

# **European Journal of Technical and Natural Sciences**

**Nº 2 2023**

# European Journal of Technical and Natural Sciences

Scientific journal

№ 2 2023

ISSN 2414-2352

**Editor-in-chief** Hong Han, China, Doctor of Engineering Sciences

## International editorial board

Andronov Vladimir Anatolyevitch, Ukraine, Doctor of Engineering Sciences  
Bestugin Alexander Roaldovich, Russia, Doctor of Engineering Sciences  
S.R. Boselin Prabhu, India, Doctor of Engineering Sciences  
Frolova Tatiana Vladimirovna, Ukraine, Doctor of Medicine  
Inoyatova Flora Ilyasovna, Uzbekistan, Doctor of Medicine  
Kambur Maria Dmitrievna, Ukraine, Doctor of Veterinary Medicine  
Kurdzeka Aliaksandr, Russia, Doctor of Veterinary Medicine  
Khentov Viktor Yakovlevich, Russia, Doctor of Chemistry  
Kushaliyev Kaisar Zhalitovich, Kazakhstan, Doctor of Veterinary Medicine  
Mambetullaeva Svetlana Mirzamuratovna, Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences  
Manasaryan Grigoriy Genrihovich, Armenia, Doctor of Engineering Sciences  
Martirosyan Vilena Akopovna, Armenia, Doctor of Engineering Sciences  
Miryuk Olga Alexandrovna, Kazakhstan, Doctor of Engineering Sciences  
Nagiye Polad Yusif, Azerbaijan, Ph.D. of Agricultural Sciences  
Nemikin Alexey Andreevich, Russia, Ph.D. of Agricultural Sciences  
Nenko Nataliya Ivanovna, Russia, Doctor of Agricultural Sciences

Ogirko Igor Vasilievich, Ukraine, Doctor of Engineering Sciences  
Platov Sergey Iosifovich, Russia, Doctor of Engineering Sciences  
Rayiha Amenzade, Azerbaijan, Doctor of architecture  
Shakhova Irina Aleksandrovna, Uzbekistan, Doctor of Medicine  
Skopin Pavel Igorevich, Russia, Doctor of Medicine  
Suleymanov Suleyman Fayzullaevich, Uzbekistan, Ph.D. of Medicine  
Tegza Alexandra Alexeevna, Kazakhstan, Doctor of Veterinary Medicine  
Zamazay Andrey Anatolievich, Ukraine, Doctor of Veterinary Medicine  
Zhanadilov Shaizinda, Uzbekistan, Doctor of Medicine

## Proofreading

Kristin Theissen

## Cover design

Andreas Vogel

## Additional design

Stephan Friedman

## Editorial office

Premier Publishing s.r.o. Praha 8  
– Karlín, Lyčkovo nám. 508/7, PSČ 18600

## E-mail:

pub@ppublishing.org

## Homepage:

ppublishing.org

**European Journal of Technical and Natural Sciences** is an international, German/English/Russian language, peer-reviewed journal. The journal is published in electronic form.

The decisive criterion for accepting a manuscript for publication is scientific quality. All research articles published in this journal have undergone a rigorous peer review. Based on initial screening by the editors, each paper is anonymized and reviewed by at least two anonymous referees. Recommending the articles for publishing, the reviewers confirm that in their opinion the submitted article contains important or new scientific results.

Premier Publishing s.r.o. is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

## Instructions for authors

Full instructions for manuscript preparation and submission can be found through the Premier Publishing s.r.o. home page at: <http://www.ppublishing.org>

## Material disclaimer

The opinions expressed in the conference proceedings do not necessarily reflect those of the Premier Publishing s.r.o., the editor, the editorial board, or the organization to which the authors are affiliated.

Premier Publishing s.r.o. is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

## Included to the open access repositories:

INDEX COPERNICUS  
INTERNATIONAL

The journal has Index Copernicus Value (ICV) 85.07 for 2021.

LIBRARY.RU CYBERLENINKA Google scholar

## © Premier Publishing s.r.o.

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission of the Publisher.

Typeset in Berling by Ziegler Buchdruckerei, Linz, Austria.

Printed by Premier Publishing s.r.o., Vienna, Austria on acid-free paper.

## Section 1. Agricultural sciences

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-2-3-6>

*Israyelyan Arevik,*

*Tkhruni Flora,*

*Sargsyan Mil,*

*Aghabekyan Lilit,*

*Gharibyan Inna,*

*Sargsyan Anyuta,*

*“Artsakh Scientific Center” MESC RA,*

*Republic of Artsakh, Stepanakert*

### EFFICACY OF PROBIOTIC LABS IN FORAGE PROCESSING

**Abstract.** It has been shown that the use of a lactic acid bacterial consortium in silage production to increase lactic acid fermentation and suppress undesirable microbial processes (decomposition), resulting in reduced nutrient loss and higher quality forage, in addition to the enrichment of a specific lactic acid bacterial consortium leading to increasing the protein content and the amount of amino acids.

**Keywords:** probiotic, LAB, silage, protein, amino acids.

#### 1. Introduction

Currently, cost-effective livestock production is impossible to imagine without creating a sustainable feed base. It's no secret that feeding animals with normal high-quality food contributes to the maximum development of productive qualities in young animals, and the maintenance of this quality in adults. At the same time, the current economic situation of many farms does not allow to produce the right amount and good quality of fodder (silage, hay, grain). Loss of feed in the process of forage harvesting and subsequent storage is more than 30%, so the harvesting and storage of high-quality forage is one

of the most important problems in animal husbandry [6]. In developing countries, the use of microbes or their biological products is attracting more attention in various branches of agriculture. Many efficient technologies have been developed in science for the preparation of fodder and poultry feed using biological agents [3; 8].

Intestinal infections caused by opportunistic microbiota account for a large percentage of infant falls. As a result of the use of various antibiotics and chemical preparations, the microbial balance is disturbed, dysbacteriosis occurs. The activity of the digestive, hormonal and immune systems of animals and birds, the metabolism of mineral substances is

disrupted, as a result of which, mineral substances are lacking in the body and the products obtained from it [1; 2]. Today, alternative preparations are considered probiotics, which contain live cultures of symbiotic bacteria of the digestive system. They are used as biologically active substances, have growth-promoting, curative-preventive properties, are safe, and are free from the disadvantages specific to antibiotics and chemotherapeutic agents [4; 5]. The introduction of technology for the enrichment of fodder with probiotic microbes in agriculture will be beneficial not only financially but also from the point of view of increasing the quality, because the loss of fodder in the process of harvesting and further storage of fodder is more than 30%, and after the use of microbes – 5–10%, in addition the use of microbes reduces the loss of young animals, the degree of infection of animals with pathogenic microbes, shows an anti-inflammatory effect and also increases milk yield and meat quality.

The purpose of the work is: application of probiotics in fodder production technology and verification of their effectiveness.

## 2. Methodology

**The growing of lactic acid bacteria:** In the work we used *Ent. durans* P13, *L. acidophilus* 1991, *St. termophilus* 103, *Ent. faecium* KES, *St. lactis* 62 probiotic LAB bacteria. For bacterial growth we used MRS (ISO) and MRS (Himedia) broth, MRS agar (Himedia), lactoagar, nutritional agar (Nutrient, Himedia, India), whey and pasteurized, sterilized fat milk (3.6%) produced by MMY Company, as well as dry skim milk (fat content: 1.5). Milk sterilization was performed under a sterilizing device for 15 minutes under a pressure of 0.8 mm/Pa.

The strains were stored in the collection of the laboratory of Microbiology of Artsakh Scientific Center.

## The process of making silage in the laboratory

For the study we used mixed grass silage which we gathered from two different communities: Qrasni and Aygestan.

For the preparation of the silage, weather changes have been taken into account. Because the grass season is limited to late spring and summer, when the weather is favorable, the work has been done from late May to late July. The height of the grass should be 20–30 cm. After collecting the grass, the dried mass quickly was silaged within a day with two different preparations of lactic acid and yeast. We added 10% preparations of consortium lactic acid (50%) and yeast (50%) to the silosing mass.

In laboratory conditions, food (silage) after the enrichment with probiotic bacteria was stored in appropriate containers for 45–60 days, after which we first checked their physicochemical parameters.

**Bacteriological analyses of feedstuff:** Bacteriological analyses were carried out according to generally accepted methods [7].

The number of viable bacteria was determined by gradual dilution and characterized by the titration method. Microbiological parameters (fungi, mold, pathogens) were determined according to established methods and operating standards.

**Protein determination method:** Determination of protein in feedstuff is according to GOST PA13496.4–93

**Amino acid determination:** Determination of the amino acid content, thin-layer chromatography was used, followed by calculation of the content relative to the control data. For the quantitative determination of amino acids two methods of hydrolysed samples of grass were used, esparcet and green mass of corn. The samples after

silaging were hydrolyzed at 1 atm 120 °C in the following ratio: 4 grams of the test 8 ml of 4 N HCl or 8 ml of 6 N HCl was added to the sample under a hydrolysis mode of 130 °C for 20 min. Subsequently hydrolysis was selected hydrochloric acid embodiment hydrolysis at 130 °C for 20 minutes.

Based on the results on the amino acid content in all silage samples of three regions of Art-sakh, thin-layer chromatography was used to transfer the selected samples to determine the

amino acid content on an amino acid analyzer using High-performance liquid chromatography (HPLC) systems (Semi-preparative “Avex ODS” C18 column (8 by 250 mm, Waters and Shimadzu, Japan); Shimadzu LC-20 analytical C18 column (4.6 by 250 mm, Symmetry, USA, with a detector Diode array SPD-20 a, auto-sampler).

### 3. Results

Microflora contamination indicators of the prepared fodder sample are presented in table 1 .

Table 1 . – Microbiological indicators of the received feedstuff

	Sampling location	mixed grass silage		
		Control	Sample of silage	
			<i>Ent. durans</i> P13L. <i>acidophilus</i> 1991 <i>St. termophilus</i> <i>St. Lactis</i>	<i>Ent. faecium</i> KE5 <i>L. acidophilus</i> 1991 <i>St. termophilus</i> <i>St. lactis</i>
Contamination of feedstuff with fungi	Aygestan	–	–	–
	Krasni	–	–	–
Contamination of feedstuff with different pathogen bacteria	Aygestan	–	–	–
	Krasni	$4.5 \times 10^8$	–	–
Content of probiotic LABs (CFU/ ml)	Aygestan	–	$6.2 \times 10^7$	$1.4 \times 10^9$
	Krasni	–	$8 \times 10^7$	$9.8 \times 10^7$

Table 2 . – The content of amino acids and protein in mixed grass of Krasni and Aygestan communities

Aygestan	Amino acids mg / ml										The amount of amino acids mg/ml	pro-tein%
	lys	arg	ala	glut	val	isole	tre	met	fenilala	start		
Control	0.8	–	1.6	2.4	3.2	0.8	1.6	3.2	0.4	0.4	14.4	17.0
LAB	2.4	–	3.2	3.2	3.2	2.4	2.4	3.2	0.4	0.4	21.6	27.0
Krasni	Amino acids mg / ml										The amount of amino acids mg / ml	pro-tein%
	lys	arg	ala	glut	val	isole	tre	met	fenilala	start		
Control	1.6	–	3.2	2.4	3.2	1.6	1.6	3.2	0.4	0.4	16.0	15.0
LAB	2.2	0.4	0.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0.4	–	20.4	16.0

As can be seen from the data in Table 2, different sources of mixed grass silage in the con-

tent of some essential amino acids in the control and experimental samples are differ. Thus, the

enrichment of a certain consortium of silage lactic acid bacteria leads to an increase in the protein content and the amount of amino acids. The content of lysine in the studied Aygestan samples increases three times on average, and in the Krasni sample – twice on average. Enrichment of silage with LAB increases protein content by an average of 27% and essential amino acids by 30% without the use of biological additives.

### **Conclusion**

Summarizing the studies, the following can be concluded:

Enrichment of fodder with antimicrobial probiotic bacteria is an innovative processing technology in the field of silage of forage crops. Due to the biological activity of probiotic bacteria, the growth of fungi, pathogenic microflora is suppressed, the quality indicators of fodder are increased and it is the promising for use in animal feeding.

### **References:**

1. Данилевская Н. В. Фармакологические аспекты применения пробиотиков/ Данилевская Н. В. // «Ветеринария» – № 11. 2005. – С. 6–10.
2. Зинченко Е. В. Иммунопробиотические препараты для профилактики и лечения болезней животных, 2020 год.
3. Лаптев Г. Ю., Солдатова В. В. и др., Методические рекомендации по применению силосной закваски С/П, 2001.
4. Левахин В. И. Способ силосования зеленой массы растений. // Левахин В. И., Мангутов Р. Ф., Исхаков Р. Г., Субботин В. В., Данилевская Н. В. и др. (всего 10 авторов) // Патент на изобретение № 2002134105, зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 ноября 2004 г.
5. Малик Н. И. Новые пробиотические препараты ветеринарного назначения, 2002 год.
6. Панин А. Н., Малик Н. И. Пробиотики - неотъемлемый компонент рационального кормления животных // Ветеринария. – № 7. 2006. – С. 19–22.
7. Israyelyan A., Sargsyan A., Tkhruni F., Sargsyan M., Mezherits B., Musayelyan N. The effectiveness of biopreparations on the qualitative properties of feedstuff, European online journal of natural and social sciences – Vol. 11. 2022. – P. 198–206. ISSN1805–3602.
8. URL: <http://propionix.ru/probiotiki-v-kormlenii-zhivotnykh>



<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-2-7-17>

*Yuldashev Gulom,  
Doctor of Agricultural Sciences,  
Professor doctoral students:  
Azimov Zikrjon Muhammadovich,  
Mamajonov Inomzhon Noralievich,  
Makhramkhuzhaev Sultonkhuzha Akramkhuzha coals,  
Ferghana State University*

## **PEDOGEOCHEMICAL FEATURES OF SILICON IN SALT AND LIGHT SEROZEMS**

**Abstract.** Based on our own and literary materials, the paper presents materials on the content of silicon in the lithosphere, soil, water, plants, and also in some silicate compounds. In addition, the contents of gross and mobile forms, as well as the number of atoms, oxides, eluvial-accumulative coefficients, migration and accumulation of silicon in natural and anthropogenic solonchaks, as well as in irrigated light gray soils, are given.

**Keywords:** lithosphere, silicon, phosphoric acid, clarke, mobile, oxen, silica, minerals, silicate minerals, number of atoms, Earth's crust.

*Юлдашев Гулом,  
д.с.х.н., профессор  
докторанты:  
Азимов Зикржон Мухаммадович,  
Мамажонов Иномжон Норалиевич,  
Махрамхужаев Султонхужа Акрамхужа угли,  
Ферганский государственный университет*

## **ПЕДОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРЕМНИЯ В СОЛОНЧАКАХ И СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМАХ**

**Аннотация.** В работе на основе собственных и литературных материалов представлены материалы по содержанию кремния в литосфере, почве, воде, растений, а также в некоторых силикатных соединений. Кроме того, приведены содержания валовых и подвижных форм, а также количество атомов, оксидов, элювиально-аккумулятивные коэффициенты, миграция и аккумуляция кремния в природных и антропогенных солончаках, а также в орошаемых светлых сероземах.

**Ключевые слова:** литосфера, кремний, ортофосфорная кислота, кларк, подвижный, волювые, кремнезем, минераллы, силикатные минераллы, количество атомов, Земная кора.

Кремний является одним из наиболее распространенных элементов в литосфере и почве. По данным Виноградова [7], кремний составляет 25,74%, т.е.  $\frac{1}{4}$  массы земной коры. Эта ситуация связана с количеством кислых массивных пород. В базальтах [6] его количество составляет 22–23%, т.е. почти равно кислым породам.

Кремний имеет удельный вес земной коры 2,33 и средний удельный вес почвы близок к этому. Потому что, как было сказано выше, Si составляет  $\frac{1}{4}$  часть земной коры. Геохимический круговорот Si очень важен для земной коры и почвы, так как связан с рядом физико-химических свойств почвы. В частности, если удельная масса Si равна 2,33, удельная масса почвы составляет около 2,55–2,70 г/см<sup>3</sup>. Обилие Si в земной коре и почве имеет большое теоретическое и практическое значение, так как этот элемент является одним из элементов каркаса почвы. Она занимает первое место по кислороду в десятилетие Вернадского и составляет 25,7% по массе земной коры. Понятно, что Si в свободном виде в почве не существует. Он постоянно присутствует в виде минералов в силикатах и оксидах. Его самое основное соединение называется кремнеземом SiO<sub>2</sub> или ангидридом кремния. Этот оксид, то есть SiO<sub>2</sub>, по Вернадскому, составляет 55,3% земной коры. SiO<sub>2</sub> – стабильное соединение, и его наиболее распространенная сфера – литосфера и педосфера.

По Вернадскому, в научной литературе он часто встречается в виде соединений с кремнием, азотом, бором, водородом, углеродом. Также были идентифицированы сульфозоли

кремнезема. Самое интересное, что SiF<sub>4</sub> – то есть фторид кремния – тоже присутствует в природе. Соединения с оксифторидной формулой топаза Al<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(FОН)<sub>2</sub> также существуют в природе. Топаз – один из драгоценных минералов. Соединения Si с хлором также встречаются в земной коре, но оно неустойчиво и быстро разлагается.

Таким образом, основной и наиболее распространенной формой Si являются его кислородные соединения. Существующий оксид кремния является основой для образования других соединений кислорода в природе, поэтому производные SiO<sub>2</sub> в минералогии и почвоведении называют силикатами. Наиболее распространенная их группа – соединения металлов, которых также много в почве. Например, энстатит, представляющий собой MgSiO<sub>3</sub>, силлиманит Al<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Кремнезем и его соли определяют биогеохимию кремния. Оксид кремния также образует простые силикаты с металлами. Соединения Si, металла и кислорода определенно являются солями. Также были идентифицированы соединения Si с металлом, кислородом и водородом. Так, среди соединений Si наиболее распространены соединения ортокремния и метакремния, образованные с металлами, общая формула которых соответствует M<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> и MSiO<sub>3</sub>.

К ним относятся соединения Mg, Mn, Zn и Cu. Кремнезем, а точнее SiO<sub>2</sub>, образует комплексные соединения со многими другими природными оксидами. К таким оксидам относятся Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и другие. Следовательно, Si может вызывать концентрацию



и деконцентрацию ряда элементов в почве. Это делает эти элементы очень важными в биогеохимическом цикле, особенно в цепи почва-растение. Причина этого в том, что они проявляются в общем химическом анализе почвы, а также в анализе элементного состава

растений и почвы. Алюмосиликаты являются одними из наиболее распространенных соединений Si. Вернадский описывает образование алюмосиликатов, алюминатов, силикатов и  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ , то есть корунда, через кварц следующим образом.

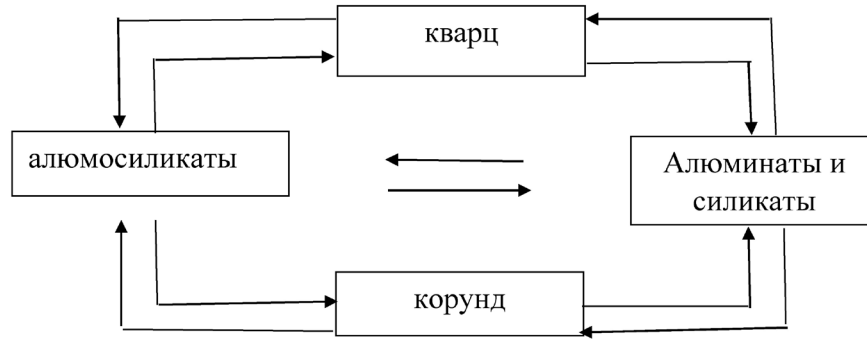
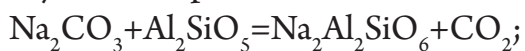


Рисунок 1.

Конечно, в природе реакции идут гладко в обе стороны, то есть из корунда в итоге может образоваться кремнезем. Этот процесс очень важен в природе. Особенно в биогеохимии алюминия. Понятно, что особое место в истории Si занимает алюминий, так как соединения Si с алюминием большой группы, называемой алюмосиликатами, широко распространены в литосфере и почве. По Вернадскому, алюмосиликаты составляют более 70% массы литосферы. Алюмосиликаты могут играть основную роль в почве для групп, называемых полуоксидами, и могут быть основой для образования  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $Ti_2O_3$ . Эти оксиды играют роль ангидридов в жизни. Эти ангидриды, в частности агрегатный оксид-силлиманит, образующийся из  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ , реагируют с содой по Вернадскому следующим образом:



Кремний принимает участие в качестве постоянного спутника в почвенном растворе, генетических слоях, фильтрационных во-

дах и растительности ландшафта пустынной области, особенно геохимического каскада и замкнутых и элементарных геохимических ландшафтных блоков. В результате гидролиза ряда минералов, особенно алюмосиликатов, образуются  $SiO_2$ ,  $SiO_2 \cdot nH_2O$  и различные ионы и другие формы. Он также образуется в результате минерализации растительных остатков. В связи с этим почвы тропических районов отличаются высокой степенью десиликатизации ряда минералов. Минералы кремния отличаются своим обилием в природе. Поэтому во всех ландшафтных блоках он участвует в разном качестве и количестве. Но в районах с засушливым климатом среди других мигрирующих элементов он находится в составе подчиненных элементов, т.е. его количество связано с количеством других водорастворимых и мигрирующих элементов. Таким образом, в продуктах почвообразования, в составе продуктов выветривания постоянно присутствует и присутствует разное количество Si. Достаточно показать, что причина

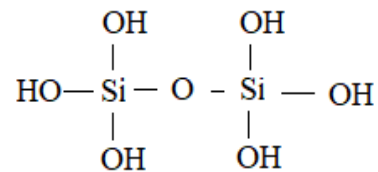
этого зависит от растворимости элемента Si в воде, почвенных и грунтовых водах.

Это связано с образованием ортокремниевых, метакремниевых слабых кислот и их взвесей и растворов некоторых кремний-органических соединений [13, 32, 31]. По данным научных источников, SiO<sub>2</sub> присутствует в фильтрационных водах и озерах в количестве 10–50 мг/л, а в отдельных случаях 200 мг/л. При этом обратим внимание на то, что растворимость и миграционные свойства кремнезема в щелочной среде, особенно при рН = 10–11, составляют до 100–200 мг/л. По данным [2] видно, что растворимость кремнезема зависит от рН наряду с температурой, т.е. после того, как рН превышает 10 при температуре 22 °С, его растворимость резко возрастает и достигает 800–1000 мг/л. Конечно, в почве такая ситуация трудно реализуема, так как ряд солей оказывает положительное и отрицательное влияние на растворимость SiO<sub>2</sub>. Водорастворимые соли присутствуют в разном количестве и качестве в почвах разной засоленности, поэтому и эффект будет соответствующий.

Относительно устойчивым соединением кремния, безусловно, является кварц, его количество в песчаных фракциях достигает 40–90%, а в некоторых случаях и выше. Количество кварца определяет механический состав почвы, то есть если его количество до 55–70%, или если количество физической мутности до 30–45%, то такие почвы называются среднеспесчаными по механическому составу. и, в зависимости от типа или типа почвы, относятся к числу наиболее плодородных почв по этому показателю, то есть за типичную сероземную среднесуглинистую принимали кредитный балл 100. Следует также отметить

малорастворимость кремнезема (SiO<sub>2</sub>) в воде, что приводится Д. С. Орловым [17] и описывается следующим образом:

SiO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ↔ Si(OH)<sub>4</sub> образует ортокремниевую кислоту (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>) в жидких растворах в виде мономеров. Если концентрация раствора содержит более 140 мг/л SiO<sub>2</sub>, то ортокремневая кислота принимает мономерную форму:



Эта кислота очень слаба, ее устойчивость невысока, поэтому в засушливых климатических районах, особенно в пустынных районах, она быстро превращается в кремнезем. Кроме того, на дегидратацию ортокремниевой кислоты положительно влияет нейтральная и слабая щелочность почвы пустынной области.

Растворимость кремнезема лучше всего проявляется в основном в кислых средах. Кремнезем также отделяют от алюмосиликатов в результате сложных гидролитических процессов. В общем случае процесс отделения кремнезема от почвенных силикатов называется десиликатированием [17]. SiO<sub>2</sub> медленно выщелачивается в почвах с кислым промывным водным режимом, но в засушливых климатических почвах почти исключается промывной водный режим при поливе сельскохозяйственных культур, то есть в этом случае кремнезем вымывается очень и очень мало.

Особую биогеохимическую роль в жизни играет кремний, без которого живые существа жить не могут [6]. 97% большинства горных пород и минералов состоят из кремнистых силикатов [7]. В 19 веке, после присутствия Si в растительных тканях, были обнаружены по-

вышение продуктивности растений, его защитные свойства, изменилось научное и практическое отношение к Si, т.е. к Si. Отличительной особенностью Si является то, что среди изученных элементов он не оказывает отрицательного действия на растение и его плодородие, даже при избытке его в почве [13]. В целом ситуация, миграция и накопление Si в биологии и сельском хозяйстве, особенно в почвенной и растительной цепи, изучены недостаточно. Его роль в сельском хозяйстве также недостаточно изучена. Верхнее, нижнее и оптимальное количество этого элемента в сельскохозяйственных растениях, естественной растительности, почве и ее профиле все еще ждут своего решения для большинства почв.

Конечно, Si поглощается из почвы [20; 21] в структуру растения и урожай, т.е. растение получает Si в основном из почвы и воды. Встречается в кварце, аморфном диоксиде кремния и полевых шпатах: ортоклазе, анортите, вермикулите, смектите, каолине, плагиоклазе и др. Растворимость Si в минералах очень низкая, то есть он практически нерастворим, поэтому с биогеохимической точки зрения считается неактивным [24; 25]. В воде растворимы только моно- и поликремниевые кислоты.

По Вернадскому, без него не может существовать ни один организм в биосфере. Si является необходимым элементом для формирования клеток и их тканей, и в то же время является каркасным элементом для почвы. Вот почему при обилии Si в почве редко ощущается его дефицит у некоторых видов растений.

Подвижное количество кремния невелико и составляет 1–3% от общего его количества [5, 3, 1]. Теоретически  $\text{SiO}_4$  может поглощаться растением в виде  $\text{SiO}_3$  и претерпевать превращения, в результате чего получается

аморфный Si. Si в таком состоянии попадает в почву после окончания жизни растений и накапливается в ее верхней части. Этот процесс более характерен для гидроморфных почв [4].

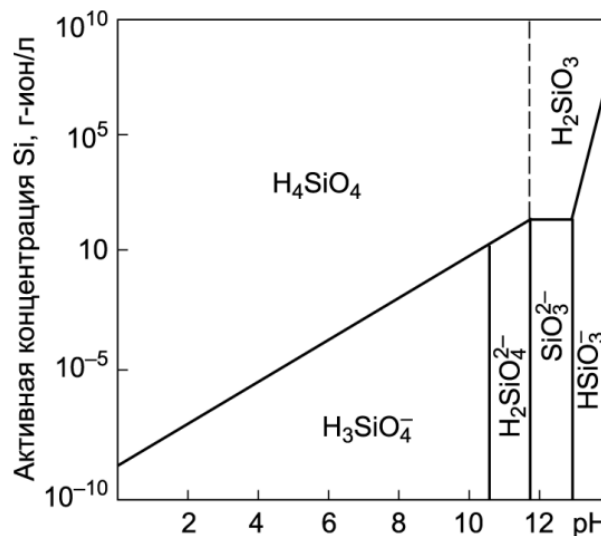


Рисунок 2. Формы кремниевой кислоты в природных водах

Конечно, баланс Si в почве зависит от процессов почвообразования, ее материнского пола и вида произрастающих в ней растений. На высокий уровень активности Si в цепи почва-растение указывал Ковда В. А. [13]. В реальности теоретически в почвенном растворе присутствуют монокремниевая и поликремниевая кислоты. Монокремниевая кислота содержит один Si. Он имеет следующий вид:  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  – ортокремниевая кислота, эта кислота химически присутствует в виде  $\text{SiO}_4$  – аниона, а метакремниевая кислота  $\text{H}_3\text{SiO}_3$  в редких случаях. Бабушкин В. И., Матвеев Г. М., Мчедлов-Петросян О. П. описывает следующим образом [1]. По сути, монокремниевые кислоты являются производными кремниевых минералов, их максимальная растворимость в нормальных условиях составляет 50–60 мг/л. Эта ситуация соответствует аморфному кремнезему, а растворимость кварца составляет 2–4 мг/л.

Механизм плавления очень сложен и состоит из нескольких стадий [1]. В сложной системе, т.е. в почве, количество Si-содержащих кислот связано с количеством аморфного кремнезема. В зависимости от почвенной среды и условий кремниевые кислоты могут реагировать с тяжелыми металлами, такими как Fe, Ca, Mn, Mg, Al, Pb, с образованием различных силикатов. Теоретически Si считается активным элементом в образовании алюмосиликатов. В то же время он снижает подвижность алюминия. Подвижный Si адсорбируется на поверхности алюминия и становится барьером для поступления алюминия в растение [14].

Из этого складывается теоретический вывод, что Si-удобрения или некоторые подвижные соединения могут снизить уровень токсичности Al в почве. Теоретически увеличение количества подвижного Si в почве увеличивает растворимость в почве фосфатов Ca, Fe, Al, даже если она частичная, то есть увеличивает количество подвижного фосфора, который может быть усвоен растением, хотя и небольшой. При этом неподвижный фосфор частично превращается в подвижный фосфор. Следует отметить, что увеличение количества подвижного Si в почве одновременно приводит к биоремедиации отравленных почв за счет связывания токсичных тяжелых металлов. Si в почве достаточно, в большинстве случаев больше нормы, но потребности растений не удовлетворяются. Только 1–3% из них подвижны по сравнению с общим [11, 28].

По данным Ю. Н. Водняницкого [8], в процессе почвообразования Si активно вымывается из верхних, точнее верхних слоев подзолистых почв. Вот почему растениям необходим подвижный Si в кислых и сильнощелочных почвах. В веществах почвы, в ее атомном строе-

нии, атомах и ионах мы можем определить тайны и причины плодородия почвы. Поскольку вещества, атомы и ионы в почве не чужды почве, они являются составными частями почвенного тела, накопителями энергии и ее носителями. Энергия почвы определяет ее виды, виды и продуктивность. Атомы, ионы, химические вещества не являются чуждой, бесполезной материей для тел, в которых они существуют. Химический состав почвы, как и земной коры, связан с точным строением атомов, то есть количеством и качеством атомов, точное строение определяет состояние почвы.

Установлено, что распределение и накопление Si в почвах составляет 200–350 г/кг в глинистых почвах и 450–480 г/кг в песчаных почвах [13]. Si является одним из элементов, составляющих скелет почвы. Из-за стабильности соединений с Si подвижность Si отнесена к инертной группе в классификации [15; 16; 19]. В почвенном растворе всегда присутствуют моно- и поликремниевые кислоты и кремнеорганические вещества [30; 33].  $\text{SiO}_2$  – растворяется в воде в минимальном количестве 2–4 мг/л, максимальное может быть 50–60 мг/л. Механизм растворения прост:  $\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_4\text{SiO}_4$  ортокремниевая кислота. Растворимость кремнезема резко снижается сульфатами, бикарбонатами и обеспечивает осаждение с щелочноземельными металлами и оксидами [23; 27]. В циркуляции кремнезема большое значение имеет его токсическое соединение, т.е. аэрозоли  $\text{SiO}_2$ , вызывающие у живых организмов заболевание «силикоз», которое, к сожалению, еще мало изучено в науке [22; 23; 26].

Поглощающая способность малогумусированных почв пустынных районов невелика, так как в их минеральном составе преобладают



каолинит, галлаузит, слюды, хлориты, а их поглощательная способность составляет 2–15 мг-экв. только в некоторых случаях она выше.

В природных рассолах и вторичных рассолах основным источником кремния является кремний в просачивающихся водах и материнских породах. Кроме того, верхний слой орошаемых почв обогащается  $\text{SiO}_2$  за счет взвешенных веществ, содержащихся в поливной

воде. Самым основным и распространенным соединением Si является, безусловно,  $\text{SiO}_2$ , т.е. кремнезем. Но он, т.е. Si, содержится в каолините, галлаузите, монтмориллоните, слюдах, хлоритах и других. На основании литературных данных [18] и [23; 29] относительно усовершенствованная авторами цепь действия описывается следующим образом (рис. 2).

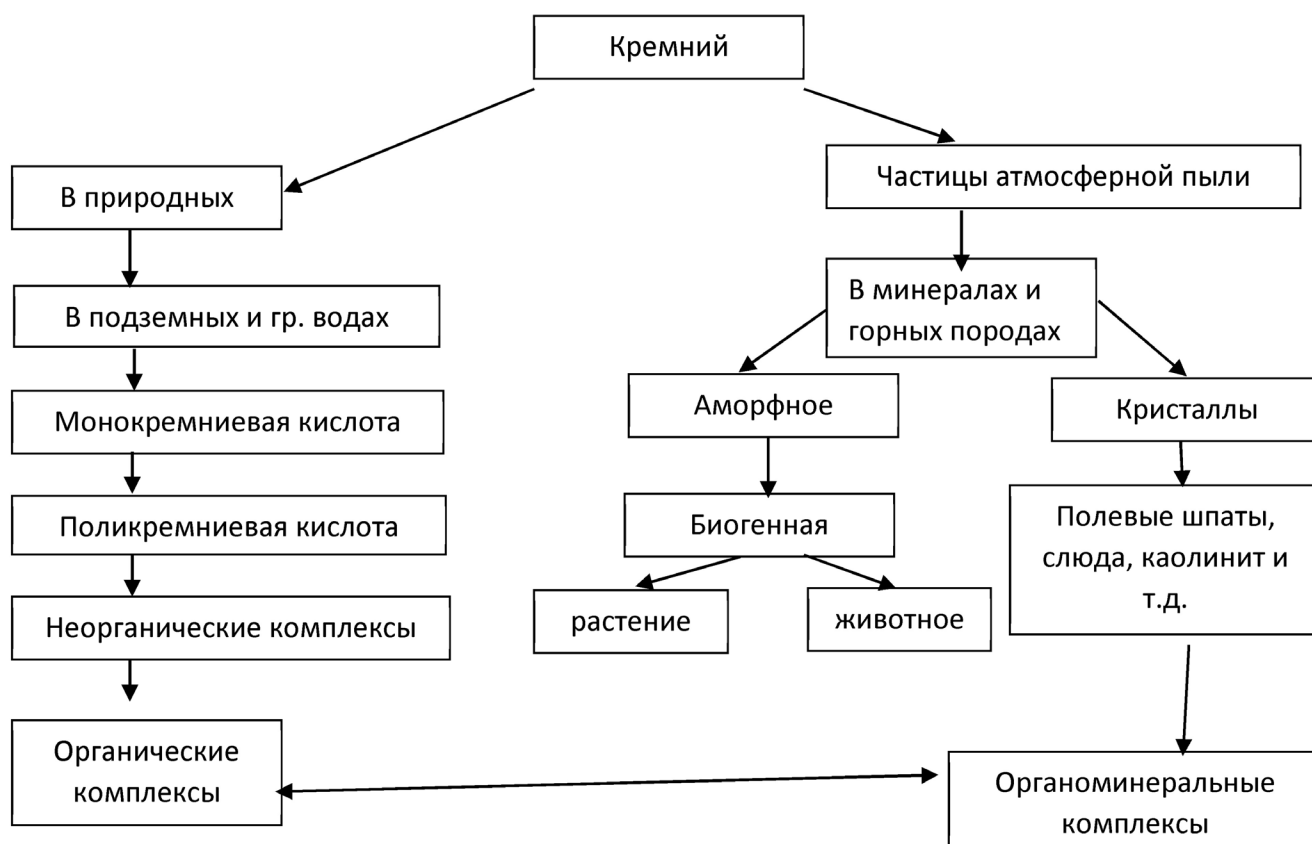


Рисунок 3. Схематическая цепочка действия кремния в ландшафтах

В основе цепи движения лежат валовое и подвижное количества Si, число атомов в 100 г почвы, количество  $\text{SiO}_2$ , элювиальный коэффициент накопления (ЭАК) валового Si, концентрация Кларка (КК), распределение Кларка (КР) и другие количественные показатели и коэффициенты. Эта ситуация представлена в (табл. 1). Согласно данным таблицы, количество Si в общем и подвижном

количестве существенно различается в профилях естественных болот, орошаемых светло-серых почв и вторичных болот.

В природных солончаках (участок 3А) общее количество Si неуклонно и постепенно снижается в почвенном профиле, причем снижение происходит в пределах от 27,11 до 22,20%. В случае орошаемых вторичных солончаков (участок 1А) наблюдаются иные

условия, т.е. профиль колеблется в пределах 29,10–33,12%. Максимальное количество наблюдается при 50–87 см и составляет 33,12%. Наименьшее количество приходится на слой

ходовой части в орошаемых светло-серых почвах (разрез 1с) общий Si колеблется в пределах слоев 0–100 см, в генетических слоях составляет 32,6–34,10%.

Таблица 1.– Кремнезем в солончаках и серозенных почвах

Разр. №	Глубина, см	Валовое, %	Подвижный, мг/кг 100 г. почв	Количество атомов $n \cdot 10^{23}$	SiO <sub>2</sub> , %	ЭАК	КК	КР
Солончаки в естественных условиях								
3А	0–3	27,11	7,7	5,83	57,92	1,37	0,92	1,09
	3–46	26,13	6,6	5,62	55,83	1,32	0,88	1,13
	46–74	25,30	9,9	5,44	54,06	1,28	0,86	1,17
	74–107	24,60	9,4	5,29	52,56	1,24	0,83	1,20
	107–160	22,20	12,7	4,77	47,44	1,12	0,75	1,33
	Грунтовые воды, мг/л	-	20,20	-	-	-	-	-
Орошаемые вторичные солончаки								
1А	0–33	31,10	16,3	6,69	66,45	1,57	1,05	0,95
	33–50	29,10	14,6	6,26	62,18	1,47	0,99	1,01
	50–87	33,12	12,9	7,12	70,77	1,67	1,12	0,89
	87–129	31,20	11,6	6,71	66,67	1,57	1,06	0,95
	129–208	31,8	11,1	6,84	67,94	1,61	1,08	0,93
	Грунтовые воды, мг/л	-	22,10	-	-	-	-	-
Орошаемые светлые сероземы								
1с	0–10	33,71	5,8	7,25	72,03	1,70	1,14	0,87
	10–40	34,10	5,2	7,33	72,86	1,72	1,16	0,86
	40–80	33,60	4,9	7,22	71,79	1,70	1,14	0,88
	80–100	32,6	4,10	7,01	69,66	1,65	1,10	0,90
2с	0–20	30,61	10,2	6,58	65,41	1,55	1,04	0,96
3с	0–20	28,10	10,8	6,04	60,04	1,42	0,95	1,05

Суммарный Si в подстилочном слое слабосмытых светло-серых почв составляет 30,61% (разрез 2с), а в выщелоченных почвах – 28,10% (разрез 3с). Общее количество Si мало влияет на его подвижность в нормальных условиях, но эта ситуация, по-видимому, сильно отличается в засоленных и орошаемых светло-серых почвах.

Количество подвижного Si в природных солончаках составляет 6,6–12,7 мг/кг, что зна-

чительно ниже, чем во вторичных солончаках. Основной причиной такой ситуации является вторичное засоление из-за влияния поливной воды и ее наносов, поэтому количество растворимого Si в воде выше.

Но в орошаемых светло-серых почвах количество подвижного Si почти в 2–3 раза меньше в слоях 0–100 см, чем в других. Такое положение объясняется различием их, то есть генезиса изучаемых почв, материнского пола.



Материнские породы природных и вторичных сланцев характеризуются аллювиальными и пролювиальными отложениями, а материнские породы светлых сероземов – скелетным проллювием.

Как указывалось выше, наличие валового и подвижного Si в 50–87-сантиметровом слое вторичных отложений относительно велико, соединения Si растворяются в воде даже при небольшом их количестве, а значит, под влиянием орошения его подвижная форма переходит в этих глубин и аккумулирует при этом 22,10 г фильтрационной воды/л. Si движется вверх с фильтрационной водой в засоленных районах и поднимается до 50–87 см, и является одной из причин образования богатороговых сцементированных слоев в этот слой. Благодаря подвижным формам Si отрицательно заряженные коллоиды обладают цементирующими свойствами [9].

Валовое и подвижное количества кремния представляют собой число атомов в 100 г почвы, количество  $\text{SiO}_2$ . В частности, число атомов в 100 г почвы на профиле поперечного сечения 3А составляет  $4,77 \cdot 10^{23}$ – $5,83 \cdot 10^{23}$ . Этот показатель значительно выше в более поздних вторичных почвах и орошаемых светло-серых почвах. В светло-серых почвах она составляет  $7,01 \cdot 10^{23}$ – $7,33 \cdot 10^{23}$ . По этому показателю вторичные спайки являются промежуточными числами. Количество  $\text{SiO}_2$  образуется пропорционально общему количеству Si. Мы можем видеть эту ситуацию из данных таблицы. Как и следовало ожидать, более высокие значения  $\text{SiO}_2$  соответствуют сероземам. Что же касается других педогеохимических показателей, то есть КК увеличивается с увеличением валовой суммы и в целом колеблется в пределах 0,75–1,16, то

противоположные значения представлены КТ. Наиболее высокие показатели аллювиально-аккумулятивного коэффициента соответствуют сероземам. В целом почти все почвогехимические показатели соответствуют количеству валового Si, только количество подвижного Si в светло-серых почвах немного нарушает это правило, то есть подвижное количество валового Si меньше, чем в других почвах по сравнению с другими почвами. Такое положение объясняется тем, что генезис этих почв разный.

### Выводы

1. По мере увеличения содержания свободного и кремнеземистого Si в структуре почвы снижается ее поглотительная способность, т.е. почвы. При этом снижаются его тонущие и набухающие свойства, облегчается механическая структура, повышается водо-, воздухо- и температуропроницаемость. Поверхность сравнения сжимается. Заряд коллоидных частиц становится отрицательным, так как слюда и каолинит относятся к отрицательно заряженным минералам.

2. Во внутренних слоях почвы вместе с минерализованной водой по направлению к испарительным барьерам ортокремневая кислота движется в районе пустыни, особенно при образовании конусов, и при достижении испарительного барьера теряет воду и превращается в  $\text{SiO}_2$  будет преодолен.

3. Из-за образования соды в почвенных слоях резко повышается рН до 10–11, и в такой среде увеличивается подвижность Si и он перемещается из внутренних слоев в двойные барьеры и застревает в барьерах., в результате увеличивается концентрация Si и его соединений, хотя и медленно, это условие сказывается на механическом строении почвы.

**Список литературы:**

1. Бабушкин В. П., Матвеев Г. М., Мчедлов-Петросян О. П. Термодинамика силикатов – М. 1972.
2. Боброва Е. К. Биогенный кремний почв сложного генезиса: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М., 1995.
3. Борисов М. В. Экспериментальное исследование форм нахождения кремнекислоты в растворах. Автореферат дис. канд. био. наук. – М., 1976.
4. Вапиров В. В., Феоктистов В. М., Венкович А. А., Вапирова Н. В. К вопросу о поведении кремния в природе и его биологической роли // Уч. зап. Петрозаводск. гос. ун-та. – № 2. 2017. – С. 95–102.
5. Варшалл Г. М., Драчёва Л. В., Замокина Н. С. О формах кремнекислоты и методах их определения в природных водах // Химический анализ морских осадков. – М., 1980.
6. Вернадский В. И. Биосфера. Труды по биохимии – М. Мысль. 1967. – 376 с.
7. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М. 1957. – 238 с.
8. Водяницкий Ю. Н. Дефицит кремния в некоторых почвах и пути его устранения Агрохимия. – № 8. 1984. – С. 127–2–131.
9. Гедройц К. К. Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв // Избр. соч. – Т. 1. – М., 1955.
10. Гольева А. А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. – М., Сыктывкар; Элиста, 2001.
11. Князькова И. С. Исследование состояния кремнезема в водных растворах: Автореф. дис. канд. хим. наук. – М., 1974.
12. Князькова И. С. Исследование состояния кремнезема в водных растворах: Автореф. дис. канд. хим. наук. – М., 1974.
13. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова. – М. 1985. – 251 с.
14. Матковский П., Ярулин Р. Кремний в мире человека Chem. J. – № 6–7. – С. 36–39.
15. Матыченков В. В., Шнайдер Г. С. Подвижные соединения кремния в некоторых почвах юга Флориды // Почвоведение. – № 12. 1996.
16. Матыченков, Хомяков Д. М., Пахненко Е. П., Бочарникова Е. А., Матыченков В. В. Подвижные кремниевые соединения в системе почва-растение и методы определения. Вест. Мос. ун-та сер. 17. Почвоведение. 2016. – № 3.
17. Орлов Д. С. Химия почв. – М., 1992. – 400 с.
18. Орлов Д. С., Безуголова О. С. Биогеохимия – Ростов на-Дону 2000. – 320 с.
19. Польшов Б. Б. Геохимические ландшафты. – М., 1952.
20. Самсонова Н. Е. Кремниевые удобрения для внекорневой подкормки зерновых культур // Сб. мат-лов международная научно-практическая конференция. “Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности”. – Смоленск: Смоленск. ГСХА, 2017. – С. 159–166.

21. Самсонова Н. Е., Козлов Ю. В., Зайцева З. Ф., Шупинская И. А. Эффективность соединений кремния при обработке семян и растений кукурузы (*Zea mays* L.) // *Агрохимия*. – № 1. 2017. – С. 12–18.
22. Сапожников С. П., Гордова В. С. Роль соединений кремния в развитии аутоиммунных процессов (обзор) // *Микроэлементы в медицине*. – Т. 14. – № 3. 2013. – С. 3–13.
23. Соколова Т. А., Дронова Т. Я., Толпешта И. И. Глинистые минералы в почвах. – М., 2005.
24. Ahmad A., Tahir M., Afzal M. Effect of foliar application of silicon and boron on rice. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 132 p.
25. Ahmad A., Afzal M., Ahmad A. U.H., Tahir M. Effect of foliar application of silicon on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) // *Cercetări Agronomice în Moldova*. – V. 46. – № 3 (155). 2013. – P. 21–28.
26. Bocharnikova E. A., Matichenkov V. V. The management of heavy metal behavior and mobility in the soil-plant system // 31<sup>th</sup> Mid-Atlantic Industrial and Hazardous Waste Conf. Atlantic city, 1999. – P. 614–621.
27. Bocharnikova E. A., Pinsky D. L., Matichenkov V. V. The influence of soluble silica acids on behavior of heavy metals in soil and natural waters // *Proc. of World-wide Symp. Pollut. in large cities*. Venice; Padova, 1995. – P. 43–51.
28. Carballo-Méndez F.J., Olivares-Saenz E., Vázquez-Alvarado R.E., Zavala-García F., Bolivar-Duarte M., Benavides-Mendoza A. Silicon improves the quality of fruits of *Solanum lycopersicum* Mill. subjected to saline stress // 7<sup>th</sup> Inter. Conf. Silicon Agricult. *Proced. Abstracts*. 2017. – 64 p.
29. Cornelis J. T., Delvaux B., Georg R. B. et al. Tracing the origin of dissolved silicon transferred from various soil-plant systems towards rivers: a review // *Biogeosciences*. – Vol. 8 (1). 2011. – P. 89–112.
30. Javaid K., Misgar F. A. Effect of foliar application of orthosilicic acid on leaf and fruit nutrient content of apple cv. “Red Delicious” // *Adv. Res. J. Multidisciplinary Discoveries*. – Vol. 20. – Ch. 7. 2017. – P. 30–32.
31. Jeena M., Krishnakumar V., Abdul Haris A. Narayanan Nampoothiri C. K. Impact of silicates on the growth of coconut seedlings grown in a tropical Entisol // 7<sup>th</sup> Inter. Conf. Silicon Agricult. *Proced. Abstracts*. India, 2017. – 133 p.
32. Maghsoudi K., Emam Y., Ashraf M. Influence of foliar application of silicon on chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, and growth in water-stressed wheat cultivars differing in drought tolerance // *Turkish J. Bot.* – Vol. 39. 2015. – P. 625–634.
33. Moamen M. Al-Wasfy. Response of Sakkoti date palms to foliar application of royal jelly, silicon and vitamins B // *J. Am. Sci.* – V. 9(5). 2013. – P. 315–321.

## Section 2. Transport

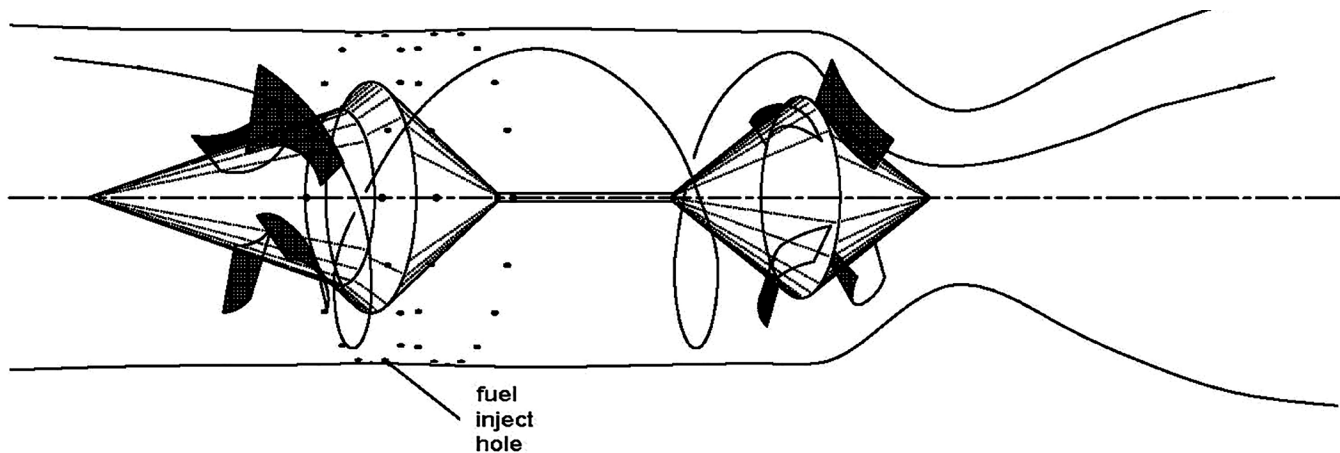
<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-2-18-22>

Gao Heng Wei,  
ChaoYang, Beijing, China

### THE HYPER-SONIQUE VORTEX RAMJET PROPULSION

**Abstract.** Apply an artificial spinning vortex in the engine, a new kind of ramjet could be made out to work from M1 to M10 by centrifugal force in theory. This efficient method can provide high quality push power for many types of supersonic vehicles. The compress course has been solved under some simplifies in this article too. Although it is simple, it's a way to have a look at the result of this special engine until more accurate solution is get.

**Keywords:** supersonic, vortex, spin, ramjet, engine.



Drawing 1. Concept design of spinning ramjet

The key difficulties for ramjet working would be overcome by this amazing method: Flow through (a set of) fixed fan(s) or twisted tunnel(s), the air entering the engine with high speed (esp. M1 ~ 10) can form an exciting spinning vortex, and compress the peripheral part into high pressure and high density. This would create perfect condition for the air combine with the fuel injected into the combustor (see the drawing 1, please).

After burning, another (set of) fixed fan(s) or twisted tunnel(s) would lead the gases get rid of the spinning state back to common line flowing again. Then the gasses accelerate in an De Laval nozzle to reach its top speed and rush out the end of the engine finally.

In both of the courses the gasses return to common line flowing and accelerating in the Laval nozzle, the engine would get the power of

pushing force and the more faster of the air entering, the more efficient it can works well!

Like all of the supersonic cases, some shock waves would occur besides the engine's structures, esp. near the edges of the blades of the front fixed fan(s). However, its disturbance to the engine would be secondary – since it's just a boundary surface of sudden change of the fast-flowing state (eg. the state of speed etc.). So, in order to simplify, it will be ignored the influence of the shock waves in this article.

The most urgent question is about the effects of spinning compress: Could it has a too low or too high pressure, density, flowing speed and temperature?

To answer this, the following part would simplify the spinning course and establish a set of equations for solving.

Because of the engine is designed for supersonic working, the velocity of the gas is rapid, and in comparison of this, the speed of heat transferring appears slowly. Based on this fact, the first hypothesis can be given: The fluid in spinning could be thought as adiabatic – The temperature's change would be caused by the pressure's work only:

$$Nd\left(\frac{i}{2}kT\right) = -pdV \quad (1)$$

Moreover, the work pdv would cause the gass(es)' kinetic energy increasing. When it is the only way:

$$Nd\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = pdV \quad (1')$$

Combine with (1) and (1') can get:

$$d\left(\frac{i}{2}kT\right) = -d\left(\frac{1}{2}mv^2\right) \quad (2)$$

Overall consider of the fluid's mechanics equation, the constancy of the number of particles and the gas' state function, the equations set (ref. 1) for spinning would be gained as:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{momentum: } nm\frac{v^2}{r} = \frac{dp}{dr} \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{number: } d(nV) = 0 \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{state: } p = nkT \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{adiabatic: } Nd\left(\frac{ikT}{2}\right) = -pdv \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{energy: } d\left(\frac{ikT}{2} + \frac{1}{2}mv^2\right) = 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

Next is the main steps of a way to solve the set of equations, and its solution result:

$$\text{Step 1: From (4) get: } \frac{dV}{V} = -\frac{dn}{n} \quad (6)$$

Step 2: Take (6) and (5) into (1), and note that  $n = \frac{N}{V}$ . Sign:

$$C_1 = \frac{n_0}{T_0^{\frac{i}{2}}} \quad (7)$$

The footnote 0 represent the original state (or the start state). Then could solved out:

$$n = \left(\frac{n_0}{T_0^{\frac{i}{2}}}\right) T^{\frac{i}{2}} = C_1 T^{\frac{i}{2}} \quad (8)$$

Step 3: From (2) could get:  $\frac{i}{2}kT + \frac{1}{2}mv^2 = C$  (C is a constant) (9)

$$\text{Step 4: From (9): } mv^2 = 2C - ikT \quad (10)$$

Then take (10), (8) and (5) into (3), it could be solved out at the end:

$$T = T_0 + \frac{mv_0^2}{ik} \left[ 1 - \left(\frac{r_0}{r}\right)^{\frac{2i}{2+i}} \right] \quad (11)$$

The total solution result is:

$$\left\{ \begin{array}{l} T = T_0 \left\{ 1 + \frac{mv_0^2}{ikT_0} \left[ 1 - \left(\frac{r_0}{r}\right)^{\frac{2i}{2+i}} \right] \right\} \end{array} \right. \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n = n_0 (T/T_0)^{\frac{i}{2}} \end{array} \right. \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} p = p_0 (T/T_0)^{\frac{i}{2}+1} \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v = v_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^{\frac{1}{1+2/i}} \end{array} \right. \quad (13)$$



Especially, from the above result could still get the limit values of the spinning compression (when  $\frac{r}{r_0}$  is little enough):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{T}{T_0} |_{\max} = 1 + \frac{mv_0^2}{ikT_0} \end{array} \right. \quad (14)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{n}{n_0} |_{\max} = \left(1 + \frac{mv_0^2}{ikT_0}\right)^{\frac{i}{2}} \end{array} \right. \quad (15)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{p}{p_0} |_{\max} = \left(1 + \frac{mv_0^2}{ikT_0}\right)^{\frac{i}{2}+1} \end{array} \right. \quad (16)$$

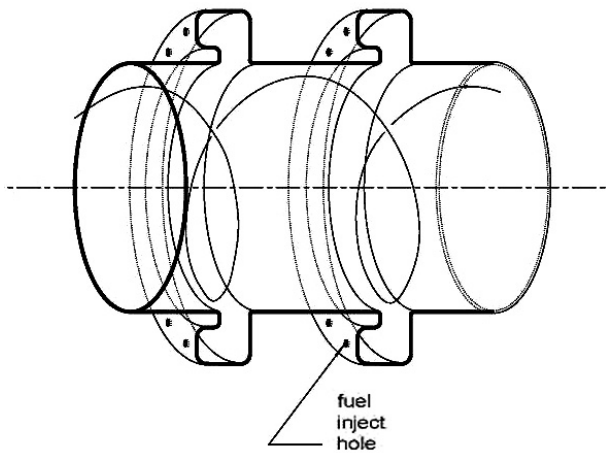
$$\left\{ \begin{array}{l} v |_{\min} = 0 \end{array} \right. \quad (17)$$

The following table is some calculation results under the standard atmosphere condition for an engine with the structure character of  $\frac{r_0}{r} = \frac{1}{2}$  in different altitude and speed (the flowing along the axis is overlooked):

Table 1.

$\frac{r_0}{r} = \frac{1}{2}, \frac{v}{v_0} = 0.6095$ , air molecule  $m = 29 \times 1.667 \times 10^{-27} \text{kg}$ ,  $k = 1.380649 \times 10^{-23} \text{J/K}$ ,  $i=5$

H km	$a_0$ m/s (Sound velocity)	$T_0$ K	$\rho_0$ kg/m <sup>3</sup>	$p_0$ 10 <sup>5</sup> Pa	$M_0$ 1.	$v_0$ m/s	$v$ m/s	T K	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$p$ 10 <sup>5</sup> Pa
0	340.	288.15	1.225	1.013	1.			339.2	1.841	1.792
3	328.58	268.65	0.9091	0.7011	3.			696.3	9.836	19.66
6	316.43	249.15	0.6597	0.4718	4.			954.2	18.94	51.87
10	299.46	223.15	0.4127	0.2644	4.5			1022.	18.55	54.44
20	295.07	216.65	0.08803	0.05475	6.			1596.	12.97	59.44
32	303.13	228.65	0.01323	0.00868	8.			2822.	7.077	57.30



Drawing 2.

Improved combustor.

In fact, this spinning compression engine isn't perfect, even though the streamlines in

it are helicoid. Compare to the common flow through the engine directly, it has just lengthened the time of gasses staying in the engine several times –  $\alpha$  is the angle between the flow speed vector and the axis line. It's still a very short period for the fuel's complete burning in the combustor with so high-speed flowing, much more of the fuel would be wasted.

To solve this problem, an efficient improved combustor could be used – it's just needs to make out one or some 'circular groove(s)' on the column surface of the combustor (see Drawing 2, please.) – which can be called as 'stationed



ring(s)', and inject the fuel from the bottom or innermost space of it.

By this method, except few particles escape out through diffusion, most of the fuel injected in the groove(s) would spin there round and round until takes chemical reaction with the air rush in or diffuse inside.

Since the oxidizing agent of the engine comes from the air in the atmosphere, the total propulsive agents consuming rate of the engine would be much less than the rocket engine to produce same pushing force, let the relative specific impulse raise to near 5000.S as many air engines done. For the same reason, the craft's take-off weight to transport an unit mass of the effective load would be reduced to  $\sim 1/10$  in the same time.

So the spinning engine could provide for a huge amount of supersonic air-space crafts an efficient kind of pushing power and save much weight for them.

#### **Conclusion:**

The solution result (formulas: (8), (11), (12), (13)) and the calculation examples all shows that: 1. The speed reducing rate of the air in the bottom of the combustor is decided by the  $r_0/r$  only. 2. If the velocity of the flight could be controlled well on different altitude, then the temperature and the pressure can be kept in fair range of the structure's material bearing ability. 3. The engine can work to a high M count ( $\sim 10$ ) finally.

#### **Acknowledgement**

*To thanks: Cai Yuan Pu, Yang Gui Fen, Gao Yu Ying, Cai Feng Zheng, Wei Zhen Hua, Cai Feng Ying, Pei Feng Yun, Yang Zhen Guo, Aunt Mrs. Pei, Pei Xin Chi, Pei Yu Hua, My First Uncle, My First Aunt, Gao Yu Mei, My Second Aunt, Gao Yu Cong, Liu Zun Qing, Zhang Jing Liang, Liu Man Tang, Gao Heng Xue, Zhang Jie, Gao Heng Ge (Jane Yifei Gao), Wei Ning, Wei Wei, Zhang Zhen Jiang, Wei Liang, Xu Bao Jun, Wei Zhen Zhong, Liu Shu Qin, Wei Zhen Rong, Xu Yuan Gong, Wang Ya Lin, Wang Shu Gui, Lao Xie, Yue Quan, Mrs. Yue Quan, Mrs. Shi, Yang Lian Zhong, Wei Bing, Wei Yan, Wei Xin, Wang Gang Feng, Bi Guan Zheng, Uncle Sun, Mrs.Song, Mr. Liu, Mrs.Liu, Liu Jian Suo, Guo Zhi Chun, Wang Fu Chun, Lao Pi, Xu Bao Min, Zhang Xue Liang, Lao Li, Lao Ma, Mrs.Lao Ma, Mr. Dong, Xiao Wang, Jia Zhen He, Zhang Gui Zhen, Uncle Lao Jin, Mrs.Lian Hong, Mr. Li, Jia Yu Xuan, Peng Zu Jia, Li Tian You, Qiao Ming, Mrs.Feng, Jia Shu Min, Sun Gui Zhen, Mrs.Ma, Lao Gu, Lao Zhang, Zhang Wei Hong, Zhou Lan Xiang, Wang Jian, Xue Yi Sheng, Xu Yun Xia, Zhou Jia Lin, Zhou Guang Wen, Feng Yin Jiu, Wu De Long, Yang Min Zhen, Geng Li Xia, Ma Qi Min, Ding Qin Zhi, Li Qun Zhi, Pang Kun, Yu Yang, Zheng Run Xiang, Zheng Wen Xiang, Wang De Zhu, Mr. Du, Aunt Wang, Zhang Wen Bin, Wu Yan Qing, Ms. Liu, Xiao Jin, Mr. Lan, Li Xing Qun, Yan Dian Yuan, Qiao Chang Li, Sun Ji Tong, Zheng Wei Dong, Xong Shi Jie, Li Shuo Xin, Shen Du, Huang Wei, Wang Li, Yan Shi Ling, Yan Zhao Fu, Professor Zhou Hui Zhong, Professor Wu Wen Zheng, Teacher Xu Ning Yuan, Teacher Xue, Teacher Deng, Teacher Lan, Teacher Li Wen Li, Teacher Zhang Ying, Teacher Gu, Teacher Liu Shu Fang, Yuan Dong, Li Qi, Song Jin Song, Wang Wei, Shao Ying Cui, Cui Yu Ling, Wang Bin, Mr. Hu, Zhang Xuan, Xia Qiang, Luo Tao, Zhu Yun Yin, Cao Jian Wu, Chen Qi, Hu Yue Gui, Hu Jian He, Li Bao Fang, Xiao Zhi Yuan, He You Qing, Zhang Heng, Yang Hong, Hou Ji Yei, Chen Chi, He Yan, Li Dong Shun, Li Dong Ren, Li Dong Yi, Liu Ya Wen, Fu Qiang, Fu Liang, Wang Xue Qiang, Zhou Chun Fa, Zhang Wan You, Liu Kun, Ms. Liu, Liu Hong Xia, Li Ming*

Ming, Uncle Gao Li Cheng, Uncle Cao, Xian Xin, Teacher Wang Shu Fen, Aunt Mrs. Wei, Aunt Mrs. Shi, Aunt Mrs. Huang Yun Xia, Aunt Mrs. Qiu, Aunt Mrs. Yang, Feng Ming, Peng Qi Gui, Mrs. Guo, Mrs. Jiang, Mrs. Jia, Mrs. He, Mrs. Gao, Mrs. Wang, Mrs. Ma, Ms. Zhu, Lao Xu, Lao Deng, Mrs. Liu, Lao Zhao, Lao Wang, Mr. Zhang, Mrs. Wang, Mr. Li, Mr. Ju, Mr. Wang, Mrs. Xu Wen Zhen, Xu Jing Long, Mrs. Ma Dong li, Mr. Fu, Mr. Wan, Mrs. Yu, Uncle Yan, Uncle Zhang, Uncle Li Chang Feng, Uncle Liu, Zhao Jin Ling, Zhao Mei Ling, Meng Xian Rui, Mr. Li Sheng, Mr. Zhang Yu, Mr. Zhang Yin Jiang, Mr. Zhi Chun He, Mrs. Liu Shu Fang, Mr. Xiao Wang, Li Jie, Mr. Wu Xiao Fang, Mr. Wu Jian Qiang, Xiao Wang, Mr. Wang, Mrs Lian Hong, Sun Jian Jun, Mrs. Shu Xiu Ling, Mrs. Ma Dong Li... and all the persons used support to me.

#### **References:**

1. Gao Heng Wei. The Field's General Dynamic Equation And Some Applications. Young Scholars Journal No. 4–5.2021. URL:<https://doi.org/10.29013/YSJ-21-4.5-39-42> Czech Republic. © Premier Publishing s.r.o.

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-2-23-29>

*Tatarchuk Tetiana Vasylivna,  
PhD Tech., associate professor, associate professor of Physics Department  
of National University "Zaporizhzhia Polytechnic", Zaporizhzhia*

*Seredenko Kyrylo Artemovych,  
Student gr. ENE3, FEI  
Slovenská technická univerzita v Bratislave, Bratislava*

*Oleksenko Oleksandra Serhiivna,  
Student gr. T-311, TF  
National University "Zaporizhzhia Polytechnic", Zaporizhzhia*

## DESIGN OF LI-ION BATTERIES FOR PORTABLE ELECTRIC TRANSPORT

**Abstract.** During the work, the designs of traction batteries for portable electric transport were considered and analyzed. Serious flaws have been revealed that battery manufacturers carefully hide. The inability of balancing BMS boards to prevent long-term effects of overcurrent on elements has been theoretically proven. The next task of our research was the design and manufacture of the first Li-ion battery, which in its design was similar to factory analogues. During the operation of the battery, the inability of the BMS board to regulate the charge current was practically observed. After analyzing the shortcomings of the first Li-ion battery prototype, they concluded that it was hopeless. The production of the second Li-ion battery, taking into account the shortcomings of the previous prototype, and its operation did not meet the expectations of the authors. And she also pointed out her hopelessness.

**Keywords:** Li-ion batteries, balancing BMS boards, overcurrents, service life.

The rapid development of society and progressive population growth in the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries have led to significant environmental problems. Internal combustion engines (ICEs) and industrial facilities, which are the cause of greenhouse gas emissions, pose a considerable danger to the environment. Mankind is making a lot of efforts to solve the issue of global warming. One of the main achievements of civilization in the 21<sup>st</sup> century is the beginning of the process of replacing internal combustion engines with engines with zero greenhouse gas

emissions, such as electric ones. Electrification of transport is one of the important measures to overcome the climate crisis.

In parallel with the conversion of traditional transport (cars, buses, cars, trucks) to electric traction, there is a rapid development of portable electric transport, such as: scooters, bicycles, quad bikes, maps, scooters, motorcycles, gyroboards, gyroscooters, unicycles, etc. Previously, the problems faced by consumers when using portable electric vehicles were analyzed [1].

As you know, the main unit of electric transport is a battery (AB), which has a limited number of cycles. ABs gradually lose their capacity, degrade, fail and as a result require partial or complete replacement. The most popular now are batteries with Li-ion cells of standardized sizes. The variety of modern lithium-ion batteries for electric bicycles is due to a wide range of technical characteristics. They differ in nominal voltage, capacity, current output, the presence of a hard case, and standard sizes. But there is one thing that connects all lithium-ion batteries regardless of their technical characteristics. This is a design flaw that leads to rapid degradation of elements and a noticeable loss of battery capacity. The fact is that the set of lithium-ion batteries that form the battery is located in the case, and each element is welded to another with the help of a metal tape. It is clear that it is extremely difficult to disassemble such a structure, and it is completely impossible to diagnose each element after the battery has been used. The manufacturers assure that the balancing BMS board installed on the battery prevents deep discharge and fully

controls its charge, each battery is charged to 100% and does not suffer from excessive overheating. Earlier [1] we theoretically described the helplessness of the BMS board in balancing AB assemblies, and now we will tell about our own experience of using a Li-ion battery together with a BMS board and its consequences.

**Battery № 1.** The idea to build our own Li-ion battery came to us while browsing the range of electric bike kits. We were impressed by the price/capacity ratio and the significant amount of negative customer feedback. It was decided to manufacture its own Li-ion battery for 21 A\*h with a nominal voltage of 36V, using Li-ion cells “18650”. The purchase of elements with a declared capacity of 3.3 A\*h was made on the AliExpress trading platform. The design of the battery included 10 serially connected assemblies of 7 cells each. Thus, the battery consisted of 70 Li-ion cells. To protect and “balance” the elements in discharge and charge modes, a 10S36V BMS board [2] was connected according to the diagram in (fig. 2). Balancing wires of the BMS board in (fig. 1) in red insulation.



Figure 1. The first 21 Ah, 36 V Li-ion battery with BMS board

Design features:

- “18650” cell holders in the form of honeycombs, which were purchased on AliExpress, were used;
- honeycomb holders were additionally equipped with bronze threaded bushings (glued with epoxy glue);



- branches from the elements are made with a flexible wire PV3 1\*0.75 with the help of soldering to the element and pressing with a copper, tinned tip towards the assembly;
- each element could be disconnected from the assembly for the purpose of diagnosis and recharging, for which a

screw connection on the assemblies was used;

- the hams of the assemblies were made of strip bronze, had an open design for the possibility of voltage measurement and separate recharging of the assemblies;
- prompt replacement of defective or “sick” elements was not foreseen.

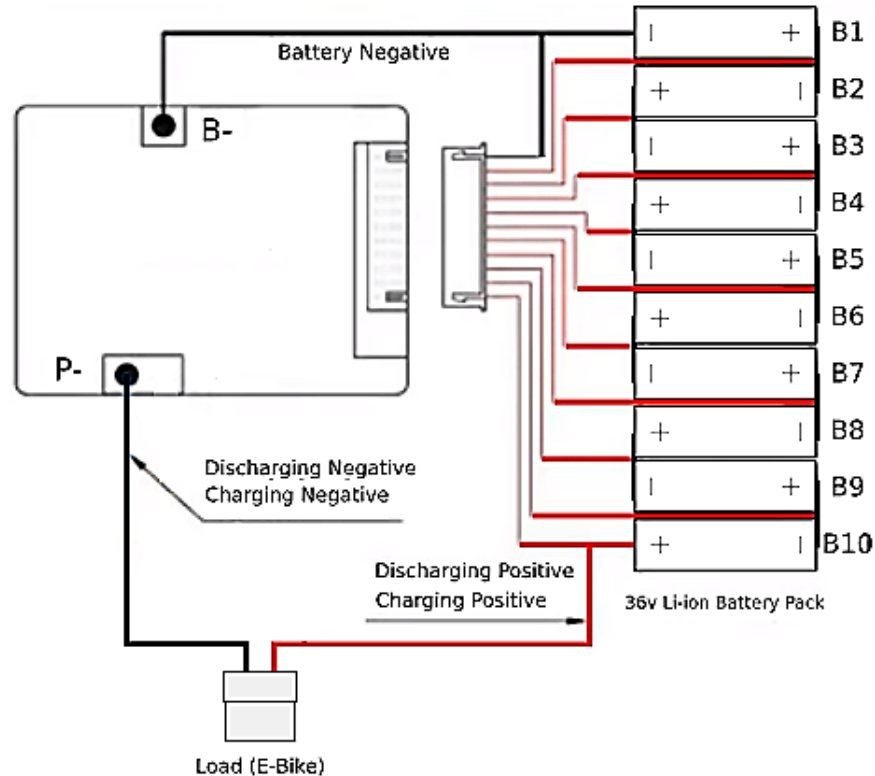


Figure 2. Battery connection diagram to the BMS board 10S36V

Operating experience.

1. After the first ten cycles, a rapid decrease in the battery voltage during discharge and, as a result, a reduction in mileage due to the operation of the deep discharge protection in the bicycle controller became noticeable. The measurements showed that one of the assemblies discharges more than the others. During charging, the voltage on it did not even approach 3.8 V (approximately 20% charge), while the voltage on other assemblies was at the level of 4.25 V. The balancing function in the BMS of the

board worked, the charger stopped the charge mode, because the total voltage of the battery reached the maximum 42 V. After the charging cycle was stopped, the “healthy assemblies were recharged to 4.22–4.23 V, while the “sick” assembly remained at the level of 3.8–3.9 V. It became obvious that the BMS board is not able to equalize the resistances of the assemblies to acceptable values at a charge current of more than 1 A. Observation of the “sick” assembly also indicated its significant self-discharge, somewhere at the level of 0 .01V per hour. Compensation

for this defect required individual recharging of the assembly immediately before the trip, which in turn increased the number of manipulations and time and caused certain inconveniences. So, the BMS board with a nominal balancing current of 30 mA turned out to be absolutely helpless at charge currents of 1 A and above.

2. The mass and dimensions of the battery turned out to be too large for its placement on the bicycle trunk.

3. The battery capacity turned out to be excessive for a motor-wheel with a power of 350 W and for a cyclist weighing 70 kg. The battery was discharged to 10... 15% of the remaining capacity only after 2–3 long trips.

It is clear that the reason for the deviation of the parameters of the “sick” assembly is the degradation of one or more elements of this assembly. The equalizing charge of the assembly is not a panacea, since the distribution of the charge current between the parallel elements is predicted to be uneven. That is why the processes of undercharge and overcharge of elements in the assembly remained and caused their rapid degradation. In the design of the battery under consideration, there was a possibility of separating individual

elements for diagnosis and recharging, but it was used only a few times. A significant number of operations to control the condition of the elements, the difficulty of replacing faulty elements, the potential danger of creating a short circuit during maintenance, and the huge labor cost of manufacturing became decisive in recognizing such a design as a failure.

**Battery № 2.** The goal of creating a new Li-ion battery design was the desire to obtain an AB with the possibility of rapid analysis to the level of a single cell. This would make it possible to apply a combined charging cycle, which means a preliminary charge of the entire battery assembly to the level of 50%, quick disassembly of the battery and subsequent recharging of each element in the charging station. This method of charging was supposed to make it impossible to overcharge the elements and provide the possibility of operational control of the parameters of each element according to the indicators of the charging station.

This time we decided to design a battery for 15 A\*h, 36 V. The battery consisted of 10 serially connected assemblies of 5 elements each. Thus, the AB consisted of 50 elements of the “18650” type.



Figure 3 – Second Li-ion battery for 15 A\*h, 36 V assembled and top view

For individual charging of 50 cells on the AliExpress trading platform, they purchased 3 universal

charging devices (hereinafter ZP) “MIBOXER C8” [3] (Fig. 4) for 8 cells each. Functionality:



1. LCD screen, which displays the parameters of each element (charge level in percentage, voltage, charge current, charge time, internal resistance and capacity transferred to the element).

2. The presence of a combined charge algorithm (stage 1 – maintenance of the specified charge current, stage 2 – stabilization of the voltage upon reaching the upper level on the element).

3. Availability of 8 independent channels.

4. Automatic determination of the type of batteries, disconnection of the slot in the event of a short circuit, signaling of a malfunction of the element and installation of the element in the slot with reverse polarity.

5. Manual adjustment of the charge current of a separate cell in the range of 0.1 ... 1.5 A, which allows you to charge small capacity elements.

6. Charging deeply discharged batteries with ultra-low current followed by switching to a combined cycle.



Figure 4. Charger (ZP) “MIBOXER C8”

Three ZPs were mounted on a box-type plywood frame and received a rather compact charging station for 24 cells (Fig. 5) with the possibility of expansion to 32 cells. In the middle of the frame, 220 V sockets and power supply units of the ZP were placed.



Figure 5. Charging station based on “MIBOXER C8” for 24 elements

Let's go back to the battery. Design features (Fig. 6):

1. Already known honeycomb holders are used.

2. Copper strips and foiled fiberglass are used as assembly bars.

3. We used elastic elements purchased on AliExpress (steel springs on a steel holder), which were soldered to the conductive bronze layer of fiberglass.

4. The electric circuit of each element should be formed as a result of contact with the material

of the bars of the upper and lower bases of the cassette.

Already the first cycles of operation of the battery revealed a number of shortcomings.

1. Unstable capacity return.
2. The difficulty of assembling the battery, namely, putting the upper base on the upper edge-

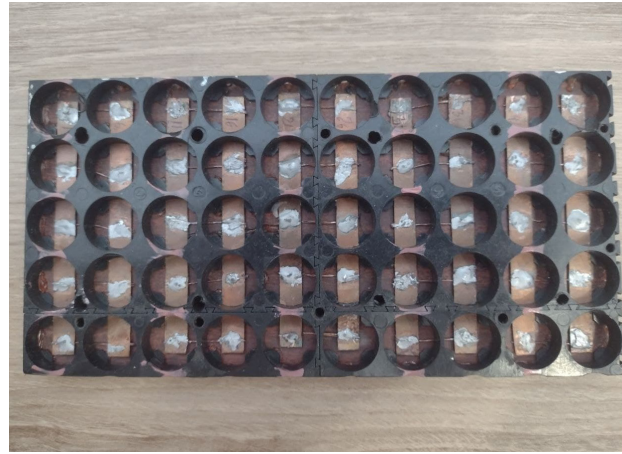
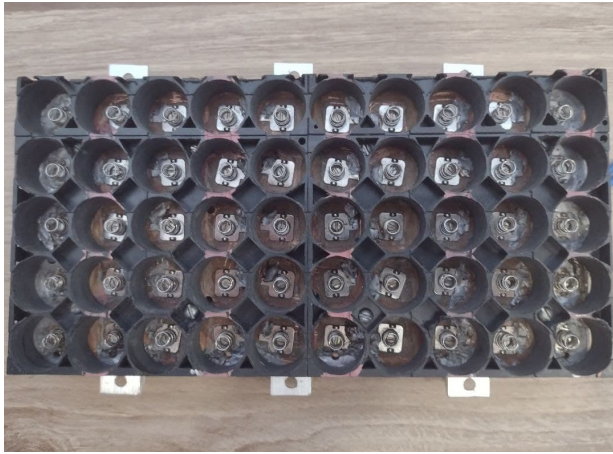


Figure 6. Upper and lower bases of the AB cassette

3. Unsatisfactory aesthetic appearance and the presence of rather sharp protruding parts.

4. The need to remove the battery from the bicycle every time.

If 2–4 defects could be explained and attributed to the pilotability of the design, then the first one had signs of an engineering error.

An excessive number of contact connections are used in the design of the current-carrying parts of the battery. Each element was in contact with the current-conducting parts of the bases, which included: steel springs, rolled in steel, nickel-plated holders, soldered to a bronze layer of foiled fiberglass; copper plates with tin solders, connected to each other with copper wires by the soldering method, etc.

The second mistake was the use of cell holders. The spread of the honeycomb cell caused a fairly tight insertion of the element. The holes in the honeycomb holders of the upper base were

of the 50 elements installed in the lower base. They had to get into their cells at the same time. Pulling the upper and lower bases through the threaded pins required their compression with a force of at least 20 kg, which had to be done on the floor, “riding” the battery.

drilled to a larger size and conical shape for self-centering of all elements and to achieve acceptable values of the compressive force of the bases (according to the criterion of their rigidity) and reliability of contact at the poles of the elements. However, it was not possible to achieve satisfactory results in improving the reliability of the electrical contact, especially in the lower base of the cassette. Too much variation in the values of transient resistances in the circuits of individual elements and, even, the complete “non-connection” of an element affected the participation of each element in feeding the load and led to the constant failure of the elements due to current overloads in the discharge cycle.

Another problem arose later. After each trip, all elements were charged. However, after storing them for several days and re-installing them in chargers, a tendency to increase the number of cells with a high level of self-discharge was re-

corded. Inspection of such elements revealed a change in the color of the film insulation around the positive pole (Fig. 7). The dissection of the film insulation in the places of color change indicated the depressurization of the elements, the release of electrolyte along the rolling, which caused a short circuit between the poles of the elements.

Cleaning and restoration of insulation gaps made it possible to “bring back to life” most of the damaged elements (those that could continue to be used as part of the traction battery based on the value of the residual capacity). The elements that were connected to the assemblies through small transition resistances ended up in the mode of long-term current overload. This caused them to overheat, increase internal pressure and leak electrolyte or fail completely.



Figure 7. An element with a high level of self-discharge through a layer of dried electrolyte

Having analyzed the main problems of the second AB prototype:

- low reliability and lack of protection against ingress of moisture;
- danger of short-circuit of the entire assembly of elements due to leakage of electrolyte from at least one element to the lower base of the cassette, which threatens to catch fire;
- time-consuming process of filling the battery with elements, etc.

Thus, after analyzing the shortcomings of the first Li-ion battery prototype, they concluded that it was hopeless. The production of the second Li-ion battery, taking into account the shortcomings of the previous prototype, and its operation did not meet the expectations of the authors. And also pointed out its futility, that is, they came to a conclusion about the futility of further modernization of such a structure. Therefore, we came to the conclusion about the need to create our own Li-ion battery design, which will be the goal of further research.

### References:

1. Татарчук Т.В., Середенко К.А., Олексенко О.С. Портативний електротранспорт.– Eurasian scientific discussions. Proceedings of the 13<sup>th</sup> International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Barcelona, Spain. 2023.–P. 182–190. URL: <https://sci-conf.com.ua/xiii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-eurasian-scientific-discussions-22-24-01-2023-barselona-ispaniya-arhiv>
2. Плати BMS. URL: <https://www.voltbikes.ru/blog/vybor-platy-bms>
3. Універсальний зарядний пристрій “Miboxer C8”. URL: [https://bestbattery.com.ua/chargers/li\\_ion\\_charger/miboxer\\_chargers/miboxer\\_c8](https://bestbattery.com.ua/chargers/li_ion_charger/miboxer_chargers/miboxer_c8).



## Section 3. Physics

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-2-30-34>

*Mamadalimov A. T.,  
Institute of Semiconductor physics and Microelectronics  
at the National University of Uzbekistan  
Named After Mirzo Ulugbek, Tashkent Uzbekistan*

*Khakimova N. K.,  
Institute of Semiconductor physics and Microelectronics  
at the National University of Uzbekistan  
Named After Mirzo Ulugbek, Tashkent Uzbekistan*

*Norbekov Sh. M.,  
National University of Uzbekistan  
Named After Mirzo Ulugbek, Tashkent Uzbekistan*

*Khasanov J.,  
National University of Uzbekistan  
Named After Mirzo Ulugbek, Tashkent Uzbekistan*

### **RESEARCH ON ELECTROPHYSICAL PROPERTIES IN $\text{KMnO}_4$ - DOPED “KOMOLOT-79” GRADE OF COTTON FIBERS**

**Abstract.** The main purposes of the research were the studying of the dependence of the current strength on voltage and temperature, the effect of doping time on the conductivity and photoconductivity of models of mature doped cotton fibers (CF) “Komolot-79” doped with  $\text{KMnO}_4$ . The study was performed in the temperature (298 to 360 K) and voltage range (0 to 100 V). It was observed that the CF model doped with  $\text{KMnO}_4$  was significantly higher than the non-doped model. It was found that the current flowing from a CF model doped with  $\text{KMnO}_4$  follows the Ohm’s law. It was also analyzed that the development of photoconductivity under the influence of ultraviolet radiation of a model of CF doped with  $\text{KMnO}_4$  indicates that the photoconductivity is mainly associated with the development of a network electron-hole pair. The obtained results revealed the activation energy of the deep layer formed by doping CF with  $\text{KMnO}_4$ .

**Keywords:** Mercerization, cotton fibers, electrical conductivity, photoconductivity,  $I$ - $V$  characteristics, diffusion.

**Introduction.** Electrical conductivity in polymers has been extensively studied over the past two decades to understand the nature of charge transport in these materials [1–2]. In the recent days, the physical properties of natural fibers have been researching. The reason for this is the discovery of the semiconducting properties of CF [3–5].

It was found that the physical properties of CF are mainly determined by the surface of layer – the cuticle. In diverse varieties of CF, the cuticle has different physical properties. Therefore, expanding a grade of researches allows us to reveal the general rules of the electrophysical properties of fibers and reveal the mechanisms of electronic processes occurring in the fibers, as well as to develop discrete elements of electronic equipment.

The physical properties of different types of CF have been researched [4–6]. However, the electrophysical properties of “Komolot-79” grade of CF have not been researched. This article describes some results of a study of the electrophysical properties of the “Komolot-79” grade of CF doped with KMnO<sub>4</sub>. The mechanism of conduction is mainly defined by the mobility and concentration of the charge carriers. The doping process is a vital factor in controlling of the permeability of polymers [7; 8]. Depending on the chemical structure and the way that it reacts with the macromolecular matrix, the additives diminish the resistance of the polymers to variable levels [9].

As we know that the photoconductivity of KMnO<sub>4</sub>-doped “Komolot-79” grade of cotton fibers has not been informed in the literature. This article shows the electrophysical results of pure and KMnO<sub>4</sub>-doped “Komolot-79” grade of cotton fibers treated with hydroxide solution.

**Experimental Part.** Initially, the fibers were separated from the ripened cotton of seeds in parallel. The approximate number of parallel fibers

is 4000–6000 and the length is 6 mm. Initially, the fibers were separated from the ripened cotton of seeds in parallel. The approximate number of parallel fibers is 4000–6000 and the length is 6 mm. The CF passes a cleaning and stabilizing stage before starting the doping process. The CF is washed in distilled water at 80 °C for 20 min. After washing, the CF was kept in a bath with 20% of NaOH aqueous solution at 18 °C for 2 min. After removal of the CF from the bath, the excess of NaOH that does not form a chemical bond is completely washed off with water and the models are dried under standard conditions [10]. This process increases stability of CF and input of permeability. The CF increases diffusion efficiency with these two impacts. The mercerized CF was placed in a bath containing a 1.5% aqueous solution of KMnO<sub>4</sub> within 20 min. After the models were taken out of the bath, they were doped at 75 °C within 1, 2, 7 hours.

Ohmic contacts were created by a superposition of graphite powder with liquid glass. The resistivity of ohmic contacts is 100–200 Ω•sm. The length of model is 6 mm. Experiments show that an increase in the diffusion time from 1 hour to 7 hours, the current flowing through the model at  $U = 100$  V increases from 8 nA to 75 nA (Fig. 1). This is apparently due to the interaction of KMnO<sub>4</sub> with the surface layer – the cuticle, the thickness of which is  $\approx 1$  μm with the nominal diameter of the CF equal to 15 μm. Extremely small currents were obtained in pure CF. The current never exceeded  $10^{-9}$  A up to a voltage of 100 V. The  $I$ – $V$  characteristics of the model was measured at low current levels (in nanoamperes) using a DMM 6500 electrometer under dark and ultraviolet light (at 254 nm). The measurements were completed in the model between the ohmic contacts at a temperature of 298 to 360 K and a voltage in the range of 0 to 100 V.

**Results and Discussion.** It was studied that the voltage of dependence of the current strength (in the dark and under light at 254 nm) and the effect of **doping** time on the conductivity of pure and  $\text{KMnO}_4$  **doped** models of mature named “Komolot-79” cotton fibers. We can see that the value of the current is very small when we apply voltage to an **undoped** model (Fig 1–1). It was observed that the diffusion process increased the

permeability of the model (Fig. 1). I–V characteristics are linear in the forward and reverse directions. In the (Fig. 1) shows that the typical I–V characteristics of the undoped (straight line 1) and doped  $\text{KMnO}_4$  at different diffusion times (straight lines 2–4) CF. As can be seen from the graph below, it was observed that the permeability of the model was increased by growing the diffusion time by 1, 2, and 7 hours.

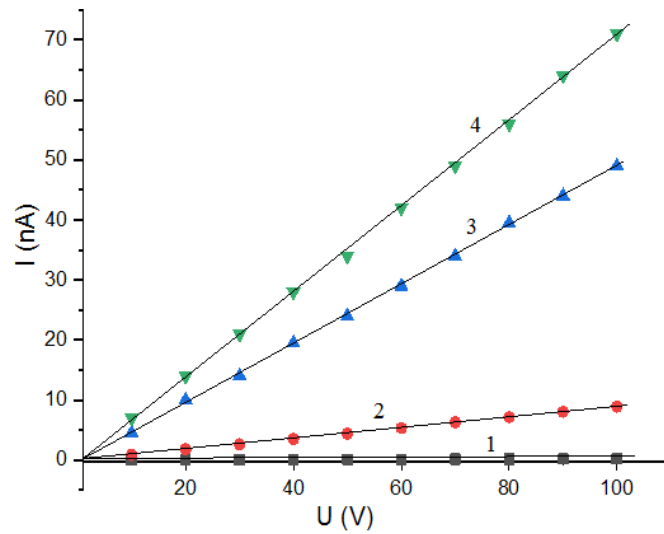


Figure 1. I–V characteristics of undoped (pure) (1) and  $\text{KMnO}_4$ -doped “Komolot-79” grade of CF (2,3 and 4), at different diffusion times, hour: 2–1.0; 3–2.0; 4–7.0

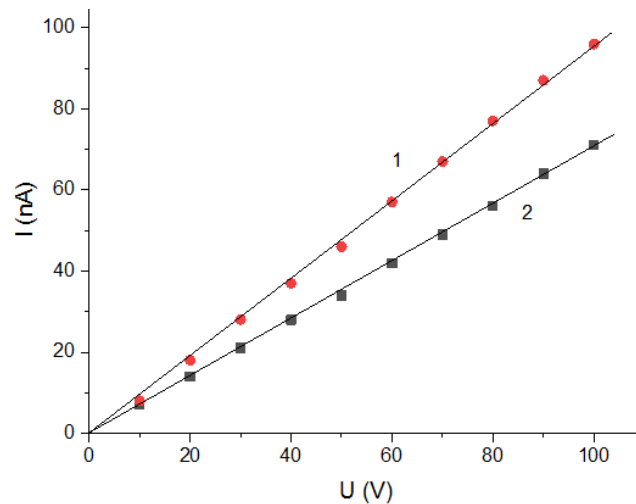


Figure 2. I–V of  $\text{KMnO}_4$ -doped “Komolot-79” grade of CF at  $t = 75\text{ }^\circ\text{C}$  for 7 hour. Direct 1 – darkness, 2 – under illumination with light with  $h\nu = 5.0\text{ eV}$

I–V characteristics were measured in the dark and under ultraviolet radiation in the

normal condition. An OBN-60 ( $h\nu \approx 5.0\text{ eV}$ ) lamp was used as source of the light. In the *fig.*



3 we can see that in the dark (1) and under ultraviolet light (2) the I-V feature is linear. When we increased the voltage from 0 to 100 V, it was observed that the result obtained un-

der ultraviolet light varied by 30 nA from the result obtained in the dark. Under ultraviolet light (254 nm), the photocurrent (PC) rose to 98 nA at 100V.

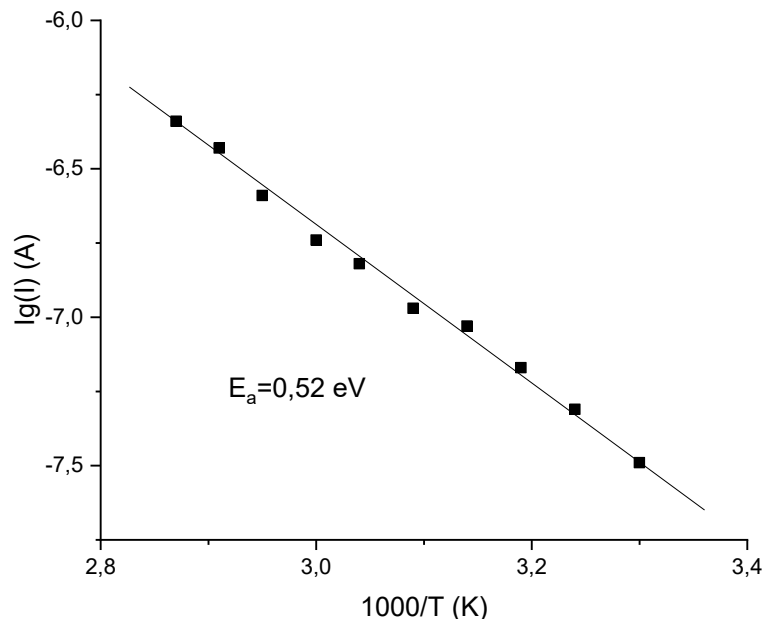


Figure 4. Arrhenius plot, temperature dependence of electrical conductivity of "Komolot-79" cotton fiber mercerized by NaOH and doped with KMnO<sub>4</sub> at  $t = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 7 hour.  $U = 50\text{V}$

This indicates that the photoconductivity is mainly related to the development of the electron cavity pair. The improvement of photoconductivity in CF can be explained by the doping with KMnO<sub>4</sub> [7; 8].

Temperature current features KMnO<sub>4</sub>-doped "Komolot-79" grade of CF studied the temperature dependence of electrical conductivity to better understand the mechanism of conduction.

In the Figure. 4, we can observe an increase in current with increasing temperature at a voltage of 50V given to the model. In this case, the temperature coefficient of electrical conductivity is positive, and this is a feature of a semiconductor material. This feature of CF has been observed by other scientific groups [11]. It was found that the activation energy of KMnO<sub>4</sub>-doped "Komo-

lot-79" grade of CF is 0.52 eV through the temperature dependence of electrical conductivity (*law of Arrhenius*).

**Conclusion.** In conclusion, it was studied that the electrophysical properties of undoped and KMnO<sub>4</sub> doped CF. According to the analysis of the experimental results, the doping of "Komolot-79" CF mercerized with NaOH with KMnO<sub>4</sub> increased the permeability by several 10 times and the doping time depends on the permeability. A sharp increase in the conductivity of CF doped with KMnO<sub>4</sub> is associated with a growth in the concentration of charge carriers in CF. The insertion molecules settle into the lattice defects of the polymer and form a deep layer in the restricted zone, resulting in the formation of free charge carriers even at room temperature and providing permeability. The permeability of

mechanism of undoped CF is mainly explained by the Poole-Frenkel permeability of mechanism. As well as, the formation of photoconductivity under the influence of ultraviolet radiation indicates that the photoconductivity is mainly associated with the formation of a network electron-cavity pair and is explained by the order of charge transfer between  $\text{KMnO}_4$  molecules and

polymer networks possible. Accordingly, the results showed that the activation energy of the deep layer formed by doping CF with  $\text{KMnO}_4$  was determined. Nowadays, the study of electro-physical properties of natural fibers is not only to create a new type of semiconducted sensitive sensors, it is also important to create “smart clothing actuators”.

### References:

1. Günes S., Neugebauer H., Sariciftci N. S. Conjugated Polymer-Based Organic Solar Cells. *Chemical Reviews* – 107. 2007.– 1324 p.
2. Abd El-kader F. H., Osman W. H., Ragab H. S., Shehah A. M., Rizk M. S., Basha MAF *J Polym Mater* – 21. 2004.– 49 p.
3. Zakirov A. S., Yuldashev Sh.U., Wang H.J., Lee J. C., Kang T.W., Mamadalimov A. T. Study on electrical transport and photoconductivity in iodine-doped cellulose fibers. *J Mater Sci* – 46. 2011.– P. 896–901.
4. Хабибуллаев П. К., Мамадалимов А. Т., Шерматов М. Некоторые проблемы модификации физических свойств хлопковых волокон. *УФЖ.*– Т. 1.– № 6. 1999.– С. 465–479.
5. Oksegendler B. L., Mamadalimov A. T., Otazhynov Sh. O., Turaev B. E., Usmanov T. A., Khakimova N. K. and Kadirov Zh. A. Features of the Photoconductivity of Iodine-Doped Cotton Fibers Illuminated in the Fundamental Absorption Range. *Technical Physics Letters*,– Vol. 28. – № 7. 2002.– P. 581–583.
6. Тураев Б. Э., Мамадалимов А. Т., Тургунов Т. Т., Усманов Т. А. Исследование влияния обработки поверхности хлопковых волокон на их электрические свойства. *Доклады АН РУз.*– № 3. 2004.– С. 48–52.
7. MacDiarmid A. G., Mammone R. J., Kaner R. B., Porter S. J. The Concept of Doping of Conducting Polymers: The Role of Reduction Potentials [and Discussion]. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* – 314, 1985.– P. 3–15.
8. Aleshin A. N. *Adv Mater* – 18. 2006.– 17 p.
9. Kholmuminov A. A., Matyakubov B. M. Anisotropic properties of nanofiber porous materials of fibroin silk and cotton cellulose // *Modern Physics Letters B*,– Vol. 35.– No. 02. 2021.– 2150276 p. (Scopus, Cite Score 1.70, IF = 1.224).
10. Francis J Kolpak Mark Weih John Blackwell. 1978. Mercerization of cellulose: Determination of the structure of Mercerized cotton. *Polymer* – Vol. 19. – Issue 2. February,– P. 123–131. URL: [https://doi.org/10.1016/0032-3861\(78\)90027-7](https://doi.org/10.1016/0032-3861(78)90027-7).
11. Abou-Sekkina M.N., Saafan A. A., Sarkan M. A., Ewaida M. A. Effects of tempering time and tempering temperature of caustic mercerization on the spectral and electrical properties of Egyptian cotton fibres *J Therm Anal* – 31. 1986.– 791 p.

## Section 4. Chemistry

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-2-35-40>

*Mamadjonova Rashida,  
Star. Lecturer at the Department of Chemistry  
and Chemical Technology Fergana Polytechnic Institute,  
Republic of Uzbekistan, Fergana*

*Khamrakulov Zokhidbek,  
Vice-Rector for Research and Innovation Fergana Polytechnic Institute*

*Dehkanov Zulfikaxar,  
Doctor of Sciences, prof. the Faculty of Chemistry,  
Namangan engineer-technology institute*

### PROCESSING OF PHOSPHORITES CENTRAL KYZYLKUM

**Abstract.** It was carried out on the basis of the nitric acid method of decomposition of phosphorites of the Central Kyzylkum. Nitrocalcium slurry is divided into liquid and solid phases, the stages of neutralization of the liquid phase by organic substances are studied. The optimal conditions for the technological process were found: chemical processing of high-carbon phosphate raw materials, neutralization of liquid fertilizers and processing into nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers.

**Keywords:** phosphate rock, nitric acid, liquid phase, nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers, organic solvent.

#### Introduction

In the world, the most important factors determining the role of agriculture in the country's economy include the quantity and quality of food consumed by the population. The main prospect for the development of agricultural production is associated with an increase in crop yields through the introduction of the latest technologies for tillage, and, of course, the integrated use of mineral fertilizers and plant protection products. In conditions of acute shortage of water resources, liquid and suspended complex

fertilizers with stimulating activity can effectively prove themselves, which can dramatically increase the yield of crops, when dripped as a foliar or root top dressing, where they are easily absorbed by plants.

For the production of phosphate fertilizers, an important problem is the provision of high-quality phosphate raw materials. Currently, for the production of phosphorus-containing fertilizers, the main raw material is granular phosphorites of the Central Kyzylkum. The average sample of phosphorites of the Jerooy-Sardara deposit contains

(wt.%): 16.2  $P_2O_5$ ; 46.2 CaO;  $CaO: P_2O_5 = 2.85$ ; 17.7  $CO_2$ ; 0.6 MgO; 2.9 ( $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ ), 1.5 ( $K_2O + Na_2O$ ); 2.65  $SO_3$ ; 1.94F; 0.1Cl; 7.8 insoluble residue. These phosphorites “suffer” from a low content of phosphorus (16.2%  $P_2O_5$ , and should be at least 24.5%), the presence of carbonates (17.7%  $CO_2$ , and should be no more than 8%), chlorine (0.1%, and the allowable standard is 0.04%) and an increased content of the calcium module ( $CaO: P_2O_5 - 2.85$ , and the recommended one is 1.6), which are unacceptable for sulfuric acid extraction. A high calcium index causes a large overrun of the acid reagent during the decomposition of raw materials.

To obtain high-quality phosphorus-containing fertilizers from the Kyzylkum phosphate raw material, it must be enriched. Therefore, the Kyzylkum Phosphorite Plant carried out the enrichment of this raw material, consisting of the following stages: crushing, screening, separation of the mineralized mass, washing from chlorine, drying to a moisture content of 6–7% and instant roasting to remove  $CO_2$  [1–3]. Since 2020, KFK has been annually producing three types of phosphate raw materials: 400 thousand tons of washed calcined phosphorus concentrate, 200 thousand tons of washed dried concentrate and 200 thousand tons of phosphate rock.

Of these, only washed calcined phosphorus concentrate is the only feedstock suitable for the

production of ammophos (10% N, 46%  $P_2O_5$ ). WDC is sent to Kokand for the production of simple ammoniated superphosphate (1.5% N, 12.5%  $P_2O_5$ ), and nitrocalcium phosphate fertilizer (10% N, 16%  $P_2O_5$ ) is obtained from phosphate rock in Samarkand.

### Objects and Methods of Research

For the development of a technology for obtaining a liquid complex fertilizer, information on the chemical and physico-mechanical properties of phosphorites of the Central Kyzylkum is important. Since the raw materials used, subjected to nitric acid decomposition, are powdery, their physical and mechanical properties change significantly with increasing moisture content and density. This circumstance causes a number of difficulties in the design and operation of delivery systems inside the factory transport, silos, dosing units. These indicators include bulk density, angle of repose, fluidity, disperse composition, hygroscopicity and moisture capacity. These indicators were determined by the methods described in the methods [4–11].

Three types of phosphate raw materials were chosen as the object of study: ordinary unenriched phosphate rock (UPR), washed dried concentrate (WDC) and washed calcined phosphate concentrate (WCPC) from phosphorites of the Central Committee. Their chemical and dispersed composition are given in (Table 1 and 2).

Table 1. – Chemical composition of samples of Kyzylkum phosphorites

Types of phosphate raw materials	Content of components. wt.%									CaO: $P_2O_5$
	$P_2O_5$	CaO	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	MgO	F	$CO_2$	$SO_3$	H.O.	
UPR	18.70	47.52	0.95	0.73	1.79	2.0	17.23	3.27	5.27	2.54
WDC	25.62	52.17	1.15	0.63	1.20	2.27	2.10	1.34	6.78	2.04
WCPC	26.08	51.47	1.02	0.31	0.89	3.41	9.95	1.59	2.49	1.92

Table 2. – Disperse composition of the feedstock

UPR		WDC		WCPC	
Particle size, mm	Exit, %	Particle size, mm	Exit, %	Particle size, mm	Exit, %
+ 1	1.4	+ 2.0	0.6	+1	1.4
+ 0.5	2.9	+ 1.0	0.6	+0.63	1.9
+ 0.315	10.1	+ 0.5	2.5	+0.4	2.4
+ 0.25	5.1	+ 0.315	3.4	+0.315	7.0
+ 0.16	16.1	+ 0.20	12.2	+0.2	8.3
+ 0.10	12.2	+ 0.16	13.2	+0.16	41.1
+ 0.065	13.9	+ 0.10	25.7	+0.1	26.6
+ 0.05	21.6	+ 0.05	36.0	+0.05	8.5
- 0.05	16.7	- 0.05	5.8	- 0.05	2.8
Initial mass	100	Initial mass	100	Initial mass	100

Table 3. – Physical and mechanical properties of Kyzylkum phosphorites

Properties of phosphate raw materials	Indicators		
	UPR	WDC	WCPC
Initial humidity, %	1.23	0.27	0.92
Free bulk density, g/cm <sup>3</sup>	0.89	1.21	1.23
Density with seal, g/cm <sup>3</sup>	1.37	1.52	1.56
Slope angle, deg.	°37 18'	°39 28'	°28 32'
Dissipation, sec.	Evenly. without any difficulty		
Hygroscopic point, %	55	51.5	59.2
Moisture capacity, %	7.6	4.9	6.2
pH 10% suspension	8.67	11.92	7.07

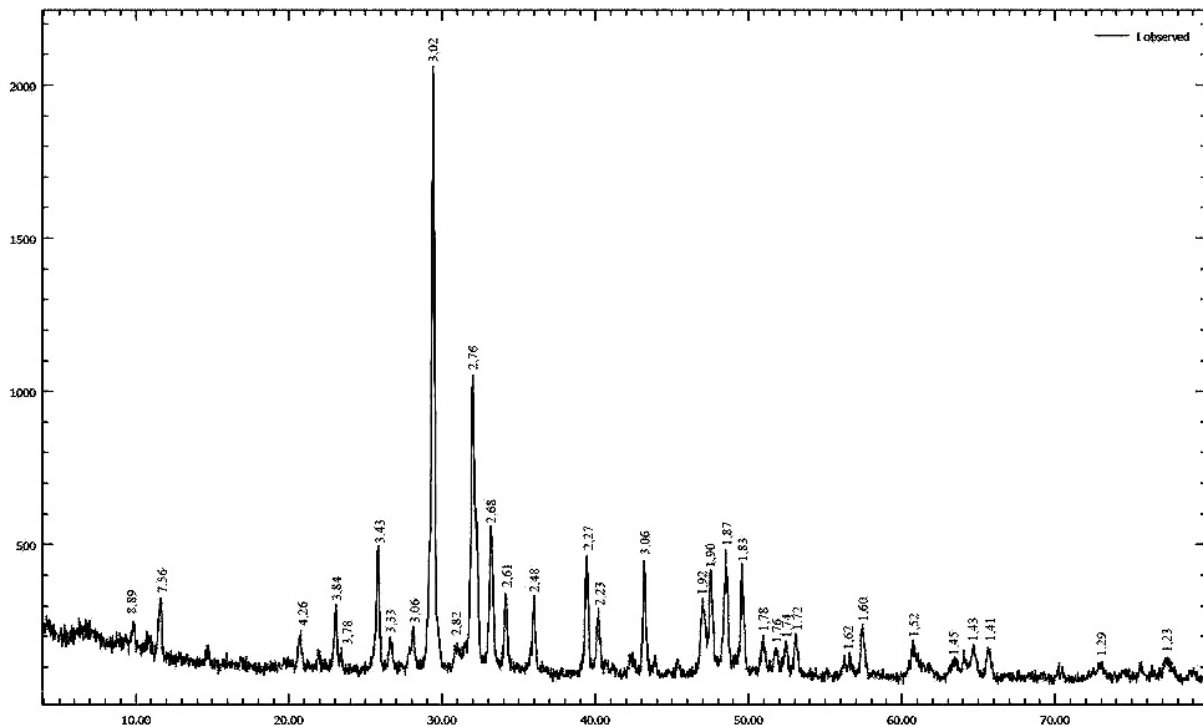


Figure 1. X-ray of unenriched phosphate rock



In (table 3) shows the physical and mechanical properties of raw materials. As can be seen from the table, all indicators of the initial phosphorites are quite consistent for their processing into qualified phosphorus-containing fertilizers.

The hygroscopic point of WDC turned out to be equal to 51.5% and this value is explained by the presence of a hygroscopic substance, CaO, in its composition. X-ray patterns of phosphate raw materials are shown in (Fig. 1–2).

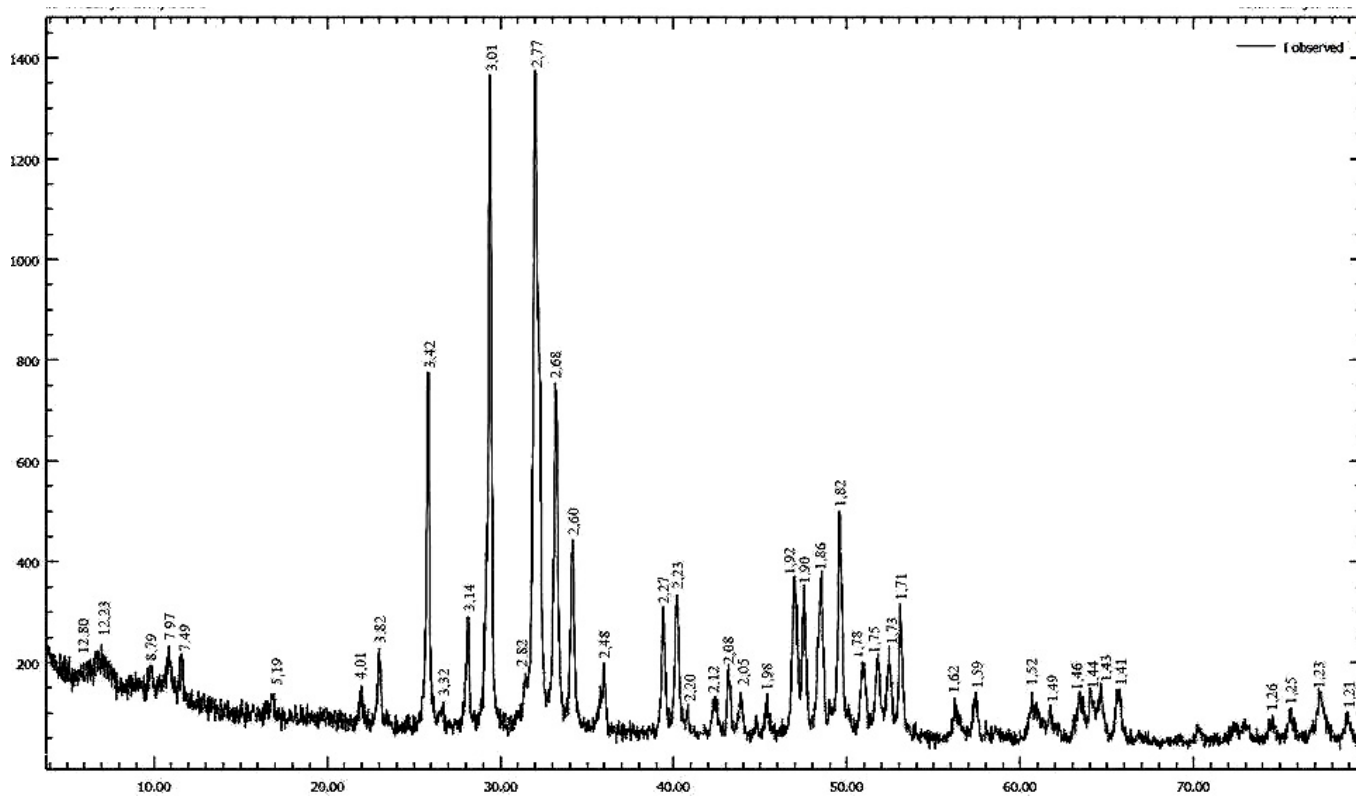
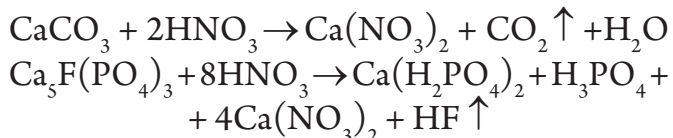


Figure 2. X-ray of the washed dried concentrate

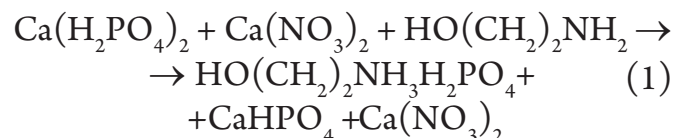
Interplanar distances 3.43; 3.16; 2.79; 2.71; 1.936; 1.877; 1.837 and 1.780Å belong to fluorocarbonate apatite, and 3.03; 2.29; 1.908Å calcite, 3.32Å belongs to quartz.

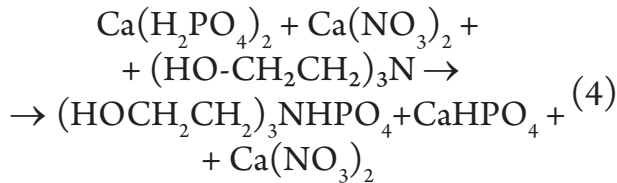
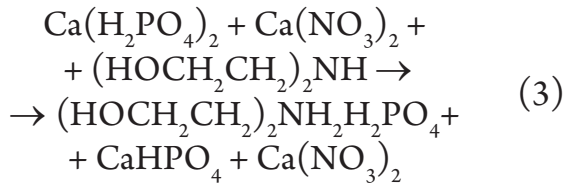
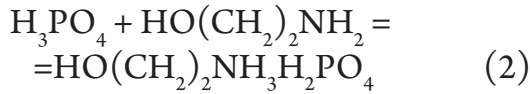
### Results and its discussion

During the decarbonization of phosphate raw materials, along with carbonates, the phosphate mineral also dissolves with the formation of water-soluble monocalcium phosphate and phosphoric acid according to the reactions:



Before neutralizing the forming nitric acid phosphate extract by centrifugation, the insoluble residue was removed. Then the clarified acid mixture was neutralized with monoethanolamine, diethanolamine and triethanolamine to pH = 3.2. In the process of ammonization, the interaction between monocalcium phosphate, calcium nitrate and monoethanolamine occurs with the formation of a liquid nitrogen-phosphorus-calcium suspension according to the reaction:





The result is a suspension of dicalcium phosphate, calcium nitrate and monoethanolamine phosphate. Further, the neutralization products were mixed with ammonium nitrate, ammophos, urea and potassium chloride at various mass ratios in order to obtain liquid calcium-containing NP- and NPK-fertilizers of grades 1:1:0.5; 2:1:0.5; 3:1:0.5 and 1:1:1; 2:1:1; 3:1:1 respectively.

After that, the suspension was mixed with ammophos pulp at a ratio of FCF: Ammophos = 4: 1, which served as a basic solution, then ammo-

nium nitrate and potassium chloride were added here in order to obtain balanced liquid NPCa- and NPKCa-fertilizers with a given ratio of N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O. Then into balanced liquid NPCa- and NPKCa-fertilizers in the amount of 1–1.5% of the total mass. The results of the chemical analysis of finished products are summarized in (Table 4).

It can be seen from it that with the same content of ammophos and potassium chloride, an increase in the proportion of ammonium nitrate leads to an increase in the amount of nitrogen from 8.77 to 15.11% and from 6.74 to 13.15%, respectively, for NP and NPK grade HUS. At the same time, the content of phosphorus and potassium is reduced to 6.82–4.77%; 9.09–5.11% and 6.12–4.41, respectively, for the indicated types of housing and communal services.

The composition of these fertilizers contains an element digestible by plants – calcium in the range of 3.12–5.12 and 6.52–10.63%.

Table 4. – Composition of experimental batches of suspended NPCa- and NPKCa-fertilizers on a model laboratory unit

Brand type	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	H <sub>2</sub> O
N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	With the ratio of IKF: Ammophos=4:1					
1:1	8.77	9.09	5.12	–	0.08	43
2:1	11.71	6.27	4.63	–	0.03	43
3:1	15.11	5.11	3.12	–	0.03	43
1:0.7	12.84	9.21	5.07	–	0.07	43
N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O	With the ratio of IKF: Ammophos=4:1					
1:1:1	6.74	6.82	10.63	6.12	0.20	40.20
2:1:1	10.17	5.90	8.35	5.14	0.10	41.37
3:1:1	13.15	4.77	6.91	4.41	0.05	42.14
1:0.7:0.5	13.03	10.69	6.52	5.62	0.18	40.26

### Conclusion

Thus, the possibility of producing NPCa and NPCa fertilizers based on nitric acid processing of MSFC in the presence of monoethanolamine with the addition of ammonium nitrate, ammo-

phos, and potassium chloride has been shown. It can be concluded that they can be recommended as HCS for use during foliar processing of cotton and grain crops.

**References:**

1. Kuchersky N. I., Tolstov E. A., Mikhin O. A., Mazurkevich A. P., Inozemtsev S. B., Sokolov V. D., Smirnov Yu. M. Combined technology of enrichment of granular phosphorites // Mining industry.– No. 4. 2001.– P. 48–51.
2. Ismagilov M. M. Kyzylkum phosphorite complex of Navoi Mining and Metallurgical Complex // “Actual problems of chemical processing of phosphorites of the Central Kyzylkum”: Materials of the republic. scientific – tech. conf.– Tashkent, November 23, 2006.– P. 19–22.
3. Caesar Norbert V. Industrial removal of chlorides from phosphate ore during wet enrichment in extreme conditions of the Kyzylkum desert // Mining Bulletin of Uzbekistan.– No. 4. 2008.– P. 54–58.
4. Methods for the analysis of phosphate raw materials, phosphate and complex fertilizers, feed phosphates / M. M. Vinnik L. N.
5. Khoshimkhanova M. A., Ismoilova G. I., Dekhkanov Z. K., Aripov Kh. Sh. Study of the physico-chemical properties of ammoniated calcium nitrocalcium phosphate alcohol pulp // Universum: Chemistry and Biology.– No. 4(70). 2020.– P. 25–28.
6. Dekhkanov Z. K., Ibragimov G. I., Namazov Sh. S., Sadykov B. B., Zakirov B. S. Obtaining extraction phosphoric acid from chemically enriched phosphorus concentrate of phosphorites of the Central Kyzylkum // Uzbek chemical journal.– No. 32011.– P. 51–55.
7. Dekhkanov Z. K., Seitnazarov A. R., Namazov Sh. S., Sultanov B. E., Beglov B. M. Complex granular fertilizers based on chemically enriched phosphorite phosphorite concentrate from the Central Kyzylkum // Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan – No. 22012.– P. 46–49.
8. A.s. 340644 USSR. Cl. SO5B11/06. The method of enrichment of natural phosphates / A. M. Polyak, I. B. Yanovich, L. P. Ryzhevich, I. S. Sviridova.– B. I. 1972.– No. 18.
9. Azimov R. A. The physiological role of calcium in the salt tolerance of cotton.– Tashkent: FAN, 1973.
10. Pozin M. E. Technology of mineral salts. Vol. 2.– L.: Chemistry, 1970.– 1558 p.
11. Dekhkanov Z. K., Seitnazarov A. R., Namazov Sh. S., Beglov B. M. Processing of calcium nitrate – a product of chemical enrichment of Kyzylkum phosphorites – granular calcium nitrate // Chemical Technology. Control and management.– No. 5. 2013.– P. 14–23.

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-2-41-45>

*Shiraliyeva Ulkar,  
Huseynova Elmira,  
Mammadova Zarifa,  
Nadjafova Saida,  
Mardanova Nurana,*

*Azerbaijan State Oil and Industry University Scientific Research Institute  
“Geo-Technological Problems of Oil, Gas, and Chemistry” Baku, Azerbaijan*

## INHIBITOR PROTECTION BY PIPELINE IN OIL WELLS

**Abstract:** The oil industry is the largest consumer of corrosion inhibitors. It uses vast quantities of these materials in production and ends with the use of petroleum products by the consumer. Corrosion inhibitors are widely used due to the corrosive nature of liquids, most commonly water and gases. In the application of corrosion inhibitors in the petroleum industry, a number of specific corrosion problems can be identified. Many of them arise during oil production.

**Keywords:** inhibitors, corrosion, oil-gas wells, protection, water-oil factor, electrochemical destruction.

The literature on the use of corrosion inhibitors in oil production is extensive, but the advent of high molecular organic corrosion inhibitors has revolutionized the oil industry. It turned out that wells abandoned after the short-term operation due to pumping equipment failure now made sense to use until the water-oil factor in the fluid being pumped made them uneconomical [1].

The widespread use of organic inhibitors has had a noticeable impact on overall oil production and the industry.

Neutral wells include: flowing oil wells, pumping oil gas wells, and gas condensate wells. For neutral spouting wells, possible types of corrosion are electrochemical and galvanic corrosion, stress corrosion, electrolytic corrosion, and erosion corrosion.

In the case of pumping wells, oxygen corrosion is also added. Consider the factors that cause corrosion in each case.

Electrochemical corrosion depends on the composition of liquid and gas. First, it concerns water composition as an oil-water system's most corrosive active phase.

The amount of water, its composition, the nature and amount of dissolved gases, pressure, and temperature all change and have a decisive influence on the intensity of corrosion.

The water that comes with the oil is a salt brine with 1–10% NaCl content. It may also contain calcium, magnesium, barium, sulfates, and other water components. The pH of this brine is affected by the presence of acetic acid, carbon dioxide, and dissolved gases, and the brine is usually slightly acidic. Because of pressure differences in the wells, gases are released from the brine, so its pH at the wellhead is higher than at the bottom. Measuring the pH at the wellhead does not indicate the degree of corrosion at depth. Initially, there is little water in the well and corrosion

is negligible. The water content increases as the well is operated, and the system becomes more corrosive. Carbon dioxide is the leading cause of corrosion in neutral wells [2; 3].

The presence of carbon dioxide accelerates the formation of complex parts of scale and deep holes with sharp edges.

Aliphatic acids such as formic and acetic acids may be present in the solution. Although these acids are relatively aggressive, they have little effect on corrosion because of their low concentrations compared to the attention of carbon dioxide and salts in the brine. At low carbon dioxide pressures, wells are highly corrosive due to high concentrations of fatty acids (converted to acetic acid) [4].

The temperature of the fluid in the well varies widely and depends on the depth of the well. Fluctuations from ambient temperature up to 120 °C are considered normal for all wells. The temperature significantly affects corrosion because the dissolution rate increases significantly with temperature. Another factor is the wetting ability of the oil. The degree to which metal is wetted by water varies, and the protective film of oil is destroyed at some critical value for each well of the water-oil factor.

These considerations mainly refer to electrochemical destruction because it is the leading cause of corrosion and is characteristic of all types of wells. Galvanic and stress corrosion is related to the nature of the metals being destroyed. Galvanic corrosion in a borehole does not only occur when two dissimilar metals are present. It can be caused by cracks in the rolling scale and the relationship between the corrosion products and the metal.

Electrolytic corrosion occurs under the influence of external superimposed current and manifests in the external destruction of casing and flowlines.

They are subject to the same type of corrosion damage as fountain corrosion. In addition, oxygen corrosion can also occur in them.

When operating with open interstitial space and a low fluid level, oxygen enters the well and causes corrosion that is difficult to protect against with conventional inhibitors.

Gas-operated wells are more susceptible to corrosion than pumped wells due to high temperatures and low and low pH values at the bottom of the well. The presence of water exacerbates corrosion. The design of gas pressure wells makes it challenging to use inhibitors below the interstitial space and gas valves. In gas-condensate wells, the volume of workovers and tank failures is increasing. The danger posed to operating personnel exacerbates the importance of the problem. A gas-condensate well releases condensate from saturated steam when the temperature and pressure drop. Corrosion in gas-condensate wells occurs as deep pitting caused by acidic gases dissolved in water droplets condensing on pipe changes. Below, the condensation zones of pipes can be untouched by corrosion because there is no water phase. In addition to electrochemical corrosion, ring corrosion, and erosion-corrosion occur in gas condensate wells [5].

Ring corrosion occurs below and above the dislocated pipe ends and appears as a ring inside the pipe. The erosion process occurs mainly near the restrictor, where flow rates and turbulence are higher than usual. Carbon dioxide is the leading corrosive agent.

Oil wells are referred to as acid wells. Corrosion in wells that emit hydrogen sulfide is a severe problem – even a tiny corrosion rate increases as the life of the sound increases. Often through-corrosion and the buildup of corrosion products in the pump will require replacement. Depending on what, the



well produces oil or gas, then sour wells oil or gas, then sour wells are divided into oil and gas wells.

The following processes can occur in oil wells: electrochemical corrosion; sulfide stress corrosion cracking; erosion corrosion; hydrogen embrittlement and bubble formation; microbiological corrosion; condensation in the inter pipe space; galvanic corrosion; electrolytic corrosion [6].

Inhibitor protection is the most effective and technologically simple technology of pipeline integrity assurance that supplements activities on reconstruction and replacement of pipelines.

Inhibitors are easy to use with existing water injection technology.

Currently, most oil and gas fields are at the late stage of development when the production rate is decreasing, and the water cut is increasing dramatically.

Such fields are characterized by significant complications in oil production, collection, and treatment associated with the formation of persistent oil emulsions, inorganic salts, mechanical impurities, and corrosive destruction of equipment and oil pipelines. Increasing the corrosive activity of water produced together with oil is a serious problem at this stage. This is where inhibitor protection technology is needed.

Implementing inhibition programs requires several times less money than replacing pipelines.

Corrosion inhibitors are molecules of organic matter that attach to the surface of a steel pipe.

Corrosion inhibitors are designed to reduce the aggressiveness of gas and electrolytic media and prevent active contact between the metal surface and the environment.

This is achieved by introducing an inhibitor into the corrosive environment, resulting in the solvation activity of its ions, atoms, and molecules decreasing sharply. In addition, their ability

to assimilate electrons leaving the surface of the metal during its polarization also decreases.

A mono- or polyatomic adsorption film is formed on the metal, which significantly limits the contact area of the surface with the corrosive medium and serves as a reliable barrier that prevents the course of self-dissolution processes.

The inhibitor must have good solubility in the corrosive medium and high adsorption capacity both on the juvenile metal surface and on the films of different natures formed on it.

Adding an inhibitor at the inlet to the pipeline makes it possible to protect it along the entire length over a distance of up to several 100 km.

According to the mechanism of action, inhibitors are divided into adsorption and passivation inhibitors. Passivation inhibitors cause the formation of a protective film on the metal surface and promote the transition of metal to the passive state.

Passivators are most widely used to combat corrosion in neutral or close-to-neutral environments, where corrosion occurs primarily with oxygen depolarization.

The mechanism of action of such inhibitors varies and is determined mainly by their chemical composition and structure.

Several types of passivation inhibitors exist, for example, inorganic substances with oxidizing properties (nitrites, molybdates, chromates). The latter is capable of creating protective oxide films on the surface of the corroding metal [7]. In this case, as a rule, there is a potential shift towards positive values to the value corresponding to the release of oxygen from water molecules or hydroxyl ions.

The formed oxygen atoms are chemisorbed on the metal, which blocks the most active centers of the metal surface and creates an additional potential jump that slows the dissolution of the metal.

The chemisorption layer that emerges is similar in composition to the surface oxide. A large group consists of passivation that forms insoluble compounds with ions of corroding metal.

The salt residue, formed in this case, if it is dense enough and well adheres to the metal surface, protects it from contact with the corrosive medium. Such inhibitors include polyphosphates, silicates, and carbonates of alkali metals.

A separate group is composed of organic compounds, which are not oxidizing agents but contribute to the adsorption of dissolved oxygen, which leads to passivation.

These include sodium benzoate and sodium salt of cinnamic acid for neutral media.

In water, the inhibiting effect of benzoate on iron corrosion is not observed. Particles of adsorption inhibitors (depending on the structure of the inhibitor and the composition of the medium, they may be in the form of cations, anions, and neutral molecules), interacting electrostatically or chemically with the metal surface (physical adsorption or chemisorption, respectively) are fixed on it, which leads to inhibition of the corrosion process [8].

Consequently, the effectiveness of the inhibiting action of most organic compounds is determined by their adsorption capacity in contact with the metal surface. As a rule, this ability is large enough due to the presence of atoms or functional groups in the molecules, providing active adsorption interaction of the inhibitor with the metal.

Such active groups can be nitrogen, sulfur, oxygen, and phosphorus groups that are adsorbed on the metal due to donor-acceptor and hydrogen bonds. The most widespread are inhibitors based on nitrogen-containing compounds.

The protective effect shows aliphatic amines and their salts, amino alcohols, amino acids, azomethines, anilines, hydrazides, imides, acryloni-

triles, imines, nitrogen-containing 5-membered (benzimidazoles, imidazolines, benzotriazoles, etc.) and 6-membered (pyridines, quinolines, piperidines, etc.) heterocycles.

Compounds containing sulfur atoms in the molecule are of great interest. These include thiols, polysulfides, thiosemicarbazides, sulfides, sulfoxides, sulfonates, benzamides, thiocarbamates, thioureas, the sulfonic acids, thiophenes, sulfur-containing triazoles and tetrazoles, thiocyanates, mercaptans, sulfur-containing aldehydes, keto sulfides, thioesters, etc.

Of the phosphorus-containing compounds, thiophosphates, pyrophosphates, phosphoramides, phosphonic acids, phosphonates, dialkyl, and diaryl phosphates are used as corrosion inhibitors.

Oxygen has the lowest protective properties in the series of heteroatoms: oxygen, nitrogen, sulfur, and selenium, but oxygen-containing compounds can be used to create highly effective inhibitor compositions.

Pyranes, pyrene, dioxanes, phenols, cyclic and linear esters, allyl alcohol esters, benzaldehydes and benzoic acids, alcohols, furans, dioxolanes, acetals, etc., have found application.

In recent years in the development of corrosion inhibitors, there has been a tendency to use raw materials containing transition metals, complexes based on them, and complex-forming compounds that interact with transition metals present in the electrolyte or on the protected surface [9].

It is proved that based on such compounds and complexes, using catalyst production wastes and spent catalysts as raw materials, it is possible to create highly effective environmentally friendly inhibitors of corrosion of carbon steels in aqueous media.

Compounds and complexes based on organopolymolybdates, aromatic and aliphatic

amines, hydrazides of some organic acids, and triazoles, including Zn, Ni, Al, Co, and their salts, are among the most studied ones.

Chemisorption of complexes on a steel surface occurs due to the interaction of the complex anion, which is formed during the dissociation of the complex in aqueous media, with the electrons of unfinished d-orbitals of iron.

Unfortunately, the reagents used do not always provide a sufficiently high protective effect.

This may be due to the solubility (dispersibility) of inhibitor in formation fluids, the low degree of its compatibility with formation waters, and improper selection of reagent for specific conditions.

Usually, in practice, this problem is solved by increasing the reagent dosage, which only sometimes gives the desired effect.

Consequently, it is necessary to create new inhibitor compositions which could provide a high protective effect in a wide range of application conditions or to improve the quality of existing compositions.

Thus, to solve the complex problems associated with the corrosion destruction of equipment and pipelines, it is necessary to create new inhibitor compositions or use physical methods of exposure to corrosive environments, or combined chemical and physical processes.

#### References:

1. Askari M. et al. Film former corrosion inhibitors for oil and gas pipelines-A technical review //Journal of Natural Gas Science and Engineering.– T. 58. 2018.– C. 92–114.
2. Sastri V. S. Types of corrosion inhibitor for managing corrosion in underground pipelines //Underground Pipeline Corrosion. 2014.– C. 166–211.
3. Bharatiya U. et al. Effect of corrosion on crude oil and natural gas pipeline with an emphasis on prevention by eco-friendly corrosion inhibitors: a comprehensive review //Journal of Bio-and Tribo-Corrosion.– T. 5. 2019.– C. 1–12.
4. Obot I. B., Onyeachu I. B., Umoren S. A. Alternative corrosion inhibitor formulation for carbon steel in CO<sub>2</sub>-saturated brine solution under high turbulent flow condition for use in oil and gas transportation pipelines // Corrosion Science.– T. 159. 2019.– C. 108140.
5. Feng Y., Cheng Y.F. An intelligent coating doped with inhibitor-encapsulated nanocontainers for corrosion protection of pipeline steel //Chemical Engineering Journal.– T. 315. 2017.– C. 537–551.
6. Liu Y., Zhang Y., Yuan J. Influence of produced water with high salinity and corrosion inhibitors on the corrosion of water injection pipe in Tuha oil field //Engineering Failure Analysis.– T. 45. 2014.– C. 225–233.
7. Lehmann M. N. et al. Corrosion inhibitor and oxygen scavenger for use as MEG additives in the inhibition of wet gas pipelines // Offshore technology conference-Asia.– OnePetro, 2014.
8. Hu K. et al. Influence of biomacromolecule DNA corrosion inhibitor on carbon steel // Corrosion science.– T. 125. 2017.– C. 68–76.
9. Sivokon I. S., Andreev N. N. Laboratory assessment of the efficiency of corrosion inhibitors at oilfield pipelines of the West Siberia region. I. Objective setting //Int. J. Corros. Scale Inhib.– T. 1.– № . 1. 2012.– C. 65–79.

## Section 5. Electrical engineering

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-2-46-52>

*Rustamov Nasim Tulegenovich,  
Doctor of Technical Sciences, prof.  
International Kazakh-Turkish University,  
named after Khoja Ahmed Yasawi  
Kibishov Adylkhan Talgatovich,  
master, teacher of the International Kazakh-Turkish University  
named after Khoja Ahmed Yasawi  
Israilov Fahriddin Muradkasimovich,  
Senior Lecturer, Jizzakh Polytechnic Institute  
Ernazar Kamal Ernazaruly,  
master's student of the International Kazakh-Turkish University  
named after Khoja Ahmed Yasawi*

### **EFFICIENCY OF THE EVACUATED FRACTAL SOLAR COLLECTOR**

**Abstract.** The paper proposes a new type of solar collector and the principle of its operation. The calculation algorithm of the efficiency of the proposed vacuum fractal solar collector (EFSC) is shown. Estimates of the dimension of the fractal structure of toroidal absorbers are given. It is noted that the frontal arrangement of toroidal absorbers, at a given fractal dimension, on a parabolic concentrator increases the efficiency of using solar energy in collectors generating thermal energy.

**Keywords:** solar fractal collector, absorber made of polymer torpedo tubes, tests in non-stationary mode, absorber area, aperture area.

*Рустамов Насим Тулегенович,  
доктор технических наук, доцент  
Международный казахско-турецкий университет  
имени Х. А. Ясави*

*Кибиишов Адылхан Талгатович,  
преподаватель, Международный казахско-турецкий  
университет имени Х. А. Ясави*

*Исроилов Фахриддин Мурадкасимович,  
старший преподаватель  
Джизакский политехнический институт*

*Ерназар Камал Ерназарулы,  
магистрант, Международный казахско-турецкий  
университет имени Х. А. Ясави,*

## **КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ВАКУМИРОВАННОГО ФРАКТАЛЬНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА**

**Аннотация.** В работе предлагается новый тип солнечного коллектора и принцип его работы. Показан расчетный алгоритм коэффициента полезного действия (КПД) предложенного вакуумного фрактального солнечного коллектора (ВФСК). Приведены оценки размерности фрактальной расположенных тороидных абсорберов. Отмечается, что фрактальное расположение тороидных абсорберов, при заданном фрактальной размерности, на параболическом концентраторе повышает эффективность использования солнечной энергии в коллекторах вырабатывающие тепловой энергии.

**Ключевые слова:** солнечный фрактальный коллектор, абсорбер из полимерных тороидных труб, испытания в нестационарном режиме, площадь абсорбера, апертурная площадь.

**Введение.** Абсорберы и их расположения в солнечных коллекторах являются одним из основных элементов конструкции солнечных коллекторов, от которого зависят как энергетические, так и экономические показатели солнечных систем теплоснабжения. Применяемые в настоящее время конструкции абсорберов выполняются в большинстве коллекторов из металлов. При этом, как правило, применяются дорогие виды материалов – медь, нержавеющая сталь, реже – менее

дорогие, например алюминиевые сплавы. Это удорожает коллекторы и увеличивает их вес. Возможности по снижению их стоимости практически исчерпаны. С другой стороны, они расположены в коллекторах в плоскостной проекции, такая конструкция намного уменьшает эффективность использования солнечной энергии. Создание конструкций, основанных на использовании полимерных материалов является перспективным направлением дальнейшего разви-



тия низкотемпературных солнечных технологий [1].

Если расположить абсорберы сконструировав их в виде тороидальных полимерных труб и расположить их фрактально на параболический концентратор, тогда получится фрактальный солнечный коллектор [2]. В таком коллекторе появится возможность более эффективно использовать солнечную энергию, чем на плоских коллекторах [3].

**Апертурная площадь** такого коллектора служит отражателем прошедших через и мимо абсорберов солнечных лучей. Отраженные лучи дополнительно нагревают коллекторные трубы, расположенные в виде фракталов. Отраженные солнечные лучи фокусируются на четвертом фрактале, тем самым на этом ФСК солнечные лучи используется дважды.

Недостатком такого коллектора является малая эффективность, когда окружающая температура ниже нуля.

**Целью работы** является разработка фрактального солнечного коллектора с большим коэффициентом полезного действия при низких температурах окружающей среды.

**Метод решения.** Как известно, климатическое оборудование, напрямую преобразующее энергию солнечного света в тепло, называется солнечным коллектором. Прибор не вырабатывает электричество, как классическая солнечная батарея, а только собирает, концентрирует и передает тепло в систему отопления. В качестве теплоносителя выступает вода, незамерзающая жидкость или воздух.

Главным достоинством агрегатов называют практически полное отсутствие теплопотерь в процессе эксплуатации. Такое достоинство обеспечивает вакуумная среда, являющаяся

одним из самых качественных естественных изоляторов. Нулевая теплопроводность вакуума между внутренней и внешней трубкой обеспечивает сохранность тепла. Коэффициент полезного действия такой системы в теплое время года наиболее высокая. Если же морозы продержатся несколько дней, а солнце не сумеет пробиться через плотный слой облаков, вода в трубках превратится в лед, а это может привести к разрыву внутренней трубки и выходу из строя всего коллектора.

Предлагаемый вакуумированный фрактальный солнечный коллектор содержит вакуумированный параболический концентратор 14, специальный механизм с автоматическим управлением, следящий за траекторией движения солнца как по высоте, так и по углу азимута в течение всего светового дня от восхода до захода 7, контроллером 9 и тепло распределителем 13, обеспечивающий получение тепловой воды различной температуры 15 (рисунок 1).

Эффективность использования солнечной энергии ВФСК достигается тем, что прямые лучи солнца попадающих на параболическую апертурную площадь через вакуумированную поверхность от удара прочного бромосиликатного стекла 2, закрепленный силиконовым уплотнителем 1 к параболическому концентрату. Солнечные лучи на первом тороидальном фрактале 3, расположенный в вакуумированном параболоидном апертурном пространстве 14, изнутри обшитый алюминиевым абсорбером с высокоселективным покрытием 8, нагревают воду внутри тороидного абсорбера. При этом тепловые потери первого фрактала будет дополнительным источником тепловой энергии для второго фрактала 4 и т.д., а отраженные солнечные лучи из

апертурной площади будут фокусироваться на первом тороидном абсорбере 3 и будут служить очередной дополнительной тепловой энергией. Расположение тороидных фрактальных абсорберов обеспечивает получение тепловой воды различной температуры 16. При этом холодная вода с помощью насоса 11 подается на последний тороидальный фрактальный абсорбер 6. Вода, нагревая, поднимется

через тороидальные фрактальные трубы 5,4 доходит до фрактала, находящегося на фокусе апертурной площади коллектора 3 и из этой фрактальной абсорбера снимается теплая вода. Температура вода в каждом фрактальном абсорбере будет различной. Температура воды контролируется с помощью контроллера и подается в теплообменник 12, который контролируется датчиком 10.

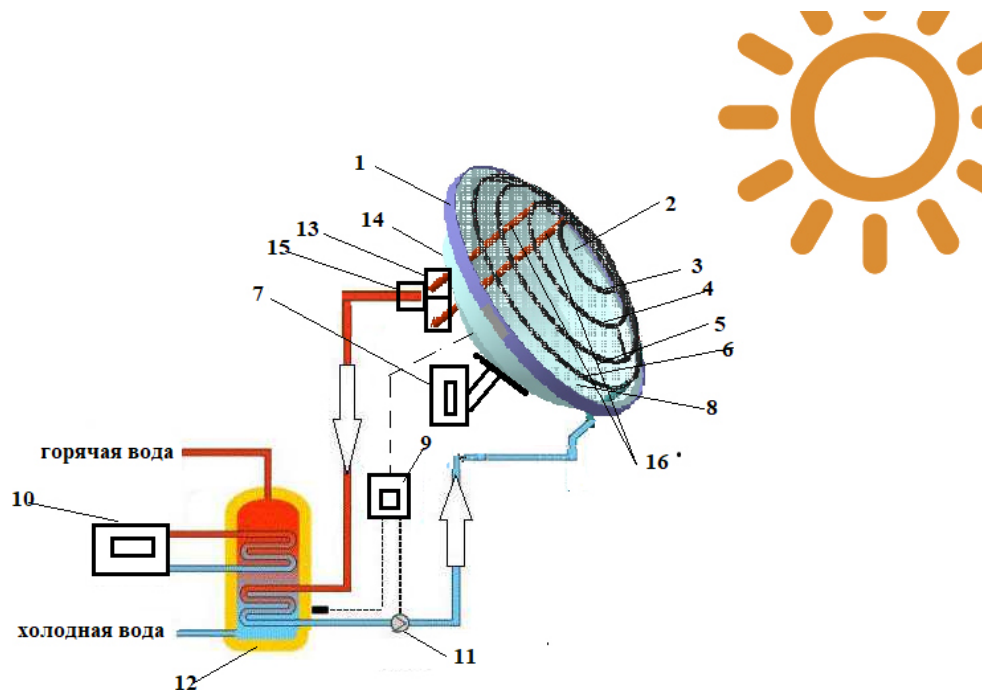


Рисунок 1. Общий вид вакуумированного фрактального солнечного коллектора

Этот вид гелиоустановки представляет собой батарею иерархически расположенных тороидных фракталов на параболическом концентрате, на котором фокусирует солнечную энергию на тороид, расположенный на фокусной точке концентрата. Конструкция такой установки проектируется при заданной фрактальной размерности  $D$ .

Для оценки этого коэффициента для ВФСК вводим фрактальную размерность  $D$  [2].

Так, в общем случае если КПД для первого фрактала  $\eta$  произвольного тора степенным образом зависит от масштаба измерения  $\delta$ :

$$\eta_1 = P \cdot \lambda \delta^{1-D} \quad (1)$$

где  $P$  – размерный множитель, свой для каждого фрактального тороида,  $D$  – фрактальная размерность. При этом очевидно, что как вся абсорберная площадь, так и любая общая площадь ФСК обладают одной и той же фрактальной размерностью. Такое свойство приписывает свойство так называемое самоподобие (скейлинг, масштабная инвариантность) [3; 6]. Самоподобие означает, что как все абсорберная площадь, так и любой ее участок (общая площадь абсорбера) обладают одной и той же фрактальной размерностью. Если

$\eta$  увеличить в  $\lambda$  раз, то для измерения новой длины  $\lambda\eta$  достаточно использовать масштаб, равный  $\lambda\delta$ , т.е.

$$\lambda\eta = P \cdot (\lambda\delta)^{1-D}. \quad (2)$$

Исходя из этих соображений, если посмотреть на конструкцию ФСК (рисунок 1), то видно, что абсорберы расположены иерархически само подобными торами. Если мы берем масштабом размеры первого фрактала откуда вводится холодная жидкость, то при заданном  $D$  и  $P$ ,  $i$ - число фракталов, КПД второго фрактала определяется по формуле (2). Тогда  $\eta$  для второго фрактала  $\eta_2 = P_i \cdot \eta^{1-D}$ , для третьего фрактала  $\eta_3 = P_i \cdot (\eta^{1-D})^{1-D}$ . Для ФСК коэффициент полезного действия или тепловая эффективность будет равным  $\eta = \eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4$ .

Тепловая эффективность или коэффициент полезного действия (КПД) ВФСК, как и для других солнечных тепловых установок, определяется из отношения полезно полученной энергии ( $Q_{пол}$ ) падающего на фронтальную поверхность суммарного солнечного излучения ( $Q_{под}$ ) [4], т.е.

$$\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{под}} \quad (3)$$

В свою очередь значение ( $Q_{пол}$ ) определяется расходом ( $G$ ) и разностью температур, нагреваемой в данном коллекторе воды ( $\Delta t = t_{вых} - t_{вх}$ ), т.е.

$$Q_{пол} = GC_p (t_{вых} - t_{вх}) \quad (4)$$

где,  $C_p$  – удельная теплоемкость теплоносителя (например для воды)  $C_p = 4,1868$  кДж/(кг $^\circ$ С);  $t_{вых}$  и  $t_{вх}$  – соответственно температуры горячего теплоносителя на выходе из коллектора и исходного холодного теплоносителя на входе в коллектор;

$$G = G_{yd} \cdot A \quad (5)$$

где,  $G_{yd}$  – удельный (т.е. отнесенный к единице площади фронтальной поверхности коллек-

тора) расход нагреваемой воды через данный коллектор;  $A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$  – площадь абсорбера ВФСК.

Значение  $Q_{под}$  в отношении (1) определяется из выражения

$$Q_{под} = q_{под} \cdot A \quad (6)$$

$$q_{под} = q_{под}^{пр} + q_{под}^{диф} \quad (7)$$

где,  $q_{под}$  – поверхностная плотность потока суммарного излучения, падающего на фронтальную поверхность коллектора;  $q_{под}^{пр} + q_{под}^{диф}$  – соответственно поверхностные плотности прямого (пр) и диффузного солнечного излучения, падающего на фронтальную поверхность коллектора.

Подставляя (4), (5) и (6) в отношении (3) получим

$$\eta = \frac{G_{yd} C_p (t_{вых} - t_{вх})}{q_{под}} \quad (8)$$

где,  $G_{yd}$  – удельный (т.е. отнесенный к единице площади фронтальной поверхности коллектора) расход нагреваемой воды через данный коллектор;

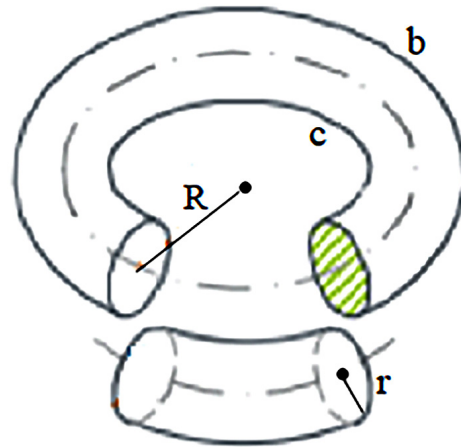


Рисунок 2. Полимерная тороидальная абсорберная труба

где,  $R$  – расстояние от центра образующей окружности до оси вращения абсорбера;  $r$  – радиус образующей окружности абсорбера;

$c, b$  – окружность;  $V$  – объем тороидального абсорбера;  $A$  – площадь абсорбера.

Формула площади поверхности абсорбера по радиусам

$$A = 4\pi^2 R r$$

Зная окружности тора, можно вывести формулы для большего и меньшего радиусов абсорбера, составив систему уравнений и преобразовав ее для нахождения радиусов.

$$c = 2\pi(R+r); b = 2\pi(R-r); R = \frac{c+b}{4\pi}; r = \frac{b-c}{4\pi}$$

Вычислив радиусы через окружности абсорбера, можно рассчитать площадь поверхности абсорбера и объем, подставив в стандартные формулы выражения, полученные для радиусов.

$$A = 4\pi^2 R r = \frac{b^2 - c^2}{4};$$

$$V = 2\pi^2 R r^2 = \frac{(b-c)(b^2 - c^2)}{32\pi};$$

На рисунке 1 абсорберы представлены номерами 6-  $a_1$ , 5-  $a_2$ , 4-  $a_3$ , 3-  $a_4$ . Первый абсорбер 6-  $a_1$ , второй абсорбер 5-  $a_2$ , третий абсорбер 4-  $a_3$ , четвертый абсорбер 3-  $a_4$ . Нам известны радиусы  $R_1, R_2, R_3, R_4$   
 $R_1 = 0.35$  м;  $R_2 = 0.30$  м;  $R_3 = 0.25$  м;  $R_4 = 0.20$  м;  
 $r = 0.032$  м;

Далее вычисляем площадь  $A_1, A_2, A_3, A_4$  каждого абсорбера.

вычисляем площадь  $A_{a_1}$  первого абсорбера

$$A_{a_1} = 4\pi^2 R_1 r = 4 * 3.14^2 * 0.35 * 0.032 = 0.22 \text{ м}^2$$

вычисляем площадь  $A_{a_2}$  второго абсорбера

$$A_{a_2} = 4\pi^2 R_2 r = 4 * 3.14^2 * 0.30 * 0.032 = 0.19 \text{ м}^2$$

вычисляем площадь  $A_{a_3}$  третьего абсорбера

$$A_{a_3} = 4\pi^2 R_3 r = 4 * 3.14^2 * 0.25 * 0.032 = 0.16 \text{ м}^2$$

вычисляем площадь  $A_{a_4}$  четвертого абсорбера

$$A_{a_4} = 4\pi^2 R_4 r = 4 * 3.14^2 * 0.20 * 0.032 = 0.13 \text{ м}^2$$

$$\eta = \frac{G_{y\partial} C_p (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{q_{\text{под}}} \quad (9)$$

$G_{y\partial}$  – удельный (т.е. отнесенный к единице площади фронтальной поверхности коллектора) расход нагреваемой воды через данный коллектор; расход нагреваемой воды первого абсорбера равен  $G_{a_1, y\partial} = 0,36$  кг/с  
 расход нагреваемой воды между первым и вторым абсорберами равен

$$G_{a_2, y\partial} = 0,33 \text{ кг/с}$$

расход нагреваемой воды между вторым и третьим абсорберами равен

$$G_{a_3, y\partial} = 0,30 \text{ кг/с}$$

расход нагреваемой воды между третьим и четвертым абсорберами равен

$$G_{a_4, y\partial} = 0,27 \text{ кг/с}$$

$C_p$  – удельная теплоемкость теплоносителя (например, для воды)  $C_p = 4,1868$  кДж/(кг°С);

$q_{\text{под}}$  – поверхностная плотность потока суммарного излучения, падающего на фронтальную поверхность коллектора, 7.5кВт/час  
 $t_{\text{вых}}$  и  $t_{\text{вх}}$  – соответственно температуры горячего теплоносителя на выходе из коллектора и исходного холодного теплоносителя на входе в коллекторе;

$$t_{\text{вых}} = 25^\circ\text{C}; t_{\text{вх}} = 20^\circ\text{C};$$

Далее вычисляем КПД  $\eta_{a_1}, \eta_{a_2}, \eta_{a_3}, \eta_{a_4}$  каждого абсорбера

$$\eta_{a_1} = \frac{G_{a_1, y\partial} C_p (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{q_{\text{под}}} = \frac{0,36 * 4200(25 - 20)}{7500} = 1.008$$

$$\eta_{a_2} = \frac{G_{a_2, y\partial} C_p (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{q_{\text{под}}} = \frac{0,33 * 4200(25 - 20)}{7500} = 0.924$$

$$\eta_{a_3} = \frac{G_{a_3, y\partial} C_p (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{q_{\text{под}}} = \frac{0,30 * 4200(25 - 20)}{7500} = 0.84$$

$$\eta_{a_4} = \frac{G_{a_4, y\partial} C_p (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{q_{\text{под}}} = \frac{0,27 * 4200(25 - 20)}{7500} = 0.756$$



Далее вычисляем КПД  $\eta_{ВФСК}$  вакуумированного фрактального солнечного коллектора

$$\eta_{ВФСК} = \frac{\eta_{a_1} + \eta_{a_2} + \eta_{a_3} + \eta_{a_4}}{4} = \frac{1,008 + 0,924 + 0,84 + 0,756}{4} = 0,882$$

**Выводы.** В работе рассмотрен принцип работы нового типа солнечного коллектора и алгоритмические основы определения его коэффициента полезного действия. При этом гелиоустановка имеет абсорберы из полимерных тороидальных труб расположенные фрактальным образом на параболическом концентрате.

Такая конструкция гелиоустановки обеспечивает эффективно использовать солнечную инсоляцию.

По результатам испытаний в вынужденном режиме нагрева солнечным излучением при нулевом расходе воды, КПД предложенного ВФСК был высоким. Испытания проводились при подходящих внешних условиях по стабильности солнечного излучения и темпе-

ратуре окружающей среды. Важным является также то, что с целью показания большого полезного действия ВФСК проводились эксперименты в условиях низкой температуры окружающей среды. Результаты были удовлетворительными.

Основными величинами, влияющими на точность определения КПД являются: данные о теплофизических свойствах материала тороидальных труб абсорбера, продолжительность интервала нагрева, стабильность внешних условий (интенсивность облучения коллектора, направление и сила ветра, температура окружающей среды). Поэтому при планировании эксперимента важно иметь достаточно точный прогноз погоды и правильно его использовать. В дальнейшем представляется необходимым условием провести сравнение результатов определения пропускательно – поглощательной способности ВФСК с плоскими солнечными коллекторами.

### Список литературы:

1. Ермуратский В. В., Постолатий В. М., Коптюк Э. П. Перспективы применения в Республике Молдова солнечных нагревателей воды санитарно-бытового назначения. // Проблемы региональной энергетики. 2009. – № 2. URL: [http://ieasm.webart.md/data/m71\\_2\\_107.doc](http://ieasm.webart.md/data/m71_2_107.doc).
2. Рустамов Н. Т., Мейрбеков А. Т., Корганбаев Б. Н. Фрактальный солнечный коллектор. РК, Патент № 2639 на полезную модель.
3. Суханов М. Я., Рустамов Н. Т. Фрактальный солнечный коллектор // Молодой ученый. – № 13(303).2020. – С. 40–44.
4. Балханов В. К. Введение в теорию фрактальных исчислений. – Улан-Удэ.: Изд. Бурятского гос. ун-та, 2001. – 58 с.
5. Avezova N. R., Avezov R. R., Rustamov N. T., Vakhidov A., Suleymanov Sh. I. Resource indexes of flat solar water-heating collectors in hot-water supply systems: 4 Specific collector thermal yield and efficiency. Journal Applied Solar Energy, 2013. – Vol. 49. – Issue 4. – P. 202–210.
6. Рустамов Н. Т., Кибишов А. Т., Шертайлаков Г. М. Коэффициент полезного действия фрактальных солнечных коллекторов // Инновационные решения технических, инженерных

и технологических проблем производства сборник материалов международной научно-технической конференции на тему. – Часть 3. (28–29 октября 2022 г.). – С. 699–702.

# Contents

<b>Section 1. Agricultural sciences</b> .....	<b>3</b>
<i>Israyelyan Arevik, Tkhruni Flora, Sargsyan Mil, Aghabekyan Lilit, Gharibyan Inna, Sargsyan Anyuta</i> EFFICACY OF PROBIOTIC LABS IN FORAGE PROCESSING.....	3
<i>Yuldashev Gulom, Azimov Zikrjon Muhammadovich, Mamajonov Inomzhon Noralieovich, Makhramkhuzhaev Sultonkhuzha Akramkhuzha coals</i> PEDOGEOCHEMICAL FEATURES OF SILICON IN SALT AND LIGHT SEROZEMS .....	7
<b>Section 2. Transport</b> .....	<b>18</b>
<i>Gao Heng Wei,</i> THE HYPER-SONIQUE VORTEX RAMJET PROPULSION .....	18
<i>Tatarchuk Tetiana Vasylivna, Seredenko Kyrylo Artemovych, Oleksenko Oleksandra Serhiivna</i> DESIGN OF LI-ION BATTERIES FOR PORTABLE ELECTRIC TRANSPORT.....	23
<b>Section 3. Physics</b> .....	<b>30</b>
<i>Mamadalimov A. T., Khakimova N. K., Norbekov Sh. M., Khasanov J.</i> RESEARCH ON ELECTROPHYSICAL PROPERTIES IN $KMnO_4$ -DOPED “KOMOLOT-79” GRADE OF COTTON FIBERS .....	30
<b>Section 4. Chemistry</b> .....	<b>35</b>
<i>Mamadjonova Rashida, Khamrakulov Zokhidbek, Dehkanov Zulfikaxar</i> PROCESSING OF PHOSPHORITES CENTRAL KYZYLKUM.....	35
<i>Shiraliyeva Ulkar, Huseynova Elmira, Mammadova Zarifa, Nadjafova Saida, Mardanova Nurana</i> INHIBITOR PROTECTION BY PIPELINE IN OIL WELLS .....	41
<b>Section 5. Electrical engineering</b> .....	<b>46</b>
<i>Rustamov Nasim Tulegenovich, Kibishov Adylkhan Talgatovich, Israilov Fahriddin Muradkasimovich, Ernazar Kamal Ernazaruly</i> EFFICIENCY OF THE EVACUATED FRACTAL SOLAR COLLECTOR .....	46