новых химических объектов, в максимальной степени раскрывающих потенциал молекулярной информатики;
- дать обоснование возможности реализации киберфизических систем молекулярного уровня, в том числе на основе проведения аналогии с нейронными сетями, реализуемыми в настоящее время преимущественно средствами компьютерного моделирования;
- продемонстрировать прикладные возможности реализации концепции молекулярной информатики на примере разработки принципиально новых систем ввода информации;
- развить базовую теорию молекулярной информатики как основы для создания принципиально новых киберфизических систем;
- разработать методику получения алгоритмов, позволяющих обеспечить решение конкретных задач на основе аналогии с нейронными сетями;
- продемонстрировать общенаучное значение молекулярной информатики с точки зрения модернизации принципа универсального эволюционизма, в том числе, философскими средствами;
- разработать последовательную диалектическую теорию информации на основе полученных теоретических и экспериментальных результатов.

Концепция разработана на основе ранее полученных сведений о поведении гидрофильных полимеров, в частности, на основе данных о нетривиальном поведении гидрофильных интерполимерных ассоциатов – особого класса полимерных систем, впервые обнаруженных и исследованных казахстанской школой физико-химии полимеров Г.А.Муна, а также на основе ранее полученных сведений об эволюции макромолекулярных систем, полученных в ходе исследований по проекту, выполнявшемуся в АУЭС («Разработка новых вычислительных систем на основе нанотехнологий») в 2011–2014 гг.

А именно, научной школой Г.А. Муна ранее был изучен широкий круг систем на основе гидрофильных интеллектуальных полимеров (как в линейной, так и в сшитой форме), содержащих как ионогенные, так и неионогенные функциональные группы [1–4], а также построены теории, позволяющие описывать физико-химические особенности поведения таких систем, в том числе на основе непосредственного обобщения широкого круга ранее полученных экспериментальных данных [5].

Исследования в данном направлении позволили обнаружить новый уникальный класс макромолекулярных объектов – гидрофильные интерполимерные ассоциаты [6,7], которые представляют собой динамические сетки, способные к эволюции в реальном времени [8], что делает объекты такого рода исключительно важными для понимания механизмов эволюции, которая предшествовала биологической.

Вывод о существовании ассоциатов, аналоги которых отчетливо прослеживаются в системах самой различной природы, в свою очередь, позволил обосновать общенаучный

принцип «сложного», в соответствии с которым система может трактоваться как сложная тогда и только тогда, когда существует комплементарный ей аналог нейронной сети [9,10].

На этой основе было доказано, что существует механизм эволюции сложных систем, альтернативный тем, что восходят к теории происхождения видов Ч. Дарвина [9,10]. Предложенная в цитированных работах трактовка позволяет преодолеть затруднения, присущие теориям, в рамках которых предпринимались попытки раскрыть механизм эволюции, предшествующей биологической, используя представления о случайных мутациях и последующем закреплении благоприятного признака.

В основе перечисленных выше выводов лежат, в том числе, новые результаты в области применения нейронных сетей к исследованию систем социальной природы [11], и теоремы о нейронных сетях, говорящие, что в том случае, когда нейронная сеть совершает операции над совокупностями логических переменных, без ограничения общности можно рассматривать нейронные сети с целочисленными коэффициентами.

Важную роль в обосновании нового подхода к истолкованию «сложного» играют также данные таких работ как [12,13], показывающие, что в системах различной природы могут иметь место сходные фазовые переходы.

Конкретные шаги, обеспечивающие реализацию Концепции, состоят в следующем.

- Создание нейросетевой теории межмолекулярных взаимодействий с участием интеллектуальных полимеров, основанной на использовании аналогий между поведением сложных макромолекулярных систем и нейронными сетями. Именно эта аналогия и позволяет пролить свет на существование нетривиальных эволюционных механизмов, которые, с одной стороны, позволяют раскрыть природу эволюции, предшествующей биологической, а с другой стороны, разработать новые подходы к созданию киберфизических систем молекулярного уровня организации материи.

- Создание общей теории молекулярной информатики, основанной на использовании ранее полученных результатов, отражающих характер взаимодействия макромолекул в водных растворах, приводящий, в том числе, к образованию таких нетривиальных систем как гидрофильные интерполимерные ассоциаты.

- Создание новых подходов к построению и математическому описанию нейронных сетей как основы для молекулярной информатики и молекулярного программирования, позволяющих преодолеть распространенное заблуждение, формулируемое как «логическая непрозрачность нейронных сетей».

- Модернизация принципа универсального эволюционизма на основе концепции молекулярной информатики, что позволит доказать, что полученные результаты действительно имеют общенаучное значение, вплоть до доказательства необходимости пересмотра самых основ синергетики как научной дисциплины, нацеленной на обеспечение действенной междисциплинарной кооперации.

- Создание диалектической теории информации (на основе трактовки понятия «информация», обеспечивающей ее сопряжение с принципом универсального эволюционизма), что обеспечит возможность создания междисциплинарной платформы для реализации киберфизических систем макромолекулярного уровня организации материи, и внесения необходимых корректив в концепцию индустриализация 4.0 для РК как страны, обладающей значительными запасами ископаемого сырья.

Принципиальное отличие идей данной Концепции от существующих аналогов состоит в том, что она ориентирована на реализацию киберфизических системы на молекулярном уровне организации материи. Предлагаемая Концепция рассматривает любые

макромолекулы как *системы переработки информации* (основы для чего были заложены в цитированных выше работах). Такой подход, с одной стороны, позволяет создать последовательную картину протекания эволюции, которая предшествовала биологической (данная проблема, что будет показано ниже, не решена до сих пор).

С другой стороны, возникает возможность для того, чтобы обеспечить направленную и контролируемую эволюцию, протекающую в квазибиологических системах с тем, чтобы, в частности, получать материалы и системы с не просто с заранее заданными свойствами, но и с заданной реакцией на изменение характеристик окружающей среды. Характерным примером применения такого рода систем являются средства контролируемой доставки лекарственных препаратов к пораженным органам. В пределе, средства такого рода должны обеспечить «точечное» воздействие именно на пораженные или атипичные клетки, или их отдельные составляющие, вплоть до исправления дефектов ДНК.

Существующие точки зрения на механизмы эволюции макромолекулярных систем (шире – на механизмы эволюции, предшествующие биологической), в целом разделяют базовые идеи подхода, восходящих к теории Ч.Дарвина (примером современных работ, отталкивающихся от дарвинистской точки зрения, являются [14,15]).

В соответствии с этими концепциями считается, что:

- Образование нового качества (в биологии – видогенез) носит мутационный (флюктуационный) характер, то есть новые признаки элементов системы возникают вследствие модификации уже существующих (в биологии – мутаций генома) под каким-либо внешним воздействием.
- Мутации носят стохастический/случайный характер.
- Мутации, интерпретируемые как благоприятные, закрепляются за счет механизма естественного отбора.

Применительно к задачам общей биологии, дарвинистская точка зрения позволила, как известно, интерпретировать целую совокупность экспериментальных данных. Однако попытки применить эту концепцию к системам иной природы чаще всего сталкивались с непреодолимыми трудностями.

Максимально наглядную иллюстрацию к характеру таких трудностей можно дать, анализируя эволюцию познания в человеческом обществе, более конкретно, процесс инновационного развития. В этой области исследований случайной мутации можно поставить в соответствие появление нового изобретения (научной идеи, концепции и т.д.). Процессу закрепления мутации, очевидно, ставится в соответствие имплементация соответствующей идеи в общую систему научных знаний (внедрение изобретения в практику и т.д.).

Работы, проведенные в области теории инноваций, в том числе, обобщенные в [16,17], однозначно показывают, что наличие «благоприятного признака», то есть наличие потенциальной высокой отдачи от внедрения изобретения или имплементации научной идеи, отнюдь не достаточно для того, чтобы они действительно оказались воспринятыми. Существует множество примеров идей и изобретений, о которых говорят, что они обогнали свое время. Более корректно, такие факторы в настоящее время трактуются через понятие информационного сопротивления общества, которое на большей части истории любого государства оставалось значительным [16,17]. Периоды истории, в течение которых инновационное сопротивление общества существенно понижалось, являются, напротив достаточно редкими, вплоть до того, что используются такие термины как «греческое чудо», технологическая революция и т.д.

Наглядные примеры такого рода показывают, что «благоприятный признак» закрепляется только тогда, когда для этого появились необходимые предпосылки, иначе говоря, модифицировалась сама система, к которой принадлежит элемент – носитель этого признака.

Еще одной проблемой, которую не удастся решить в рамках мутационной интерпретации эволюционных процессов, является крайне неравномерный характер эволюции, что характеризуется специальным термином – ароморфоз (скачкообразные трансформации элементов системы, протекающие практически одновременно [10]).

Эти, равно как и оставшиеся неупомянутыми затруднения мутационных теорий эволюции привели к разработке принципиального нового подхода, альтернативного мутационным теориям эволюции, впервые отраженного в [10] на уровне качественной интерпретации.

В соответствии с этим подходом во главу угла ставится эволюция системы как таковой. Это предполагает наличие, как минимум, двух стадий эволюции. На первой стадии трансформируется совокупность связей между элементами системы, а сами элементы остаются практически неизменными. (Данная, латентная, стадия интерпретируется через эволюцию аналога нейронной сети, комплементарной рассматриваемой системе.) На второй стадии осуществляется отбор элементов, в наибольшей степени отвечающих новому состоянию системы.

Эволюция аналога нейронной сети, комплементарной сложной системе произвольной природы может быть описана в терминах информационного подхода, так как новое качество, порождаемое возникновением связей внутри системы, всегда может рассматривать в терминах передачи сигналов той или иной природы.

Соответственно, обоснованным является вопрос о разработке общего подхода, который мог бы быть применим к системам различной природы на основе используемой аналогии с нейронными сетями. Применительно к области физической химии этот подход говорит о целесообразности разработки новой научной дисциплины – молекулярной информатики, частным случаем которой является молекулярное программирование [18]. Точнее, именно молекулярная информатика позволяет обеспечить инструменты, необходимые для направленного создания программируемых структур молекулярного уровня организации материи, понимаемых в духе [18].

Решение столь общей проблемы предполагает, в том числе, также и философское осмысление получаемых результатов, так как реализация предлагаемой Концепции позволяет во многом пересмотреть фундаментальные основы современной синергетики и модернизировать принцип универсального эволюционизма.

Остановимся кратко на связи предлагаемой Концепции и концепции Индустриализация 4.0. Как известно, идеи, положенные в основу Индустриализации 4.0, во многом ориентированы на создание «интернета вещей» и киберфизических систем различного назначения, которые в том числе, рассматриваются как средство преодоления негативных трендов, связанных с фундаментальными трансформациями в мировой экономике. Данные тренды уже начинают реализовываться в настоящее время; так отдельные немецкие фирмы уже объявили о запуске опытного производства товаров широкого потребления при помощи средств трехмерной печати.

Результаты данной программы позволят распространить основные идеи концепции Индустриализация 4.0 на молекулярный уровень организации материи за счет новых подходов к направленному получению полимерных материалов не только с заданными свойствами, но и с заданной реакцией на изменение внешних воздействий.

Это позволяет кардинально пересмотреть существующие подходы междисциплинарной кооперации в ее фундаментальных основах. А именно, в настоящее время признано, что существование междисциплинарных барьеров и выраженная фрагментация научного знания приводят к появлению негативных трендов, связанных, в том числе, с падением производительности капитала, вкладываемого в инновационное развитие. Далеко не случайно в юбилейном докладе Римского клуба [19] говорится о необходимости становления Нового Просвещения. В цитированном докладе признается, что переход «от рассмотрения реальности как целого к её разделению на множество мелких фрагментов», некогда положенный в основу философии науки Нового Времени, уже не отвечает текущим потребностям цивилизации. Насущной необходимостью является становление новой философии науки как фундамента экономики знаний, что и выражает термин «Новое Просвещение». В этом контексте уместно напомнить, что Римский клуб де-факто представляет собой элиту международного экспертного сообщества, именно эта организация некогда внедрила экологический дискурс в глобальную повестку.

К этой точке зрения во многом примыкает и концепция «полного» мира [20–22], выражающая, в том числе, необходимость в поиске принципиально новых путей для развития науки и основанной на ней экономики.

В то же время не существует действенной научной и/или философской платформы для системной междисциплинарной кооперации, появление исследований междисциплинарного характера, как правило, определяется случайными факторами. На решение данной проблемы в определенной степени претендует синергетика [23] и тесно связанный с нею принцип универсального эволюционизма [24]. Декларируется, что синергетика способна объединить различные науки, отталкиваясь от представлений, восходящих к теории качественного решения систем уравнений в обыкновенных производных (в рамках данной теории вводятся в рассмотрение такие понятия как «бифуркация» и т.д.). Однако сам по себе принцип универсального эволюционизма не является инструментом, который может быть непосредственно применен на практике. Данная Концепция позволяет обеспечить создание таких инструментов за счет общего описания сложных систем различной природы на основе информационного подхода, применение которого обеспечивается устанавливаемой аналогией между сложными системами различной природы и нейронными сетями.

В этом смысле Концепция является ответом на наиболее глубинные нужды мировой науки, связанные с системным снятием междисциплинарных барьеров (именно по этой причине в нее включены направления, связанные с дельнейшим развитием теории нейронных сетей и философским осмыслением получаемых результатов). С философской точки зрения, ее можно рассматривать как практическое воплощение идеи, отражающей необходимость производства новых смыслов, что, как показано в [25], и является основой для преодоления многочисленных кризисных трендов, являющихся проявлением общего системного кризиса индустриальной цивилизации. В то же время она, подчеркиваем еще раз, позволят адаптировать основные положения концепции Индустриализация 4.0 к фундаментальным потребностям РК, как страны, ориентирующейся на переход от сырьевой экономики к наукоемкой. Киберфизические системы, нацеленные на создание наиболее передовых физико-химических методов переработки ископаемого сырья, и способные управляемо перестраивать характер производственных процессов, могут быть созданы только на основе концепции молекулярной информатики, интегрирующей собственно информатику в современном значении этого слова и физическую химию.

Таким образом, Концепция нацелена на решение одной из наиболее фундаментальных проблем современной науки и техники в целом – создание действенной платформы для системной междисциплинарной кооперации путем модернизации основ синергетики и принципа универсального эволюционизма на основе аналогии между сложными системами различной природы и нейронными сетями. В этом смысле ее последовательная реализация способна оказать решающее воздействие на развитие современной науки через снятие междисциплинарных барьеров и упрощение междисциплинарных заимствований.

Рассмотрим предметно, как именно может быть реализован подход, обеспечивающий запись в структуры супрамолекулярного уровня. Для наглядности, оттолкнемся от рассмотрения макроскопических аналогов систем, с помощью которых может быть обеспечена запись информации на супрамолекулярном уровне – макромолекулярных клубков, способных испытывать фазовые переходы.

В работах [26,27] было обнаружено новое явление – дистанционное взаимодействие гидрогелей. Механизм данного явления основывается на переносе ионов водорода от сетки, выступающей в роли донора протонов (слабая сшитая поликислота), к сетке, являющейся их акцептором, в качестве которого может выступать, например, слабо сшитое полиоснование.

Данное явление представляет, в том числе, и практический интерес, в частности, с точки зрения селективной сорбции [28–30]. Можно указать также и некоторые другие перспективные области применения такого рода явлений [17], например, тепловые насосы. Принцип действия таких насосов основывается на обратимом набухании гидрогелей, заполняющих поршневую систему. Роль эффекта дистанционного взаимодействия гидрогелей здесь состоит в том, что один из гелей выступает в качестве аккумулятора тепловой энергии, а второй служит рабочим телом поршневой системы.

Именно эффект дистанционного взаимодействия гидрогелей представляет значительный интерес также и с точки зрения создания искусственных нейронных сетей на основе гидрофильных полимеров, что в свою очередь, важно для реализации систем, в которых протекает искусственная эволюция [31] и систем молекулярного программирования, как это отмечалось выше. Действительно, в данном случае аналоги отдельных нейронов сети могут быть реализованы непосредственно на основе сшитых сеток, обменивающихся между собой электрохимическими сигналами.

Однако, использование именно пар, состоящих из катионной и анионной сетки, использованных в [26,27], не является обязательным для реализации эффекта дистанционного взаимодействия гидрогелей. А именно, в работе [32] было экспериментально продемонстрировано, что при помещении образца геля на основе слабой поликислоты в растворе низкомолекулярной соли имеет место эффект ионного обмена, приводящий к заметному возрастанию кислотности среды над гелем. Данный эффект также можно использовать для реализации эффектов дистанционного взаимодействия, так как существует широкий спектр рН-чувствительных гидрогелей [33], состояние которых будет изменяться под воздействием изменения кислотности среды, вызванной изменением состояния образца, служащего управляющим элементом системы [34]. Применительно к случаю использования гелей в тепловых насосах, изменение состояния геля достигается непосредственно изменением его температуры, так как при нагревании образца геля полиакриловой кислоты повышается значение константы диссоциации карбоксильных функциональных групп. Аналогичным образом, осуществляется передача химического сигнала в аналогах нейронных сетей. При этом поведение макромолекулярных клубков не

может существенно отличаться от поведения макроскопических аналогов до тех пор, пока их размеры существенно превышают длину Дебая.

Запись информации осуществляется благодаря тому, что фазовые переходы в системах на основе полимерных гидрогелей сопровождаются гистерезисными явлениями, соответствующий пример из работы [12] представлен на рисунке 1.

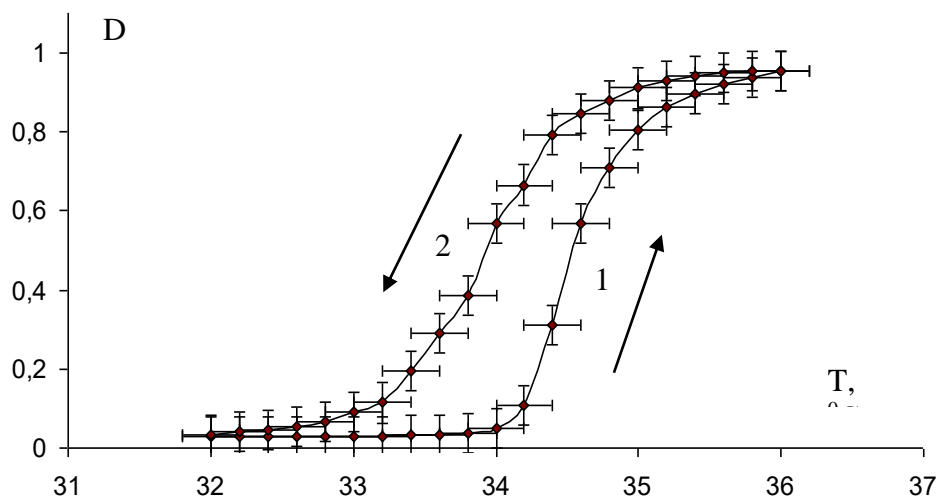


Рисунок 1 – Температурные зависимости оптической плотности водного раствора поли-N-изопропилакриламида, полученные при повышении (1) и понижении (2) температуры

Рисунок 1 показывает, что существует диапазон температур, в котором рассматриваемая система может находиться в двух различных состояниях. Одно из таких состояний можно рассматривать как соответствующее логическому нулю (Q1), а второе (Q2) – логической единице. Следовательно, такая система может служить ячейкой памяти.

Подчеркиваем, что за счет перехода к многокомпонентным системам петля гистерезиса может быть сделана достаточно широкой. Как видно из данных, представленных на рисунке 2, фазовые переходы гибридных гидрогелей на основе сополимера ВЭЭГ-ВБЭ-ВЭМЭА также сопровождаются гистерезисными явлениями, причем различие между кривыми, полученными при нагревании и охлаждении системы, является весьма значительным.

Подчеркнем еще раз, что любая система, обладающая петлей гистерезиса, может использоваться как ячейка памяти. Наличие ячеек памяти, как показывает аналогия с радиотехническими системами, является неременным условием для реализации любой программируемой системы. Именно поэтому одной из основных проблем, возникающих на пути практической реализации программируемых наноструктур, является обеспечение записи информации в наномасштабные системы, в частности, записи самой программы, обеспечивающей выполнение заданной последовательности операций. Следовательно, базовые вопросы концепции молекулярного программирования, предполагающей разработку наномасштабных систем, способных выполнять операции по заданной программе, можно рассматривать, в том числе, и отталкиваясь от аналогии с радиотехническими системами.

Данная аналогия, разумеется, не является полной. А именно, любые наномасштабные системы в растворе находятся в тепловом движении, поэтому по отношению к ним не приходится говорить об аналогах радиоэлектронных схем, в которых жестко фиксировано направление течения тока по сигнальному проводу. Следовательно, возникает общая

задача, связанная с адресацией записи информации в ячейки памяти, способные хаотически перемещаться друг относительно друга.

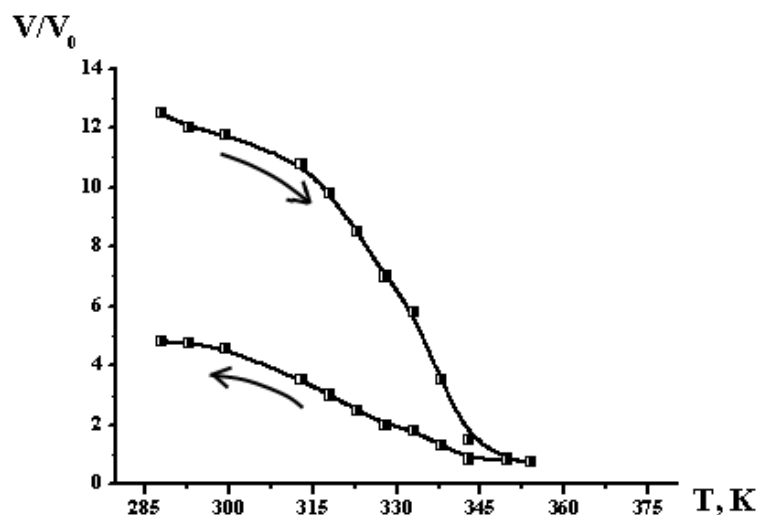


Рисунок 2 – Изменение параметров набухания гелей сополимеров ВЭЭГ-ВБЭ-ВЭМЭА в режимах нагрева и охлаждения; [ВЭЭГ]:[ВБЭ]:[ВЭМЭА]=66:29:5 мол.%, [СА]=4 мол.%

Далее, гистерезисные явления, как правило, присущи таким системам, для которых зависимость параметров, характеризующих состояние системы, от термодинамических величин (или иных управляющих параметров) носит S-образный характер. (Точнее, такая зависимость не является однозначной, по крайней мере, в определенном диапазоне управляющих параметров.)

Такие зависимости использованы при построении рисунка 3, который также иллюстрирует предлагаемый алгоритм макроскопической записи информации в распределенные системы, проявляющие гистерезисные свойства.

Для определенности на данном рисунке показаны зависимости приведенного объема макромолекулярного клубка V/V_0 , где V_0 – объем клубка в невозмущенном состоянии от температуры T ; T_0 – средняя температура фазового перехода. Как отмечалось выше, многие термочувствительные макромолекулы действительно проявляют гистерезисные свойства при фазовых переходах, а их поведение может быть интерпретировано при помощи зависимости представленного на рисунке 1.

Предполагается, что используется система ячеек памяти, каждая из которых характеризуется зависимостью $V/V_0(T)$ показанного на рисунке 3 вида, но температуры прямого (нагрев, T_{i2}) и обратного (охлаждение, T_{i1}) фазового перехода не совпадают, точнее, имеет место:

$$T_{12} > T_{22} > \dots > T_{n2} \quad (1)$$

$$T_{11} < T_{21} < \dots < T_{n1} \quad (2)$$

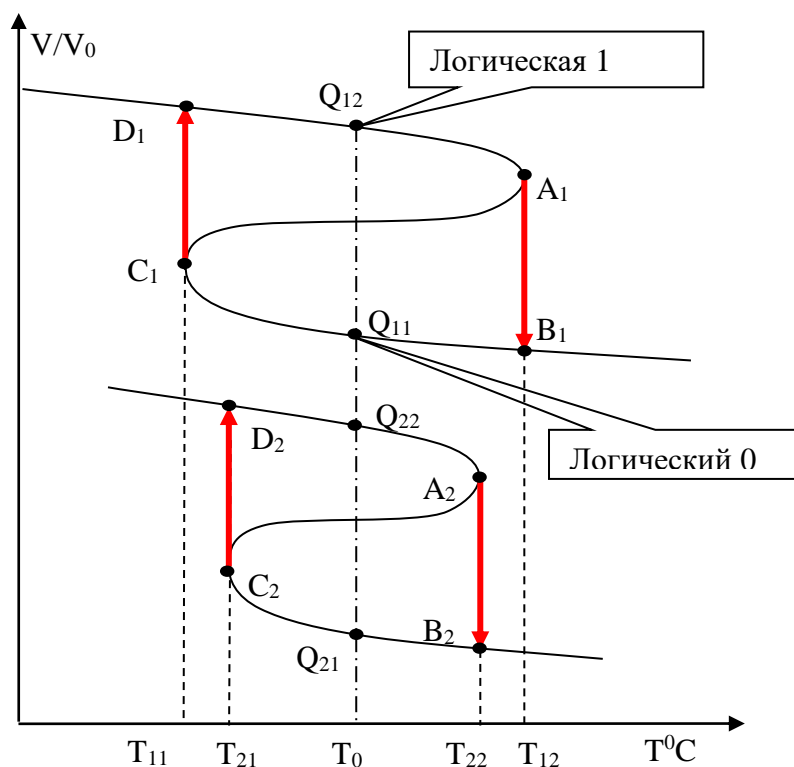


Рисунок 3 – Схема использования гистерезисных явлений для записи информации в распределенные среды

С физико-химической точки зрения, такое различие в температурах прямых и обратных фазовых переходов может быть обусловлено, например, неодинаковым химическим составом используемых макромолекул. (Известно [3,4], что восприимчивость макромолекул к вариациям температуры обусловлена тем, что в их состав входят как гидрофобные, так и гидрофильные функциональные группы, относительное содержание которых может, очевидно, меняться.)

Рассмотрим поведение отдельной ячейки (ячейка с номером 1, верхняя часть рисунка 3), считая, что ее исходная температура $T < T_{11}$. При повышении температуры до T_{12} приведенный объем макромолекулы изменяется скачком (стрелка от точки A_1 до точки B_1 рисунок 3), что соответствует прямому фазовому переходу. Обратный переход происходит также скачком (стрелка от точки C_1 до точки D_1 рисунок 3), но при другом значении температуры (T_{11}).

Выполнение условий (1) и (2) позволяет обеспечить макроскопическую запись информации в систему рассматриваемого типа только за счет вариаций температуры среды, в которой находятся макромолекулы, формирующие ячейки памяти. Покажем это, обратившись к рисунку 4, на котором показан пример зависимости температуры от времени, обеспечивающий запись заданной последовательности логических переменных в ячейки, упорядоченные по номеру.

Первый импульс (1, рисунок 4), обладающий наибольшей амплитудой во всей рассматриваемой последовательности ($T_1 > T_{12}$), обеспечивает прямой фазовый переход во всех ячейках системы без исключения. Импульс 2, рисунок 4, обеспечивает обратный фазовый переход во всех ячейках системы за исключением первой. В результате в ячейку с номером 1 будет записана логическая единица (предполагается, что набухшее состояние

макромолекулярного клубка отвечает логической единице, а сжатое – логическому нулю). В том случае, если в данную ячейку следует записать логический ноль, импульс 1 исключается из последовательности, представленной на рисунке 4. Подчеркнем, что импульс 2 в любом случае остается и записывает во все ячейки, кроме первой, логические нули.

В силу условий (1) и (2) остальные импульсы из последовательности рисунка 2 уже не будут оказывать влияния на состояния первой ячейки.

Если в ячейку с номером 2 требуется записать логическую единицу, то на систему в целом подается еще один импульс, подобный рассмотренному выше импульсу 1, амплитуда которого удовлетворяет условию

$$T_{12} > T > T_{22} \quad (3)$$

Этот импульс обеспечивает запись логической единицы во все ячейки, начиная с номера 2 (стрелка от точки A_2 до точки B_2 рисунок 4). Следующий импульс обратной полярности (по отношению к среднему уровню температуры) возвращает логические нули во все ячейки с номерами больше 2.

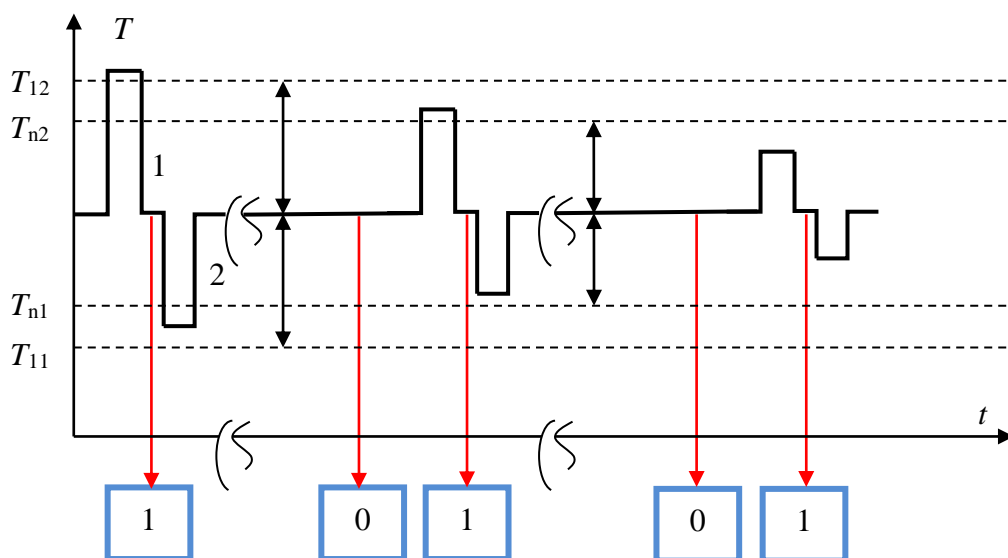


Рисунок 4 – Схема макроскопической записи информации в совокупность ячеек, обладающих гистерезисными характеристиками

Действуя далее по индукции, можно показать, что последовательность предложенного типа действительно обеспечивает запись произвольной последовательности логических переменных во все ячейки системы.

Подчеркиваем, что данный пример носит сугубо иллюстративный характер, он призван только продемонстрировать, что запись информации на супрамолекулярный (*микроскопический*) уровень возможна и тогда, когда на систему оказывается макроскопическое воздействие, причем тот факт, что ячейки памяти перемещаются друг относительно друга хаотическим образом, уже не имеет определяющего значения.

Более удобные способы записи информации могут быть реализованы именно за счет использования нейросетевых свойств рассматриваемых систем, условием для этого является асимметричный характер матрицы обратных связей.

Литература:

1. Dergunov S.A., Mun G.A., Dergunov M.A., Suleimenov I.E., Pinkhassik E. Tunable thermosensitivity in multistimuli-responsive terpolymers // *Reactive and Functional Polymers*. –2011. – Vol. 71(12). – P. 1129–1136.
2. Mun G.A., Urkimbaeva P.I., Suleimenov I.E. Intermacromolecular interactions involving linear and network polyacids and nonionic polymers // *Polymer Science Series A*. – 2010. – Vol. 52(6). – P. 586–590.
3. Nurpeissova Z.A., Alimkhanova S.G., Mangazbayeva R.A., Shaikhutdinov Y.M., Mun G.A., Khutoryanskiy V.V. Redox-and glucose-responsive hydrogels from poly (vinyl alcohol) and 4-mercaptophenylboronic acid // *European Polymer Journal*. – 2015. – Vol. 69. – P. 132–139.
4. Fefelova N.A., Nurkeeva Z.S., Mun G.A., Khutoryanskiy V.V. Mucoadhesive interactions of amphiphilic cationic copolymers based on [2-(methacryloyloxy) ethyl] trimethylammonium chloride // *International journal of pharmaceutics*. – 2007. – Vol. 339(1). – P. 25–32.
5. Mun G.A., Suleimenov I.E., Yermukhambetova B.B., Vorob'eva N.A., Irmukhametova G.S. Features of the formation of interpolymer complexes of poly (carboxylic acids) and nonionic polymers in aqueous solutions in the presence of low-molecular-mass electrolytes // *Polymer Science Series A*. – 2016. – Vol. 58(6). – P. 944–955.
6. Irmukhametova G.S., Mun G.A., Khutoryanskiy V.V. Thiolated mucoadhesive and PEGylated nonmucoadhesive organosilica nanoparticles from 3-mercaptopropyltrimethoxysilane // *Langmuir*. – 2011. – Vol. 27(15). – P. 9551–9556.
7. Suleimenov I., Güven O., Mun G., Beissegul A., Panchenko S., Ivlev R. The formation of interpolymer complexes and hydrophilic associates of poly (acrylic acid) and non-ionic copolymers based on 2-hydroxyethylacrylate in aqueous solutions // *Polymer International*. – 2013. – Vol. 62(9). – P. 1310–1315.
8. Suleimenov I., Shaltykova D., Sedlakova Z., Mun G., Semenyakin N., Kaldybekov D., Obukhova P. Hydrophilic interpolymer associates as a satellite product of reactions of formation of interpolymer complexes // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 467. – P. 58–63.
9. Suleimenov I., Panchenko S. Non-Darwinists Scenarios of Evolution of Complicated Systems and Natural Neural Networks Based on Partly Dissociated Macromolecules // *World Applied Sciences Journal*. – 2013. – Vol. 24(9). – P. 1141–1147.
10. Suleymenova K.I., Shaltykova D.B., Suleimenov I.E. Aromorphoses phenomenon in the development of culture: a view from the standpoint of neural net theory of complex systems evolution // *European Scientific Journal*. – 2013. – Vol. 9(19). – P. 68–74.
11. Suleimenov I.E., Mun G.A., Panchenko S.V., Tasbulatova Z., Nurtazin A. Phase Transitions in Communication Networks with Limited Elements of Valence // *International Journal of Information and Electronics Engineering*. – 2017. – Vol. 7(3). – P. 113–118.
12. Suleimenov I.E., Guven O., Mun G.A., Uzun C., Gabrielyan O.A., Kabdushev S.B., Nurtazin A. Hysteresis Effects During the Phase Transition in Solutions of Temperature Sensitive Polymers // *Eurasian Chemico-Technological Journal*. –2017. – Vol. 19(1). – P. 41–46.
13. Suleimenov I., Panchenko S. Gabrielyan O., Pak I. Voting procedures from the perspective of theory of neural networks // *Open Engineering*. – 2016. – Vol. 6. – № 1. – P. 318–321.
14. Avetisov V.A., Kuz'min V.V., Goldanskii V.I. Handedness, Origin of Life and Evolution. // *Phys. Today*. – 1991. – Vol. 44. – P. 33–40.
15. Delaye L., Lazcano A. Prebiological evolution and the physics of the origin of life // *Physics of Life Reviews*. – 2005. – Vol. 2, Issue 1. – P. 47–64.

16. Сулейменов И., Габриелян О., Пак И., Панченко С., Мун Г. Инновационные сценарии в постиндустриальном обществе – Алматы–Симферополь: Print Express, 2016. – 218 с.
17. Сулейменов И., Габриелян О., Мун Г., Пак И., Шалтыкова Д., Панченко С., Витулёва Е. Некоторые вопросы современной теории инноваций / И. Сулейменов, О. Габриелян, Г. Мун, И. Пак, Д. Шалтыкова, С. Панченко, Е. Витулёва. – Алматы–Симферополь: Print Express, 2016. – 197 с.
18. Сулейменов И., Панченко С., Ердаулетова М. Молекулярное программирование: аналогия с радиотехническими системами // Известия НТО «КАХАК». – 2015. – Т. 51. – № 4. – С. 77–84.
19. von Weizsaecker E., Wijkman A. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet, <http://www.springer.com/de/book/9781493974184>
20. Victor P., Dolter B. A new economics for our full world. Handbook of Growth and Sustainability. – Cheltenham: Edward Elgar, 2017. – 586p.
21. Daly H.A Further Critique of Growth Economics //Green Economy Reader. – Springer, Cham, 2017. – P. 55-66.
22. Lawn P., Clarke M. The end of economic growth? A contracting threshold hypothesis // Ecological Economics. – 2010. – Т. 69. – №. 11. – С. 2213–2223.
23. Haken H. Advanced Synergetics: Instability Hierarchies of Self-Organizing Systems and Devices. – New York: Springer-Verlag, 1993. – 316 p.
24. Урсул А. Д., Юрьев А. С. Универсальный (глобальный) эволюционизм и глобальные исследования // Философская мысль. – 2012. – №. 1. – С. 46–101.
25. Габриелян О.А., Сулейменов И.Э. Производство смыслов как выход из кризиса макроэкономики //ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2017. – №. 2. – С. 24–35.
26. Jumadilov T., Yermukhambetova B., Panchenko S., Suleimenov I. Long-distance Electrochemical Interactions and Anomalous Ion Exchange Phenomenon. // AASRI Procedia. – 2012. – Vol.3. – P. 553 – 558.
27. Jumadilov T., Shaltykova D., Suleimenov I. Anomalous ion exchange phenomenon // Proceedings of ASPM, Bled, Slovenia, 51, 2013. – https://www.researchgate.net/profile/I_Suleimenov/publication/262523234_Anomalous_ion_exchange_phenomenon/links/556af71208aecd7773a16d8/Anomalous-ion-exchange-phenomenon.
28. Alimbekova B.T., Korgambayeva Zh.K., Himersen H., Kondaurov R.G., Jumadilov T.K. Features of polymethacrylic acid and poly-2-methyl-5-vinylpyridine hydrogels remote interaction in an aqueous medium //Journal of Chemistry and Chemical Engineering. – 2014. – Vol. 8(3). – P. 265–269.
29. Jumadilov T.K., Kondaurov R.G., Abilov Z.A., Grazulevicius J.V., Akimov A. A. Influence of polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels mutual activation in intergel system on their sorption properties in relation to lanthanum (III) ions // Polymer Bulletin. – 2017. – Vol. 74(11). – P. 4701–4713.
30. Jumadilov T.K., Himersen H., Kaldayeva S.S., Kondaurov R.G., Features of Electrochemical and Conformational Behavior of Intergel System Based on Polyacrylic Acid and Poly-4-Vinylpyridine Hydrogels in an Aqueous Medium // Journal of Materials Science and Engineering. – 2014. – В. 4. – P.147–151.
31. Калимолдаев М.Н., Сулейменов И.Э., Панченко С.В., Габриелян О.А., Седлакова З.З., Пак И.Т., Обухова П.В. Процессы искусственной эволюции в растворах взаимодействующих полимеров: аналогии с развитием социально-экономических систем // Доклады НАН РК. – 2015. – №6. – С. 26–32.
32. Сулейменов И.Э., Мун Г.А., Копишев Э.Е. Ионообменные свойства шитой и линейной полиакриловой кислоты // Вестник ПГУ, сер. химико-биологическая. – 2010. – Т. 4. – С. 20–27.
33. Ергожин Е.Е., Зезин А.Б., Сулейменов И.Э., Мун Г.А. Гидрофильные полимеры в нанотехнологии и наноэлектронике. Библиотека нанотехнологии. – Алматы-Москва: LEM. – 2008. – 234 с.
34. Budtova T.V., Suleimenov I.E., Bichutskii D.A., Frenkel S. Redistribution of low-molecular-mass acid between polyelectrolyte hydrogel and solution // Polymer science. Series A, Chemistry, physics. – 1995. – Vol. 37(6).– P. 646–650.

35. Мун Г.А., Сулейменов И.Э., Зезин А.Б., Абилов Ж.А., Джумадилов Т.К., Измайлов А.М., Хуторянский В.В. Комплексообразование с участием полиэлектролитов: Теория и перспективы использования в нанoeлектронике (монография). Библиотека нанотехнологии. Выпуск 2. – Алматы–Москва–Торонто–Рединг: Изд-во LEM, 2009, 256 с.

36. Ергожин Е.Е., Сулейменов И.Э., Мун Г.А., Тумабаева А.М., Волженин Д.В., Хван О.В. Макро- и наномасштабные запоминающие системы на основе стимулчувствительных полимеров // Химический журнал Казахстана. – 2009. – № 2. – С. 5–11.

Поступила 14 марта 2018 г.

MPHTI 31.17.15
UDC 546-3: 546.06

FEATURES OF ION-EXCHANGE BETWEEN HYDROGELS BASED ON SOFT POLYACID AND LOW-MOLECULAR SALT SOLUTION IN THE FIELD ENHANCED THE CONCENTRATION OF LOW-MOLECULAR CATIONS

Suleimenov I.E.¹, Baipakbayeva S.T.¹, Kopishev E.E.², Koldayeva S.N.³

¹Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty, Republic of Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan

³Belarusian State University of Transport, Gomel, Republic of Belarus

e-mail: saltanat.baipakbayeva@gmail.com

An analytical description of the previously discovered ion-exchange effect between hydrogel based on soft polyacid and a solution of low-molecular salt is proposed. This issue also has an academic interest, because of ion exchange has a significant effect on any processes in which polyacids participate in both crosslinked and linear form. An explicit equation is obtained for the value of the Donnan multiplier, which reflects the redistribution of the concentrations of low-molecular ions between the solution and the volume of the hydrogel. The range of control parameters of the system is determined in which the amplitude of variations in the acidity of the solution over the gel reaches a maximum with temperature variations. It is shown that this range corresponds to grids with large degrees of swelling. The possibilities of practical use of ion-exchange grids with high degrees of swelling are discussed, in particular, for the realization of heat pumps using an acid gel as a working fluid and functioning under the influence of solar heat. Also it is necessary to emphasize that the carried out theoretical analysis shows that hydrogels based on weak polyacrylic acids placed in a solution of a low molecular weight salt, which can indeed serve as the means of regulating the pH of the medium by the means of temperature.

Keywords: polyacid, ion-exchange, dissociation constant, hydrogels, thermosensitive, heat pumps, polymer, low-molecular salt.

Әлсіз полиқышқылды және азмолекулярлы тұздар негізіндегі гидрогельдің арасындағы алдында байқалған ионды алмасу әсерлерінің аналитикалық сипаттамасы ұсынылған. Қарастырылып отырған тақырып академиялық қызығушылықты да тудыратын жайы бар, себебі ионды алмасу тігілген мен сызықтық түрдегі полиқышқылдардағы кез келген процесстерде ықпал көрсетеді. Азмолекулярлы иондардың ерітінді мен гидрогель көлемінің арасында концентрациясының алмасуына тойтарыс бере алатын айқын түрдегі Доннан көбейткішінің мәні бойынша теңдеулер шығарылған. Жүйенің басқару параметрлерінің ауқымы мен оның гель үстіндегі ерітіндінің қышқылдығының амплитудалық өзгерісі, температура өзгергенде максимум шамасына ие болуы анықталған. Берілген ауқым үлкен деңгейдегі ісіну торларының ауқымына жауап беретіні көрсетілген. Үлкен деңгейдегі ісінуге ие ионалмасу торларының тәжірибелік мүмкіндіктері ойластырылып жатыр, соның ішінде, қышқылды гелдерді жұмыстық дене ретінде қолдану арқылы жылу насостарын шығару үшін және күн жылуының ықпалымен іске қосылу қабілетіне ие болуы талқыланып жатыр. Және де жүргізілген теориялық сараптама аз молекулярлы қышқылда орналасқан әлсіз полиакрилат қышқылдық негізіндегі гидрогельдер рН ортаны температура арқасында реттеуге болатыны айқын дәлелденеді.

Тірек сөздер: полиқышқылдық, ионды алмасу, диссоциация тұрақтылығы, гидрогельдер, термосезімталдылық, жылу насостары, полимерлер, аз молекулярлы тұздар.

Предложено аналитическое описание ранее обнаруженного эффекта ионного обмена между гидрогелем на основе слабой поликислоты и раствором низкомолекулярной соли. Рассматриваемый вопрос представляет также и академический интерес, так как ионный обмен оказывает существенное влияние на любые процессы, в которых принимают участие поликислоты и в сшитой, и в линейной форме. В явном виде получено уравнение на значение множителя Доннана, отражающего перераспределение концентраций низкомолекулярных ионов между раствором и объемом гидрогеля. Определен диапазон управляющих параметров системы, в котором амплитуда вариаций кислотности раствора над гелем при вариациях температуры достигает максимума. Показано, что данный диапазон отвечает сеткам с большими степенями набухания. Обсуждаются возможности практического использования ионообменных сеток с большими степенями набухания, в частности, для реализации тепловых насосов, использующих кислотный гель в качестве рабочего тела, и функционирующих под воздействием солнечного тепла. А также проведенный теоретический анализ показывает, что гидрогели на основе слабых полиакриловых кислот, помещенные в раствор низкомолекулярной соли, действительно могут служить средством регулирования рН среды при помощи температуры.

Ключевые слова: поликислота, ионный обмен, константа диссоциации, гидрогели, термочувствительность, тепловые насосы, полимеры, низкомолекулярные соли.

The interaction of gels based on soft acids with low-molecular salts and acids was previously studied in many works [1–5]. An important feature of such systems is the effect of redistribution of concentrations, due to which concentrations of low-molecular electrolyte outside and inside hydrogel can differ significantly. In particular, if the density of the net charge is high [6, 7], the counterions are almost completely displaced into the solution over the gel, which, therefore, accumulates the solution, which is significantly depleted in the low-molecular component. (Note that this effect was proposed in [8] for the deionization of natural waters.)

The simplest for the theoretical description is the case of grids on the basis of hard polyacid or grids based on soft polyacid neutralized by a strong base (for example, nets based on sodium polyacrylate). In such cases, the total number of dissociated functional groups remains unchanged and simple equations describing the effect of redistribution of concentrations can be obtained [6, 7]. On the contrary, if hydrogen ions are present in the system under consideration, then some of them are bound by the functional groups of the grid, that is, the degree of ionization that determines the Donnan multiplier can vary.

The simplest for the theoretical description is the case of grids on the basis of hard polyacid or grids based on soft polyacid neutralized by a strong base (for example, nets based on sodium polyacrylate). In such cases, the total number of dissociated functional groups remains unchanged and simple equations describing the effect of redistribution of concentrations can be obtained [6, 7]. On the contrary, if hydrogen ions are present in the system under consideration, then some of them are bound by the functional groups of the grid, that is, the degree of ionization that determines the Donnan multiplier can vary.

There is a kind of feedback when the density of the grid charge (through the effect of redistribution of concentrations) effects, among other things, the concentration of counterions remaining in the volume of the gel, but at the same time, the density of the grid charge itself depends on the concentration of such ions.

The nature of the phenomena under consideration is influenced, in particular, by the temperature, since the dissociation of the constant soft polyacid also depends on this thermodynamic variable. Consequently, it is possible to provide a change in the concentration of hydrogen ions (pH of the medium) in the solution above the hydrogel due to temperature variations. It can be expected that as the dissociation constant increases, the density of the grid charge will increase and, consequently, the number of hydrogen ions displaced into the solution over the gel will also increase. It will become more acidic. This effect can be considered as the basis of a wide class of pH converters having different purposes. In particular, on this basis, it is possible to realize heat pumps operating directly by heating with solar energy, the principle of which is as follows. The working body - hydrogel based on polyacrylic acid - is placed in the control element connected to the working body filling the spool member. When the gel is heated in the control element, the pH of the medium contacting with the gel filling the spool member changes. At present, numerous varieties of pH-sensitive hydrogels are known [7], the degree of swelling of which varies significantly with comparatively small variations in the acidity of the medium. This is due to the fact that hydrogels of this type include both hydrophilic and hydrophobic functional groups. The role of the latter is that even with an insignificant decrease in hydrophilic interactions, hydrophobic interactions provide a grid collapse.

Swelling of such gels is a reversible process, which makes it possible to realize the heat pump due to the heating-cooling cycle (of course, it is advisable to use the liquid itself as a coolant, which is certainly justified, for example, in the case of natural water withdrawal to the surface).

Therefore, it is of interest to study the effect of variations of dissociation constant polyacid on the nature of the effect of redistribution of concentrations. Moreover, from the point of view of promising practical applications, it is important to determine the range of parameters in which the response of the system to a change in temperature (through the variation of the dissociation constant) will be maximum.

This issue is also of academic interest since ion-exchange has a significant effect on any processes in which polyacid participates in both crosslinked and linear form. In particular, these processes significantly affect the formation of complexes between soft polyacids and non-ionic polymers under conditions where the medium contains low-molecular salt [9, 10]. It is pertinent to emphasize that from the point of view of the theoretical description of the analogy between crosslinked and linear polymers (with respect to ion-exchange effects) are sufficiently deep, since the size of macromolecular coils considerably exceeds the Debye length [10].

Thus, despite the rather detailed study of the nature of the interaction of gels based on soft polyacids with solutions of low-molecular salts and acids [1–5], there remains a significant previously unexplored issue of the effect of the change of dissociation constant polyacid on the behaviour of the system as a whole. The purpose of this paper is to fill this gap.

It is also pertinent to emphasize that the system under consideration (in which the binding of hydrogen ions by functional groups of the grid proceeds) is obviously a special case of systems in which ion-exchange occurs in the traditional sense of this term (metal ion binding by a polymer network, for example). Processes of this kind have also been studied in detail in the literature, including, theoretically [13]. In particular, considerable attention was paid to the regeneration of ion-exchange resin. (From a chemical point of view, an ion-exchange resin placed in a solution of an alkali metal salt has an analogue of an acid hydrogel placed in a solution of such a salt.)

However, there is a significant difference between ion-exchange resin and hydrogels – the degree of grid swelling. As shown in this paper, large values of the grid swelling degree can lead to significant differences in the nature of ion-exchange processes compared to the tightly cross-linked

ion-exchange resin. To prove this statement, in this paper we derive the Donnan factor equation without using any approximations related to the dissociation constant as a small parameter of the problem.

We write the Donnan balance equation for the case of the system, which comprises a 1:1 salt, 1:1 acid and grid based on a crosslinked soft polyacid. For definiteness, we shall consider a grid based on polycrystal acid, placed in a solution containing sodium chloride. We will also assume that in the initial state the network is a crosslinked copolymer of polyacrylic acid and sodium polyacrylate, i.e. it is assumed that already in the initial state the acid gel is partially neutralized.

We have:

$$[Na^+]_i = \alpha [Na^+]_e \quad (1)$$

$$[H^+]_i = \alpha [H^+]_e \quad (2)$$

$$[Cl^-]_i = \alpha^{-1} [Cl^-]_e, \quad (3)$$

where the chemical symbol in square brackets denotes the concentration of the corresponding ions, α is the Donnan coefficient, the indices i , e refer to the ion concentrations inside and outside the hydrogel, respectively.

Equations (1)–(3) should be supplemented by equations expressing the condition of neutrality of the medium outside and inside the hydrogel

$$[Cl^-]_e = [H^+]_e + [Na^+]_e \quad (4)$$

$$[-COO^-] + [Cl^-]_i = [H^+]_i + [Na^+]_i, \quad (5)$$

as well as by the equation of conservation of the total number of carboxyl groups (it is assumed that the grid density remains unchanged)

$$[-COO^-] + [-COOH] = N_0. \quad (6)$$

The system of equations describing the equilibrium state of the system under consideration closes the equilibrium equation in the dissociation constant of carboxyl groups

$$[H^+]_i [-COO^-] = K [-COOH] \quad (7)$$

and balance equations for low-molecular components

$$w [Cl^-]_i + (1 - w) [Cl^-]_e = c_0 \quad (8)$$

$$w [H^+]_i + (1 - w) [H^+]_e = w((1 - q)N_0 - [-COOH]), \quad (9)$$

where q is the mole fraction of sodium polyacrylate in the grid.

We emphasize that it is this form of recording the balance equation for hydrogen cations that differs from those used earlier. It is this form of the equation used that corresponds to the situation when a partially neutralized gel based on soft polyacid is placed in a solution of low-molecular salt 1: 1; the total number of hydrogen ions (both mobile and bound) in such a situation is less than when a gel based on pure polyacid is placed in the solution.

Denote the total concentration of low-molecular ions in the solution over the gel (index e) and inside the gel (index i) through

$$[Na^+]_{e,i} + [H^+]_{e,i} = c_{e,i} = [Cl^-]_{e,i} . \quad (10)$$

We proceed to dimensionless variables (adjusted concentrations and adjusted value dissociation constant)

$$x_{e,i} = \frac{c_{e,i}}{N_0}; x_0 = \frac{c_0}{N_0}; x = \frac{[H^+]_i}{N_0}; n = \frac{[-COO^-]}{N_0}; k = \frac{K}{N_0}. \quad (11)$$

Then we can proceed to the following system of equations for dimensionless unknowns

$$(\alpha - \alpha^{-1})x_0 = (w\alpha^{-1} + (1 - w))n \quad (12)$$

$$(w + (1 - w)\alpha^{-1})k(1 - n) = wn(n - q). \quad (13)$$

Equation (12) makes it possible to express the reduced concentration of ionized functional groups through the Donnan multiplier

$$n = \frac{(\alpha^2 - 1)x_0}{w + \alpha(1 - w)} . \quad (14)$$

Expression (14) makes it possible, with the help of (13), to obtain a unique equation for the Donnan factor

$$(\alpha w + (1 - w)) \frac{k}{x_0} \left(1 - \frac{(\alpha^2 - 1)x_0}{w + \alpha(1 - w)} \right) = w \frac{\alpha(\alpha^2 - 1)}{w + \alpha(1 - w)} \left(\frac{(\alpha^2 - 1)x_0}{w + \alpha(1 - w)} - q \right) . \quad (15)$$

Equation (15), in particular, shows that instead of the given dissociation constant, determined in accordance with formulas (11), it is expedient to use the reduced value, defined as

$$k_0 = \frac{k}{x_0} = \frac{K}{c_0} . \quad (16)$$

The convenience of using the form (16) is connected with the fact that when the degree of swelling of the gel changes, the density of the grid also changes. The equation (16), on the other hand, is given only by the initial conditions of the experiment.

Knowing the Donnan multiplier, it is possible to find the salt concentration outside and inside the hydrogel, as well as the concentration of hydrochloric acid in the solution over the gel, according to formulas

$$\frac{[Cl^-]_e}{N_0} = x_e = \frac{\alpha x_0}{w + \alpha(1-w)}; \quad \frac{[Cl^-]_i}{N_0} = x_i = \frac{x_0}{w + \alpha(1-w)} \quad (17)$$

$$y = \frac{[H^+]_e}{N_0} = k \frac{(1-n)}{\alpha n} = \frac{wn}{\alpha w + (1-w)}. \quad (18)$$

The algebraic equation (15) has in the general case the fifth power and does not have an analytic solution. The results of its numerical solution are shown in Figures 1–6 (curves 1). The same figures show the dependence of the hydrogen ion concentration in the solution above the gel (curve 2) and their derivatives $d\alpha/dk_0$ (curve 3) and dy/dk_0 (curve 4) on the decimal logarithm of the reduced dissociation constant k_0 for different values of the control parameters.

It can be seen that, as expected, the acidity of the solution over the gel increases markedly as the reduced dissociation constant increases. However, there is also a non-obvious nuance: the maximum derivative of the concentration of hydrogen ions in the solution over the hydrogel over $\log k_0$ falls on the region near $\log k_0 = 0$, and this value varies little with the control parameters of the system, as shown in Figures 1–6.

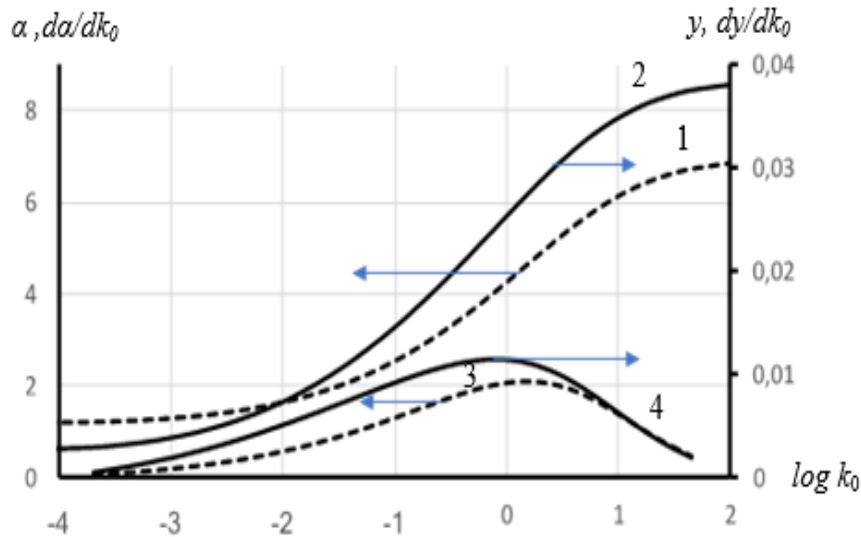


Figure 1 – Dependences of the Donnan factor α (curve 1), the reduced concentration of hydrogen ions in the solution above the gel (curve 2), their derivatives $d\alpha/dk_0$ (curve 3) and dy/dk_0 (curve 4) from the decimal logarithm of the reduced dissociation constant k_0 for $x_0 = 0,14$; $w = 0,05$; $q = 0,05$

The necessity of the system's deduction to this range is also emphasized by Fig. 7 and Fig. 8, which shows examples of the phase portraits dependencies of the hydrogen ions reduced concentration in solution over the gel (the dependences $dy/d(\log k_0)$ from y). The figures emphasize that the range of conditions in which the response of the system for changing in the value of the dissociation constant is maximal and very narrow. Consequently, if we talk about practical applications, it is advisable to ensure that this system is tuned to the optimum or conditions, closer to it. These figures also show that it is possible to approximate the theoretical curves that obtained as the resolution to an algebraic equation of the fifth degree with simpler dependencies, which is justified from the point of view of the subsequent development of the engineering calculation technique for devices such as heat pumps based on the hydrophilic polymer networks.

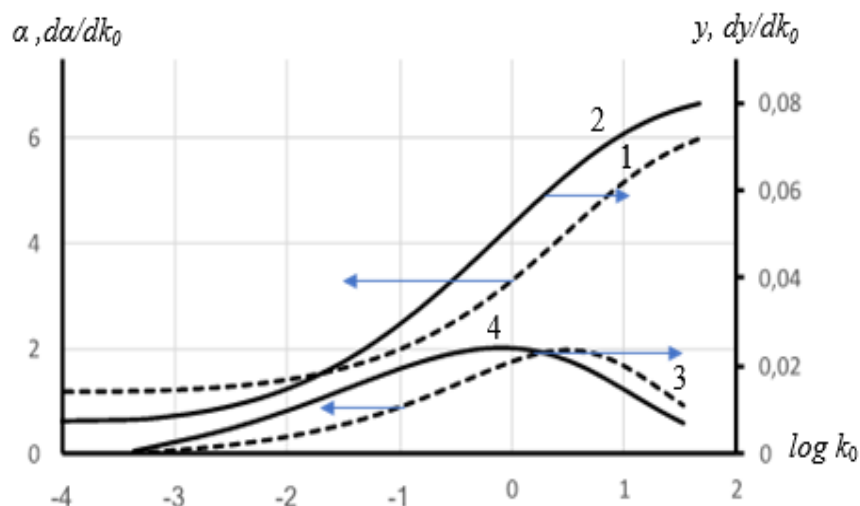


Figure 2 – Dependences of the Donnan factor α (curve 1), the reduced concentration of hydrogen ions in the solution above the gel (curve 2), their derivatives $d\alpha/dk_0$ (curve 3) and dy/dk_0 (curve 4) from the decimal logarithm of the reduced dissociation constant k_0 for $x_0 = 0,14$; $w = 0,15$; $q = 0,05$

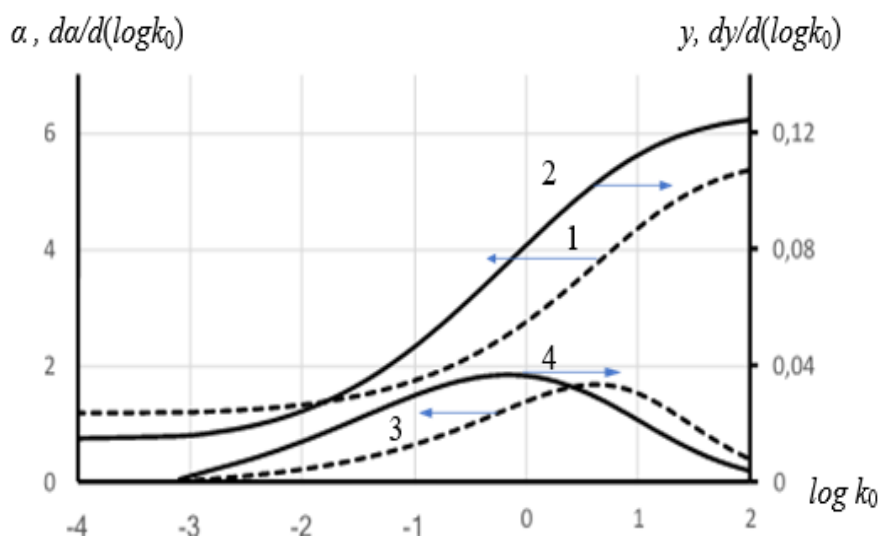


Figure 3 – Dependences of the Donnan factor α (curve 1), the reduced concentration of hydrogen ions in the solution above the gel (curve 2), their derivatives $d\alpha/dk_0$ (curve 3) and dy/dk_0 (curve 4) from the decimal logarithm of the reduced dissociation constant k_0 for $x_0 = 0,14$; $w = 0,3$; $q = 0,05$

Therefore, it is this range that is desirable to be used for implementing any systems in which the temperature variations of the dissociation constant of the polyacid are used, since the response of the system to the temperature variation will be most pronounced. At the same time, this range corresponds to relatively small concentrations (close in magnitude to the absolute value of the dissociation constant, measured in moles/ litre), so the question arises of optimizing the operation of the system, which is why the theory developed in this paper is necessary. It is important that this theory does not use approximations related to the consideration of the dissociation constant as a

small parameter since the range most interesting from the point of view of potential practical application corresponds to the values of the reduced dissociation constant close to unity.

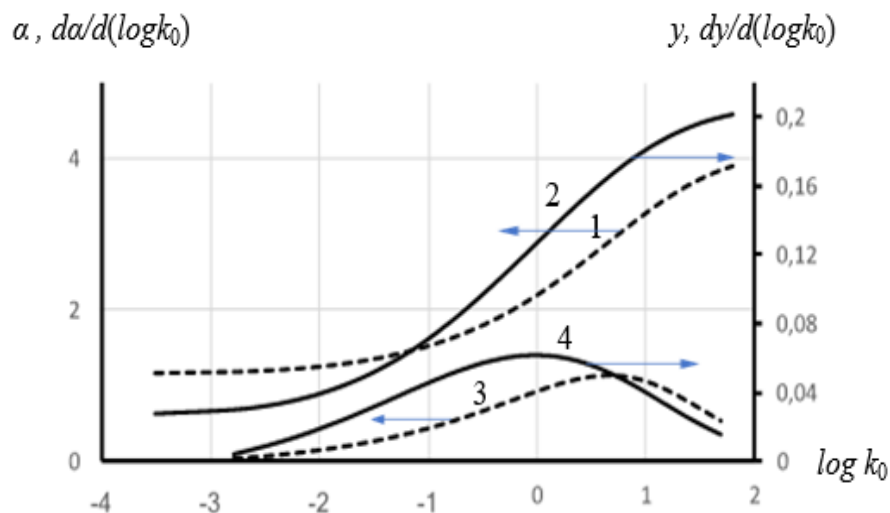


Figure 4 – Dependences of the Donnan factor α (curve 1), the reduced concentration of hydrogen ions in the solution above the gel (curve 2), their derivatives $d\alpha/dk_0$ (curve 3) and dy/dk_0 (curve 4) from the decimal logarithm of the reduced dissociation constant k_0 for $x_0 = 0,14$; $w = 0,6$; $q = 0,05$

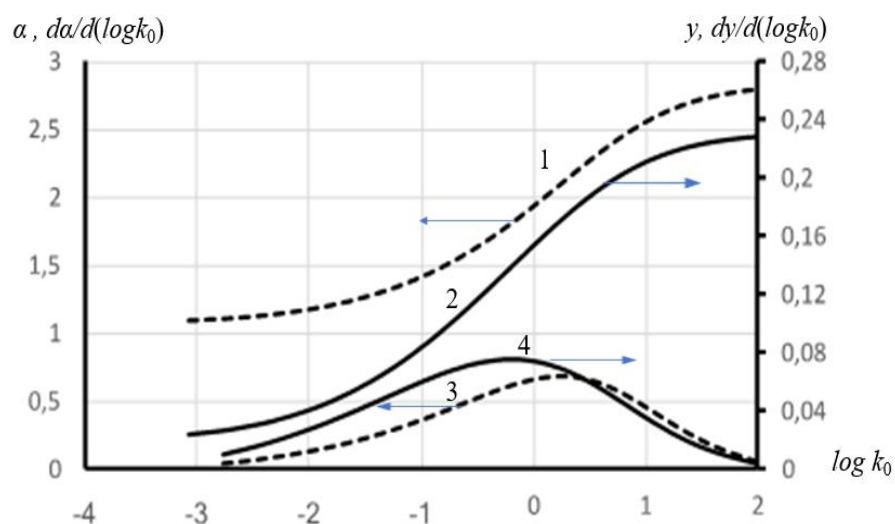


Figure 5 – Dependences of the Donnan factor α (curve 1), the reduced concentration of hydrogen ions in the solution above the gel (curve 2), their derivatives $d\alpha/dk_0$ (curve 3) and dy/dk_0 (curve 4) from the decimal logarithm of the reduced dissociation constant k_0 for $x_0 = 0,3$; $w = 0,4$; $q = 0,05$

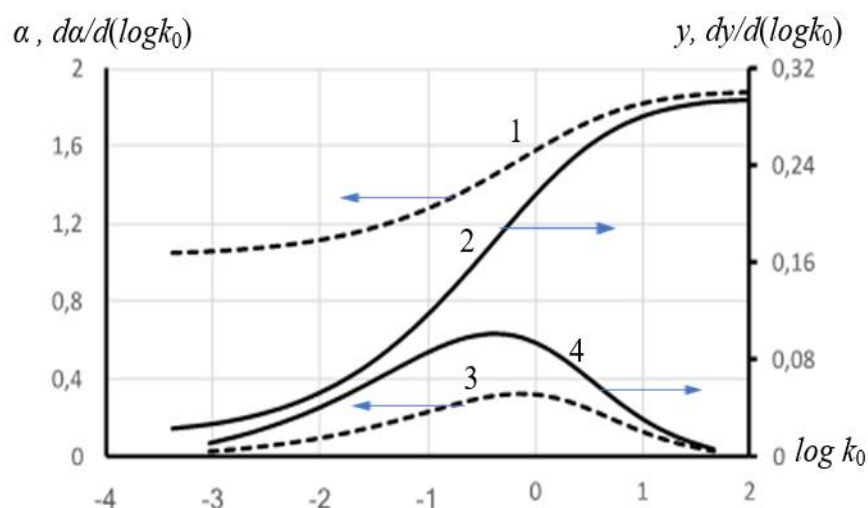


Figure 6 – Dependences of the Donnan factor α (curve 1), the reduced concentration of hydrogen ions in the solution above the gel (curve 2), their derivatives $d\alpha/dk_0$ (curve 3) and dy/dk_0 (curve 4) from the decimal logarithm of the reduced dissociation constant k_0 for $x_0=0,14$; $w=0,05$; $q=0,05$

The necessity of the system's deduction to this range is also emphasized by Figures 7 and 8, which show examples of phase portraits of the dependencies of the given concentration of hydrogen ions in solution over the gel (the dependences $dy/d(\log k_0)$ on y). The figures emphasize that the range of conditions in which the response of the system to the change in the value of the dissociation constant is maximal is very narrow. Consequently, if we talk about practical applications, it is advisable to ensure that this system is tuned to the optimum or conditions close to it. These figures also show that it is possible to approximate the theoretical curves obtained as a solution to an algebraic equation of the fifth degree with simpler dependencies, which is justified from the point of view of the subsequent development of the engineering calculation technique for devices such as heat pumps based on hydrophilic polymer networks.

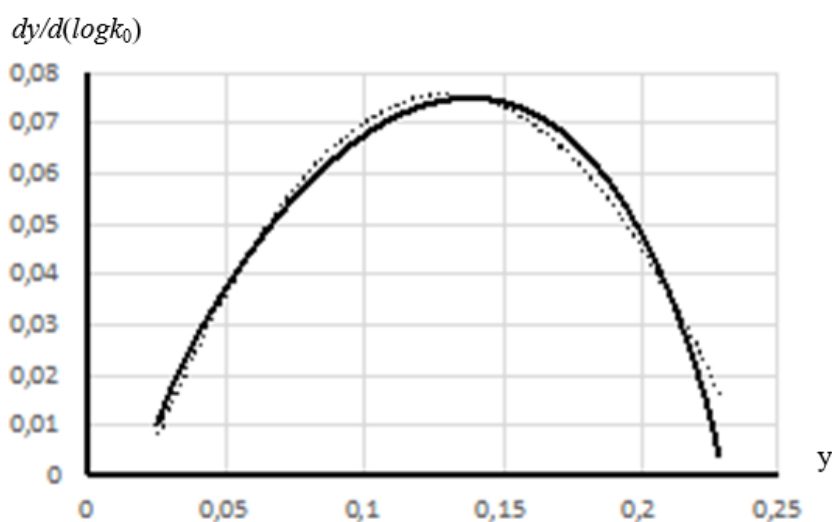


Figure 7 – The phase portrait (the dependence of $dy/d(\log k_0)$ on y) of curve 2 from Figure 5 and its approximation by a parabola

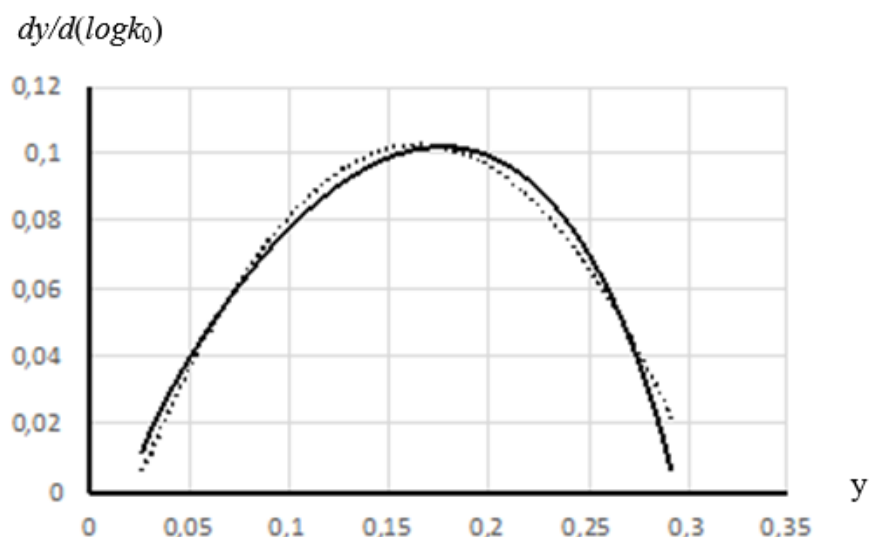


Figure 8 – The phase portrait (the dependence of $dy/d(\log k_0)$ on y) of curve 2 from Figure 6 and its approximation by a parabola

Thus, conducted theoretical analysis shows that hydrogels based on weak polyacrylic acids placed in the solution of a low molecular weight salt can indeed serve as a means of regulating the pH by the means of temperature. This effect can find application in such devices as heat pumps, which is source of energy from solar heat. (The temperature range that is easily achievable when heated by direct sunlight is 40–60 °C, which corresponds to the temperature range of thermosensitive systems based on epy hydrophilic polymer networks.)

Thus, the carried out theoretical analysis shows that soft polyacrylic acid hydrogels placed in a solution of a low molecular weight salt can indeed serve as a means of regulating the pH of the medium by means of temperature. This effect can find application in such devices as heat pumps, the source of energy for which is solar heat. (The range of temperatures that are easily achievable when heated by direct sunlight is 40–60 °C, which corresponds to the range of temperature sensitivity of systems based on hydrophilic polymer networks.)

The theoretical analysis also shows that there is a rather narrow range of values for the dissociation constant of the reaction (reaction providing the effect of temperature sensitivity), in which the response of the system to the temperature change reaches a maximum. Consequently, the optimization of systems of this type can be associated not only with the selection of concentrations of working substances but also with the transition to other types of interactions. Promising in this respect are the interactions of non-ionic hydrogels and surfactants, due to which hydrogels become polyelectrolyte. The susceptibility to a temperature, in this case, is ensured by the fact that the hydrophobic interactions responsible for the formation of surfactant micelles within the hydrogel are temperature dependent.

References:

1. Budtova T.V., Belnikovich N.G., Suleimenov I.E., Frenkel S. Y. Concentration redistribution of low-molecular-weight salts of metals in the presence of a strongly swelling polyelectrolyte hydrogel // Polymer. – 1993. – Vol. 24. – №34. – P. 5154–5156.
2. Budtova T. V., Suleimenov I. E., Bichutskii D. A., Frenkel S. Redistribution of low-molecular-mass acid between polyelectrolyte hydrogel and solution // Polymer science. Series A, Chemistry, Physics. – 1995. – №37 (6). – P. 646 –650.

3. Suleimenov I.E., Mun G.A., Kopishev E. Ye. Ion-exchange properties of cross-linked and linear polyacrylic acid // Journal of PSU, Chemical-biological series. – 2010. – №4. – P. 20 –27.
4. Suleimenov I.E., Reva Yu.I., Bekturov E.A. Analytical description of the redistribution of the concentration of low-molecular acid between a weakly dissociating hydrogel and a solution // Review of Association of Science and Technology "КАХАК". – 2008. – № 1 (20). – P.58 –63.
5. Budtova, T. V., Suleimenov, I. E., Frenkel, S. A diffusion approach to description of swelling of polyelectrolyte hydrogels // Polymer science. – 1995. – №37 (1). – P.10 – 16.
6. Mun G., Suleimenov I., Park K., Omidian H. Superabsorbent hydrogels // In Biomedical applications of hydrogels handbook. – New York: Springer, 2010. – P. 375 – 391.
7. Ergozhin E.E., Zezin A.B., Suleimenov I.E., Mun G.A. Hydrophilic polymers in nanotechnology and nanoelectronics. Nanotechnology Library. – Almaty-Moscow: LEM, 2008. – 234 p.
8. Budtova T., Suleimenov I. Physical principles of using polyelectrolyte hydrogels for purifying and enrichment technologies // Journal of applied polymer science. – 1995. – № 57(13). – P. 1653–1658.
9. Mun G.A., Suleimenov I.E., Yermukhambetova B.B., Vorob'eva N.A., Irmukhametova G.S. Features of the formation of interpolymer complexes of poly (carboxylic acids) and nonionic polymers in aqueous solutions in the presence of low-molecular-mass electrolytes // Polymer Science Series A. – 2016. – №58 (6). – P. 944–955.
10. Suleimenov I., Güven O., Mun G., Beissegul A., Panchenko S., Ivlev R. The formation of interpolymer complexes and hydrophilic associates of poly (acrylic acid) and non-ionic copolymers based on 2-hydroxyethylacrylate in aqueous solutions // Polymer International. – 2013. – №62 (9). – P. 1310 – 1315.
11. Ryabchikov B.E. Comparative Investigations of the efficiency of ion exchange filter regeneration by various methods // Energy saving and Water Treatment. – 2006. – №. 5. – P. 2 – 6.
12. Suleimenov I.E., Budtova T., Adilbekov S.A., Pereladov I.Y., Bekturov E.A. Application of the method of phase portraits to the analysis of the kinetics of redistribution of metal ion concentrations in the polyelectrolyte hydrogel-multicomponent solution system // Polymer Science Series A. – 2004. – №46 (8). – P. 797–805
13. Vergun A.P. Ion-exchange technology // Ion-exchange technology for separation and purification of substances. – Free output data of publication. – 108p.

Поступила 15марта 2018 г.

МРНТИ 53.37.35

УДК 622.349.5; 622.234.42

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

Цой С.В.¹, Майшинов Е.К.²

¹ Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,

² Филиал «Марубени Корпорейшн Харассан проектный офис»,

e-mail: maishinov@knorassan.kz

В настоящее время в странах основных производителей урана: США, Канаде, Австралии, Китае, России, Казахстане и Узбекистане разработка гидрогенных урановых месторождений осуществляется применением единой технологии. В практике эксплуатации гидрогенных урановых месторождений их разработка осуществляется предельно простым способом, называемым методом подземного скважинного выщелачивания. Предлагаемые в данной работе инновационные технологии разработки гидрогенных месторождений урана предполагают получение крупномасштабного экономического эффекта в сравнении с существующими технологиями, что в свою очередь является актуальным вопросом на сегодняшний день за-за низких цен на готовый продукт (закись-окись урана) добычных предприятий. В работе представлены инновационные разработки, которые призваны решить насущные вопросы предприятий по снижению себестоимости горно-подготовительных работ, уменьшения нормы потребления основного химического реагента добычи (серная кислота).

Ключевые слова: поршневая скважина, выщелачивание, геотехнология, уран, добыча, подземное выщелачивание, система разработки, месторождение, схема расположения скважин.

Қазіргі уақытта негізгі уран өндіруші елдерде: АҚШ, Канада, Австралия, Қытай, Ресей, Қазақстан және Өзбекстан уран кен орындарын игеру бірыңғай технология бойынша жүзеге асырылады. Гидрогенді уран кен орындарын пайдалану тәжірибесінде жер асты ұңғымалық шаймалау әдісі деп аталатын өте қарапайым тәсілмен оларды жасау жүзеге асырылады. Осы жұмыста ұсынылған уран сутегі кен орындарын игерудің инновациялық технологиялары қолданыстағы технологияларға қарағанда ауқымды экономикалық тиімділікті ұсынады, бұл өз кезегінде тау-кен өндірісі кәсіпорындарының дайын өніміне (уран оксиді-уранына) төмен бағамен байланысты өзекті мәселе. Бұл жұмыс тау-кен жұмыстарының құнын төмендетуге, негізгі химиялық реагенттерді (күкірт қышқылын) тұтынуды төмендетуге бағытталған кәсіпорындардың өзекті мәселелерін шешуге арналған инновациялық әзірлемелерді ұсынады.

Тірек сөздер: поршеньдік ұңғыма, шаймалау, геотехнология, уран, тау-кен өндіру, жер асты шаймалау, игеру жүйесі, кен орны, ұңғымаларды орналастыру.

At present, in the countries of the main uranium producers: the USA, Canada, Australia, China, Russia, Kazakhstan and Uzbekistan, the development of hydrogenous uranium deposits is carried out using a single technology. In the practice of exploitation of hydrogenous uranium deposits, their development is carried out in an extremely simple way, called the method of in-situ leaching (recovery). The innovative technologies for the development of hydrogen deposits of uranium proposed in this work suggest a large-scale economic effect in comparison with existing technologies, which in turn is an urgent issue today because of the low prices for the finished product (uranium oxide-uranium) of mining enterprises. The work presents innovative

developments that are designed to address the pressing issues of enterprises to reduce the cost of mining and preparation work, reduce the consumption of the main chemical production reagent (sulfuric acid).

Keywords: *piston well, leaching, geotechnology, uranium, mining, underground leaching, development system, deposit, scheme of wells location.*

Сущность технологической схемы метода подземно-скважинного выщелачивания (ПСВ) заключается в следующем. Выщелачивающие химические растворы ($H_2SO_4 + H_2O$), нагнетаемые по закачным скважинам, фильтруются через поры и трещины в массиве гидрогенного пласта (или залежи) до ближайших соседних откачных скважин. Во время фильтрации химические растворы, обогащаясь концентрацией урана путем его выщелачивания, становятся продуктивными растворами, которые откачиваются по откачным скважинам на дневную поверхность и подаются для их переработки, где осуществляется с помощью процессов сорбции, десорбции и др., после которых извлекается урановый концентрат. Технология подземного скважинного выщелачивания наиболее эффективна для разработки гидрогенных месторождений урана с коэффициентом фильтрации более 0,5 м/сутки.

При существующей технологии эксплуатации гидрогенных урановых месторождений приняты системы расположения технологических скважин: линейные (или рядные), площадные (или ячеистые) и комбинированные.

Из различных схем линейной системы расположения технологических скважин наиболее распространенной в практике эксплуатации гидрогенных месторождений урана являются трехрядная система, состоящая из первого закачного ряда, второго откачного ряда и третьего закачного ряда. При этом расстояние между рядами и скважинами в ряду принимается соответственно 50 и 15 м и более. Т.е. добычная ячейка обычно состоит из двух закачных и между ними одной откачной скважины, принадлежащих к трем последовательно расположенным рядам.

На рисунке 1 показаны стрелками схемы распространения химического раствора, подаваемого по закачным скважинам на площадях пассивных зон Π_1 и Π_2 и направление потоков продуктивных растворов в сторону ряда откачных скважин. На пассивных зонах при работе откачных скважин проникший ранее химический раствор, становясь продуктивным раствором урана, частично будет фильтроваться в обратном направлении в сторону ряда откачных скважин, что является маловероятным, так как потоки химического раствора, подаваемого по закачным скважинам, служат как гидравлические завесы.

Во всех работах многочисленных авторов [1–7] без исключения указанные линейные системы расположения скважин принимаются как лучшие технические решения.

К недостаткам рядных систем расположения закачных и откачных скважин относятся следующие:

1. Эксплуатация гидрогенных урановых месторождений осуществляется с применением большого количества дорогостоящих закачных и откачных скважин, что требует больших затрат как по капиталовложениям, так и по эксплуатационным расходам.

2. Требуется большой расход серной кислоты: (1:50) (на 1кг концентрата урана расход 50 кг H_2SO_4).

3. Происходят значительные потери как химических, так продуктивных растворов.

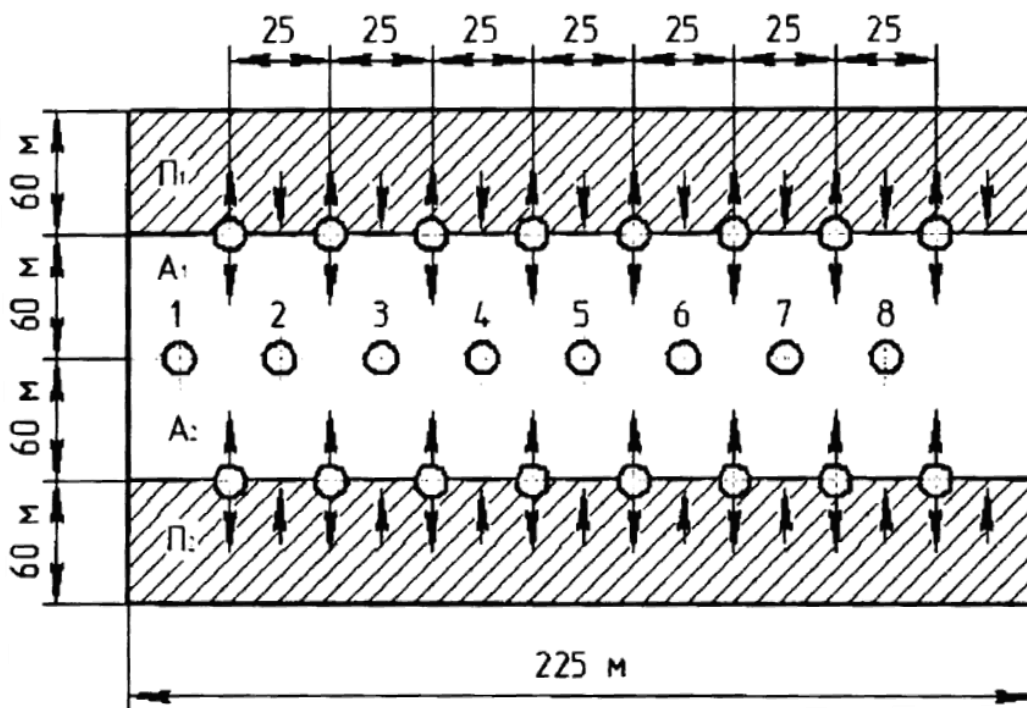


Рисунок 1 – Существующая трехрядная система размещения технологических скважин

Рассмотрим следующий предлагаемый нами вариант расположения технологических скважин на эксплуатационном блоке приводимом ранее.

По конструктивному оформлению откачная скважина отличается от закачной скважины наличием установки глубинного насоса и отсутствием трубного отвода для подачи выщелачивающего раствора в массив гидрогенного пласта, приваренного сварочной работой к оголовнику скважины. Таким образом, откачная скважина с трубным отводом абсолютно свободно может выполнять и роль закачной скважины.

Откачную скважину, имеющую трубный отвод, приваренный к своему оголовнику, назовем поршневой скважиной, которая может выполнять функции как откачной, так и закачной скважины, т.е. откачная скважина без изменения конструктивного оформления, выполняет функцию закачной скважины. На основании возможности использования принципа работы поршневых скважин можно разработать инновационную технологию добычи продуктивных растворов урана и других полезных компонентов в условиях гидрогенных месторождений урана.

Сущность этой технологии заключается в следующем.

Поток химического раствора, подаваемого по вертикально расположенной поршневой скважине вокруг ее, фильтруется в массиве гидрогенного уранового пласта по круговой площади. По истечению некоторого периода времени образующийся продуктивный раствор урана откачивается по этой же поршневой скважине на дневную поверхность для переработки.

На эксплуатационных блоках или участках без применения закачных скважин поршневые скважины размещаются однорядно или многорядно в зависимости от требуемой производственной мощности рудника.

Режим работы поршневых скважин принят выполнением следующих операций: время от времени проводится реверсирование потоков химических растворов, подаваемых в массив

водородного пласта, то есть проводится периодическая смена процесса закачки на процесс откачки и наоборот.

На рисунках 2 и 3 показана схема разработки эксплуатационного блока водородного уранового месторождения.

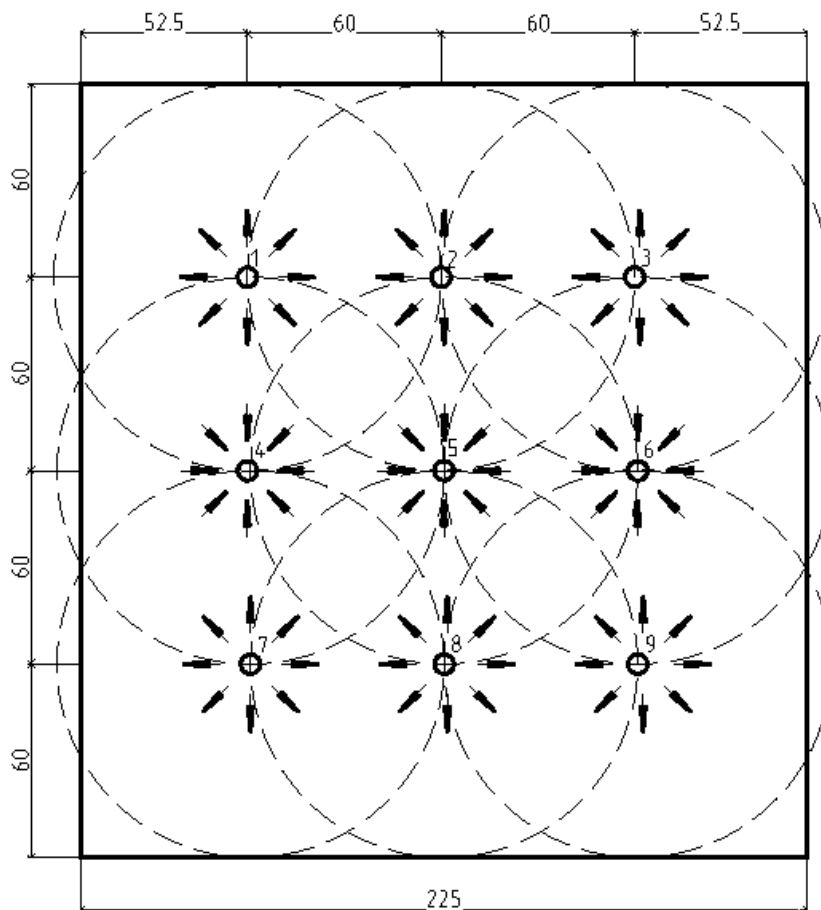


Рисунок 2 – Цикл 1 – трехрядная система размещения поршневых скважин, где средний ряд (скважины 4, 5, 6) в откачном режиме, а верхний (1, 2, 3) и нижний (7, 8, 9) ряды в закачном режиме

Предлагаемая схема расположения технологических скважин – трехрядная линейная система: три ряда поршневых скважин работающих циклично в откачном и закачном режимах.

При применении инновационной технологии добычи продуктивных растворов урана для разработки указанного блока требуется всего девять поршневых скважин.

Наиболее близким к предлагаемой нами технологии является инновационный патент [8]. «Способ вскрытия и эксплуатации водородных месторождений урана, включающий вскрытие и эксплуатацию системой технологических скважин отличающийся тем, что все скважины устанавливаются в один ряд и каждая скважина работает в автоматическом реверсивном режиме используется как для закачивания растворителя, также и для откачки продуктивного раствора, а период времени смены режимов закачки и откачки определяется по формуле...».

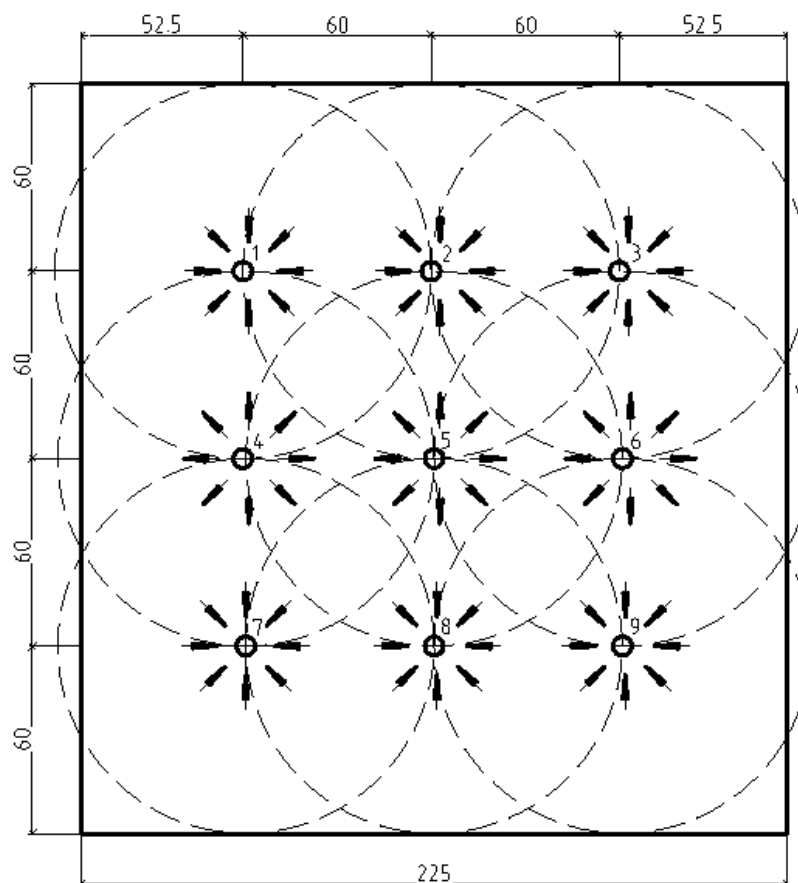


Рисунок 3 – Цикл 2 – трехрядная система размещения поршневых скважин, где средний ряд (скважины 4, 5, 6) в закачном режиме, а верхний (1, 2, 3) и нижний (7, 8, 9) ряды в откачном режиме.

К недостаткам указанного прототипа относятся:

1. Не показана роль поршневых скважин при разработке инновационной технологии эксплуатации гидрогенных месторождений;
2. Не рассмотрен вопрос интенсификации процесса выщелачивания полезных компонентов, в том числе урана в условиях гидрогенных месторождений.
3. Не показана рентабельность разработки гидрогенных месторождений урана.
4. Не разработана инновационная технология эксплуатации гидрогенных месторождений.

Определение экономической эффективности при применении инновационной технологии разработки гидрогенных месторождений урана с поршневыми скважинами.

1. Стоимость сооружения одной откачной скважины 8 771 000 тг
2. Стоимость сооружения одной закачной скважины 6 271 000тг
3. Стоимость сооружения одного блока при существующей технологии
 $8 \times 8\,771\,000 + 16 \times 6\,271\,000 = 170\,504\,000$ тг
5. Стоимость сооружения одного блока при инновационной технологии

$$9 \times 8\,771\,000 = 78\,939\,000 \text{ тг}$$

(стоимость откачной скважины (поршневой скважины) = 8 771 000 тг)

6. Экономия по капиталовложению на один блок составляет

$$170\,504\,000 - 78\,939\,000 = 91\,565\,000 \text{ тг}$$

7. Средний годовой план уранового рудника – разработка 12 добычных блоков.

Годовая экономическая эффективность по капитальному вложению может составить

$$12 \times 91\,565\,000 = 1\,098\,780\,000 \text{ тг}$$

Настоящая инновационная технология добычи продуктивных урановых растворов обладает следующими преимуществами:

1. Не требует применения закачных скважин.
2. Предельно низкий уровень потерь и разубоживания.
3. Высокая интенсивность процесса выщелачивания.
4. Применение автоматической системы управления производственными процессами.
5. Уменьшение расхода серной кислоты до 50 %.
6. Эффективная борьба с химической кольматацией скважин.
7. Предельно низкая себестоимость добычи единицы продуктивного раствора.
8. Получение крупномасштабной экономической эффективности.

Литература:

1. Арнс В.Ж. Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых. – М.: Недра, 1975. – 264 с.
2. Лунев Л.И., Рудаков И.Е. Бесшахтные системы выщелачивания металлов / Обзорная информация Сер. Горное дело. – М.: Цветметинформация, 1974. – 75 с.
3. Добыча урана методом подземного выщелачивания (23 автора) / Под ред. В.А. Мамилова. – М.: Атомиздат, 1980. – 248 с.
4. Бровин К.Г., Грабовников В.А., Шумилин М.В., Языков В.Г. Прогноз, поиски, разведка и промышленная оценка месторождений урана для отработки подземным выщелачиванием. – Алматы: Фылым, 1997. – 384 с.
5. <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/in-situ-leach-mining-of-uranium.aspx>
6. Цой С., Жусупбеков С.С., Еркебалаев Ж. Разработка нового способа вскрытия и эксплуатации гидрогенных месторождений урана // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. – №6(94). – 2012. – С. 65–72.
7. Цой С., Жусупбеков С.С. Основы разработки гидрогенных месторождений урана. – Алматы: Ассоциация высших учебных заведений РК, 2016. – 320 с.
8. Инновационный пат. 28587 Казахстана (19) KZ (13) A4 (11) 28587 (51) E21B, 43/28. Способ вскрытия и эксплуатации гидрогенных месторождений урана / Цой С.В., Жусупбеков С.С., Казанский И.А., Майшинов Е.К., Еркебалаев Ж., Мутанов Г.М. – опубл. 16.06.2014, Бюл. №6. (72)

Поступила 6 марта 2018 г.

ХИМИЯ

МРНТИ 31.23.21

УДК 547.941

**ОПТИМИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ
ТАБАЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА****Казаринов Р.В., Верещагин Н.А., Корулькин Д.Ю.***Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан**e-mail: Dmitriy.Korulkin@kaznu.kz*

В статье описаны основные экологические проблемы, связанные с утилизацией высокотоксичных техногенных отходов табачных производств. Приведен сравнительный качественный и количественный анализ состава биологически активных веществ различных видов некондиционного табачного сырья. В разработанном способе извлечение никотина из табачного (махорочного) сырья (отходы производства) включает экстракцию сырья, которую осуществляют органическими растворителями с последующим их отгоном. В приведенной технологической схеме переработки техногенного табачного сырья, используется авторская модель вакуум-сливного экстрактора. Экстракция осуществляется по циркулирующему типу. Оптимизированная конструкция барабана вакуум-сливного экстрактора позволяет полностью насытить исходное сырье экстрагентом без образования воздушных зазоров в слое сырья. Доказано, что предложенная модель экстрактора является более эффективной по сравнению с используемыми, как в одноступенчатом, так и в многоступенчатом режиме (58,74 % и 90,07 % – в авторской модели, по сравнению с 55,12 % и 83,24 % – в классической, соответственно). Предлагаемый метод позволяет повысить степень извлечения высокотоксичных алкалоидов более чем на 25 % (до 98,7 %), в сравнении с используемыми методиками.

Ключевые слова: *техногенное сырье, отходы, табак, алкалоиды, никотин, экстракция, вакуум-сливной экстрактор.*

Мақалада темекі өндірісінің жоғары токсинді техногенді қалдықтарын пайдаға жаратуына байланысты негізгі экологиялық мәселелері қарастырылған. Шартқа сәйкес емес темекі шикізатының әртүрлі түрлерінің биологиялық белсенді заттарының құрамының салыстырмалы сапалық және сандық талдауы келтірілген. Темекі (махорка) шикізатынан (өндіріс қалдықтары) никотинді алудың өңделген әдісінде органикалық еріткіштермен олардың кезекті айыруы арқылы жүзеге асыратын, шикізат экстракциясы бар. Техногенді темекі шикізатын қайта өңдеудің келтірілген технологиялық сызбасында вакуумды-құйылатын экстрактордың авторлық моделі пайдаланылған. Экстракция айналысты типі бойынша іске асады. Вакуумды-құйылатын экстрактор барабанының тиімді конструкциясы шикізат қабатында ауалық саңылаусыз экстрагентті алғашқы шикізатты толық сіңіруге мүмкіндік береді. Ұсынылған экстрактор моделі бұрыннан қолданылатындармен салыстырғанда, бір сатылы ретінде де, көп сатылы режимде де (салыстырмалы классикалықта – 55,12 % және 83,24 %, авторлық модельде – 58,74 % және 90,07 %-ға сәйкес) айрықша тиімді болып табылатындығы дәлелденген. Ұсынылған әдіс қолданылатын әдістемемен салыстырғанда жоғары токсинді алкалоидтарды алу дәрежесін 25 %-дан астам (98,7 % дейін) арттыруға жағдай жасайды.

Тірек сөздер: *техногенді шикізат, қалдықтар, темекі, алкалоидтар, никотин, экстракция, вакуумды-құйылатын экстрактор.*

The article describes the main environment issues caused by disposal of high toxic tobacco production wastes. The article describes comparative quantitative and qualitative analysis of different types of off-spec tobacco raw materials. As per developed method, nicotine extraction from wild tobacco (production wastes) includes raw material extraction using organic solvents and further stripping them. The described manmade tobacco raw material processing method uses author's model of vacuum-drain extractor. The extraction is performed in the form of circulation. Optimized design of drum of vacuum-drain extractor allows to fully saturate source raw materials with extractant without air gaps in a layer of a raw material. It has been proven that the suggested extractant model is more efficient compared to already used ones both in single-stage and multistage conditions (58.74% and 90.07% - in the author's model, compared to 55,12 % and 83,24 % – in classic one, respectively). The suggested method allows to increase the high toxic alkaloids extraction rate to more than by 25 % (up to 98,7 %), compared to methods used.

Keywords: *technogenic raw materials, wastes, tobacco, alkaloids, nicotine, extraction, vacuum-drain extractor.*

В условиях рыночной экономики остро стоит проблема полного использования имеющихся сырьевых ресурсов. Особенностью исследования является использование в качестве сырья – техногенных отходов табачного производства. Некондиционное табачное сырье и табачная крошка содержит значительное количество (до 4,5 %) высокотоксичных компонентов алкалоидной группы, наиболее токсичным из которых является никотин. Табачные компании в силу профиля своей деятельности не способны утилизировать техногенные отходы своих производств, в результате чего они вывозятся в отвалы. В результате чего происходит необратимая деградация почв, в местах отвалов, а в результате процессов естественной эрозии и процессов диффузии, высокотоксичные алкалоиды попадают в грунтовые воды, увеличивая при этом площадь непригодных к освоению почв до 12–13 % в год. В среднем, только одно табачное предприятие производит от 900 до 1400 тонн отходов в год, что еще более усугубляет экологическую ситуацию в Республике.

При этом согласно данным МСХ РК более 80 % инсектицидных (до 810 тонн) и гербицидных (до 240 тонн) препаратов импортируется в Казахстан из Китая, Турции, России и Украины. Производство ветеринарных препаратов в Республике отсутствует, в то время как потребность только в витаминных препаратах, к которым относится никотинамид, оценивается не менее чем в 420–425 тонн в год.

Растительные алкалоиды обладают ярко выраженной противоопухолевой, противовоспалительной, анестезирующей, спазмолитической, снотворной, гипо- и гипертензивной, холинэстеразной и противомаларийной активностью [1–3]. Разработка методов их селективного извлечения из техногенного растительного сырья высоко актуальна, поскольку может стать одним из этапов в решении проблемы импортозамещения в отечественной фармпромышленности, производстве растительных антиоксидантов, красителей, ароматизаторов, дубителей и химических средств защиты растений.

Цель исследования: создать универсальную по отношению к типу используемого сырья, технологию деалкалоидизации отходов табачного производства.

Объектом наших исследований являлись техногенные отходы табачного производства АО «Филипп Моррис Казахстан», некондиционные виды табака, махорки и табачная крошка.

При разработке методов получения никотина из табака, первоочередной задачей было качественное, а затем количественное определение основных балластных веществ в составе табачных отходов. Точные данные о количественном и качественном составе позволяют,

учитывая структурные особенности компонентов растения разработать максимально эффективную технологическую схему его переработки.

Для проведения анализа растительного сырья, листья табака и махорка высушивались, измельчались до размера частиц 3-7 мм и использовались для экстракции индивидуальными и смешанными экстрагентами. Сырье измельчалось. Навески помещались в колбы с обратным холодильником, заливались экстрагентами в соотношении 1:5 и настаивались в течение суток при комнатной температуре. После чего методом тонкослойной хроматографии с аутентичными образцами был проведен качественный анализ водных, водно-ацетоновых (от 1:9 до 7:3 v/v), водно-спиртовых (от 3:7 до 9.5:0.5 v/v), этилацетатных и эфирных извлечений махорки и табачной крошки.

Количественное определение обнаруженных групп природных соединений проводили по методикам Государственной фармакопеи и разработанной авторами методологии фитохимического анализа [4-6]. Полученные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты количественного анализа основных групп БАВ табачного сырья

Класс БАВ	Количественное содержание в процентах	
	Махорка	Табачная крошка
Углеводы	4,41	3,88
Полисахариды	14,33	15,21
Свободные органические кислоты	6,19	5,84
Фенолокислоты	9,88	11,21
Оксикоричные кислоты	5,03	4,13
Аминокислоты	2,39	2,37
Алкалоиды	6,56	6,92
Гликозиды фенольные	5,01	4,95
Гликозиды тритерпеновые	0,57	0,82
Кумарины	0,57	0,39
Флавоноиды	5,41	6,12
Дубильные вещества	4,77	4,18
Эфирные масла	0,64	0,43

С учетом полученных данных по составу сопутствующих групп БАВ табака, были разработаны технологические параметры селективного извлечения суммы алкалоидов, включая определение природы оптимального экстрагента и оптимального соотношения сырье:экстрагент; температурного и временного режима экстракции.

Для установления влияния природы экстрагента на выход БАВ была проведена экстракция сырья растворителями различной полярности. Оптимальный экстрагент подбирали экстрагированием измельченного и высушенного сырья разнополярными растворителями при комнатной температуре и при нагревании.

Полученные данные свидетельствовали о том, что наименее богатые сопутствующими веществами оказались хлороформный и дихлорметановый экстракты растения. Экстракция

сырья смесью указанных растворителей с добавлением бутанона, при анализе показала помимо увеличения содержания алкалоидов, также усложнение качественного состава общих экстрактов. Поэтому для отработки параметров технологического режима выделения алкалоидов изучаемого растения, мы отказались от использования комплексных экстрагентов. Дальнейшее исследование проводили с использованием петролейного эфира (фракция 40-70), дихлорметана, хлороформа, бензола, этилацетата и бензилового спирта.

Для определения оптимального соотношения сырье:экстрагент, мы использовали наиболее часто встречающиеся в научной литературе составы – 1:3, 1:4, 1:5, 1:7 и 1:10. Полученные результаты сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание алкалоидов, в зависимости от соотношения сырье:растворитель, в %

Экстрагент	Соотношение сырье:экстрагент				
	1:3	1:4	1:5	1:7	1:10
Петролейный эфир	0,94	1,18	1,27	1,31	1,35
Дихлорметан	2,21	2,67	3,23	3,36	3,45
Этилацетат	3,01	3,43	3,89	4,05	4,14
Хлороформ	0,77	1,18	1,33	1,41	1,46
Бензол	1,44	1,79	2,08	2,19	2,23
Бензиловый спирт	2,57	2,88	3,12	3,20	3,24
Этиловый спирт	2,12	2,49	2,77	2,85	2,89

Из данных таблицы 2 следует, что максимальное извлечение суммы алкалоидов, вне зависимости от типа и полярности используемого экстрагента, наблюдается при соотношении сырье:растворитель 1:5, дальнейшее увеличение количества экстрагентов, не дает существенного прироста выхода суммы алкалоидов.

Исследование влияния температурного фактора на полноту извлечения суммы алкалоидов отходов табачного производства, проводили при температурах 20, 40, 60, 80 и 100 °С. В случае если температура кипения растворителя была ниже (например, петролейный эфир, фракция 40–70, дихлорметан или хлороформ), в качестве порогового значения использовалась температура его кипения. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что пороговой температурой процесса, при которой в экстрактах наблюдается максимальное содержание суммы алкалоидов, является 60⁰С, а в случае дихлорметана – температура его кипения.

При отработке временного режима экстракции, мы исходили из найденных ранее: оптимального соотношения сырье-экстрагент (1:5) и оптимальной температуры экстракции 60 °С для петролейного эфира, этилацетата, хлороформа, бензола, бензилового спирта и этанола, и 40 °С – для дихлорметана.

Время экстракции варьировали от 1 до 5 часов. Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание алкалоидов, в зависимости от температуры процесса экстракции, в %

Экстрагент	Температура экстракции				
	20 °С	40 °С	60 °С	80 °С	100 °С
Петролейный эфир	1,09	2,54	3,60	-	-
Дихлорметан	2,59	3,02	-	-	-
Этилацетат	3,45	3,89	4,32	2,59	-
Хлороформ	1,02	2,11	3,85	-	-
Бензол	1,80	1,85	2,61	3,02	-
Бензиловый спирт	2,85	2,99	3,88	4,06	4,21
Этиловый спирт	2,51	2,74	3,64	3,81	-

Таблица 4 – Выход суммы алкалоидов в зависимости от временного режима экстракции, в %

Экстрагент	Время экстракции					
	настаивание 24 часа	1 час	2 часа	3 часа	4 часа	5 часов
Петролейный эфир	2,54	3,60	3,74	3,98	4,09	4,16
Дихлорметан	0,21	3,02	3,19	3,37	3,44	3,49
Этилацетат	0,43	4,32	4,53	4,71	4,79	4,85
Хлороформ	2,11	3,85	4,03	4,19	4,25	4,28
Бензол	1,80	2,61	2,77	2,94	3,01	3,06
Бензиловый спирт	2,85	3,88	4,26	4,59	4,77	4,91
Этиловый спирт	2,51	3,64	3,81	3,99	4,07	4,14

Из таблицы 4 следует, что при соотношении сырье-растворитель 1:5 и температуре 60 °С, а, в случае дихлорметана – 40 °С, оптимальным является трехчасовое нагревание. При дальнейшем увеличении времени экстракции в указанных условиях происходит незначительное увеличение количественного содержания алкалоидов. Кроме того, для повышения степени извлечения суммы алкалоидов табака, нами была оптимизирована установка для циркуляционной экстракции, которая включает в себя авторскую модель вакуум-сливного экстрактора (рисунок 1)[7].

В экстрактор (1) послойно загружают табак, махорку или табачную крошку, заливают экстрагентом и проводят экстракцию в течение определенного времени. Затем вытяжка сливается через сливной штуцер в выпарной аппарат (2), где при подаче теплоагента отгоняется растворитель. Органический растворитель конденсируется в холодильнике-конденсаторе (3) и сливается самотеком в сборник (4), откуда вперемешку со свежим растворителем подается вновь на сырье. Таким образом, происходит циркуляция экстрагента. Экстракция проводится до истощения растительного материала при помощи

специально разработанной конструкции вакуум-сливного экстрактора. Отгонка извлекателя и слив вытяжки происходит периодически. После достижения определенного выхода алкалоидов перекрывают вентиль на линии подачи отгона в экстрактор, из вытяжки отгоняют растворитель до получения густого экстракта. Процесс экстрагирования производится путем вращения барабана на рельсовой станине.

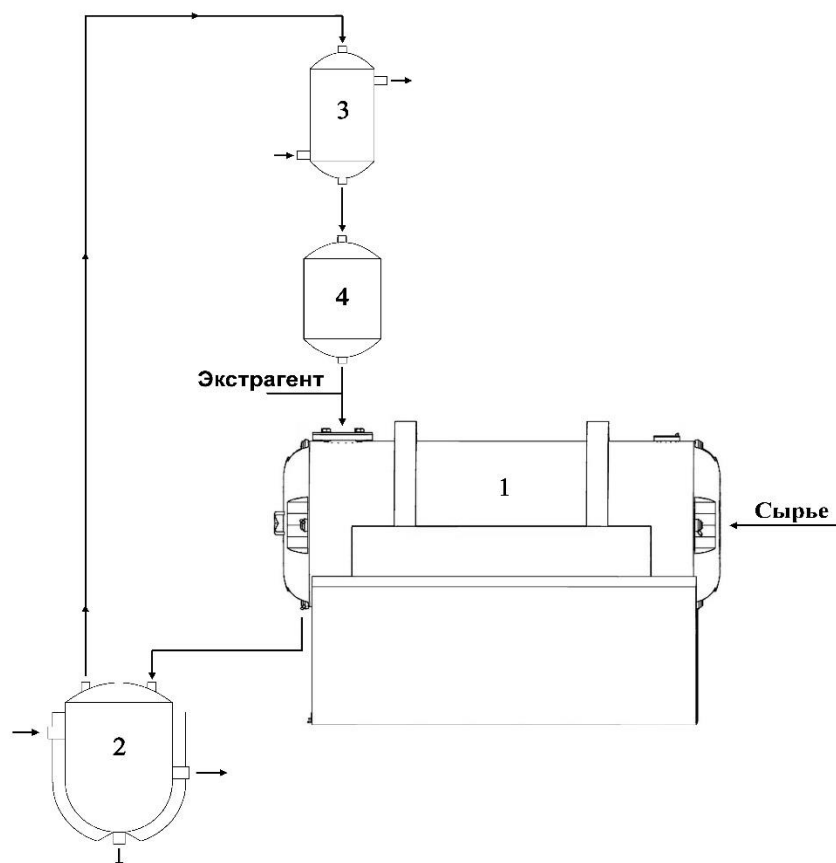


Рисунок 1 – Установка для циркуляционной экстракции никотин-содержащего растительного сырья

Вакуум-сливной экстрактор поделен на рабочие зоны. Сам аппарат снабжен корпусом в виде барабана с установленными на него «рельсами» под станину, на которой размещается сам аппарат. На корпусе имеются заливной и сливной штуцера, вакуумный клапан, люки по бокам для загрузки сырья, на люках имеются специальные пазы для насадки под редуктор. Внутренняя рабочая зона снабжена ситом, на которое грузится сырье, а также специальными каналами для слива экстракта.

В экстракторе достигается максимальная степень извлечения, благодаря созданию вакуума внутри корпуса, в рабочей зоне, а также сокращения времени экстракции. Конструкция барабана вакуум-сливного экстрактора позволяет полностью насытить исходное сырье экстрагентом без образования воздушных зазоров в слое сырья. Существует возможность создания батареи из данных экстракторов.

Расчеты показали, что предложенная модель экстрактора является эффективной как в одноступенчатой экстракции, так и в много ступенчатой экстракции (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнение показателей эффективности разработанной модели в одноступенчатой и многоступенчатой экстракциях

	Одноступенчатая экстракция	Многоступенчатая экстракция
Разработанный экстрактор	$\alpha = 58,74 \%$	$\alpha = 90,07 \%$
Традиционные модели [8,9]	$\alpha = 55,12 \%$	$\alpha = 83,24 \%$

Таким образом, разработана оптимальная модель экстрактора для выделения суммы алкалоидов из табачного растительного сырья; определены оптимальные технологические параметры их селективного извлечения (экстракция сырья бензиловым спиртом; соотношение растительное сырье:экстрагент – 1:5; температура экстракции 60 °С; время экстракции – 3 часа) при использовании разработанной модели.

Разработанная технология является эффективным способом деалкалоидизации высокотоксичных отходов табачного производства.

Литература:

1. Alagarsamy V. Pharmaceutical chemistry of natural products.– Amsterdam: Elsevier, 2012. – 792 p.
2. Brahmachari G. Chemistry and pharmacology of naturally occurring bioactive compounds. – N.-Y.: CRC Press, 2013. – 582 p.
3. Liang X.-T., Fang W.-S. Medicinal chemistry of bioactive natural products. – New-York: Wiley, 2006. – 460 p.
4. Государственная фармакопея Республики Казахстан. Т.1. – Алматы: Жибек жолы, 2008. – С. 592–609.
5. Музыкакина Р.А., Корулькин Д.Ю. Биологически активные вещества растений. Выделение, разделение, анализ. – Алматы: Атамұра, 2006. – 438 с.
6. Музыкакина Р.А., Корулькин Д.Ю. Методология исследования растительных метаболитов. – Алматы: MV-Print, 2012. – 324 с.
7. Пат. 1972 РК. Вакуум-сливной экстрактор / Казаринов Р.В., Корулькин Д.Ю., Наурызбаев М.К.; опубл. 09.01.17, Бюл. № 1. – 6 с.
8. Минина С.А., Каухова И.Е. Химия и технология фитопрепаратов. – М.: Гэотармед, 2004.– 560 с.
9. Чуешов В.И., Чернов М.Ю., Хохлова Л.М. Промышленная технология лекарств. – Харьков: МТК, 2002. – 716 с.

Поступила 12 марта 2018 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Ажгалиев Б.У. – генеральный директор ТОО «РауанНалко»
2. Аманжолова С.Т.
Amanzholova S.T. – ас. профессор Международного университета информационных технологий
3. Ахметова Д.Т. – студентка Международного университета информационных технологий
4. Байпакбаева С.Т.
Baipakbayeva S.T. – докторант PhD кафедры телекоммуникационных систем и сетей Алматинского университета энергетики и связи
5. Бекбасов Т.М. – магистрант факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им.аль-Фараби
6. Верещагин Н.А. – старший научный сотрудник Центра физико-химических методов исследования и анализа Казахского национального университета им. аль-Фараби
7. Злаудинов А.Т. – магистрант Казахской автомобильно-дорожной академии им. Л.Б. Гончарова
8. Казаринов Р.В. – младший научный сотрудник Центра физико-химических методов исследования и анализа Казахского национального университета им. аль-Фараби
9. Кенжалин А.Р. – магистрант кафедры инженерных систем и сетей института архитектуры и строительства им. Т.К. Басенова Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева
10. Колдаева С.Н.
Koldayeva S.N. – к.т.н., доцент строительного факультета Белорусского государственного университета транспорта, Минск, Республика Беларусь
11. Korishev E.E. – к.х.н., старший преподаватель Евразийского университета им. Л.Н. Гумилева
12. Корулькин Д.Ю. – д.х.н., профессор кафедры химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров Казахского национального университета им. аль-Фараби
13. Ли С.В. – д.т.н., профессор Казахской автомобильно-дорожной академии им. Л.Б. Гончарова
14. Майшинов Е.К. – главный инженер филиала «Марубени Корпорейшн Харассан Проектный офис»
15. Масалович А.И. – генеральный директор компании «Лавина Пульс». Москва, Россия

16. Mussabekov D.S. – магистрант кафедры информационных технологий Международного университета информационных технологий
17. Мун Г.А. – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров факультета химии и химической технологии Казахского национального университета им. аль-Фараби
18. Мурзахметова У.А. – к.т.н., доцент Казахской автомобильно-дорожной академии им. Л.Б. Гончарова
19. Ним В.М. – магистрант Казахской автомобильно-дорожной академии им. Л.Б. Гончарова
20. Нурпеисова К.М. – к.т.н., ас.–профессор кафедры инженерных систем и сетей института архитектуры и строительства им. Т.К. Басенова Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева
21. Сипаков И.Н. – магистрант Казахской автомобильно-дорожной академии им. Л.Б. Гончарова
22. Сулейменов И.Э.
Suleimenov I.E. – д.х.н., к.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией наноэлектроники Алматинского университета энергетики и связи
23. Цой С.В. – доктор технических наук, академик КНАЕН, Национальной академии горных наук, Международной академии информатизации, профессор, главный научный сотрудник кафедры горного дела Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

AMANDZHLOVA S.T., MUSSABEKOV D.S. <i>Security concerns for cryptocurrencies</i>	4
АМАНЖОЛОВА С.Т., МАСАЛОВИЧ А.И., АХМЕТОВА Д.Т. Исследование социальных сетей для выявления потенциально опасных групп	14
БЕКБАСОВ Т.М., АЖГАЛИЕВ Б.У. Эффективная транспортировка нефти при низких температурах. Депрессорная присадка нового поколения отечественного производства	25
КЕНЖАЛИН А.Р., НУРПЕИСОВА К.М. Энергоэффективные технологии в системах отопления	30
ЛИ С.В., МУРЗАХМЕТОВА У.А., СИПАКОВ И.Н., НИМ В.М., ЗЛАВДИНОВ А.Т. Кинематические характеристики рабочих органов машин с циклоидальным движением ..	35
РАХМАТУЛЛАЕВ М.А., НОРМАТОВ Ш.Б., КАРИМОВ У.У. Интегрированная информационная система доступа к научно-образовательным ресурсам в корпоративных сетях	42
СУЛЕЙМЕНОВ И.Э., БАЙПАКБАЕВА С.Т., КОЛДАЕВА С.Н. Адаптивные оптические системы на основе стимул-чувствительных гидрогелей	51
СУЛЕЙМЕНОВ И.Э., МУН Г.А. Концепция развития молекулярной информатики как синтеза физико-химии полимеров и информационных технологий	60
SULEIMENOV I.E., VAIPAKBAYEVA S.T., KOPISHEV E.E., KOLDAYEVA S.N. Features of ion-exchange between hydrogels based on soft polyacid and low-molecular salt solution in the field enhanced the concentration of low-molecular cations	75
ЦОЙ С.В., МАЙШИНОВ Е.К. Разработка инновационных технологий эксплуатации гидрогенных месторождений урана	86
 <u>ХИМИЯ</u>	
КАЗАРИНОВ Р.В., ВЕРЕЩАГИН Н.А., КОРУЛЬКИН Д.Ю. Оптимизированный способ переработки отходов табачного производства	93
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	99

CONTENTS

TECHNICAL SCIENCES

AMANDZHOLOVA S.T., MUSSABEKOV D.S. <i>Security concerns for cryptocurrencies</i>	4
AMANZHOLOVA S.T., MASALOVICH A.I., AKHMETOVA D.T. Investigation of social networks for the identification of potentially dangerous groups	14
BEKBASSOV T.M., AZHGALIYEV B.U. Effective transportation of oil in low temperatures conditions. New generation domestic pour point depressant	25
KENZHALIN A.R., NURPEISOVA K.M. Energy-saving and energy efficient technologies in the heating system	30
LEE S.V., MURZAKHMETOVA U.A., SIPAKOV I.N., NIM V.M., ZLAVDINOV A.T. Kinematic characteristics of working bodies of machines with cycloidal movement	35
RAKHMATULLAEV M.A., NORMATOV Sh.B., KARIMOV U.U. Integrated information system to access to scientific and educational resources in corporate networks	42
SULEIMENOV I.E., BAIPAKBAYEVA S.T., KOLDAYEVA S.N. Adaptive optical systems based on stimulus-sensitive hydrogels	51
SULEIMENOV I.E., MUN G.A. Concept of the development of molecular informatics as synthesis of physicochemistry of polymers and information technologies	60
SULEIMENOV I.E., BAIPAKBAYEVA S.T., KOPISHEV E.E., KOLDAYEVA S.N. Features of ion-exchange between hydrogels based on soft polyacid and low-molecular salt solution in the field enhanced the concentration of low-molecular cations	75
TSOY S.V., MAISHINOV Y.K. Development of innovative technologies of operation of hydrogenic uranium deposits	86
 <u>CHEMISTRY</u>	
KAZARINOV R.V., VERESCHAGIN N.A., KORULKIN D.YU. Optimized way of treatment of tobacco production wastes	91
THE INFORMATION ABOUT AUTHORS	99

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Журнал «Известия НТО «Кахак» публикует написанные на русском, казахском, английском и корейском языках оригинальные статьи, обзоры. Журнал дает информацию, связанную с деятельностью общества.

2. В оригинальных статьях могут рассматриваться результаты как теоретических, так и прикладных НИР.

3. Авторы, желающие опубликовать обзорную статью, должны предварительно согласовать ее тематику, представив аннотацию на 1–2 стр. В обзорах следует освещать темы, представляющие достаточно общий интерес по выбранной тематике или отражающие какой-либо важный аспект применения в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и т.д. Допускается обобщение результатов многолетних исследований научных коллективов.

4. Объем статьи не должен превышать 10 страниц формата А4. Статья должна начинаться с введения. В нем должны быть даны: содержательная постановка рассматриваемого в статье вопроса, краткие сведения по его истории, отличие предлагаемой задачи от уже известных, или преимущество излагаемого метода по сравнению с существующим. Основная часть статьи должна содержать формулировку задачи и предлагаемый метод ее решения, заключительная часть – краткое обсуждение полученных результатов и, если возможно, пример, иллюстрирующий их эффективность и способы применения.

5. Все статьи проходят именное рецензирование.

6. Авторы могут представить электронную версию своей статьи по адресу: izv.ntokahak@mail.ru

Требования к оформлению рукописей

Статьи представляются в электронном виде в текстовом редакторе Word 97, формулы набираются с помощью редактора MS Equation 3.0 (2.0) или Chem Draw.

Шрифт Times New Roman 12 pt. Межстрочный интервал одинарный. Поля: верхнее – 2,0 см, нижнее – 2,0 см, левое – 2,0 см, правое – 2,0 см. Абзац – красная строка – 0,5 см.

Текст статьи должен начинаться с указания:

с левой стороны – **индексов МРНТИ и УДК**, *ниже* приводятся:

- название статьи (прописные буквы, форматирование по центру),
- фамилии и инициалы авторов (прописные/светлые, форматирование по центру),
- название организации и ее местонахождение,
- e-mail авторов
- резюме (краткое изложение содержания статьи, дающее представление о теме и структуре текста, а также основных результатах, **7–10 предложений**),
- ключевые слова, обеспечивающие полное раскрытие содержания статьи (**7–10 слов**),
- текст статьи,
- список литературы,
- Ф.И.О. авторов, название статьи, резюме, ключевые слова на трех языках (на казахском, английском и русском).

Рисунки должны быть представлены в отдельном файле.

Статья представляется в *doc* или *docx* формате, а также идентичная копия в *pdf* формате, на электронный адрес журнала, в отдельных файлах дублируются рисунки, таблицы, графики, схемы, а также приводятся сведения об авторах (имя, отчество, ученая степень, ученое звание, служебный адрес, место работы, должность и телефоны для связи).

Ссылки на литературные источники в тексте приводятся в квадратных скобках. Библиографический список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание: общие требования и правила составления».

Компьютерный набор и макетирование Ли У.П.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Курмангазы, 40 (Дом Дружбы), офис 34
Тел. 8(727)–2726774

Подписано в печать 15.03.2018 г.
Печать трафаретная. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная № 1.
Тираж 500 экз.

Отпечатано в «Print Express. Издательство и полиграфия»
Алматы, ул. Байтурсынова, 85
Тел. 8(727)-292-10-95, 8(727)-292-14-28