

European Journal of Technical and Natural Sciences

№ 3 2023

European Journal of Technical and Natural Sciences

Scientific journal

№ 3 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 Genriyovich, Armenia, Doctor of Engineering Sciences
Martirosyan Vilen Akopovna, Armenia, Doctor of Engineering Sciences
Miriyuk 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.

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
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. Biology

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-3-3-10>

*Ganieva F. I.,
Mmamedov A. M.,
Agayeva A. H.,
Aliyeva D. M.,
Miryusifova Kh. M.,
Azerbaijan Medical University*

ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDY OF RECONSTRUCTION OF INTERRELATIONS BETWEEN VISUAL STRUCTURES ON THE BACKGROUND OF DYSTROPHY

Abstract. The work presented by us is devoted to the analysis of the influence of the serotonergic system on the formation of relationships between the structures of the visual analyzer (colliculus superior, lateral geniculate body, visual cortex) on the background and in retinal pathology.

The studies were conducted on adult male rabbits kept in standard vivarium conditions. An electroencephalographic method was used to analyze and register the electrical activity of brain structures. The results are presented on the basis of spectral and coherent analysis of the electroencephalogram. An experimental model of retinal dystrophy was created by a single injection of monoiodoacetic acid into the ear vein. The spectral character of the electroencephalogram potentials changes against the background of experimental retinal dystrophy. It is known from the results obtained that under the influence of monoiodoacetic acid, the amplitude parameters of the electroencephalogram waves significantly decrease in almost all the studied structures and the waves shift to a higher frequency range.

After electrical stimulation of nR (nucleus raphe), the results of coherent analysis showed that its value significantly increased in all frequency ranges of waves, both between the visual cortex and subcortical structures, and between subcortical structures of the visual analyzer, which clearly indicates the activation of compensatory processes in the visual system of the brain.

Keywords: visual analyzer, electroencephalogram, dystrophy, coherent, spectral analysis.

Ганиева Ф. И.,
Mamedov A. M.,
Агаева А. Х.,
Алиева Д. М.,
Miryusifova X. M.,

Азербайджанский Медицинский Университет

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ЗРИТЕЛЬНЫМИ СТРУКТУРАМИ НА ФОНЕ ДИСТРОФИИ

Аннотация. Представленная нами работа посвящена анализу влияния серотонинергической системы на формированию взаимоотношений между структурами зрительного анализатора (colliculus superior, lateral geniculate body, visual cortex) на фоне и при патологии сетчатки.

Исследования проводились на взрослых кроликах-самцах, содержащихся в стандартных условиях вивария. Для анализа и регистрации электрической активности структур головного мозга использовали электроэнцефалографический метод. Результаты представлены на основании спектрального и когерентного анализа электроэнцефалограммы. Экспериментальную модель дистрофии сетчатки создавали однократным введением монойодоуксусной кислоты в ушную вену. Спектральный характер потенциалов электроэнцефалограммы изменяется на фоне экспериментальной дистрофии сетчатки. Из полученных результатов известно, что под влиянием монойодоуксусной кислоты практически во всех исследованных структурах значительно снижаются амплитудные параметры волн электроэнцефалограммы и происходит смещение волн в более высокочастотный диапазон.

После электрической стимуляции nR (nucleus raphe) результаты когерентного анализа показали, что его величина достоверно возростала во всех диапазонах частот волн, как между зрительной корой и подкорковыми структурами, так и между подкорковыми структурами зрительного анализатора, что однозначно свидетельствует об активации компенсаторных процессов в зрительной системе головного мозга.

Ключевые слова: зрительный анализатор, электроэнцефалограмма, дистрофия, когерентный, спектральный анализ.

Введение

Одной из актуальных проблем современной нейрофизиологии является пластичность нервных процессов, точнее способность нервной системы к адаптации путем оптимальной структурно-функциональной перестройки [1]. Моноаминергическая нейромодуляторная си-

стема головного мозга признана одним из важных компонентов эндогенных механизмов регуляции пластичности. К настоящему времени в литературе накоплено большое количество экспериментальных материалов по характеристике клеточных и системных механизмов участия этой нейротрансмиссии в регуляции

пластичности нейронов и межнейронных связей [8]. Понятно, что морфологические особенности организации моноаминергической нейротрансмиссии, основанные на феномене пространственной организации нервных процессов, свидетельствуют о необходимости изучения их роли в механизмах пластичности [3].

Результаты экспериментальных исследований доказывают, что динамические изменения, происходящие на разных уровнях системы зрительного анализатора, связаны не только с морфофункциональными особенностями ее клеточной организации, но и с активацией различных неспецифических регуляторных центров головного мозга [11; 7]. Именно поэтому изучение механизмов и закономерностей участия нейромодулирующих центров в функциональной регуляции зрительного анализатора стало в последние годы одной из основных проблем современной нейрофизиологии и невропатологии. В литературе имеются сведения о модулирующем влиянии электростимуляции nR на спектральные характеристики медленных потенциалов в структурах сенсорных систем головного мозга [2]. Помимо морфологических исследований, существует большое количество других исследований, посвященных роли 5-НТ-ергических систем в обработке зрительной, слуховой и вкусовой информации. На основании собранных экспериментальных данных установлено, что nR оказывает как тормозящее, так и возбуждающее действие на нейроны неокортекса. Считается, что множественные комплексные эффекты 5-НТ на обработку информации в зрительной коре связаны с его воздействием на разные типы рецепторов пирамидных интернейронов пятого слоя зрительной коры. Последний результат объясняется наблюдае-

мым изменением амплитуд различных потенциалов вследствие спонтанного торможения постсинаптических потенциалов [10]. На основании этих данных предполагается, что увеличение спектральной мощности медленных волн после электростимуляции nR можно рассматривать как физиологический эквивалент активирующего действия 5-НТ-ергической системы на уровне нейронов коры головного мозга. возбуждение [12]. В то же время установлено, что 5-НТ ограничивает возникновение долговременной синаптической пластичности во втором и третьем слоях зрительной коры [4]. В современной литературе собраны интересные сведения об участии 5-НТ-ергических нейронов в регуляции патологических процессов в ЦНС. В частности, установлено, что nR может участвовать в механизмах нарушений сна, депрессивных расстройств, нейродегенеративных заболеваний и психопатологических состояний в виде тревоги и депрессии [9].

Знания о механизмах пластичности нейронных систем базируются на современной концепции нейрореабилитации. Нейропластичность – это способность нервной системы адаптироваться посредством оптимальной структурной и функциональной реорганизации в ответ на эндогенные и экзогенные стимулы. Эта особенность обеспечивает адаптацию организма и его эффективное функционирование в изменяющейся внешней и внутренней среде. Пластичность нервной системы способствует закреплению изменений памяти, необходимых для восстановления функций после повреждения ЦНС [6]. Как известно, в литературе достаточно подробно описаны неспецифические системы, обладающие выраженными нейромодуляторными эффектами в регуляции различных

функциональных активностей головного мозга. В частности, на уровне зрительной системы головного мозга были обнаружены 5-НТ-ергические волокна nR, в них обнаружены различные 5-НТ-рецепторы, среди которых 5-НТ1В-рецепторы чаще всего [5]. В литературе есть сообщения о том, что nR проецируется на наружное коленчатое тело (lateral geniculate body-LGD) и что дорсальные части LGD получают зрительные входы от сетчатки, а также противоположные волокна от зрительной коры [13]. По мнению некоторых авторов, эти производные следует рассматривать как компоненты неспецифических восходящих активирующих систем головного мозга.

Цель исследования. Исследованы нейрофизиологические механизмы участия серотонинергической (5-НТ-ергической) системы в пластичности зрительного анализатора при коррекции дисфункции, обусловленной экспериментальной дистрофией сетчатки (ЭД).

Материал и методы исследования. Исследования проводились на кроликах. Все электрофизиологические исследования проводились гуманно в соответствии с общепринятыми международными принципами Европейской конвенции об экспериментальных животных (2010/63/ЕС). Для регистрации ЭЭГ в корковые структуры (visual cortex) вставляли нихромовые электроды диаметром 0,5 мм а подкорковые структуры (LGD, CS) диаметром 0,1–0,15 мм. При регистрации и обработке экспериментальных данных использовался программно-аппаратный комплекс, подключенных к персональному компьютеру с фотостимулятором и рядом прикладных программ. Для биполярной электростимуляции нейромодуляторного центра использовали лабораторный электростиму-

лятор ЭСЛ-2 и следующие параметры стимуляции: амплитуда 3,0–5,0 В, частота 150–200 Гц, длительность одиночного импульса 0,4 мс, один сеанс электростимуляции. продолжительность 4–5 минут.

Для индуцирования ЭД сетчатки использовалась 2,0% моноидоуксусная кислота (МЙУК). В исследовании когерентный и спектральный анализ ЭЭГ проводили с помощью системы BRAINSYS (Россия) с диапазоном разрешения 0,5–40 Гц. Для анализа спектрального состава ЭЭГ использовали метод быстрого преобразования Фурье. Достоверность внутригруппового и межгруппового сравнения показателей ЭЭГ определяли с помощью пакета программ ANOVA.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальные исследования проводились в несколько этапов. В первую очередь регистрировали ЭЭГ в исследуемых структурах зрительного анализатора. В дальнейшем был проведен спектральный и когерентный анализ ЭЭГ. Затем проводили спектральный и когерентный анализ ЭЭГ в условиях экспериментальной патологии сетчатки. Анализ полученных результатов представлен в сравнительном виде (Рис. 1, 2).

Из анализа полученных результатов известно, что у контрольных животных характерные признаки распределения спектров максимальной амплитуды первичных зрительных потенциалов коры головного мозга на частотах 2–3 и 5–6 Гц обычно сопровождаются преобладанием дельта-ритмов ЭЭГ. Аналогичная картина наблюдается и в распределении пиковых значений амплитуды спектральных признаков для потенциалов LGD. Однако при этом максимальные уровни спектральных характеристик изменены и колеблются между 4–5 Гц и 9–10 Гц (Рис. 1).

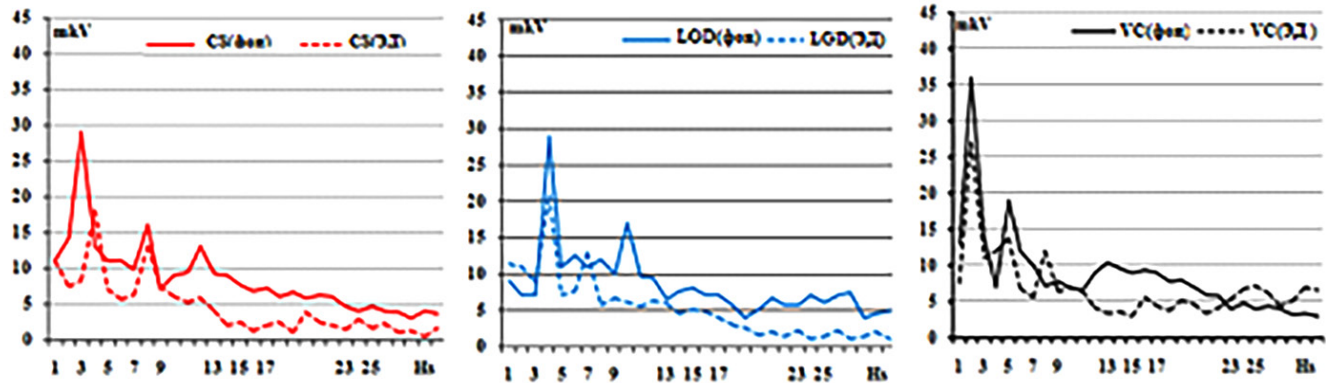


Рисунок 1. Спектральный анализ ЭЭГ в структурах анализатора зрения до и после ЭД

Спектральный характер потенциалов ЭЭГ изменяется на фоне ЭД в сетчатке. Таким образом, в результате дисфункции анализатора, расположенного на уровне сетчатки, снижается амплитуда основного пика спектральной характеристики ЭЭГ

в дельта-диапазоне частот и второй максимум уровня спектрограммы в тета-диапазоне частот. Практически во всех структурах наблюдается заметное снижение амплитуды и сдвиг в более высокочастотный диапазон ЭЭГ (Рис. 2).

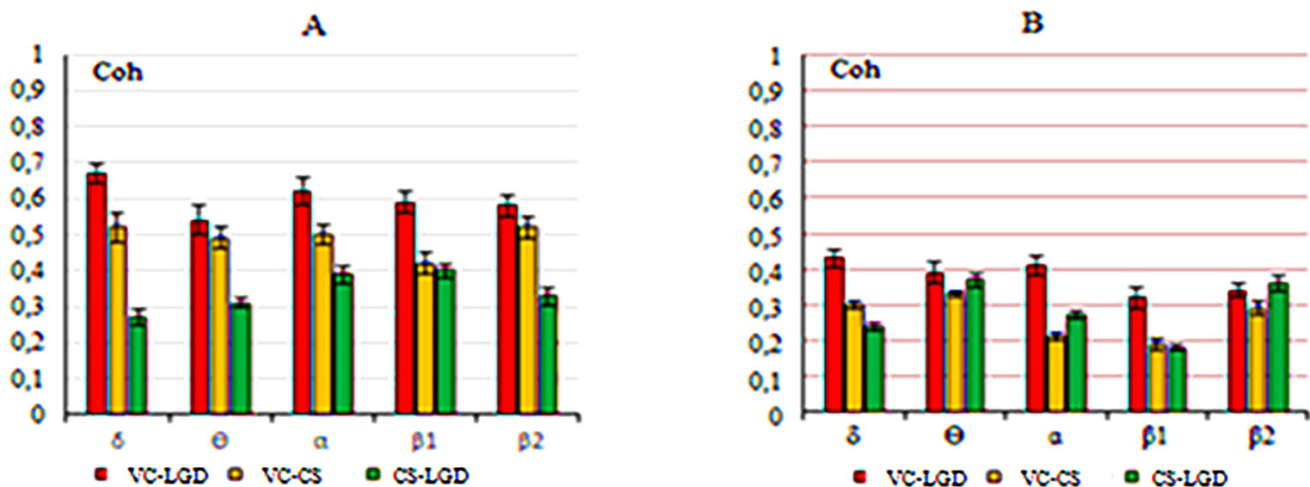


Рисунок 2. Когерентный анализ ЭЭГ в структурах зрительного анализатора до и после ЭД

На следующем этапе в сравнительной форме представляли изменения электрической активности структур зрительного анализатора при стимуляции nR до и после ЭД (Рис. 3).

Результаты анализа фоновых спектров ЭЭГ после воздействия электростимуляции 5-НТ-ергической системы показали, что в нынешней экспериментальной ситуации, основ-

ной максимальный уровень спектров в подкорковых структурах (VC и CS) смещается в более высокочастотную (4–5 Hz и 9–10 Гц) область ЭЭГ. В спектрах потенциалов LGD вследствие воздействия nR наблюдается трансформация бимодальной формы спектров ЭЭГ в мономодальную, выражаемую пиковыми значениями амплитуд спектра в диапазоне 4–5 Гц.

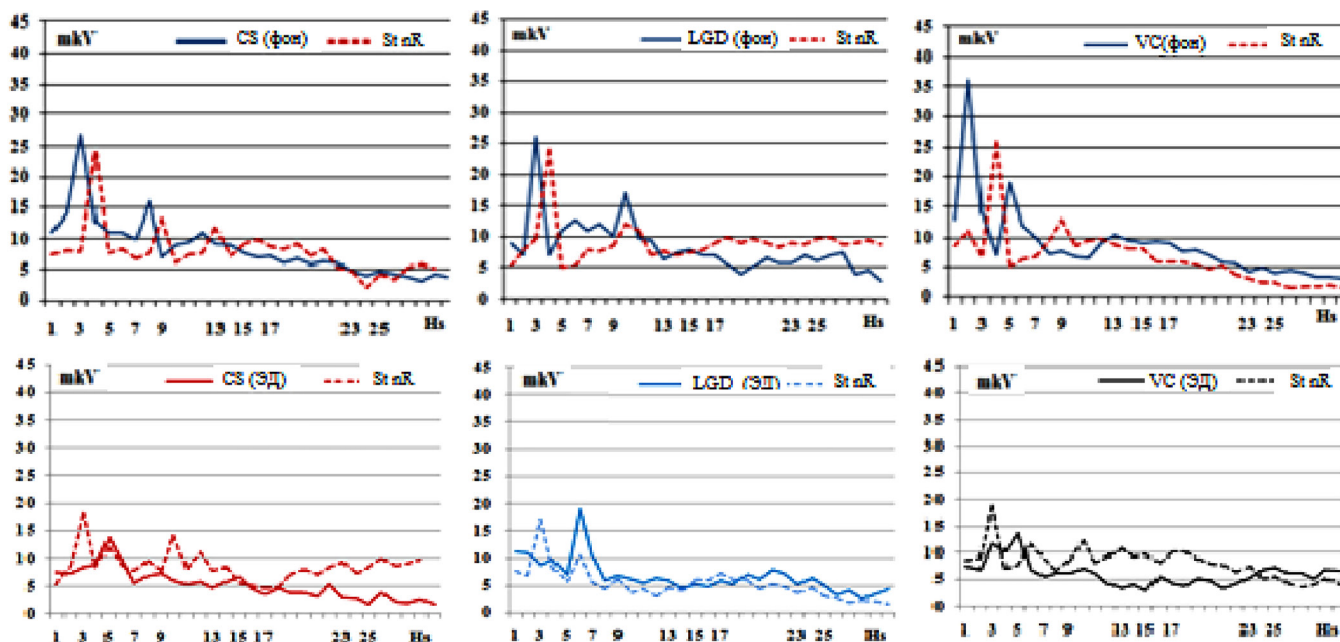


Рисунок 3. Влияние электростимуляции nR на спектральные характеристики фоновых потенциалов ЭЭГ центральных структур зрительного анализатора

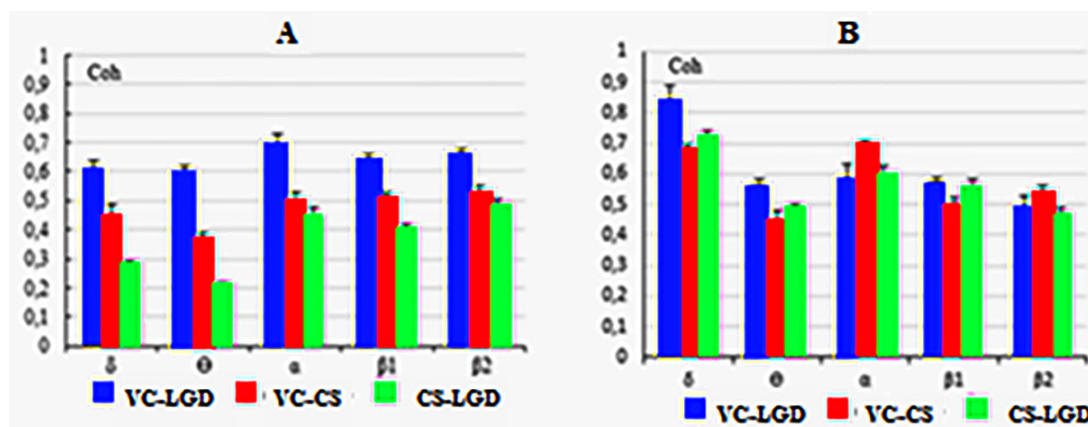


Рисунок 4. Влияние электростимуляции nR на когерентные характеристики фоновых потенциалов ЭЭГ центральных структур зрительного анализатора

Это соответствует увеличению генерации потенциалов дельта-диапазона после воздействия электростимуляции 5-НТ-ергической системы. Он сохраняется в том же частотном интервале за счет влияния nR, образующегося в условиях ЭД и максимальный уровень которого выражен в диапазоне 2–3 Гц. Аналогичные изменения наблюдаются в спектральном характере потенциалов ЭЭГ на уровне CS и LGD (Рис. 3).

Из представленного нами рисунка видно, что на начальном этапе прямой электростимуляции nR значения коэффициентов Coh. между анализируемыми структурами анализатора значительно снижены. В постстимуляционной фазе заметно повышение уровня когерентных связей. Таким образом, более высокие значения Coh. локализуются в дельта-диапазоне частот ЭЭГ, смещаясь из альфа-диапазона

в относительно низкочастотный диапазон, что соответствует частоте ритмической активности, характерной для фоновой активности пR-нейронов. Следует отметить, что при этом происходит увеличение средних значений коэффициентов когерентности как между корково-подкорковыми структурами, так и между подкорковыми структурами зрительного

анализатора. Если сравнить средние значения Coh. при непосредственной стимуляции и стадии после ее воздействия, то можно увидеть не только ярко выраженные эффекты восстановления формы распределения коэффициентов Coh., при этом можно наблюдать значительное увеличение значений Coh. до 0,8 и более в дельта-диапазоне (Рис. 4).

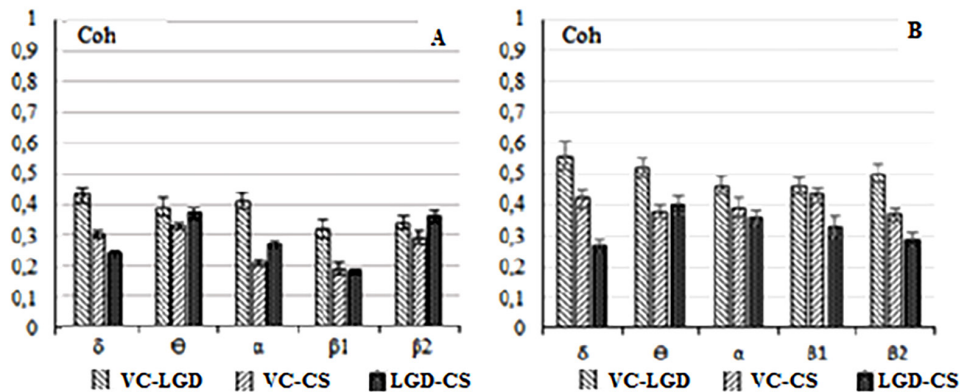


Рисунок 5. Влияние электростимуляции пR на спектральные характеристики фоновых потенциалов ЭЭГ центральных структур зрительного анализатора в условиях ЭД

В условиях ЭД электрическая стимуляция пR-нейронов как между корковыми, так и подкорковыми структурами анализатора Coh. вызывает увеличение средних значений коэффициентов. В это время относительно высокие значения Coh наблюдаются в паре LGD–VC в дельта диапазоне ЕЕQ, что является характеристикой фоновой активности анализатора. Также стоит отметить, что увеличение когерентных связей под влиянием пR характерно для всех рассмотренных межструктурных связей, что наблюдается во всех диапазонах исследуемых частот ЭЭГ (Рис. 5).

Выводы (или заключение)

1. В условиях хронических экспериментов, проведенных на кроликах, показано, что пространственная организация потенциалов ЭЭГ структур зрительного анализатора головного мозга характеризуется стабиль-

ностью уровня когерентных связей во всем диапазоне изучаемых частот (δ , θ , α , β_1 и β_2). В это время максимальный уровень когерентности между первичными VC и CS наблюдается в альфа-диапазоне ЭЭГ, а минимальные уровни связи более характерны для тета-частот ЭЭГ между подкорковыми структурами анализатора.

2. Результаты спектрально-когерентного анализа показали, что формирование экспериментальной дистрофии сетчатки сопровождается перестройкой пространственной синхронизации ЭЭГ в центральных структурах зрительного анализатора. В это время уровни когерентности потенциалов на фоне дисфункции проявляют высокую устойчивость во времени.

3. Установлено, что при непосредственном раздражении пR, как между зрительной корой

и подкорковыми структурами, так и между подкорковыми структурами зрительного анализатора, характерно значительное увеличе-

ние Соh., что свидетельствует об активации компенсаторных систем.

Список литературы:

1. Харченко Е.П., Тельнова М.Н. Пластичность мозга: ограничения и возможности // Ж. невр.и психиатрии, – Т. 1. – No. 2. 2017. – С. 8–13.
2. Cransac H., Cottet-Emard J.M., Hellstrom S. et al. Specific sound-induced noradrenergic and serotonergic activation in central auditory structures // Hear Res. Amsterdam: – Vol. 118. – No. 1. 1998. – P. 151–156.
3. Freitas R.L. Serotonergic neurotransmission in the dorsal raphe nucleus recruits in situ 5-HT(2A/2C) receptors to modulate the postictal antinociception // New York, Exp. Neurol. – Vol. 213. – No. 2. 2008. – P. 410–418.
4. Jang H.J., Cho K.H., Park S.W. et al. Layer-specific serotonergic facilitation of IPSC in layer 2/3 pyramidal neurons of the visual cortex // J. Neurophysiol. Washington: – Vol. 107. – No. 33. 2012. – P. 407–416.
5. Jasmine D.S., Qiufen J., Melanie B., Andrew L., Liang L., Jesseba F., Fei D., Jinxia W., Yulong L., Chinfei C. Brainstem serotonin neurons selectively gate retinal information flow to thalamus. Neuron. – Vol. 111. – No. 5. 2023. – P. 711–726.e11.
6. Matt Puderbaugh, Prabhu D. Emmady Neuroplasticity In: Stat Pearls. Treasure Island (FL): Publishing; 2023. PMID: 32491743. Bookshelf ID: NBK557811.
7. Miryusifova Ch. M., Mohammadova S.I., Azizov A.A. et al. Role of serotonin and noradrenalin in mechanisms of hypothalamic regulation of experimental dystrophy of the retina // SAJEB: Hamelmalo: – Vol. 5. – No. 4. 2015. – P. 137–142.
8. Sinakevitch I. T., Gabriella P., Hans-Joachim Brian H. S. et al. Biogenic amines and neuromodulation of animal behavior // Front Syst Neurosci. 2018. – P. 1–3.
9. Son Y.D., Cho Z.H., Kim H.K. et al Glucose metabolism of the midline nuclei raphe in the brainstem observed by PET-MRI fusion imaging // Neuroimage, San Diego: – Vol. 59. – No. 2. 2012. – P. 1094–1097.
10. Xiang Z., Prince D.A. Heterogeneous actions of serotonin on interneurons in rat visual cortex // New York: J. Neurophysiol., – Vol. 89. – No. 3. 2003. – P. 1278–1287.
11. Yokogawa T., Hannan M. C., Burgess H.A. The dorsal raphe modulates sensory responsiveness during arousal in zebrafish // Washington: J. Neuroscience. – Vol. 32. – No. 43. 2012. – P. 15205–15215.
12. Zhang N., Townes-Anderson E. Regulation of structural plasticity by different channel types in rod and cone photoreceptors // Washington: J. Neuroscience. – Vol. 67. – No. 5. 2002. – P. 16–22.
13. URL: <https://doi.org/10.7554/eLife.46464>

Section 2. Technical sciences in general

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-3-11-15>

*Huseynova A. R.,
PhD student, university assistant (teacher)
Azerbaijan State Oil and Industry University
Baku, Republic of Azerbaijan*

INFLUENCE OF NANOCARBON ON COKE YIELD IN COKING PROCESSES OF HEAVY PYROLYSIS RESINS OBTAINED WITH DIFFERENT WATER VAPOR FEEDS

Abstract. The effect of the amount of water vapor fed into the pyrolysis reaction zone on the component composition of heavy tar has been studied, and it was found that by increasing the water vapor fed into the pyrolysis process the coke yield of heavy tar coking decreases.

Keywords: nanocarbon, water vapor, pyrolysis, coking, heavy pyrolysis resin.

*Гусейнова А. Р.,
Аспирант, ассистент университета (преподаватель)
Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности Баку, Азербайджанская Республика*

ВЛИЯНИЕ НАНОУГЛЕРОДА НА ВЫХОД КОКСА В ПРОЦЕССАХ КОКСОВАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ СМОЛ ПИРОЛИЗА ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗНОЙ ПОДАЧЕЙ ВОДЯНОГО ПАРА

Аннотация. Исследованно влияния количества водяного пара, подаваемого в реакционную зону пиролиза на компонентный состав тяжелой смолы. Было установлено что при увеличении водяного пара подаваемого в процессе пиролиза выход кокса при коксовании тяжелой смолы снижается.

Ключевые слова: наноуглерод, водяной пар, пиролиз, коксование, тяжелая смола пиролиза.

Введение. В условиях ускоренного развития топливно-энергетического комплекса и нефтехимической промышленности особое внимание уделяется проблеме рациональной переработки нефти, наиболее актуальны и приоритетны на перспективу задачи дальнейшего углубления переработки нефти, вовлечения в переработку тяжелых нефтяных

остатков различных видов и внедрения новых эффективных процессов их переработки.

На современном этапе особое значение приобретают технологии, обеспечивающие рациональное использование сырья и повышение качества выпускаемой продукции при снижении энергетических и материальных затрат. Эффективные схемы переработки должны обеспечивать глубину переработки нефти не менее 80–85%, производство моторных топлив, удовлетворяющих современным требованиям, сырья для нефтехимии и квалифицированное использование нефтезаводских газов. Высококачественные моторные топлива и смазочные материалы могут быть получены по новым нетрадиционным энергосберегающим технологиям, обеспечивающим при небольших капитальных затратах комплексную переработку тяжелых нефтяных остатков. Одним из перспективных процессов с этой точки зрения является пиролиз.

Традиционно этот процесс рассматривают как одну из форм термической переработки нефтяного сырья. В последнее время его предлагают осуществлять в условиях, исключающих интенсивную деструкцию сырья. В таких условиях компоненты реакционной массы не удаляются из процесса, как при традиционном термическом крекинге, а участвуют в ее превращениях практически на протяжении всего процесса. Доля термической деструкции компонентов реакционной массы при выбранных режимах относительно невелика.

Основными превращениями являются поликонденсация, уплотнение и конфигурационные изменения макромолекул и их агрегатов, приводящие к значительному изменению структурно-механических и вязкостно-температурных характеристик реакционной массы.

Процесс пиролиза позволяет осуществлять подготовку сырья для различных технологических процессов с вовлечением их в переработку для различных технологических процессов, а также вовлекать в переработку нетрадиционное остаточное сырье и получать качественно новые продукты. При этом на режимные параметры, материальный баланс процесса и качество получаемых продуктов существенно влияют характеристики сырья, количество подаваемого в реактор водяного пара, а также его предварительная подготовка. Такой подход был использован в процессе коксования тяжелой смолы пиролиза.

Одним из способов регулирования параметров сырья процесса коксования, рассматриваемого как нефтяная дисперсная система, может быть увеличение удельной поверхности частиц дисперсной фазы, способствующее интенсификации поверхностных явлений в реакционной массе, в частности при пиролизе. С этой целью в сырье добавляют вещества, обладающие развитой поверхностью, например технической углерод различных марок. При этом проявляется единство физических (формирование развитой активной поверхности) и физико – химических (изменение структуры молекул) стадий превращения сырья, приводящих к изменению выхода и качества конечных продуктов. Присутствие технического углерода одновременно способствует интенсификации тепло и массообмена между взаимодействующими элементами реакционной массы.

Твердые добавки существенно влияют на формирование структурных элементов нефтяной дисперсной системы. С увеличением их концентрации и удельной поверхности в системах происходит коагуляция асфальтенов.

Таким образом, интерес изучения влияния на нефтяные системы технического углерода других модификаций, а именно наноуглерода представляет большой интерес [2]. Известно, что нанотехнологии получают интенсивное развитие в различных областях науки и техники. В работе рассмотрены результаты применения наноматериалов в качестве активаторов нефтяного сырья коксования. Для исследований использовали наноуглерод. Как известно, отдельные нановолокна и нанотрубки, а также их сростки создают ближний и дальний порядок в дисперсной среде. Дефекты поверхности углеродного наноматериала играют роль активных центров, способствующих интенсификации процессов превращения реакции углеводородной массы. Углеродный материал в связи с большой поверхностью, достигающей нескольких сотен квадратных метров, устойчив к «отравлению» и отложению кокса на поверхности его частиц. Отложения представляют собой структурированный углерод, который не снижает поверхностной активности наночастиц. Суммарная поверхность частиц наноуглерода на несколько порядков превосходит поверхность стенок реактора. Это обеспечивает эффективную сорбцию на ней асфальтенов с последующим превращением их в кокс.

На основании определения экспериментальных значений выходных параметров процессов при введении в сырье наноуглерода необходимо установление оптимальных концентраций его с последующей проверкой лабораторной установке.

Тяжелая смола пиролиза подвергалась деструктивной перегонке до кокса, полученный кокс прокаливали при температуре 500 °С до прекращения выделения паров и газов, затем его выгружали и взвешивали.

Влияние водяного пара и продолжительности процесса пиролиза, также вводимая нами концентрация наночастиц в тяжелую смолу пиролиза очевидно должны существенно влиять на выход кокса при коксовании последней. Результаты комплекса таких исследований могут стать основой для разработки оригинальных технологий коксования тяжелой смолы пиролиза полученной при различных параметрах процесса пиролиза, а также при использовании коксовых отсеков в производстве топливных брикетов [4].

Нами установлено, что при подаче в процесс пиролиза водяного пара количестве от 10% (образец I) до 50% (образец II) масс. образующиеся в составе тяжелой смолы пиролиза (образец II). Смолы и асфальтены отличаются не насыщенностью, так как менее подвергнуты процессам уплотнения и конденсации и поэтому обладают большей реакционной способностью.

Для исследования были взяты образцы тяжелой смолы пиролиза, полученных с подачей от 10 до 50% водяного пара. Полученные ТСП подвергались коксованию на лабораторной установке при одинаковых условиях (температуре и продолжительности). Было установлено, что выход кокса при коксовании тяжелой смолы пиролиза (образец I) выше, и составляет 22,0% против ТСП (образец II) при котором выход кокса составляет 19,2% масс.

При увеличении количества подаваемого в реактор водяного пара с 10 до 50 °С масс. количество смол и асфальтенов в составе ТСП (образцов I и II) не одинаково подвергнуты процессам уплотнения и конденсации, вероятно, они обладают большей или меньшей реакционной способностью. Так, наибольший выход кокса наблюдается

при коксовании тяжелой смолы пиролиза, полученной с вводом в процесс пиролиза минимального количества водяного пара,

соответствующего 10% масс, и далее с увеличением подачи водяного пара выход кокса снижается до 19,2% масс.

Таблица 1. – Зависимость выхода кокса от состава тяжелых смол пиролиза полученных с подачей водяного пара от 10 до 50% масс

Количество водяного пара % масс	Компонентный состав %, масс				Выход кокса % масс
	Масла	Асфальтены	Смолы	Карбены и карбоиды	
10	74,2	19,98	5,8	0,012	22,0
20	74,6	20,99	4,4	0,028	21,8
30	75,0	20,002	4,99	0,010	21,6
40	75,2	17,8	6,99	0,082	20,1
50	76,6	15,4	8,99	0,0080	19,2

Для установления вышесказанного на примере указанных тяжелых смол пиролиза нами проводился процесс коксования образцов I и II с вводом в их состав в равном количестве нанюглерода [5].

Исследование влияния нанюглерода на процесс коксования ТСП (образцов I и II) полученных с разной подачей водяного пара сведены в таблицу 2.

Таблица 2. – Материальный баланс коксования ТСП с нанюглеродом

Взято % масс		Получено			Прирост выхода кокса % масс
ТСП с подачей	Нанючастицы	Кокс	Жидких	Газ+потери	
в.п. 10%	–	22,0	73,1	4,9	0,4
	0,5	22,4	72,1	4,6	0,6
	1,0	22,6	71,4	4,4	0,8
	1,5	22,8	70,7	4,2	
в.п. 50%	–	19,2	77,8	3,9	–
	0,5	20,3	74,3	3,8	1,1
	1,0	22,1	71,1	3,9	1,9
	1,5	23,4	66,8	4,1	4,2

Рассматривая результаты коксования ТСП взятых образцов I и II с вводом 0.5, 1.0, 1.5% масс частиц нанюглерода установлено, что хотя выход кокса из образцов I во всех опытах выше, чем из образцов II, прирост выхода кокса при вводе в состав сырья нано – частиц во всех опытах коксования ТСП (образца II), выше, что связано с тем, что в условиях подачи водяного пара до 50% масс в составе ТСП основ-

ные коксообразующие компоненты – смолы и асфальтены не насыщены, более реакционноспособные и легко подвергаются процессам полимеризации, уплотнения и конденсации компонентов сырья и нанюглерода с образованием твердого остатка – нефтяного кокса.

Таким образом было установлено, что с увеличением количества водяного пара вводимого в реактор пиролиза тяжелая смола более

реакционно-способная, что подтверждается личивается с увеличением количества вводи-
приростом выхода кокса из ТСП которой уве- мого в состав ТСП наноклерода.

Список литературы:

1. Лапшин И. Т., Велитов Р. Э. и др. Разработка технологии коксования низкосернистого и высокоароматического сырья для получения кокса анизатропной структуры // Технические науки 2019 г. – № 12 (69).
2. Фарберова Е. А., Максимов А. С. и др. Исследование возможности переработки нефтяного кокса с повышенным содержанием летучих веществ в углеродные сорбенты // Известия высших учебных заведений. Химия и Химическая технология 2021 г.
3. Зольников В. В., Жирнов Б. С., Ахметов М. М., Хайрулдинов И. Р. Влияние повышения давления на выход и качество кокса из тяжелого газойля каталитического крекинга // Нефтепереработка и нефтехимия, – № 10. 2006. – С. 7–9.
4. Ибрагимов Х. Д., Ибрагимов З. М. Тяжелая смола пиролиза – базовое сырьё для получения нафталина // Процессы нефтехимии и нефтепереработки – Том 16. – № 1(65). 2015. – С. 3–9.
5. Лакеев С. Н. Переработка тяжёлой смолы пиролиза // Экологическая нефтехимия 2018.
6. Кузора И. Е., Турова А. В., Юшинов А. Н., Кривых В. А. Образование в процессе замедленного коксования агрегативно устойчивых эмульсий и проблемы их переработки // Процессы нефтехимии и нефтепереработки. – № 4. 2014. – С. 34–37.

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-3-16-25>

*Kopylov Arkady Leonovich,
Ph D., in Geosciences, Israel*

THE DYNAMIC STRUCTURAL-MATERIAL COMPLEXES OF THE EARTH'S CRUST

Abstract. The self-similar dynamic structural-material complexes (SMC) from the composition of the Solar System over a period of about 4.5 billion years of the earth's crust, of the Earth's development under the conditions of self-organization are periodically formed. The synchronous or close-in-time series of genetically or paragenetically related igneous, ore-mineral, metasomatic, sedimentary formations, their structures, and other processes accompanying them, each complex (SMC) includes. Each complex in its form is limited in time and space, according to the manifestation of the features of a spontaneous dynamic process; spreads in the volume of the Earth in a specific historical period; forms the composition and structure of the Earth's crust at this stage, its polycyclic development determining. The number of cycles is about 14, with decreasing duration of their manifestation.

Keywords: Lithosphere, earth's crust, structural material complexes, composition, structure, self-organization, polycyclic development.

*Копылов Аркадий Леонович,
Ph D., в науках о Земле, Израиль*

ДИНАМИЧЕСКИЕ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЗЕМЛИ

Аннотация. В процессе развития Земли в условиях самоорганизации, из состава Солнечной системы за последний период около 4.5 млрд. лет, периодически формируются самоподобные динамические структурно-вещественные комплексы (СВК) земной коры. Каждый комплекс объединяет синхронный или близкие по времени образования ряды генетически или парagenетически связанных магматических, рудно-минеральных, метасоматических, осадочных формаций, их структур и другие процессы им сопутствующие. Каждый комплекс образуется ограничено во времени и пространстве, согласно проявлению особенностей спонтанного динамического процесса; распространяется в объеме Земли в определенный исторический период; формирует состав и строение земной коры на этом этапе, определяя ее полициклическое развитие. Количество циклов составляет порядка 14, с уменьшающейся продолжительностью времени их проявления.

Ключевые слова: Литосфера, земная кора, геологические формации, структурно-вещественные комплексы, состав, строение, самоорганизация, полициклическое развитие.

В строении Земли, при высокой степени гетерогенности, можно наметить ряд разного порядка элементов асимметрии. Подобная асимметрия имеет иерархический характер и с учетом элементарного строения вещества определяет хаотичность внутреннего содержания Земли. Вопросы строения и развития земной коры дискутируются [1; 2]. Вместе с тем, в строении Земли и, особенно, земной коре устанавливается высокая степень упорядоченности как в вещественном, так и в структурном отношении. Это обусловлено динамическими особенностями развития Земли [3]. При анализе состава вещества геологических образований, условия их самоорганизации определили рассмотрение уровней иерархии организации в ряду: элементарные частицы – ядра – атомы – элементы – ионы – молекулы – минералы – порода (формация). Всем и каждой из них соответствуют структуры, образующиеся в процессе самоорганизации их взаимодействия, способствующие проявлению цикличности развития. Элементарной, в системе уровней организации, единицей геолого-структурного анализа является геологическая формация. Характеристикой особенностей строения и развития Земли на определенном отрезке времени и пространства является объединяющий набор различных синхронных геологических формаций, процесс формирования которых на этом этапе привел к образованию земной коры и литосферы. Нами ранее [3] предложено в качестве такой геолого-структурной единицы рассматривать динамичный структурно-вещественный (формационный) комплекс (СВК) синхронных генетически или парагенетически связанных геологических формаций – магматических, осадочных, ме-

тасоматических и рудно-минеральных. Его формирование фиксирует наивысший таксон в ряду уровней организации вещества процесс образования земной коры (континентальной и океанической) на определенном этапе. По объему, содержанию и времени формирования СВК отождествляется с металлогеническим циклом В. И. Смирнова [4] с некоторыми изменениями и детализацией. Внутреннее содержание СВК определяется геологическими формациями, составляющими преимущественно латеральные ряды синхронных (близких по времени формирования в пределах цикла) геологических образований и характеризующие их изменчивость и зональность в зависимости от состава и генезиса. Полная характеристика СВК может быть получена только при глобальном рассмотрении, а в каждом конкретном регионе СВК представлен с разной степенью локальности, фрагментарно. По генезису геологических формаций СВК объединяет элементы всех известных геодинамических обстановок и структур Земли [5], которые одновременно проявляются по латерали, образуя оболочку Земли. С этих позиций СВК представляет собой планетарное структурно-вещественное образование, по разному проявляющееся в отдельных частях планеты в данный период времени. Основу СВК составляют гомодромные ассоциации эндогенных формаций магматических пород, определяющие и возрастной объем цикла, связанные с ними рудно-минеральные, метасоматические и синхронные им осадочные геологические формации, структурные элементы, различные геофизические поля и явления. Среди геологических формаций различают по условиям их образования: магматические, рудно-минеральные, метасоматические и осадоч-

ные [6]. Каждые из них создают собственные комплексы, объединенных генетически или парагенетически формаций. Сюда следует добавить еще такие вещества как вода и газ, для которых не применяется формационная принадлежность из-за их особых свойств и состояния, но которые играют важнейшую роль в процессах их развития, являются составным элементом живого и частью не живого вещества. Все вещество земной коры в виде геологических формаций сосредоточено в следующих синхронных комплексах, слагающих ее на определенном этапе.

Формационный комплекс магматических пород земной коры Земли. Он объединяет синхронные и генетически (парагенетически) связанные магматические породы разного состава за определенный период времени (цикл). В основе формирования всех магматических формаций могут быть положены четыре класса природных химических соединений: ультраосновных (ультрабазиты, перидатиты офиолиты), основных – базитов (габбро – базальты), средних (диориты – андезиты) и кислых (граниты – риолиты) с натриевым, калиевым или кали – натриевым уклоном [3, 7–9]. Породы, относящиеся к этим классам, устанавливаются практически среди геологических продуктов всех возрастов [10; 11]. Из сопоставления пород и магматических формаций разных петрохимических классов земной коры можно сделать вывод о том, что физико-химическая эволюция Земли сопровождается изменением соотношений содержания различных химических элементов и пороодообразующих окислов обильных элементов и всех других – малых, рассеянных, редких, радиоактивных [12]. Детальными исследованиями показано, что эти процессы не были равновесными и проходили

в сложной динамической обстановке, обусловленной как динамикой физико-химических реакций, так и влиянием окружающей, динамической флуктуирующей среды и очага [13]. Это проявляется в сложной кристаллизации магматических масс, их деформировании, наличии различных примесей акцессорных минералов, наночастиц и большой гаммы рассеянных, редких и радиоактивных элементов. Генерация магматических расплавов происходит преимущественно в глубинных, подкоровых зонах Земли с участием процессов ликвации. Самоорганизация же их возможна на разных глубинных уровнях литосферы и земной коры в зависимости от P – T условий, вязкости расплавов, путей миграции и, в общем, динамической обстановки [14]. Источником для магматических расплавов может служить неоднородный мантийный субстрат, периодически активизирующийся в глубинах Земли. Кристаллизация их в земной коре происходит с образованием синхронных или близких по времени гомодромных ассоциаций горных пород в ряду гипербазиты – базиты – средние диориты и кислые граниты [15; 16; 17]. Возникающие в земной коре синхронно или сближено во времени объемы магматических пород из ряда ультрабазиты – базиты – диориты – граниты представляют собой одноэтапные парагенетически и генетически связанные ассоциации (формации) и могут быть объединены в единый магматический комплекс, образованный на определенном этапе развития Земли из общего, солнечного по составу, субстрата. Магматические комплексы периодически формировались в истории Земли, составляя основу полициклического строения земной коры и литосферы.

Формационный комплекс рудно-минеральных образований земной коры. В земной коре известны разнообразные месторождения полезных ископаемых эндогенного и экзогенного происхождения. В силу вещественного их содержания и особенностям условий образования вся группа полезных ископаемых также подразделяется на минерогенические (рудные) формации. Как правило, по составу рудные формации комплексные и сложены ассоциациями (парагенезами) рудных и нерудных минералов. Источниками рудного вещества могут служить вещественные ассоциации разного состава и глубины залегания. Наиболее достоверны эти связи для основных и ультраосновных магматических пород, вулканогенных и вулканоплутонических формаций и редкометалльных месторождений, ассоциирующих с гранитоидами. Исследование физико-химических проблем магматических и рудных процессов выявила общность особенностей их протекания, зависимость между окислительно-восстановительными условиями формирования магматических пород и их рудоносностью. Экспериментально показана возможность генетической связи определенных групп рудных месторождений с определенными же рядами магматических формаций [18; 19]. В основе их генезиса лежат сложные процессы в мантии и неоднородность ее состава, что привело к выработке взглядов о рудно-магматических (магматогенно-рудных) флюидных системах [20]. Главный вклад в концентрацию рудного вещества в ходе магматизма вносит ликвация. Возникающие в земной коре месторождения полезных ископаемых различной формационной принадлежности, генетически или парагенетически связанные с магматическим комплексом ультрабази-

ты – базиты – средние и кислые гранитоиды, а также разновозрастными сингенетичными рудоносными формациями, может рассматриваться как единый рудно-минеральный комплекс земной коры. Рудно-минеральные комплексы формировались периодически на протяжении всей истории Земли, подчеркивая ее полициклическое развитие.

Формационный комплекс осадочных пород земной коры Земли. Среди осадочных пород в зависимости от условий образования различают и выделяются разнообразные геологические формации [21]. Они включают три основные группы: а) биогенные, хемогенные и галогенные; б) продукты химической деградации и разрушения более ранних образований; в) осадки вулканической, водной, атмосферной и космической деятельности. Характеристики осадочных формаций обусловлены, прежде всего, геодинамической обстановкой, географо-климатическими особенностями, режимом размыва, сноса и накопления материала, а состав, составом источников разрушения и физико-химическими преобразованиями. Три главных типа пород – песчаники (95%), из остатка глинистые сланцы (80–85%) и известняки (18%). Наибольший объем осадочных пород и разнообразие формаций характерно для океанических структур: шельфа и континентального склона; меньше для плит и океанических котловин и значительно меньше для аккреционных областей, межгорных и другого типа прогибов. Разрушение вещества это естественная часть в общем процессе самоорганизации, наступающая сразу за его образованием и накопление осадков наиболее непрерывный процесс, находящийся в тесной взаимосвязи с процессами эрозии, эксгумации и развитием поверх-

ностных морфоструктур и рельефа в пределах континентов, дна рек, морей и океанов [22]. Более тесно эта связь намечается для сопряженных форм сноса и накопления, где формируются переходные смешанные формации и их ряды. Выделение формаций происходит чаще по вещественному составу. Осадочные формации содержат различные минеральные парагенезы и сложные взаимоотношения друг с другом. Многие осадочные формации являются рудоносными и вмещают сингенетичные рудные месторождения [23]. Аккреция, накопление осадочных формаций происходит синхронно с проявлением магматизма и образованием магматических пород из ряда ультрабазиты – базиты – диориты – граниты и частью за счет них и разрушения более древних эксгумированных пород. К поставщикам относятся так же, в основном, продукты магматизма, проявляющиеся на поверхности континентов или дне океанов. Совокупность осадочных формаций и сингенетичных с ними месторождений полезных ископаемых, сформированных в течение периода, синхронного периоду образования, соответствующих магматическому и рудно-минерального комплексам, рассматривается нами в качестве осадочного комплекса земной коры в этот период. Формирование периодических комплексов осадочных формаций происходило на всем протяжении непрерывной истории Земли.

Формационный комплекс метасоматических пород земной коры Земли. Метасоматические породы развиты в земной коре в связи с термодинамическими процессами в широком диапазоне температур и давления от глубинного магматизма, поверхностного вулканизма, газово-флюидной и гидрологической деятельности, а также физико-хими-

ческого режима геологической среды и климатических условий. К ним нами относятся и метаморфические породы, широко развитые в земной коре, хотя условия и, особенно, масштабы их проявления несколько отличаются. Вместе с тем и те и другие представляют собой продукты изменения первичного состава под воздействием физико-химических процессов. Формационное расчленение этих образований выполняется обычно для каждого конкретного случая при детальном исследовании процессов и явлений и при площадном картировании. Опыт классификации метасоматических формаций представлен во многих работах [21; 24]. Метаморфические породы характерны в основном для более древних до среднепротерозойских геологических образований. Они занимают порядка 85% временного интервала возраста планеты и составляют большую часть земной коры, возможно литосферу и эксгумированы в верхние горизонты и на современную поверхность. Исследования показывают, что местами образуются породы, не похожие ни по минеральному и часто химическому составу ни по структурно-текстурным особенностям, на возможные первичные их представители, о которых нам почти ничего не известно, разве что элементарный состав Земли. Они исследовались и описаны с разных позиций состава, возраста, структуры и рудоносности [12; 25; 26; 27]. Среди метаморфических пород выделяют различные формационные группы [28]. Они очень сложные по составу и выделяются по структурным геодинамическим, физико-химическим и возрастным признакам [24; 29]. Наиболее известны три типа: зеленокаменные, гранулитовые и гранито-гнейсовые пояса, которые периодически формировались на протяжении вре-

мени от 1.6 до 3.9 млрд. лет. На Земле, в разных районах, отмечено порядка 7-и циклов их проявления. Предположительно, эта триада: зеленокаменный – гранулитовый – гранито-гнейсовый пояса, могут соответствовать одному структурно-вещественному циклу земной коры. В их составе магматические формации, преимущественно, основного и ультраосновного состава, габбро-анортозиты, гранулиты, кварциты, конгломераты, кальцифиры, метасадочные образования. Гранито-гнейсовые пояса представлены гранитами, гранито-гнейсовыми, кварцито-гнейсовыми и другими метаморфическими, в большинстве, салическими формациями. Метаморфические формации не могут быть объединены в один общий комплекс из-за длительного периода развития и сложности. С ними ассоциируют различные полезные ископаемые рудного и минерального сырья.

Динамический структурно-вещественный комплекс земной коры Земли СВК. СВК – представляет собой совокупность вышеописанных синхронных формационных магматического, рудно-минерального, метасоматического и осадочного комплексов, образованных совместно с сопровождающими их другими явлениями и процессами в определенный период в составе оболочки земной коры этого периода. Все многообразие геологических процессов обусловлено динамикой материального мира во времени и пространстве [30]. Крылатое, образное выражение В. И. Вернадского: «... в каждой песчинке содержится вся таблица Менделеева ...» свидетельствует, что во всех процессах, происходящих на Земле, участвуют все химические элементы, в количествах соответствующих их концентрации и термодинамическим условиям. Это проявляется в различных

формах геологического движения, в основе которых лежит вибрационно – волновой механизм динамики материи-вещества и теория их самоорганизации во времени и пространстве, развиваемый автором [3, 31] на основе положений в работах школ И. Пригожина [32] и Г. Хакена [33]. Длительность формирования отдельных фаз гранитоидных плутонов по разным оценкам составляет 10^4 – 10^8 лет. Время формирования тел конкретной магматической формации оценивается по разному от 2–3 млн. лет до 5–10 млн. лет, а габбро – гранитных серий – 100–200 млн. лет [34]. А. Г. Рублев [35] пришел к выводу, что период, включающий внедрение магмы, ее кристаллизацию и отложение не превышает 10–20 млн. лет. Время образования многофазных массивов оценено в 20–30 млн. лет; вулcano-плутонических ассоциаций – 10–15 млн. лет. Максимальная продолжительность акта, этапа магматической активности оценивается в 40–50 млн. лет. Близкие цифры приводятся и для формационного анализа [21]. Время, необходимое для образования месторождения конкретной рудной формации так же различно. По оценкам (в зависимости от параметров и генезиса) для плутогенных, гидротермальных и стратиформных месторождений она составляет не более 10^5 – 10^6 лет [36], в случае полигенности и полихронности, значительно дольше [4, 37]. Длительность образования осадочных формаций так же различна. Если учитывать рубежи наиболее интенсивных перестроек в истории Земли, то она соответствует геологическим периодам и в среднем составляет порядка 55 млн. лет [6]. Возможность проявления планетарных геотектонических фаз дискутируется [3; 10; 38]. При этом, в зависимости от принципа определения пограничных геодинамических,

структурных рубежей выделяется от 5–7 до 17-ти и 22-х подразделений [38; 39]. Скорость геологических процессов различна [40], а характер движения – колебательный, осцилляционный [3]. Однако, многие авторы вкладывают в это понимание разный смысл и механизм происхождения. Нам представляется, что Земля, с момента зарождения и до современности, находится в динамическом вибрационном состоянии всех своих дискретных элементов и физико-химических свойств, что и составляет механизм ее развития, как самоорганизующейся системы [41; 42]. В тоже время пока еще не создана единая теория, которая раскрывала бы причинно-следственные взаимоотношения, геологических процессов, их периодичность, синхронность, асинхронность, симметричность, асимметричность, глобальность и локальность. В конце прошлого столетия на базе новых исследований ближнего космоса, Солнечной системы, но, главным образом, развития в областях физики, химии и математики теорий неравновесной, необратимой нелинейной термодинамики, синергетики и фрактальности динамических систем пришло более глубокое понимание состояния и развития Земли, как открытой нестационарной динамической физико-химической системы [43]. Это определило три фундаментальных свойства планеты с момента зарождения: 1) обмен энергией и веществом с окружающей средой и сложное динамическое состояние планеты и ее вещества; 2) самоорганизация, спонтанное необратимое развитие всех элементов ее строения во времени и пространстве, в условиях неравновесной нелинейной необратимой термодинамики; 3) вибрационно-волновой механизм синергетики развития всех геологических процессов и явлений. С учетом выше

изложенного и, исходя из особенностей теории самоорганизации природы, предлагается в истории развития Земли выделить, в качестве наивысшего таксона иерархии уровня организации вещества, структурно-вещественный комплекс (СВК) синхронных, или близких по времени образования, генетически (или парагенетически) связанных геологических формаций – магматических (формационный комплекс), рудно-минеральных (формационный комплекс), метасоматических (формационный комплекс) и осадочных (формационный комплекс). Таким образом, земная кора формируется на протяжении 4.5 млрд. лет за счет периодического образования выше описанных самоподобных динамических структурно-вещественных комплексов, определяющих ее строение и полициклическое развитие. Число подобных циклов – комплексов для земной коры Земли не установлено. Но предварительный анализ данных изученности геологического строения Планеты показывает, что за до среднепротерозойский период истории их было не менее 7-ми (циклы формирования триады: зеленосланцевые, гранулитовые и гранито-гнейсовые пояса) и столько же в фанерозое и до современного времени – 7 [3; 15; 43], всего 14 циклов развития земной коры и литосферы. Вещественный состав всех и каждого дискретного элемента строения СВК близок среднему составу Солнечной Системы, Земли и земной коры [2, 44]. Формирование структурно-вещественных комплексов земной коры Земли является следствием вибрационно-волнового состояния ее вещества и спонтанного развития в поле его резонансов геологических процессов самоорганизации во времени и пространстве в условиях необратимой, нелинейной, неравновесной термодинамики открытых

систем. Структурные элементы носят иерархический характер, диссипативную природу и фрактальное строение.

Список литературы:

1. Резанов И. А. Эволюция представлений о земной коре. – М.: Наука. 2002. – 299 с.
2. Taylor S. R., McLennan S. M. Planetary Crust: Their composition, origin and evolution. Cambridge University, Press. 2009. – 402 с.
3. Kopylov A. Dynamic Structural-Material Complexes of the Earth's Crust. Preprints.org, 2023. 2023040173. (URL: <https://doi.org/10.20944/Preprints202304.0173.v2>)
4. Смирнов В. И. Металлогенический цикл. Разведка и охрана недр. – № 9. 1973. – 1 с.
5. Macdonald K. C. Mud-oceanic ridges: fine scale tectonic, volcanic and hydrothermal processes within the plate boundary zone. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. – Vol. 10. 1982. – P. 155–190.
6. Петров О. В. Геологический словарь. В 3-х томах, 2012.
7. Классификация магматических (изверженных) пород и словарь терминов. – М. Недра, 1997. – 248 с.
8. Абрамович И. И., Груза В. В. Фациально-формационный анализ магматических комплексов. Петрохимические исследования. – Ленинград, 1972. – 240 с.
9. Kopilov Arkadiy leonovic, Fomichev Yuriy Mihailovoc, Budanov Vladimir Ivanovic. Srednie petrophyzicheskie tipi magmaticeskikh porod, sostav zemnoy kori i verhney mantii Pamira. Geologio Internacia. – Vol. 6. – Dushanbe. 1987. – P. 43–51.
10. Куликова В. В., Куликов В. С. Бычкова Я. В., Бычков А. Ю. История Земли в галактических и солнечных циклах. – Петрозаводск: КНЦРАН. 2005. – 250 с.
11. Богатиков О. А., Коваленко В. И., Шарков Е. В. Магматизм, тектоника, геодинамика Земли. Связь во времени и пространстве. – М.: Наука, 2010. – 606 с.
12. Berman R. G. Internally consistent thermodynamic data for minerals in the system $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{Fe} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{TiO}_2 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$. Petrology, – Vol. 29. – № 2. 1988. – P. 455–522.
13. Зильберштейн А. Х., Семенов В. С., Глебовицкий В. А., Деч В. Н., Семенов С. В. Температура в магматической камере при кристаллизации магмы. Вестник СПбГУ, геология, география, – сер. 7, – Вып. 1. 2010. – С. 3–15.
14. Zindler A., Hart S. Chemical geodynamics. Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – Vol. 14. 1986. – P. 493–571. Doi: 10.10146.
15. Маракушев А. А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. – М.: Наука, 1992. – 208 с.
16. Иодер Г. С., Тили К. Э. Происхождение базальтовых магм. – М.: Мир. 1965. – 248 с.
17. Белоусов А. Ф., Кривенко А. П., Полякова З. Г. Вулканические формации. – Новосибирск. Наука, 1982. – 430 с.
18. Рундквист Д. В., Ткачев А. В., Черкасов и др. Крупные и суперкрупные месторождения полезных ископаемых. В 3 томах. – М. ИГЕМРАН, 2006.

19. Горжевский Д. И. Магматические и рудные формации. – М. Недра, 1986. – 211 с.
20. Летников Ф. А. Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования. 2013. (URL: [http: geo.web.ru](http://geo.web.ru)).
21. Марин Ю. Б. Основы формационного анализа. СПб. 2004. – 138 с.
22. Хеллем Э. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. – М. Мир. 1983. – 328 с.
23. Литодинамика и минерогения осадочных бассейнов. Изд-во ВСЕГЕИ. 1998. – 480 с.
24. Добрецов Н. Л. Глобальные петрологические процессы. – М: Недра. 1981. – 236 с.
25. Мельников А. И. Структурная эволюция метаморфических комплексов древних щитов. – Новосибирск. ГЕОС. 2011. – 288 с.
26. Dewers T. Ortoleva P. Geochemical self-organization, ||| A mechano-chemical of metamorphic differentiation. Am. J. Sci. – Vol. 290. 1989. – P. 471–521.
27. Петрографический кодекс. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. СПб, Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. – 200 с.
28. Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 9. Материалы 9-й Всерос. Конф. 28.11–2.12. – Томск, Изд-во ЦНТИ. 2017. – 475 с.
29. Зедгенизов А. Н. Структурно-вещественные комплексы и тектоническое строение гранулитогнейсовой области Алдано-Саянского щита. Диссерт. к.г.-м.н. – Якутск, 1999.
30. Вернадский В. И. О рассеянии химических элементов. Избранные труды. – Т. 1. Изд-во АН СССР, – М.: 1954. – С. 519–527.
31. Kopylov Arkadiy. Vibration properties, dissipative structures and Earth's development. 6th International Conference “Innovation and Development Patterns in Technical Natural Sciences” Proceedings of the Conference (March 20, 2019). Premier Publishing s.r.o. – Vienna. 2019. Section 5. – P. 77–82.
32. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. – М. Прогресс, 1986. – 431 с.
33. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир. 1980. – 406 с.
34. Добрецов Н. Л., Попов Н. В. О длительности формирования гранитоидных плутонов. Геология и Геофизика. – № 1. 1973. – С. 50–60.
35. Рублев А. Г. К вопросу о длительности магматических процессов. Эволюция системы кора-мантия. – М.: 1986. – С. 135–148.
36. Рундквист Д. В. Фактор времени при формировании гидротермальных месторождений. Геол. рудных месторождений. – № 1. 1997. – С. 11–24.
37. Смирнов В. И. Фактор времени в образовании стратиформных рудных месторождений. Геология рудных месторождений. – № 6. 1970. – С. 3–15.
38. Кузьмин М. И., Горячев Н. А. Эволюция Земли и процессы, определяющие ее геодинамику, магматизм и металлогению. Геосферные исследования. – № 4. 2017. – С. 36–50.
39. Гончаров М. Н. Количественные соотношения геодинамических систем и геодинамических циклов разного ранга. Геотектоника. – № 2. 2006. – С. 3–23.

40. Куркал З. Скорость геологических процессов. – М. Мир. 1987. – 246 с.
41. Копылов А. Л. Универсальный механизм развития Земли. 26.08.2020. ([#1008](http://www.elektron.2000.com/article/2404.html). ISSN2226–5813.
42. Садовский М. А. О естественной кусковатости горных пород. ДАН СССР. – № 4, 1979. – С. 829–831.
43. Копылов А. Л. Самоорганизация геологического развития Земли. European Journal of Technical and Natural Sciences. – № 5–6. (3). 2020. – Р. 14–21.
44. Бедняков В. А. О происхождении химических элементов. Физика элементарных частиц и атомного ядра. – вып. 4. – Т. 33. 2002. – С. 915–963.

Section 3. Physics

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-3-26-31>

*Onarqulov K. E.,
Rahmanqulov M. K.,
Zaynolobidinova S. M.,
Omonov B. U.,
Kamolova M. M.,
Ferghana State University, Fergana, Uzbekistan*

ON THE KINETICS OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF POLYCRYSTALLINE FILM STRUCTURES

Abstract. The manuscript presents the results of the research on the kinetics of the electrical conductivity of polycrystalline film structures during diffusion filling of crystallite boundaries with oxygen. The effects observed in the degeneracy state in PbTe films are considered. The influence of a potential barrier on transport phenomena is investigated.

Keywords: polycrystal, monocrystal, crystal, electron, energy, thermoelement, electrical conductivity, concentration, transparency, potential barrier, effective mass, concentration.

Introduction

One of the most studied and promising materials for the creation of polycrystalline film energy converters are lead chalcogenides. For example, lead telluride films are an effective component of thermal converters and thermoelements due to an anomalous increase in the thermos EMF coefficient. The effect of increasing the thermopower coefficient in films compared to bulk crystals was found in block-single-crystal n-PbTe films [1; 2]. However, with an increase in the thermos EMF coefficient (α), the electrical conductivity (σ) in them greatly decreased. The results obtained in [3] showed that the magnitude of the effect in films depends on the type of substrate, the elec-

tron concentration, and the composition of the initial material. Based on the experimental results obtained, the authors of [2] explained the effect of increasing the thermopower coefficient by the presence of an additional scattering mechanism associated with the block structure of the film, under the assumption that the boundaries of the blocks are dislocation walls [4; 5].

It was assumed in [6] that only those carriers that tunnel through a potential barrier of the type $\varphi = E_F - E_s$ (E_s - is the energy of unoccupied states) participate in the transport phenomena in films. In this case, the higher the carrier energy, the higher the probability of their passage, those again, as in the case of the model [2; 4], the barri-

er selects carriers by energy, causing an increase in the average energy in the heat flux, with the only difference that the selection is due not to scattering by barriers, but to an increase in the tunneling probability with increasing carrier energy.

It should be noted that the proposed interpretation of the transfer phenomena in films with anomalous thermos EMF states that the decisive contribution to the properties of films, in contrast to the properties of bulk materials, is made by the presence of barriers at the interfaces of crystallites or blocks.

We have considered the effects that are observed in the degeneracy state in PbTe films. If the potential barrier at structural disturbances has the nature proposed in [6; 7], then its height can be determined by solving the Poisson equation

$$\frac{d^2\varphi(x)}{dx^2} = \frac{e^2}{\varepsilon\varepsilon_0} \rho(x), \quad (1)$$

where $\varepsilon\varepsilon_0$ – is the dielectric constant of the film material; $\rho(x)$ – is the cristanite border charge density distribution; $x = 0$ corresponds to the interface between two crystallites. If surface states with a concentration N_s are localized on the cristanite border, on which $n_s \leq N_s$ electrons are captured on the surface states, the barrier height has the value $\varphi > E_F$, the edge of the conduction band E_c crosses the Fermi level near the cristanite border. In this case, taking into account the degeneracy and up to exponentially small terms, $\rho(x)$ takes the form

$$\rho(x) = N_d - n_s \delta(x) - \frac{\{2m_d[E_F - \varphi(x)]\}^{3/2}}{3\pi^2\hbar^3} U[E_F - \varphi(x)] \quad (2),$$

here N_d – is the doping level, m_d is the effective mass of the density of states in the conduction band; $U(\xi)$ – impulse function

$$U(\xi) = \begin{cases} 1, \xi \geq 0, \\ 0, \xi < 0. \end{cases} \quad (3)$$

The boundary conditions for (2) follow from the vanishing $\varphi(x)$ and $d\varphi(x)/dx$ at $x \rightarrow \infty$. The analytical solution of (1) and (2) in general form can be found up to a numerical factor of the order of unity.

Let us represent relation (2) in the form

$$\rho(x) = N_d \left\{ 1 - \frac{\{2m_d[E_F - \varphi(x)]\}^{3/2}}{3\pi^2\hbar^3 N_d} - U[E_F - \varphi(x)] \right\} - n_s \delta(x) \quad (4).$$

Then, taking into account that the Fermi level is expressed N_d in terms of the relation

$$E_F = \frac{(3\pi^2)^{2/3} \hbar^2 N_d^{2/3}}{2m_n} \quad (5),$$

(4) can be greatly simplified:

$$\rho(x) = \frac{3}{2} N_d \frac{\varphi(x)}{E_F} \Omega(x) - n_s \delta(x) \quad (6),$$

where

$$\Omega(x) = \frac{2}{3} \frac{E_F}{\varphi(x)} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{\varphi(x)}{E_F} \right]^{3/2} U[E_F - \varphi(x)] \right\} \quad (7).$$

Let's analyze the behavior of the function $\Omega(x)$ in half space $[0, \infty)$. According to the boundary conditions to (7) $\varphi(x) = 0$ at $x \rightarrow \infty$, So, according to L'Hopital's rule

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \Omega(x) = \lim_{\varphi(x) \rightarrow 0} \Omega(x) = 1 \quad (8).$$

Here $\varphi(x) = E_F$, $\Omega(x) = 2/3$, $x = 0$ equals $\Omega(x) = (2/3) \cdot E_F / \varphi(x)$

Considering that in the half-space $[0, \infty)$ function $\Omega(x)$ continuous and monotonous, we can claim $[\varphi(0) - E_F] / E_F \ll 1$ (takes place within the considered problem) the function $\Omega(x)$ in this half-space is a slowly varying function of order one. This means that, up to this function, the potential barrier is $\varphi(x)$ determined by the relation

$$\varphi(x) \approx \frac{e^2 n_s l_s}{2\varepsilon\varepsilon_0} \exp\left(-\frac{|x|}{l_s}\right) \quad (9),$$

here the left side at $x = 0$ is determined by the expression $\varphi = E_F - E_s$. The value of l_s , which plays

the role of the effective barrier half-thickness for cristanite border, is determined by the relation

$$l_3 \approx \sqrt{\frac{\epsilon \epsilon_0 (E_F + |E_S|)}{e^2 N_d}} \quad (10).$$

According to the foregoing, we will discuss the influence of the barrier ϕ on the transfer phenomena.

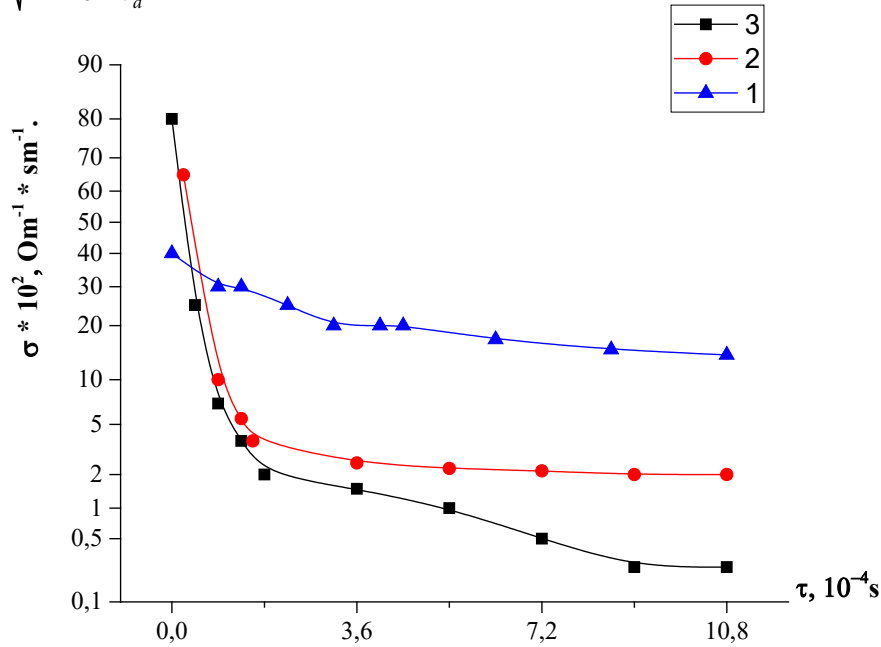


Figure 1. Influence of heat treatment in air on the electrical conductivity of n-PbTe films. 1 – at a temperature of 370 K; 2,3 – at a temperature of 470 K (2 – after implantation of oxygen ions with an integral dose of 10^{16} cm^{-2})

Turning to (Fig. 1), one can see that during heat treatment in air due to the filling of cristanite border with oxygen, the electrical conductivity of the films decreases significantly with respect to the initial value, i.e. becomes much smaller than in bulk crystals. According to the ratio

$$\sigma = \sigma_0 \left\{ 1 + \frac{2l_3 [1 - P(E_F)]}{LP(E_F)} \right\}^{-1} \quad (11)$$

it is possible with

$$1 + \frac{2l_3 [1 - P(E_F)]}{L \cdot P(E_F)} \gg 1 \quad (12).$$

The fulfillment of this condition implies that

$$P(E) = P_a(E^*) \cdot P_T(E + E^*) \approx \exp \left[-\frac{8l_3 \sqrt{2m_n^*}}{\hbar} \times \left(\sqrt{E_F + |E_S|} - E - E^* - \sqrt{E + E^*} \arctg \sqrt{\frac{E_F + |E_S|}{E + E^*} - 1} \right) - \frac{E^*}{kT} \right] \quad (16),$$

(15) is transformed into the relation

$$P(E_F) \ll 1, \quad (13)$$

As $L > 2l_3$.

If condition (13) is satisfied, then the electrical conductivity value

$$\sigma = \sigma_0 \left\{ 1 + \frac{2l_3 [1 - P(E_F)]}{LP(E_F)} \right\}^{-1} \quad (14),$$

can be written in the form

$$\sigma \approx \sigma_0 \frac{L}{2l_3} P(E_F). \quad (15)$$

Given the explicit expression for, which is given as

$$\sigma \approx \sigma^* \exp\left(-\frac{E^*}{kT}\right) \quad (17), \quad \text{where } \sigma^* \text{ according to}$$

$$P(E) = P_a(E^*) \cdot P_T(E + E^*) \approx \exp\left[-\frac{8l_s\sqrt{2m_n^*}}{\hbar} \times \left(\sqrt{E_F + |E_S| - E - E^*} - \sqrt{E + E^*} \arctg \sqrt{\frac{E_F + |E_S|}{E + E^*} - 1}\right) - \frac{E^*}{kT}\right] \quad (18)$$

and (15) takes the form

$$\sigma^* = \sigma_0 \frac{L}{2l_s} P_T(E_F + E^*) \quad (19).$$

Let us find out the nature of the change in the electrical conductivity of the film when cristanite border is filled with oxygen. We believe that at the time moment $t = \tau$, after the beginning of the diffusion filling of cristanite border with oxygen, charge carriers are trapped on the localized electronic states near the surface of the crystallites. Then the height of the potential barrier near the cristanite border is given by n_s the relation

$$\varphi(x) \approx \frac{e^2 n_s l_s}{2\epsilon\epsilon_0} \exp\left(-\frac{|x|}{l_s}\right) \quad (20).$$

Since the physical essence of the quantity l_s appearing in (20) is the length at which the charge of electrons localized on the cristanite border is almost completely screened, it can be approximated as

$$l_s \approx \frac{n_s}{N_d} \quad (21)$$

which is the quasi-neutrality condition in the barrier region. When (21) is taken into account, relation (20) takes the form

$$P(E_F) \approx \exp\left[-\frac{8l_s\sqrt{2m_n^*}}{\hbar} \left(\sqrt{\varphi - E_F - E^*} - \sqrt{E_F + E^*} \arctg \sqrt{\frac{\varphi}{E + E^*} - 1}\right) - \frac{T^*}{kT}\right] \quad (25),$$

and the equation to calculate E^*

$$4l_s kT \sqrt{2m_n^*} \arctg \sqrt{\frac{E_F + |E_S|}{E + E^*} - 1} = \hbar \sqrt{E + E^*} \quad (26),$$

takes the form

$$4l_s kT \sqrt{2m_n^*} \arctg \sqrt{\frac{\varphi}{E_F + E^*} - 1} = \hbar \sqrt{E_F + E^*} \quad (27).$$

$$\varphi(x, \tau) = \varphi(0, \tau) \approx \frac{e^2 n_s^2}{4\epsilon\epsilon_0 N_d} \quad (22).$$

This reflects that the potential barrier height is a function of time.

Let us assume that over time $\Delta\tau$ the concentration of oxygen states on the cristanite border increased by a value ΔN_s and all these states were filled with electrons. Then, provided that $\Delta N_s \ll n_s$, we can estimate the change in the barrier height as

$$\begin{aligned} \varphi(0, \tau + \Delta\tau) &\approx \frac{e^2 (n_s + \Delta N_s)^2}{4\epsilon\epsilon_0 N_d} \approx \\ &\approx \varphi(0, \tau) + \frac{e^2 n_s}{2\epsilon\epsilon_0 N_d} \Delta N_s \end{aligned} \quad (23).$$

The second term on the right side of the equation indicates the change in the height of the potential barrier over time $\Delta\tau$. This change is equal to

$$\Delta\varphi(\Delta\tau) \approx \frac{e^2 n_s}{2\epsilon\epsilon_0 N_d} \Delta N_s \approx \frac{e^2 l_s}{\epsilon\epsilon_0} \Delta N_s = B \Delta N_s \quad (24).$$

Let us analyze how such a change in the height of the potential barrier will affect its transparency and, accordingly, the electrical conductivity. If the cristanite border has a potential barrier of arbitrary height φ , relation (16) can be transformed as

It can be seen from this that with an increase φ in the transparency of the barrier, it will change both due to a change in the height of the barrier, and due to a change in E^* .

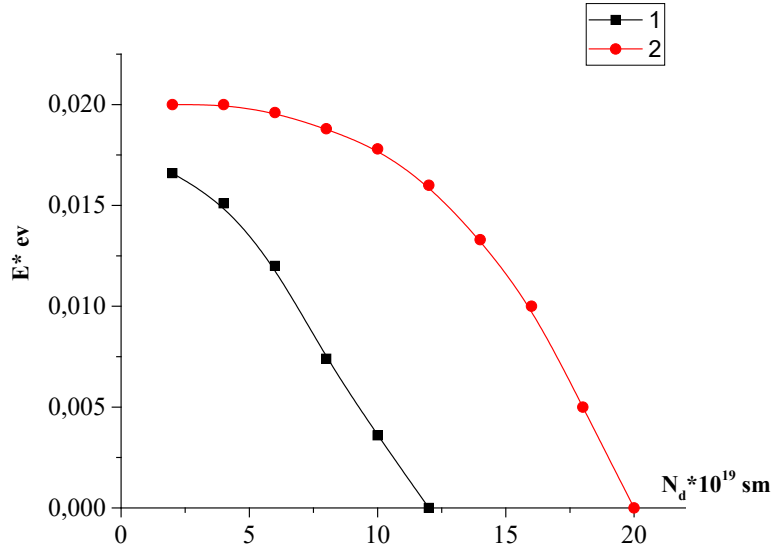


Figure 2. Concentration dependence of the activation energy of electrons passing through the potential barrier T , K: 100 (1), 300 (2)

Let's study the dependence E^* on φ . Taking into account (27) relatively E^* is solved only numerically, we will make numerical estimates. Figure 2 shows the concentration dependence E^* obtained by numerically solving equation (27) under the assumption that the potential barrier height for cristanite border is determined by the relation $\varphi = E_F - E_s$, in E_s which it has two values:

$$E_{s1} = E_c - 0,02 \text{ eV}, \quad (28)$$

$$E_{s2} = E_c - 0,03 \text{ eV}. \quad (29)$$

Where E_c is the bottom of the conduction band. According to the data in (Fig. 2), at the doping levels $N_d \leq 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ $E^* \approx |E_s|$, and in addition, at the specified N_d , the growth of the potential barrier is accompanied by an increase E^* by the same value, those can be imagined

$$E^*(\tau + \Delta\tau) \approx E^*(\tau) + \Delta\varphi(\Delta\tau) \quad (30).$$

The numerical calculation also shows that when (30) is satisfied, the transparency of the barrier $P(E)$ changes mainly due to the change in the last term in (25), those due to change $P_a(E^*)$

Taking into account (30) and the last remark, the evolution of the electrical conductivity of the

film in the framework of the problem under consideration can be expressed by the relation

$$\begin{aligned} \sigma(\tau + \Delta\tau) &\approx \sigma^* \exp\left[-\frac{E^*(\tau + \Delta\tau)}{kT}\right] \approx \\ &\approx \sigma(\tau) \exp\left[-\frac{\Delta\varphi(\Delta\tau)}{kT}\right] \end{aligned} \quad (31),$$

where $\sigma(\tau)$ is given (17). Combining (24) and (31), we obtain

$$\sigma(\tau + \Delta\tau) \approx \sigma(\tau) \exp\left(-\frac{B\Delta N_s}{kT}\right) \quad (32).$$

At the initial moment of the diffusion process $N_d \approx n_H \approx 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ (Fig. 1), the value l_s , can be numerically found through N_d and the electrical conductivity value. Expression (32) describes the kinetics of changes in the electrical conductivity of the film during diffusion filling of cristanite border with oxygen. In (32), by the quantity ΔN_s we mean the change in the concentration of oxygen states in the cross section N_d . An approximate estimate according to the data in (Fig. 1) gives that $B/kT \approx 8 \cdot 10^{14} \text{ sm}^2$. It should be noted that the diffusion coefficient of oxygen and other impurities along the crystallite boundaries depends on the film structure [6].

References:

1. Термоэлектрические материалы и пленки / Д. М. Гельфгат [и др.] / – Ленинград: ЛИЯФ, 1976. – 240 с.: ИЛ.
2. Равич Ю. И. Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe, PbS / Ю. И. Равич, Б. А. Ефимова, И. А. Смирнов. – Москва: Наука, 1968.
3. Venkatasubramanian R., Siivola E., Colpitts T., O'Quinn B. Thin-film thermoelectric devices with high room-temperature figures of merit // *Nature* 413. 2001. – 597 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/35098012>.
4. Онаркулов К. Э., Юлдашев А. А., Азимов Т. М. Весмут-сурма теллур юпка пардаларнинг электрофизик хоссаларига технологик жараённинг таъсири // *Науч. вест. ФерГУ.* – № 2. 2017. – С. 9–12.
5. Гудкин Т. С., Драбкин И. А., Кайданов В. И. и др. Особенности рассеяния электронов в тонких пленках PbTe // *ФТП.* – Т. 8. Вып. 11. 1974. – С. 2233–2235.
6. Zhou C., Lee Y. K., Cha J., et al. “Defect engineering for high-performance *n*-type PbSe thermoelectrics,” *J. Am. Chem. Soc.*, – 140. 2018. – P. 9282–9290.
7. Onarkulov K. E., Naymonboyev R., Yuldashev Sh. A., Yuldashev A. A. Preparation of photo elements from chalcogenide thin curtains // *Electronic journal of actual problems of modern science, education and training.* JULY, 2021. – 7/2.
8. Атакулов Ш., Отажонов С., С. Зайнолобидинова, Тўхтаматов О. А. Особенности рассеяния носителей тока межкуристаллическими потенциальными барьерами, образованными электронными поверхностными состояниями в поликристаллических полупроводниках. // *Физическая инженерия поверхности.* – Харьков, Украина, – № 4(8). 2010. – С. 365–370.
9. Онаркулов К. Э., Ахмедов М. М., Расулов Р. Т., Юсупова Д. А. Температурные и частотные зависимости кинетических коэффициентов тензочувствительных пленок $\text{Bi}_{2x}\text{Sb}_{x2}\text{Te}_3$ // *Узбекский физический журнал* – Vol. 4. – № 4. 2002. – С. 292–294.
10. Атакулов Ш. Б., Набиев Г. А., Набиев М. Б., Зайнолобидинова С., Юлдашев А. А. Theory of Transport Phenomena in Polycrystalline Lead Chalcogenide films. Mobility. No degenerate Statistics // *Electronic properties of semiconductors.* – № 47(7). 2013. – С. 879–883.

Section 4. Chemistry

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-3-32-37>

Jona Keri,
*Department of Pharmacy, Faculty of Medical Sciences,
Aldent University, Tirana, Albania*
Lindita Vrushi,
*Esencial Herbalist and Producer,
Elbasan-Librashd Road no, 3401 Elbasan, Albania*

THE HEAVY METAL DETECTION IN THE ALBANIAN SALVIA OFFICINALIS, WITH ICP-MS AND UV-VIS SPECTROPHOTOMETER

Abstract. This work aims to study the impact of the method of extracting the essential oil of the sage plant. The identification of heavy metals both in plants and in oil, but in oil extracted with 2 methods, with the classic one using Clevenger's apparatus and with supercritical extraction using CO₂ as a solvent. The results are different.

The results clearly show how the extraction and analysis methods affect the values obtained. Lead was found to be the most abundant metal in the Salvia Officinalis oil, with a concentration of 0.028 parts per million, followed by mercury at 0.015 ppm, according to an analysis utilising the Clevenger equipment and ICP-MS.

After CO₂ extraction, the extract was diluted 1:2 with n-hexane, and ISO 11212 Spectrophotometry was used to check for the presence of heavy metals. Lead, which was detected at the highest concentration (0.22 ppm), was followed by cadmium (0.12 ppm).

All of the values obtained meet the WHO requirements for fruits and vegetables.

Keywords: extraction, heavy metals, ICP-MS, UV-VIS spectrophotometer.

1. Introduction

Salvia officinalis originates from a Latin term for culinary and therapeutic applications. There are different species called Salvia, which are mostly found in Mediterranean European countries and have long been used to cure various diseases such as digestive and blood circulation difficulties, bronchitis, cough, asthma, memory problems, an-

gina, inflammation of the mouth and throat, depression and excessive sweating [1].

Salvia plants have long been known for their antioxidant properties as well as their potential to improve head and brain function, improve memory, sharpen the senses, and slow age-related cognitive decline. Various studies conducted by researchers for Alzheimer's disease have considered

sage and *Melissa officinalis* as some of the plants with 'curative' properties, in improving memory functioning and cholinergic properties [2].



Figure 1. The *Salvia officinalis*

Although present in different amounts in all examined specimens of *S. Officinalis*, each of the following essential elements are present: 1,8-cineole, camphor, borneol, bornyl acetate, camphene, – and -thujone, linalool, – and -caryophyllene, -humulene, – and -pinene, pimaradiene, salvianolic acid, rosmarinic etc [3]. Some of the major compounds of sage are presented in the figure below (figure 2).



Figure 1. The *Salvia Officinalis* major compounds

According to research, some biological properties of *Salvia* essential oil depend on camphor, 1,8-cineole, -thujone, and -thujone [4]. Sage essential oil contains roughly 20% camphor, increasing the camphor level as the leaves expand [5]. According to one study, essential oil's most potent scavenging chemicals are -thujone and -thujone, bornyl acetate, camphor, menthone, and 1,8-cineol. In the same study, the essential oils of *Melissa officinalis* and *Salvia officinalis* were found to have higher antioxidant activity than other Lamiaceae species [6].

Camphor is well known for its anti-inflammatory and decongestive effects. Camphor, it could help with nose blockage and congestion, and also it may act as a cough suppressor on the nerves and lessen cough. It may be beneficial against a variety of respiratory diseases.

Alpha and beta thujone as ketones, studies have shown that in moderate concentration they may present beneficial effects [7; 8].

Salvia Officinalis essential oil contains terpene **viridiflorol**, which is utilized in perfumes and flavourings in medicines. Recent research has demonstrated that it has antibacterial properties.

Because of the sunny weather and geographical conditions in Albania, this plant can be found in a variety of locations. It has numerous applications. It is used by women because it aids in the physiological process of organization during the early stages of menopause, and it is thought to aid in the fight against bone porosity. Another reason it is used is because it aids in the prevention of osteoporosis and osteopenia.

It is most commonly used during the winter season in the form of tea, blended with the laurel plant, since it provides respiratory comfort. Sage is also a natural source of flavonoids and polyphenolic chemicals (e.g., carnosic acid, rosmarinic

acid, and caffeic acid) with antioxidant, radical-scavenging, and antibacterial properties [9].

In this study, we can evaluate and compare the presence of the heavy metals in *salvia officinalis* in 2 methods, with the classical extraction using the Clevenger apparatus and using the SC-CO₂ extraction method. After obtaining the essential oil we were able to evaluate their presence using the ICP-MS for the classical extraction and using the UV-VIS Spectrophotometer for the examination of the essential oil obtained with the SC-CO₂.

Heavy metal poisoning can be caused by ingesting foods, medications, improperly sealed food containers, occupational exposure to heavy metals, contaminated air or water, or lead-based paint. However, if these metals accumulate to a dangerous level in the body, they could cause serious harm. The heavy metals that have been linked to human poisoning the most common are *lead, mercury, cadmium, tin, and arsenic*.

Because they are toxic, thermally and biologically inert, heavy metals typically build up in living things. Due to these metals' extreme toxicity, capacity to bioaccumulate throughout the food chain, ubiquity, and durability in the environment, numerous health problems, including organ failure, have been linked to their consumption of food and water [10].

2. Materials and methods

The following materials were required for the completion of this work: an SC-CO₂, hexane, sage, hydrochloric acid, nitric acid, and nitric acid Clevenger's apparatus.

This method was used in this study to identify metals in plants and essential oils.

2.1 The hydro distillation distillation

This method is used to extract essential oils.—Steam or boiling water is employed in hydro distillation to remove the essential oil from the aromat-

ic plant. Hot water or steam is used to extract the essential oils from the oil glands, which are found in the plant tissue. The separated water and oil (vapour combination) are converted into liquid in the condenser and then transported to the separator to separate the essential oil from the water.

The multi-element stock standard solution (10 LG mL⁻¹) was used to construct the elemental calibration standard. H₂O₂ (30%) and HNO₃ (Suprapure grade, 65%) were purchased from Merck [11].

The process of cleaning the dry leaves of contaminants and other solid substances removed them from their natural packaging. The samples were comminuted prior to hydrodistillation extraction, and then the hydrodistillation procedure started. A distillation flask heater and a Clevenger-style apparatus were used to boil the sample, which contained 50 grammes of tea, for three hours at boiling point. To prevent any polyphenols or other vital oil components from coming into contact with the water during the first 30 minutes after the oil began to gather in the Clevenger column, around 1 mL of hexane was added to the condenser.

2.2 Supercritical CO₂ extraction

Carbon dioxide is turned into a liquid at high pressure and passed over the natural substance using a process called supercritical CO₂ extraction to remove all the smell components without harming the material. The CO₂ reaches the supercritical state at 31.1^o C and 72.87723 atm of pressure. SC-CO₂, just like with natural products. More effectively extracts the scents than steam distillation, but maybe more significantly, when the environment is restored, the CO₂ turns into a gas and disappears, leaving no trace behind. The smell is pure and undisturbed. No taste or odour of a solvent is present.

Before entering the separators, the supercritical CO₂ travels through a series of pressure-regulating valves to separate the oils from the plant (*Salvia officinalis*). To separate the various extract components, the separator's two pressures are independently regulated. After the oil is removed and the CO₂ that is emitted as gas is separated, the CO₂ is recycled by condensing and storing it as a liquid in the tank. The oil is then put into containers for collection. This CO₂ is then used throughout the batch to repeat the complete cycle.

3. Results and discussions

By evaluating specificity, linearity, the limit of detection and quantification, precision, and accuracy, the devised assay analytical method was put through validation.

Using the digested and extracted oil samples, ICP-MS was used to determine the presence of heavy metals in the herbal tea sample (*Salvia officinalis* L.), which was obtained from an herbalist in North Albania [11].

Table 1. – Detection of heavy metals in herbal leaves of *Salvia officinalis* L.

Heavy Metals	Results	UdM	Method
Arsenic	0.055	mg/kg	Meth. (151)
Cadmium	0.005		
Mercury	0.023		
Lead	0.242		

The first analysis performed was to detect the presence of heavy metals in herbal leaves, From the results obtained it can be seen clearly that the leaves contain lead in higher concentrations, at 0.242 ppm, followed by arsenic at 0.055 ppm.

3.1 Presence of the heavy metals in the essential oil:

3.1.1 Essential oil of the salvia officinalis with classical extraction

The percentage of oil after extraction was 3.7%.

Table 2. – Detection of heavy metals in the extracted oil of *Salvia officinalis* L.

Heavy Metals	Results	UdM	Methods
Arsenic	<0.001	mg/kg	Met. (151)
Cadmium	0.002		
Mercury	0.015		
Lead	0.028		

The most abundant metal present in the extracted oil of *Salvia Officinalis* is Lead at 0.028 ppm, followed by mercury at 0.015 ppm.

3.2 Essential oil of the salvia officinalis with classical extraction, CO₂ extraction

Table 3. – Detection of heavy metals in the extracted oil of *Salvia officinalis* L, using the CO₂ extraction

Heavy Metals	Results	Specifications	Methods
1	2	3	4
Arsenic	0.03 ppm	< 1.50	ISO 11212 SPECTROFOTOMETRY

1	2	3	4
Cadmium	0.12 ppm	< 1.00	
Mercury	< 0.06 ppm	< 0.10	
Lead	0.22 ppm	< 5.00	

After the CO₂ extraction, the extract was diluted with n-hexane at a ratio of 1:2, and the analysis with the ISO 11212 Spectrophotometry have shown the presence of the heavy metals, where lead is the most abundant metal present at 0.22ppm, followed by cadmium at 0.12 ppm.

4. Conclusions

The first investigation was to examine for the presence of heavy metals in herbal plants, and the results show that lead is present in the leaves in higher amounts than arsenic, at 0.242 ppm, obviously.

The examination of the *Salvia Officinalis* oil using the Clevenger apparatus and ICP-MS revealed that lead was the most prevalent metal present at 0.028 ppm, followed by mercury at 0.015 parts per million.

Following CO₂ extraction, the extract was diluted 1:2 with n-hexane, and the presence of heavy metals was detected using ISO 11212 Spectrophotometry. Lead was the most abundant

metal, present at 0.22 ppm, followed by cadmium at 0.12 ppm.

The concentrations of lead decreased from the plant to the essential oil obtained from the hydro distillation and the values were detected with ICP-MS, from 0.242 ppm to 0.028 ppm, which reflects the properties of the microwave and then the ICP-MS properties and advantages for the detection.

But apart from these values, the presence of lead at 0.22ppm is present even in the essential oil obtained from the SC CO₂ extraction. Furthermore, it is significant to highlight that compared to other methods, CO₂ extracts are more similar in composition to the oil found naturally in botanical plants. Best as a flavoring and fantastic fragrance ingredient: better solubility, more top notes, more back notes, and no solvent residue or off notes.

All the values obtained conform to the WHO standards for vegetables and fruits.

References:

1. *Salvia* (Sage): A Review of its Potential Cognitive-Enhancing and Protective Effects Adrian L. Lopresti, *Drugs R D*. Mar; – 17(1). 2017.– P. 53–64. Doi: 10.1007/s40268–016–0157–5
2. Pickering A. T., Wang W. W., Houghton P. J., Perry N. S. 'Medicinal plants and Alzheimer's disease: from ethnobotany to phytotherapy Affiliations expand, PMID: 10411211. DOI: 10.1211/0022357991772808
3. Mohsen Hamidpour, Rafie Hamidpour, Soheila Hamidpour, and Mina Shahlari, *J Tradit. Complement Med.* 'Chemistry, Pharmacology, and Medicinal Property of Sage (*Salvia*) to Prevent and Cure Illnesses such as Obesity, Diabetes, Depression, Dementia, Lupus, Autism, Heart Disease, and Cancer', Apr-Jun; – 4(2). 2014.– P. 82–88. Doi: 10.4103/2225–4110.130373
4. Radulescu V., Chiliment S., Oprea E. Capillary gas chromatography-mass spectrometry of volatile and semi-volatile compounds of *Salvia officinalis*. *J Chromatogr.*– 1027. 2004.– P. 121–6. [PubMed] [Google Scholar].

5. Avato P., Fortunato I., Ruta C., D', Elia R. Glandular hairs and essential oils in micro propagated plants of *Salvia officinalis* L. *Plant Sci.* – 169. 2005. – P. 29–36. [Google Scholar].
6. Hussain A., Anwar F., Iqbal T., Bhatti I. Antioxidant attributes of four Lamiaceae essential oils. *Pak J Bot.* – 43. 2011. – P. 1315–21. [Google Scholar].
7. Scott R.P.W. 'Essential Oils', in *Encyclopedia of Analytical Science* (Second Edition), 2005.
8. Karin M. Höld,^{*} Nilantha S. Sirisoma,^{*} Tomoko Ikeda,[†] Toshio Narahashi,[†] and John E. Casida. 'α-Thujone (the active component of absinthe): γ-Aminobutyric acid type A receptor modulation and metabolic detoxification'.
9. Baranauskiene R., Dambrauskiene E., Venskutonis P. Influence of harvesting time on the yield and chemical composition of sage (*Salvia officinalis* L.) *Foodbalt*. 2011. – P. 105–9. [Google Scholar].
10. The use of FNMs-based electrochemical sensors in the food and beverage industry. Masoud Reza Shishehbore, Mohadeseh Safaei, in *Functionalized Nanomaterial-Based Electrochemical Sensors*, 2022.
11. Keri Jona, Memushaj Lorena, Xhangoli Ina, Hasa Evelina. 'Detection of heavy metals in the sideritis raeseri (çaj mali) provided at albanian pharmacies'. *New trends and strategies in the chemistry of advanced materials with relevance in biological systems, technique and environmental protection*, – 14th edition, October 20–21, 2022. Timisoara, – Romania, – 46 p.

Section 5. Electrical engineering

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-3-38-47>

*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
Kalimbetova Zhansaya Seydahanovna,
master, teacher of the International Kazakh-Turkish University
named after Khoja Ahmed Yasawi*

MATHEMATICAL MODEL OF A VACUUM FRACTAL SOLAR COLLECTOR

Abstract. The paper proposes a mathematical model of a new type of solar collector called vacuum fractal solar collector (VFSK). The mathematical model of the VFSK describes the process of converting solar energy into thermal energy. It is shown how a mathematical model of the VFSK is constructed on the basis of an electrothermal analog. Construction of the transfer function of this electrical circuit, a mathematical model of the VFSK is being built. At the same time, the mathematical model very simply takes into account the fractal arrangement of toroidal absorbers on a vacuumed parabolic concentrator. It is noted that according to the test results in the forced mode of heating by solar radiation with zero water consumption, the helio device and the mathematical model turned out to be the same.

Keywords: mathematical model, vacuumed space, polymer tube absorber, electrical circuit, parabolic concentrator.

*Рустамов Насим Тулегенович,
доктор технических наук, доцент,
Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави,
Кибисов Адылхан Талгатович,
старший преподаватель,
Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави,
Калимбетова Жансая Сейдахановна,
Преподаватель,
Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави,*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВАКУУМНОГО ФРАКТАЛЬНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Аннотация. В работе предлагается математическая модель нового типа солнечного коллектора названный вакуумный фрактальный солнечный коллектор (ВФСК). Математическая модель ВФСК описывает процесс превращения солнечной энергии в тепловую. Показан как на базе электротеплового аналога построение математическая модель ВФСК. Построением передаточной функции этой электрической схемы строится математическая модель ВФСК. При этом в математической модели очень, просто учитывается фрактальное расположение тороидальных абсорберов на вакуумированном параболическом концентраторе. Отмечается, что по результатам испытаний в вынужденном режиме нагрева солнечным излучением при нулевом расходе воды гелио устройство и на математической модели оказалось одинаковыми.

Ключевые слова: математическая модель, вакуумированное пространство, абсорбер из полимерных труб, электрическая схема, параболический концентратор.

Введение. В наше время вопросам использования возобновляемых источников энергии уделяется серьезное внимание. Эти источники энергии рассматриваются как существенное дополнение к традиционным. Среди возобновляемых источников энергии солнечная радиация по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности наиболее перспективна. Применение солнечных установок замещает дорогое топливо и предотвращает загрязнение окружающей среды вредными выбросами топлива использующих установок. Повышение интереса к альтернативной энергетике, что связано

с ограниченными запасами традиционного топлива, как следствие – постоянными повышениями тарифов на электрическую и тепловую энергию, так и постоянными снижениями стоимости оборудования нетрадиционной и возобновляемой энергетики [1]. Перспективным направлением на сегодняшний день является получение тепло из солнечной инсоляции [2; 3; 4; 5; 6]. Для повышения коэффициента полезного действия и повышения эффективности использования солнечной инсоляции в работах предложены новый тип солнечного коллектора, названный фрактальный солнечный коллектор [7; 8; 9; 10]. А, в работах описан ва-

куумный фрактальный солнечный коллектор (ВФСК) работающий в низких температурах окружающей среды [11; 12].

Таким образом, желаемый результат от использования предлагаемого устройства состоит в увеличении эффективности использования солнечных лучей и коэффициента полезного действия (КПД), за счет ва-

куумирования пространства параболического концентратора где фрактально расположены тороидные абсорберы, а также за счет оптимизации расположения фрактальных тороидных абсорберов для получения теплой воды различной температуры. В этом случае апертурная площадь ВФСК будет площадью параболического концентратора (рис. 1).

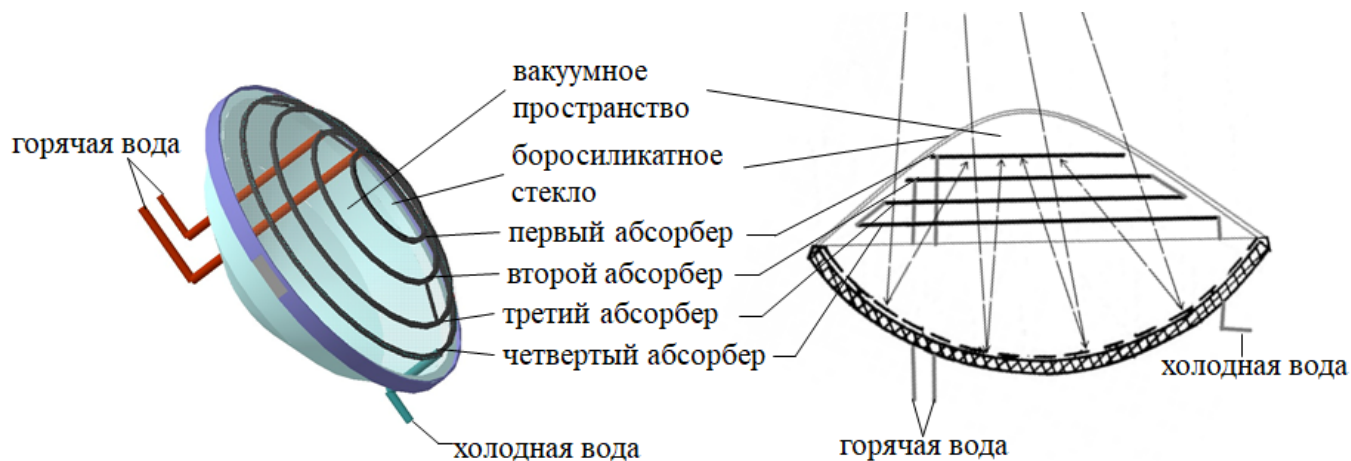


Рисунок 1. Общий вид ВСФК

Главными достоинствами вакуумных коллекторов солнечного тепла являются: высокая эффективность процесса даже в условиях минусовой температуры; легкость установки всей конструкции; противоветровая устойчивость коллектора; продолжительность работы. В ВФСК апертурная площадь находится в вакуумированном пространстве параболического концентратора. Тем самым апертурная площадь служит как вторичный источник энергии для абсорберов находящиеся на другом фрактальном расположении, т.е. солнечные лучи прошедших фрактально расположенных абсорберов отражаясь от апертурной площади, вторично нагревает фрактально расположенных тороидальных абсорберов.

Целью работы является разработка математической модели вакуумного фрактального солнечного коллектора.

Метод решение. Существуют довольно большие возможности применения солнечных установок не только для индивидуальных потребителей. Эти установки можно применять в системе региональной генерации энергии (РГЭ). Расширение масштабов применения солнечных установок не только даст значительную экономию энергоресурсов, но и позволит смягчить экологическую ситуацию. Наиболее просты в конструктивном отношении солнечные водонагревательные системы, имеющие фрактально расположенным абсорберами на параболическом концентрате, т.е. ВФСК.

Оценку работоспособности ВФСК проведем, используя один из наиболее актуальных и универсальных исследовательских методов – математическое моделирование. Для реализации данного вида исследования необходимо сначала разработать модель ВФСК,

которая должна учитывать выработки тепловой энергии получаемой из солнечной инсоляции. При создании математической модели, в отличие от методики определения коэффициента тепловых потерь солнечного коллектора U_L , основанной на использовании свободного переходного теплового процесса, должен быть применён вынужденный переходный тепловой процесс при нулевом расходе воды. Сходя из этих допущений, можно представить электротепловой аналог ВФСК в таком режиме изображён на Рис. 2. Таким образом, рассматривается зарядка

конденсатора C от источника тока I при наличии проводимости U_L . При этом полагаем, что регулярный тепловой режим в системе наступает сразу после начала процесса облучения солнечного коллектора. Основанием для этого допущения может служить то, что внешнее термическое сопротивление (сопротивление теплопередачи в окружающую среду) существенно больше внутреннего термического сопротивления, обусловленного конечной теплопроводностью стенки трубы и её теплообменом с водой.

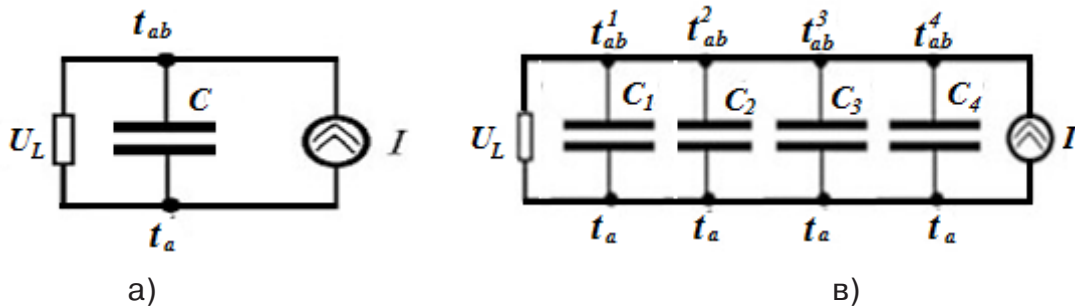


Рисунок 2. Упрощённая электротепловая модель солнечного коллектора, а – для плоского солнечного коллектора; в – для ВФСК,

где $R - U_L$ – полный коэффициент тепловых потерь ВФСК, Вт/К, эквивалентное термическое сопротивление теплопередачи от абсорбера к окружающей среде, К/Вт

Передаточная функция для вакуумного фрактального солнечного коллектора строится на основе эквивалентной схеме

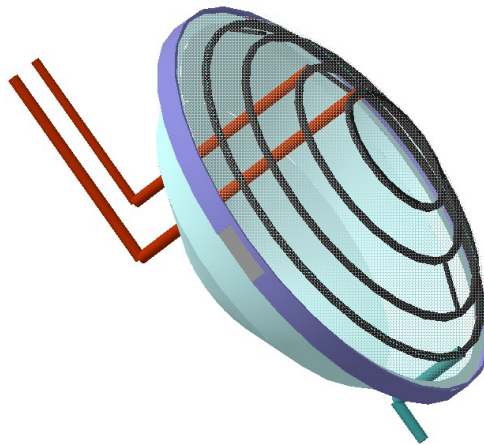





Рисунок 3. ВФСК

Передаточный функция для солнечного коллектора

Таблица 1. – Связь мгновенных значений напряжений и токов на элементах

Резистор  i_R	$u_R = Ri_R$	$i_R = \frac{u_R}{R}$
Катушка индуктивности  i_L	$u_L = L \frac{di_L}{dt}$	$i_L = \frac{1}{L} \int u_L dt$
Конденсатор  i_C	$u_C = \frac{1}{C} \int i_C dt$	$i_C = C \frac{du_C}{dt}$

Записать уравнения математической модели, определить передаточную функцию для солнечного коллектора, приведенного на (рисунке 2.1), при $r_s = r_c = 1 \text{ кОм}$; $C_1 = C_2 = C_3 = 1 \text{ мкФ}$.

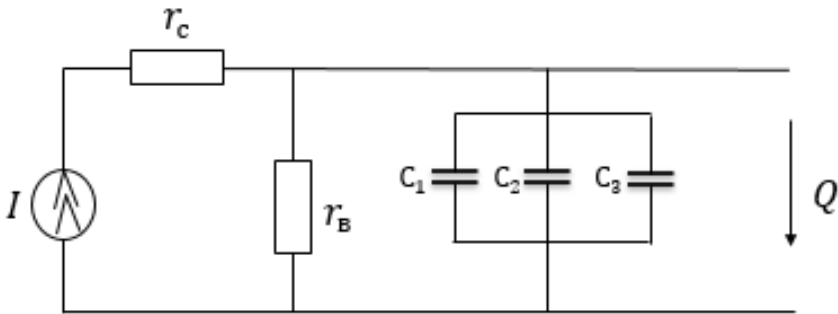


Рисунок 3. Эквивалентная схема солнечного коллектора

I – солнечная инсоляция; Q – полезная энергия; r_c – сопротивление стекла; r_b – внутреннее сопротивление полимерных труб; C_1, C_2, C_3 – сопротивление воды

1. Выходной величиной будет энергия солнечной инсоляции Q попадающие на апертурную площадь концентратора ВСФК. Входным воздействием буде солнечная инсоляция I . Это будет источником тока для схемы показанной на (рис. 3).
2. Запишем дифференциальные уравнения, характеризующие процессы, протекающие в цепи, выразив сопротивления с помощью

оператора дифференцирования, согласно таблице 1, заменяя операцию дифференцирования на p .

3. Запишем сопротивление Z_1 при параллельном соединении элементов:

$$Z_1 = p(C_1 + C_2 + C_3) \tag{1}$$

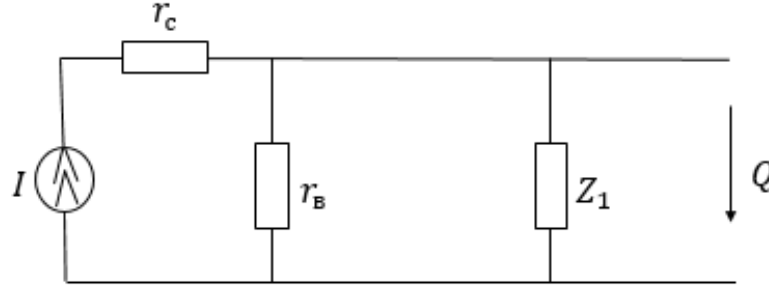


Рисунок 4. Эквивалентная схема солнечного коллектора

Запишем сопротивление Z_2 в контуре:

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z_2} &= \frac{1}{r_c} + \frac{1}{Z_1} = \frac{1}{r_c} + \frac{1}{p(C_1 + C_2 + C_3)} = \\ &= \frac{p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c}{r_c p(C_1 + C_2 + C_3)} \\ Z_2 &= \frac{r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c} \end{aligned} \quad (2)$$

Запишем $Z_{общ}$ сопротивление в контуре:

$$\begin{aligned} Z_{общ} &= Z_2 + r_c = r_c + \frac{r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c} = \\ &= \frac{r_c (p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c) + r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c} \end{aligned} \quad (3)$$

Находим поглощающую способность, действующую на солнечного коллектора:

$$\begin{aligned} \Omega &= \frac{I}{Z_{общ}} = I^* \cdot \\ &\cdot \frac{p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c}{r_c (p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c) + r_c p(C_1 + C_2 + C_3)} \end{aligned} \quad (4)$$

Находим поглощающую солнечный инсоляция, действующую на солнечного коллектора:

$$\begin{aligned} I^{пол} &= \Omega \cdot Z_2 = \\ &= I^* \cdot \frac{p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c}{r_c (p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c) + r_c p(C_1 + C_2 + C_3)} \cdot \\ &\cdot \frac{r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c} = \\ &= \frac{I^* r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{r_c (p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c) + r_c p(C_1 + C_2 + C_3)} \end{aligned} \quad (5)$$

Находим тепловых потерь, действующую на солнечного коллектора:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{I^{пол}}{Z_1} = \\ &= \frac{I^* r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{r_c (p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c) + r_c p(C_1 + C_2 + C_3)} \cdot \\ &\cdot \frac{1}{p(C_1 + C_2 + C_3)} = \\ &= \frac{I^* r_c}{r_c (p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c) + r_c p(C_1 + C_2 + C_3)} \end{aligned} \quad (6)$$

Запишем полезную энергию:

$$\begin{aligned} Q &= \gamma \cdot Z_1 = \\ &= \frac{I^* r_c}{r_c (p(C_1 + C_2 + C_3) + r_c) + r_c p(C_1 + C_2 + C_3)} \cdot \\ &\cdot p(C_1 + C_2 + C_3) = \\ &= \frac{I^* r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{p(C_1 + C_2 + C_3)(r_c + r_c) + r_c r_c} \end{aligned} \quad (7)$$

4. Запишем окончательную передаточную функцию, как отношение входа к выходу и раскроем скобки в знаменателе:

$$\frac{Q}{I} = \frac{r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{p(C_1 + C_2 + C_3)(r_c + r_c) + r_c r_c} \quad (8)$$

5. Подставив численные значения, получим:

$$\begin{aligned} W(p) &= \frac{Q}{I} = \\ &= \frac{r_c p(C_1 + C_2 + C_3)}{p(C_1 + C_2 + C_3)(r_c + r_c) + r_c r_c} = \frac{3p}{6p + 10^6} \end{aligned} \quad (9)$$

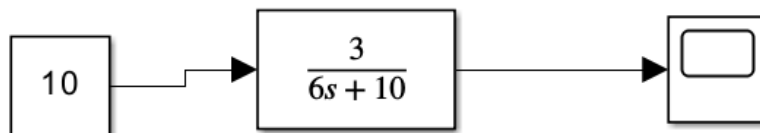


Рисунок 5. Модель ВФС в приложении Simulink программы Matlab

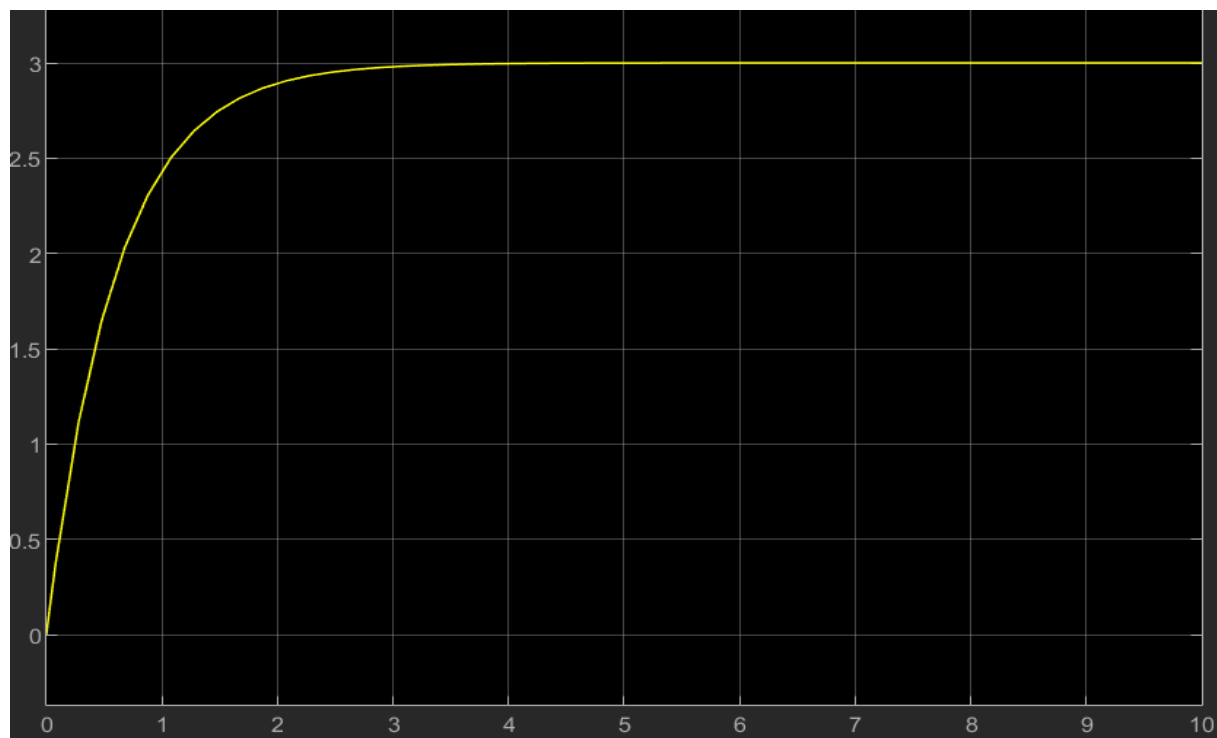


Рисунок 6. График получение полезной тепловой энергии на ВФС

С помощью данной модели оценены энергетические характеристики ВФС имеющая три фрактально расположенных абсорберов.

Расчеты проводились для солнечной инсоляции показанной на (рис. 7)

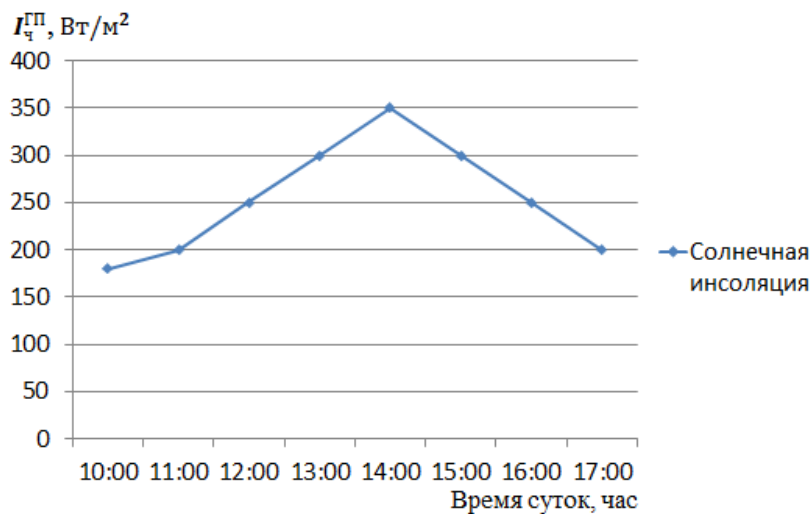


Рисунок 7. Суточная солнечная инсоляция для г. Туркестан(1.03.2023)

Таблица 1. – Энергетические характеристики ВФСК с тремя абсорберами

Энергетические характеристики ВФСК	Время суток							
	10 ⁰⁰	11 ⁰⁰	12 ⁰⁰	13 ⁰⁰	14 ⁰⁰	15 ⁰⁰	16 ⁰⁰	17 ⁰⁰
$I_{\text{ч}}^{\text{ГП}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	180	200	250	300	350	300	250	200
R	2,56	2,18	2,09	2	2	2,09	2,18	2,56
$t_{\text{окр}}, ^\circ\text{C}$	8	9	10	11	12	13	14	13
$I_{\text{ч}}^{\text{НП}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	460,8	436	522,5	600	700	627	549,4	512
$I_{\text{ч}}^{\text{ногл}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	354,8	335,7	402,3	462	539	482,8	423	394,2
$\gamma_{\text{ч}}^{\text{mn}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	312	306	300	294	288	282	276	282
$Q_{l_{a1}}^{\text{ч}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	5	3,5	11,9	19,6	29,4	23,5	17,2	13,1
$Q_{l_{a2}}^{\text{ч}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	6,2	4,3	14,7	24,2	36,1	28,9	21,2	16,2
$Q_{l_{a3}}^{\text{ч}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	7,3	5	17,5	28,7	42,9	34,3	25,1	19,2
$Q_{l_{\text{отр}}}^{\text{ч}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	27,7	19,2	66,3	108,8	162,6	130,1	95,2	72,7
$Q_{\text{общ}}^{\text{ч}}, \text{Вт} / \text{м}^2$	46,2	31,7	110,4	181,3	271	216,8	158,7	121,2
$\eta_{\text{ч}}^{a_1}, \%$	8,3	6,1	17,5	25,1	32,3	28,8	24	19,6
$\eta_{\text{ч}}^{a_2}, \%$	8,3	6,1	17,5	25,1	32,3	28,8	24	19,6
$\eta_{\text{ч}}^{a_3}, \%$	8,3	6,1	17,5	25,1	32,3	28,8	24	19,6
$\eta_{\text{ч}}^{\text{отр}}, \%$	12,5	9,1	26,4	37,7	48,3	43,2	36	29,6
$\eta_{\text{общ}}, \%$	20,8	15,2	43,9	62,8	70,6	72	60	49,2

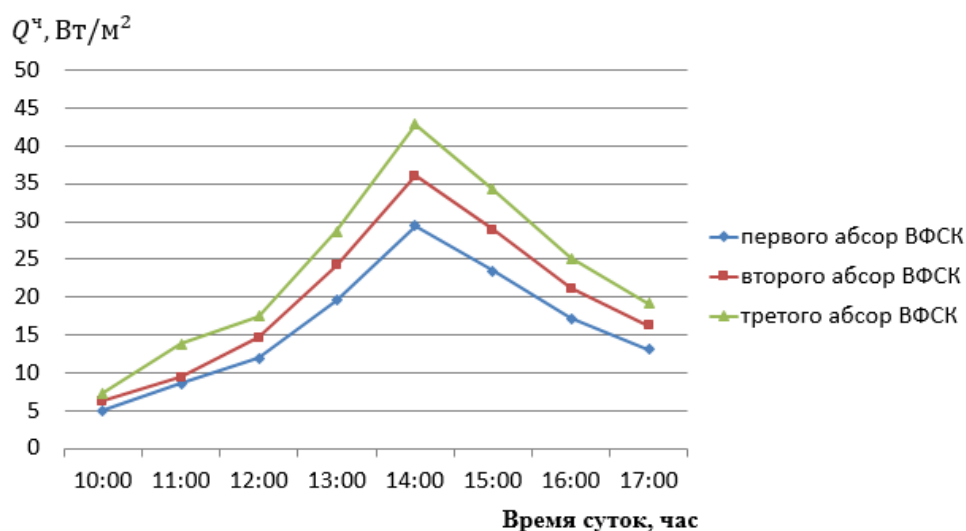


Рисунок 8. Полезная мощность каждого абсорбера с течением суточного времени

Выводы. Резюмируя можем сказать, что математическая модель нового типа солнечного коллектора отражает физическую суть принципа его работы. Если проанализировать конструкцию ВФСК, который имеет абсорберы из полимерных ториодальных труб расположенные фрактальным образом на параболическом концентрате, можно понять эффективность этой гелиоустановки. Принцип построения математической модели ВФСК основан аналоговом представлении гелиоустановки параллельному соединению конденсаторов. Такое представление ВФСК дает возможность построению передаточной функции предложенной гелиоустановки. Полученные экспериментальные данные подтвердили объективность результатов вычисленной созданной математической моделью. По результатам испытаний

ВФСК в вынужденном режиме нагрева солнечным излучением при нулевом расходе воды, т.е. при подходящих внешних условиях по стабильности солнечного излучения и температуре окружающей среды. Изменения внешних условий отражаются на сопротивлениях r_c и r_b . Графика выработки полезной энергии фрактальных абсорберов очень хорошо показывает динамику работы ВФСК.

В дальнейшем представляется необходимым усовершенствовать предложенную математическую модель. Так как, математическая модель помогает, точно представить физическую суть моделируемого объекта или явления, то имеет смысл усовершенствовать математическую модель. В свою очередь это помогает исследователю сэкономить финансовые расходы.

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. – № 2. 2009. URL: http://ieasm.webart.md/data/m71_2_107.doc
2. Даффи Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977.
3. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М.: Энергоатомиздат.
4. 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, – Vol. 49. – Issue 4. 2013. – P. 202–210.
5. Саламов О. М. Расчет среднесуточного коэффициента полезного действия плоского солнечного коллектора. Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» – ISJAEE, – № 06 (170). 2015. – С. 17–23.
6. Рустамов Н. Т., Мустафаев К. М. Тепловая эффективность солнечных коллекторов для нагрева жидкого теплоносителя. Вестник МКТУ им. А. Ясауи, – № 3. 2014. – С. 23–27.
7. Рустамов Н. Т., Кибишов А. Т., Суханов М. Я. Некоторые особенности фрактального солнечного коллектора. – Киев, Научный Журнал «Архивариус» – Том 7. – № 1 (55). 2021 г. – С. 36–42.
8. Рустамов Н. Т., Мейрбеков А. Т., Корганбаев Б. Н. Фрактальный солнечный коллектор. Патент № 2639 на полезную модель от 22.01.2018.

9. Суханов М. Я., Рустамов Н. Т. Фрактальный солнечный коллектор // Молодой ученый. – № 13(303). 2020. – С. 40–44.
10. Рустамов Н. Т., Мейрбеков А. Т., Корганбаев Б. Н. Фрактальный солнечный коллектор. РК Патент № 2639 на полезную модель.
11. Рустамов Н. Т., Кибишов А. Т., Исроилов Ф. М., Ерназар К. Е. Коэффициент полезного действия вакуумированного фрактального солнечного коллектор. European Journal of Technical and Natural Sciences – 2. 2023. – Р. 46–53.
12. Рустамов Н. Т., Мейрбеков А. Т., Кибишов А. Т. Вакуумный фрактальный солнечный коллектор. Патент РК на изобретение № 36213 от 30.06.2023.

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-3-48-59>

*Rustamov Nasim Tulegenovich,
Doctor of Technical Sciences, prof.
International Kazakh-Turkish University
named after Khoja Ahmed Yasawi
Babakhan Shokhrukh Abdilkasymuly,
senior lecturer of the
International Kazakh-Turkish University
named after Khoja Ahmed Yasawi
Berkimbayev Kamalbek Meyrbekovich,
Professor,
International Kazakh-Turkish University
named after Khoja Ahmed Yasawi
Aman Adilet,
Master,
International Kazakh-Turkish University
named after Khoja Ahmed Yasawi*

DISTRIBUTED ENERGY GENERATION BASED ON A HYBRID WIND AND SOLAR POWER PLANT

Abstract. The paper considers issues related to the development of small-scale energy, called regional energy generation (RGE). A hybrid wind and solar installation (GVSEU) generating electric energy in the REGE system is proposed. At the same time, the energy advantages of the GVSEU from the wind turbine have been experimentally shown. It is indicated that the proposed REGE system works continuously regardless of weather conditions. A mathematical model of the GVSEU is proposed and the modular design of the RGE is revealed. At the conceptual level, the method of connecting this system to a common distribution network is given.

Keywords: distribution generation systems, mathematical model, distribution network, modular design, circuit solutions.

*Рустамов Насим Тулегенович,
д.т.н., профессор,
Международного казахско-турецкого университета
имени Ходжи Ахмеда Ясави
Бабахан Шохрух Абдилкасымулы,
старший преподаватель,
Международного казахско-турецкого университета
имени Ходжи Ахмеда Ясави
Беркимбаев Камалбек Мейрбекович,
Профессор,
Международного казахско-турецкого университета
имени Ходжи Ахмеда Ясави
Аман Әділет,
магистр,
Международного казахско-турецкого университета
имени Ходжи Ахмеда Ясави*

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ГИБРИДНОЙ ВЕТРОСОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы связанные с развитием малой энергетики, называемый региональной генерации энергии (РГЭ). Предлагается гибридная ветро солнечная установка (ГВСЭУ), генерирующая электрическую энергию в системе РГЭ. При этом экспериментально показана энергетические преимущества ГВСЭУ от ВЭУ. Указывается, что предложенная система РГЭ работает непрерывно вне зависимости от погодных условий. Предлагается математическая модель ГВСЭУ и раскрывается модульная конструкция РГЭ. На концептуальном уровне, приводится метод подключения этой системы в общую распределительную сеть.

Ключевые слова: распределительные системы генерации, математическая модель, распределительная сеть, модульная конструкция, схемотехнические решения.

Введение. Проблема энергосбережения сегодня стоит сегодня очень остро, так как промышленность и технологии постоянно развиваются, а это ведет к существенному увеличению расходов электроэнергии, увеличению затрат предприятия и росту стоимости продукции, выпускаемой предприятием. В условиях растущей конкуренции предприятия

вынуждены искать пути снижения энергопотребления [1]. Тенденция развития электроэнергетики в мире связаны с увеличением не только масштабом производства электроэнергии из традиционных крупных электростанциях, но и доли РГЭ работающая на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [2]. Под термином «распределенная

генерация энергии» (РГЭ) в работе понимается установки, вырабатывающие электрическую энергию вблизи точки потребления [3].

Как уже отметили РГЭ – это гибридные системы энергоснабжения, объединенные из различных источников энергии, которые построены в непосредственной близости от потребителей и максимально возможной степени учитывают их индивидуальные особенности с точки зрения мощности и профиля. Рост доли РГЭ в энергетических системах не только имеет положительные стороны, но и создает определенные технические проблемы, связанные с изменениями свойств систем, их возможностями управления в нормальных и аварийных условиях [4]. Проблемы управления такими системами энергоснабжения, для которых характерны значительное территориальное распределение и неоднородность, очень актуально. Неоднородность системы может быть связана с использованием возобновляемых источников энергии, таких как ветровые, солнечные [5]. Основной отличительной чертой РГЭ основанных на ВИЭ, является стохастический характер параметров источника первичной энергии. Поэтому энергия генерируемая из возобновляемых источников, создает новые проблемы перед и так уже перегруженной сетью [6].

Как известно, задачей современных энергетических систем является, постоянное балансирование спроса предложения, гибкое управление сетью и обеспечение оптимального уровня энергоэффективности. Эти проблемы могут быть решены, но в то же время диспетчерское и автоматическое управление энергетической системой усложняется, необходимо разработать новые математические модели для обновления развития РГЭ и проанализировать их режимы и управлять ими

[7]. Основной модуль любой РГЭ являются энергия генерирующие установки, вырабатывающие электрические, тепловые в различных режимах [8]. На сегодня существующим ветро энергетическим установкам (ВЭУ) требуется увеличения коэффициента полезного действия, и коэффициента использования ветровой энергии для выработки необходимого потребителю электрической энергии. Тем самым мы можем повышать эффективность работы системы РГЭ.

Целью работы является разработка гибридной ветро энергетическую установки работающая на базе возобновляемых источников энергии.

Метод решение. На (рис. 1), а показан ВЭУ вырабатывающая электрическую энергию используя ветровой поток. Для повышения к.п.д. этого ВЭУ, на базе этого же ВЭУ конструировали гибридную ветро энергетическую установку (ГВСЭУ) показанной на (рис. 1, б). Где лопасти заменили на магнитную лопас, чтобы магнитные потоки порожденные магнитными лопастями пересекали обмотку магнитной катушки установленными над генератором ВЭУ. На мачтах прикрепили солнечные панели, с целью выработки постоянного тока. Такая ГВСЭУ имеет возможность одновременно выработать три типа тока, тем самым увеличивается к.п.д. ВЭУ и повышается эффективность использования ветровой и солнечной энергии. В работах [9; 10; 11; 12] предложена такая гибридная ВЭУ. Как уже отметили, такой ГВСЭУ вырабатывает три типа тока: переменный ток i_1 из генератора, переменный индукционный ток i_2 и постоянный ток I из солнечной панели (рис. 1, б).

Чтобы показать эффективности ГВСЭУ мы проводили эксперимент. В эксперименте ВЭУ

и ГВСЭУ находились в одинаковых условиях. Измерялись токи выработанные генератором,

магнитной катушки и солнечной панели. Измерение проводились каждый час.

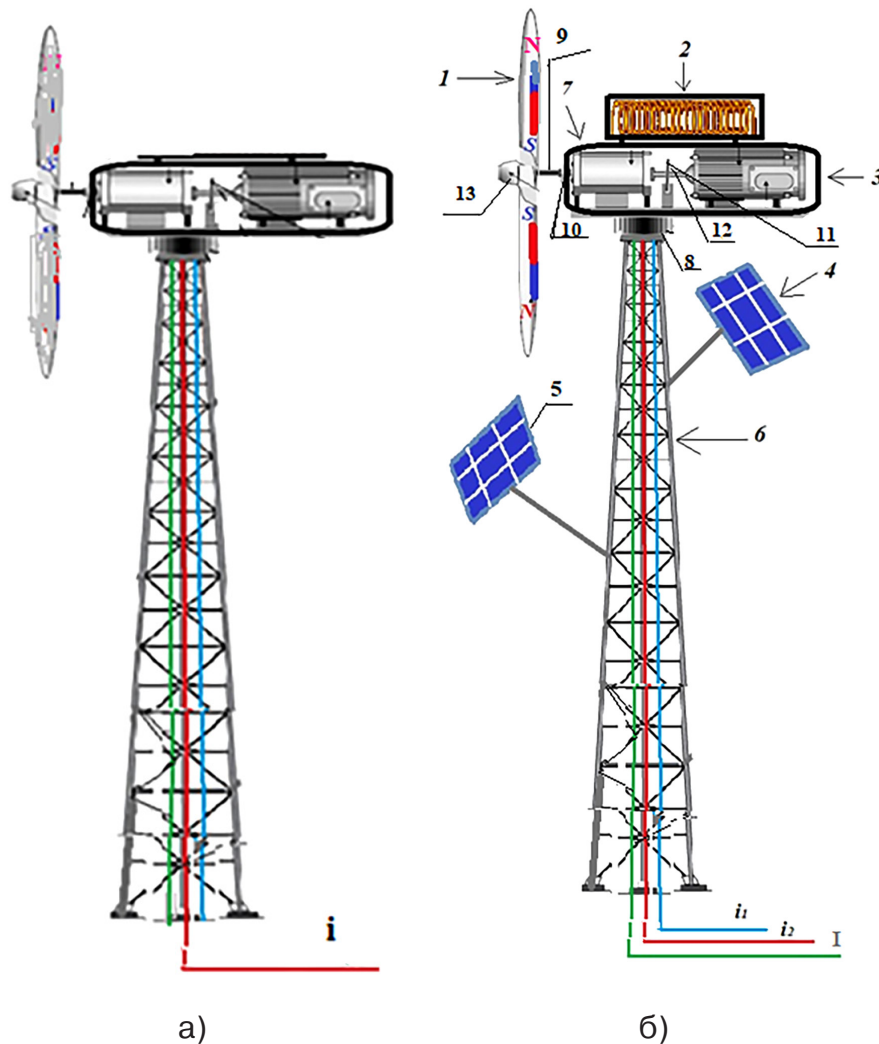


Рисунок 1. а), ВЭУ, б), ГВСЭУ

Здесь: 1 – магнитный лопас; 2 – индукционная катушка; 3 – генератор; 4; 5 – Солнечные фотопанели; 6 – мачта ВЭУ; 7 – коробка передач; 8 – подшипник рыскания; 9 – первичный вал; 10 – муфта; 11 – механический тормоз; 12 – вал генератора; 13 – крыльчатки; i_1 – ток из генератора; i_2 – ток из магнитной катушки; I – ток из солнечной панели

Результаты исследования

1. Измерялась выработки тока, напряжений и мощности солнечной панели в течении суток. Измерения проводилась каждый час. Полученные данные показан на (таб. 1), где по оси ординат показан время измерения, по оси абсциссы показан величина выработанного тока солнечной панели. Скорость ветра

4 м/сек – 16 м/сек, инсоляция солнечной энергии $Q = \dots \dots$ На (рис. 2), показан изменения выработки тока солнечной панели в течении суток. На (рис. 3), показан изменения напряжения в течении суток. На (рис. 4), показан изменения электрической мощности выработанная солнечной панели.

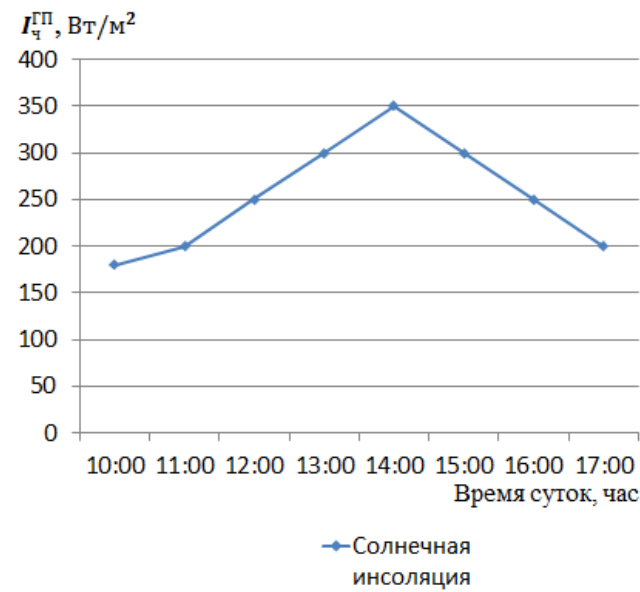


Рисунок 2. Суточная солнечная инсоляция для г. Туркестан(1.03.2023)

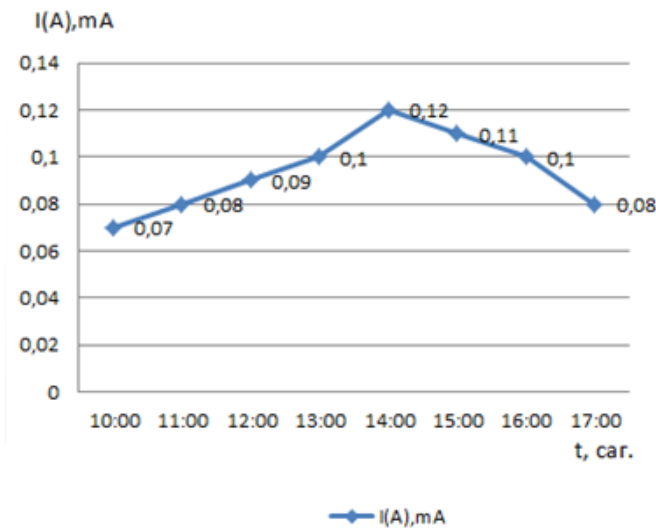


Рисунок 3. График зависимости выработки тока $I(\text{A})$ солнечной панели от суточного изменения инсоляции солнца

Таблица 1. – Выработанная электрическая энергия солнечной панели

t, время		10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
I	(mA)	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,12	0,1	0,08
U	(V)	7,12	7,35	7,55	7,65	7,83	8,02	7,73	7,5
P	(Wt)	0,5	0,585	0,688	0,765	0,94	0,96	0,773	0,6

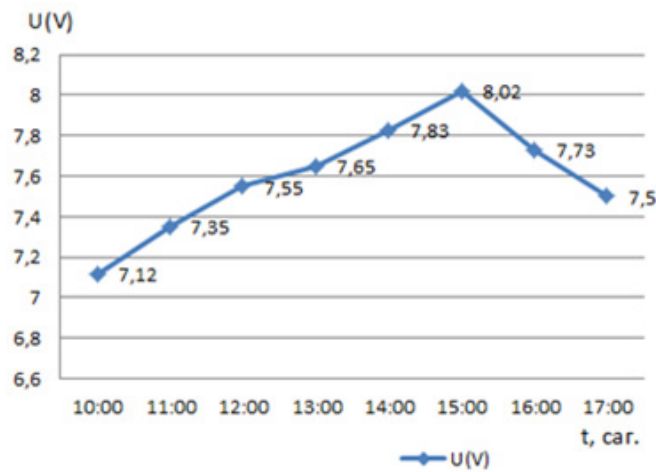


Рисунок 4. График измененя $U(\text{V})$ напряжения, солнечной панели в течение дня

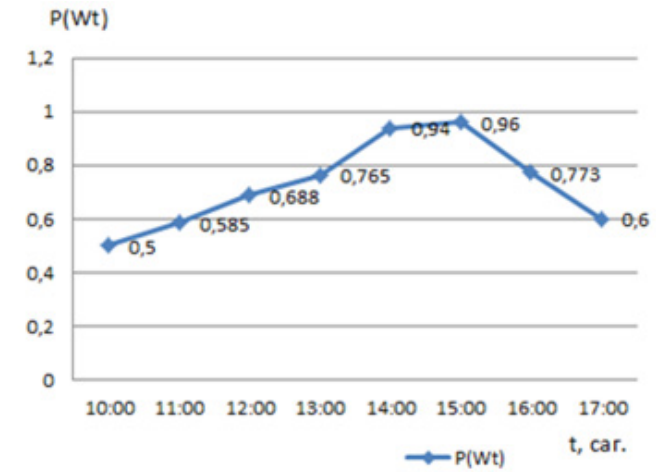


Рисунок 5. График изменения выработки мощности $P(\text{Wt})$, солнечной панели в течение дня

2. Измерялись выработки тока, напряжений и электрической мощности ветрогенератором ВЭУ. Полученные данные отражены на (таб. 2).

Таблица 2. – Выработка электрической энергии генератором ВЭУ в зависимости от скорости ветра

v	(m/s)	4	6	7,5	8	13	16
I	(A)	0,425	0,631	0,716	0,743	0,825	0,91
U	(V)	1,3	2,01	2,54	3,05	3,26	3,41
P	(Wt)	0,55	1,27	1,81	2,27	2,69	3,1

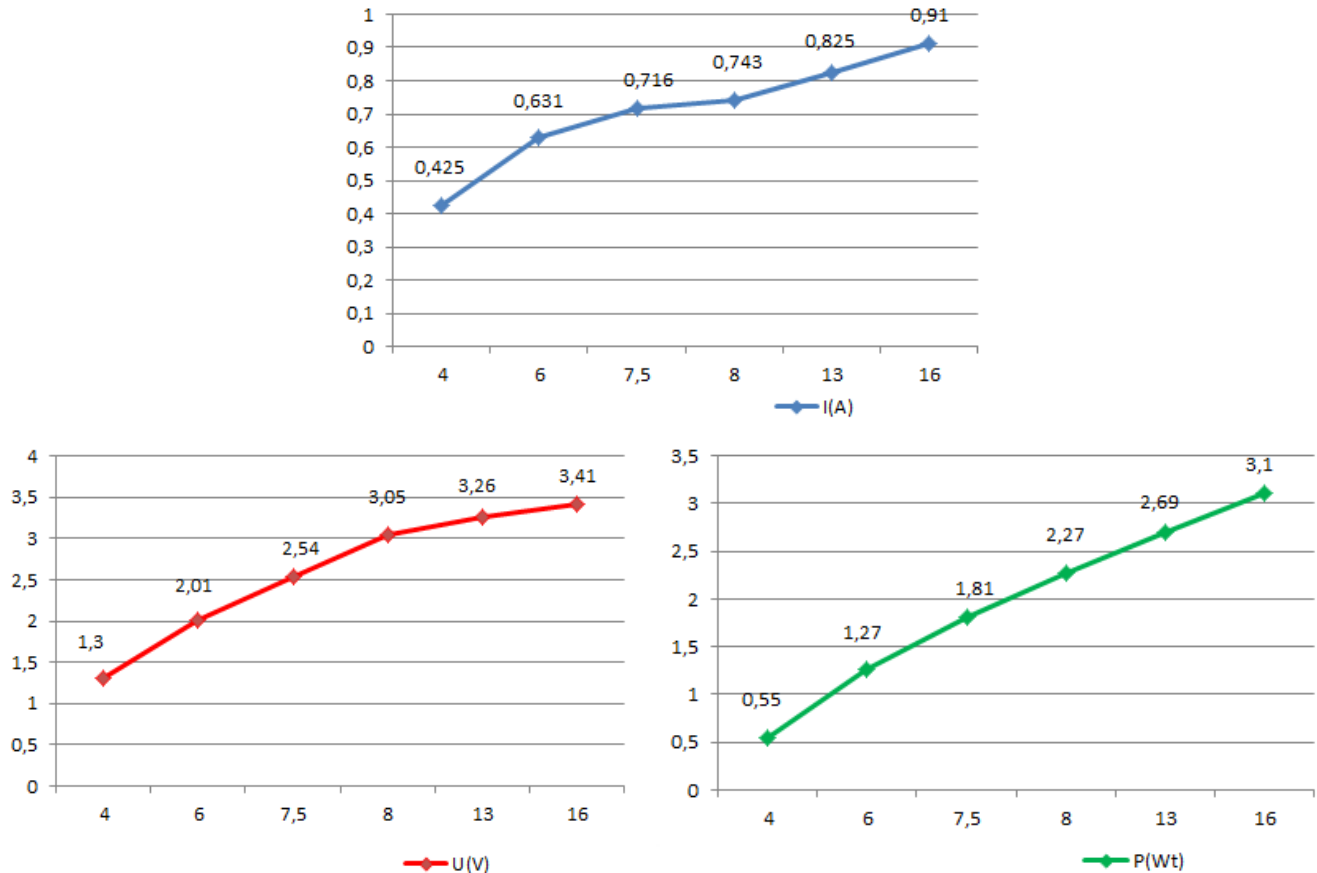


Рисунок 6. График зависимости выработки электрической энергии генератором ВЭУ от скорости ветра. Здесь силы тока I – ток, U – напряжения и P – мощность

3. Измерялись выработка электрической энергии ветрогенератора ГВСЭУ в зависимости от изменения скорости ветра. Полученные данные показаны в (таб. 3).

Таблица 3. – Значения выработанных токов, напряжений и мощности ГВСЭУ в зависимости изменения от скорости ветра

v	(m/s)	4	6	7,5	8	13	16
I	(A)	0,485	0,681	0,746	0,793	0,838	0,95
U	(V)	1,6	2,21	2,74	3,15	3,46	3,61
P	(Wt)	0,776	1,505	2,05	2,5	2,9	3,4

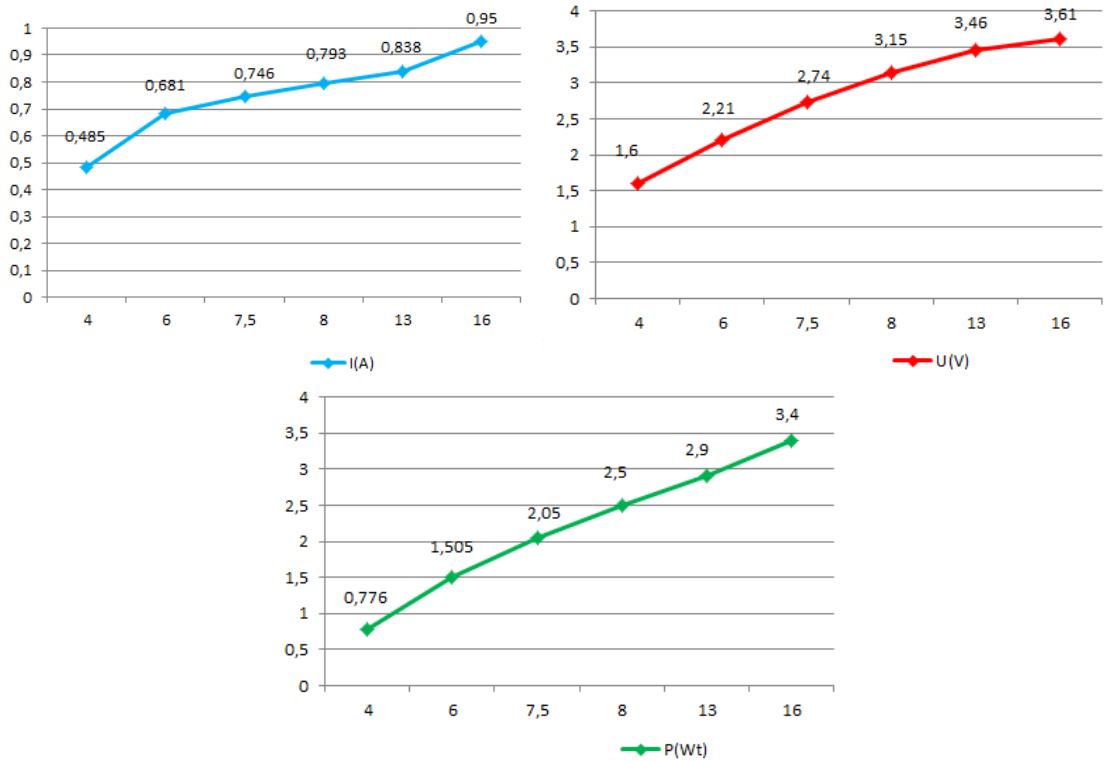
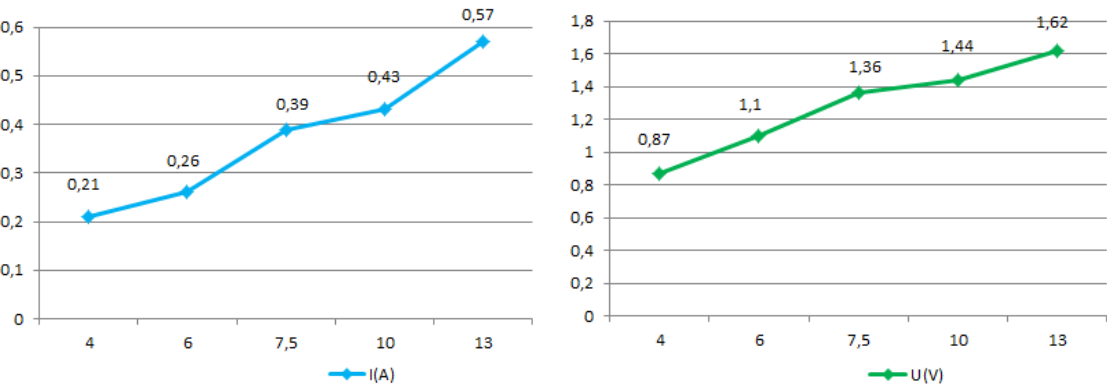


Рисунок 7. График зависимости выработка электрической энергии генератором ГВСЭУ от зависимости скорости ветра. Здесь силы тока I (A) – ток, U (V) – напряжения и P (Wt), – мощность

4. Измерялись выработка электрической энергии магнитной катушкой. Полученные данные показаны на (таб. 4).

Таблица 4.– Значения выработанных токов, напряжений и мощности магнитной катушкой ГВСЭУ в зависимости изменения от скорости ветра

v	(m/s)	4	6	7,5	10	13
I	(A)	0,21	0,26	0,39	0,43	0,57
U	(V)	0,87	1,1	1,36	1,44	1,62
P	(Wt)	0,1827	0,286	0,5304	0,62	0,9234



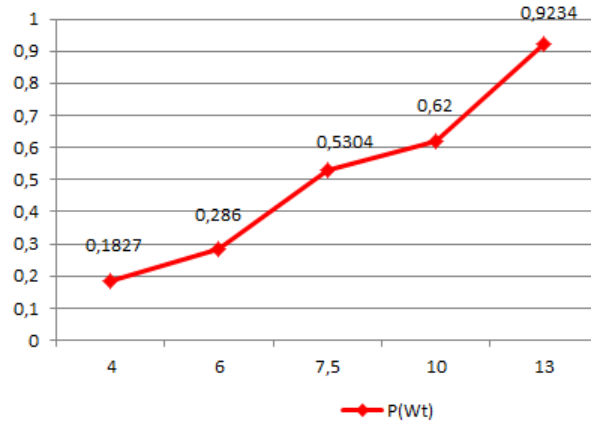


Рисунок 8. График зависимости выработки электрической энергии магнитной катушкой ГВСЭУ от скорости ветра. Здесь силы тока $I(A)$ – ток, $U(V)$ – напряжения и $P(Wt)$, – мощность

Таблица 5.

v	(m/s)	4	6	7,5	10	13
I	(A)	0,18	0,21	0,34	0,40	0,5
U	(V)	0,8	1,01	1,3	1,4	1,55
P	(Wt)	0,108	0,2121	0,442	0,56	0,775

Таким образом, выработанная электрическая мощность ВЭУ в зависимости от скорости ветра выработанная электрическая

мощность ГВСЭУ в зависимости от скорости ветра. Из этой таблицы видно эффективность ГВСЭУ.

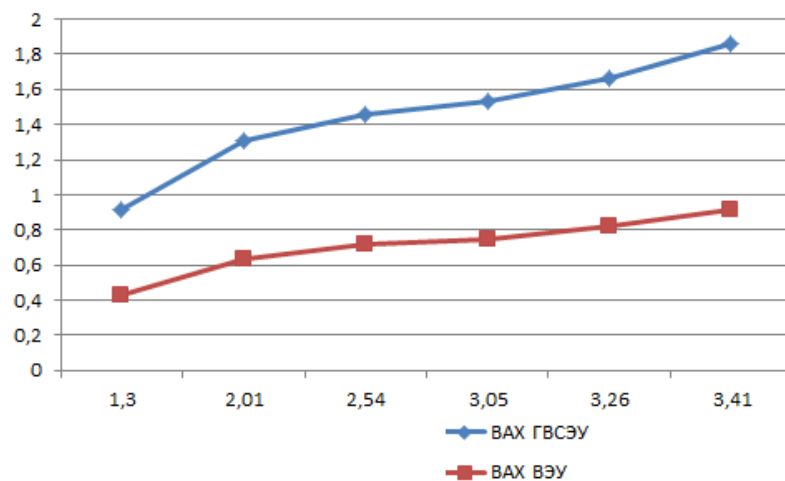


Рисунок 9. Показана сравнения ВАХ ВЭУ и ГВСЭУ

Прежде чем сделать компьютерную модель гибридной ветроэнергетической установки рассмотрим процедуру математического моделирования ГВСЭУ.

Предлагаемая модель основывается следующей блок схеме

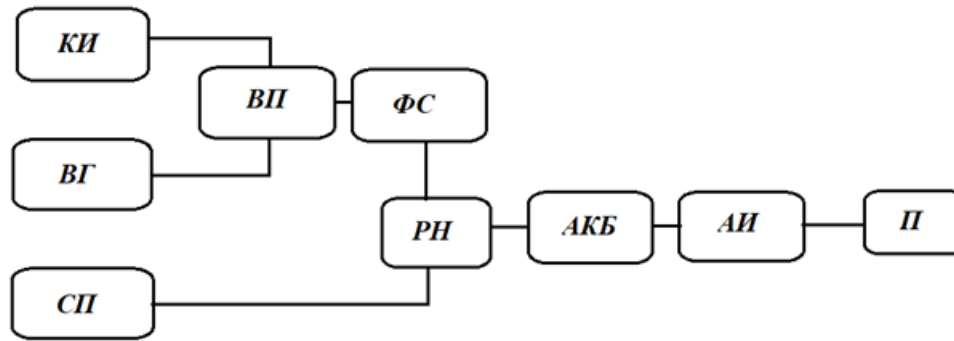


Рисунок 10. Блок схема ГВСЭУ

КИ – катушка индуктивности, ВГ – ветрогенератор, СП – солнечная панель, ВП – выпрямитель, ФС – фильтр сглаживания, РН – регулятор напряжения, АКБ – аккумуляторная батарея, АИ – автономный инвертор, П – потребитель

На основе блок схемы ГВСЭУ (рис. 10) построили электрическую модель ГВСЭУ, на основе

которой можно будет предложить метод подключения РГЭ в общую распределительную сеть

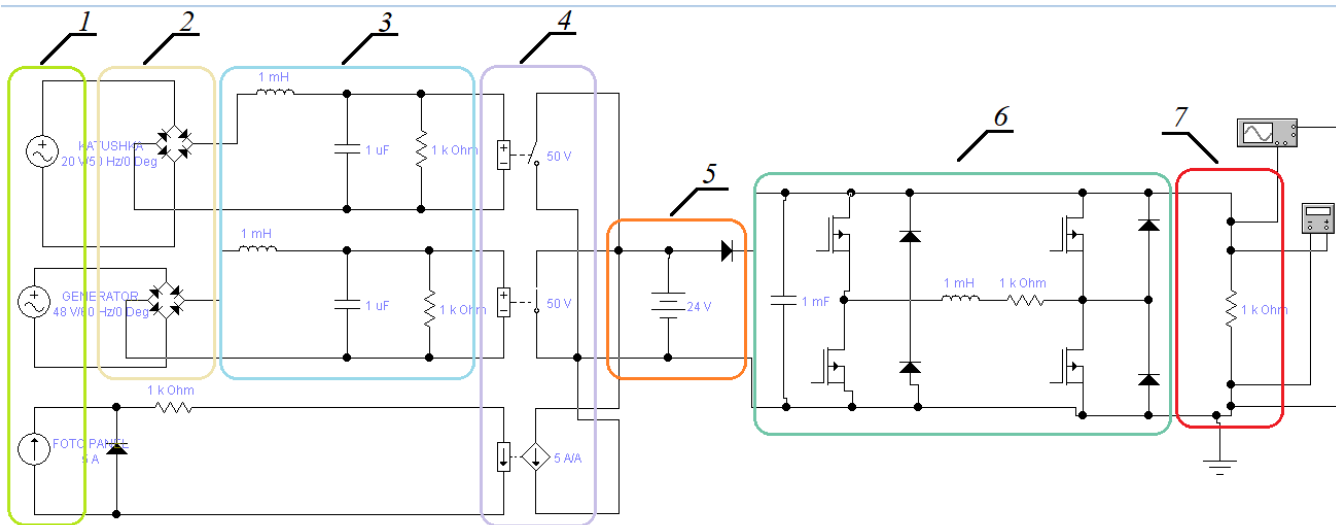


Рисунок 11. Электрическая модель ГВСЭУ на основе программа Electronic Workbench

На рисунке выделено по номерациями каждая часть электрической схемы ГВСЭУ. Выработанное напряжение из катушек, генератор и солнечный панели (1), выпрямляется на диодном мосте (2), выпрямленное напряжения сглаживает через фильтр сглаживанием (3), сглаженный напряжение проходит через регулятор напряжения (4) и заряжает аккумуляторного блока (5). Полученный постоянный ток преобразуются на инверто-

ру (6) и передаётся переменное напряжение к потребителю (7).

Исходя из электрической модели показанной на (рис. 11) можно предложить метод подключения ГВСЭУ установку в общую распределительную сеть.

Сравнительный анализ схем автономных ГВСЭУ показал, что наиболее перспективным способом сопряжения устройств вырабатывающих электрическую энергию в ГВСЭУ является

использование промежуточной вставки постоянного тока. В этом случае РГЭ на базе ГВСЭУ может быть построен по совокупному принципу, легко масштабируется и при необходимости перестраивается. Кроме того, можно объединить структуру и конструкцию электронных силовых преобразователей для модельного ряда мощностей. Использование вставки постоянного тока позволяет более просто суммировать и распределять потоки электроэнергии из генерирующих источников и внедрять эффективные методы управления для этого процесса.

Предложенная нами РГЭ работающая на базе ГВСЭУ показан на (рис. 9).

РГЭ работающая на базе ГВСЭУ вырабатывающая постоянную и переменную электрическую энергию состоит из мачты 1, солнечные панели 2, магнитных лопастей 3, асинхронного двигателя 4, индукционной катушки 5, выпрямитель 9, 15 шина постоянного тока, инвертор 10 с переключателем 11, потребитель тока 220/380 13, потребитель тока 6 или 10 Квт 16, блок накопитель энергии (БНЭ) 14 и аккумуляторы 12, точки подключения следующих гибридных ветроустановок 17.

Эта система работает следующим образом. Под действием ветра магнитные лопасти 3 вырабатывая переменный электрический ток 7 с помощью асинхронного двигателя 4, и вокруг себя создает магнитное поле, который пересекая обмотки индукционной катушки, вырабатывает переменный индукционный ток 8. Постоянный ток, выработанный, на солнечных панелях 2 через контроллер 9 передается на шину постоянного тока 15. Из шины ток подается инвертору 10, и переменный ток 220/380, или 6–10 Квт подается потребителям 13 или 16. Избыточная электрическая энергия накапливается в блок БНЭ, имеющая двухсто-

ронную направленность. К 17 подключаются дополнительные гибридные ВЭУ.

Суммирование мощности выработанной электроэнергии агрегатами ГВСЭУ осуществляется на шине постоянного тока, к которой подключается нагрузка потребителя. Солнечные панели в этой схеме вырабатывает постоянный ток, Генератор ВЭУ может работать с изменяемой частотой вращения вала, для чего его выход подключен к шине постоянного тока через контроллер.

При подключении к распределительной сети ГВСЭУ одной из основных задач, которые необходимо выполнить за каждый расчетного, является распределение нагрузок между генерирующими агрегатами (генератор, индукционная катушка, солнечные панели). Это осуществляется следующему методу:

1. Определяется (на основе климатических условий и астрономических параметров Солнце) потенциально возможное генерирование мощности ГВСЭУ.

2. Определяются потери активной мощности потери активной мощности при передаче потенциально возможной сгенерированной электрической энергии ГВСЭУ потребителю.

3. Если суммарная мощность генерируемой ГВСЭУ электроэнергии не меньше нагрузки потребителя, то все это покрывается за счет возобновляемых источников энергии.

4. Если есть избыток энергии, то он передается БНЭ. В случае, когда БНЭ уже полностью заполнен, на соответствующую величину уменьшается мощность ГВСЭУ. Первоначально регулируется ветряная труба, а затем фотопанели.

5. Если общая мощность возобновляемых источников энергии меньше нагрузки потребителей, нехватка мощности покрывается за счет БНЭ.

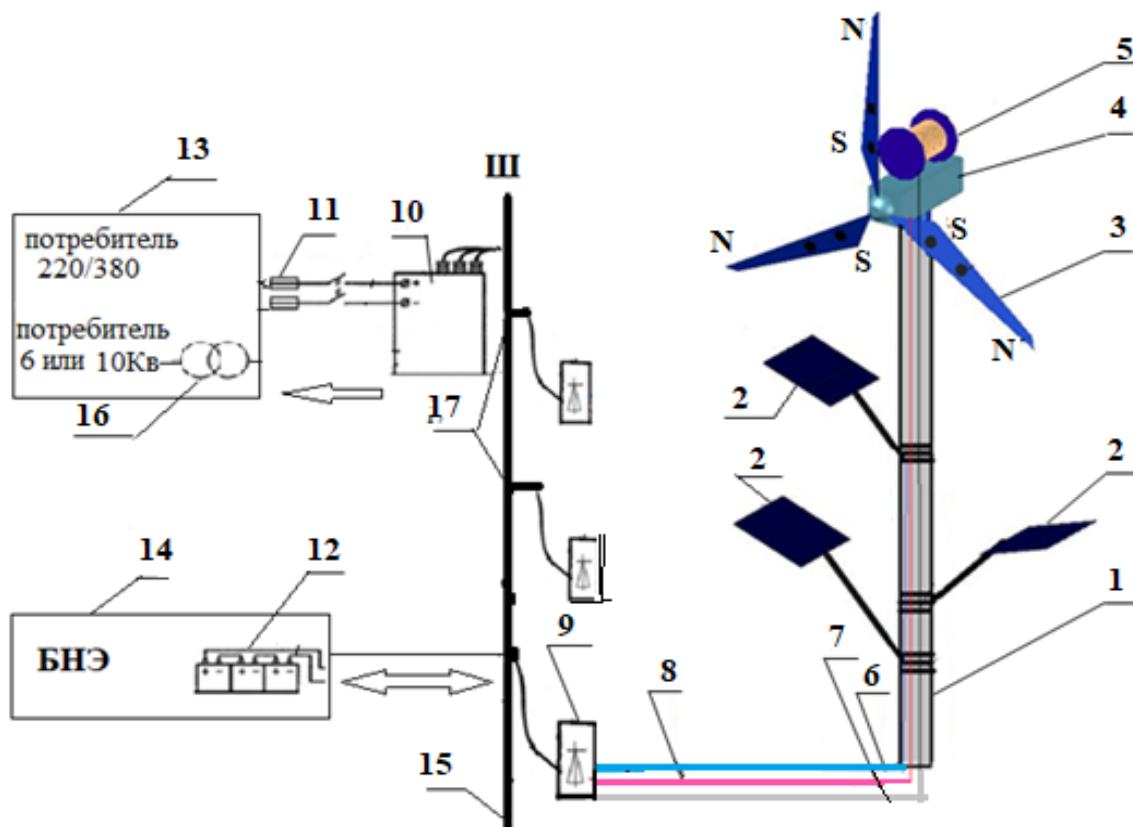


Рисунок 12. Система распределенной генерации электроэнергии на базе ГВСЭУ с накопителем энергии и суммированием мощности на шине постоянного тока

Выводы. Одним из способов энергосбережения посредством снижения потерь энергии, особенно при её передаче, является развитие распределённой генерации на основе гибридного ветросолнечной энергетической установки (ГВСЭУ), являющиеся многофункциональным энерготехнологическим комплексом, который служит для производства электрической энергии. Развитие ветроэнергетики в системе РГЭ способствует повышению её энергоэффективности и снижению затрат на потребляемую энергию. Для РГЭ на базе ГВСЭУ важно определить условия выбора

источников энергии с оптимальными параметрами. Для эффективного электроснабжения потребуется несколько ГСЭУ в составе РГЭ, количество которых следует оптимизировать по объёму вырабатываемой электроэнергии. При этом для снижения затрат на передачу электрической энергии необходимо сначала объединить их в составе ветропарка с центром сбора и передачи энергии. Ветропарки, в свою очередь, могут быть объединены в составе одной РГЭ для минимизации затрат на выработку электрической энергии

Список литературы:

1. Грачёв И. Д., Ильковский К. К., Есяков С. Я., Редько И. Я., Либет А. А., Ливинский А. П., Иванов В. Б., Варфоломеев С. Д., Артиков Р.Х-Б. О Концепции развития распределённой энергетики // Журнал С.О.К. – № 11. 2014. – С. 18–22.

2. Чиндский В. И., Гринько Д. В. Выбор оптимального решения для применения комбинированных установок на основе возобновляемых источников энергии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – № 1 (45), 2014. – С. 40–43.
3. Обухов С. Г., Плотников И. А. Сравнительный анализ схем построения автономных электростанций, использующих установки возобновляемой энергетики // Журнал «Промышленная энергетика», – № 7. 2012. – С. 46–51.
4. Арифжанов А. Ш., Захидов Р. А. Схемотехнические решения подключения автономных источников энергетики на базе возобновляемых источников энергии в общую распределительную сеть. – Ташкент, жур. Проблемы информатики и Энергетики. – № 6. 2017. – С. 47–58.
5. Рустамов Н. Т., Эгамбердиев Б. Э., Меирбекова О. Д., Бабахан Ш. Гибридная система распределенной генерации энергии. European Journal of Technical and Natural Sciences – 1. 2023. – Р. 37–44.
6. Рустамов Н. Т., Эгамбердиев Б. Э., Мавлянов А. Ш., Бабахан Ш. А. Механизмы подключения автономных гибридных ветрогенераторов в общую распределительную сеть. European Journal of Technical and Natural Sciences – 6. 2022. – Р. 1111–1123.
7. Рустамов Н. Т., Бабахан Ш. А., Орысбаев С. А. Одностадийное электроснабжение на базе ВЭУ. – Екатеринбург. Международный научно-исследовательский журнал, Часть 1. – № 12 (102). 2020 г. – С. 71–75,
8. Nassim Rustamov, Oksana Meirbekova, Adylkhan Kibishov, Shokhrukh Babakhan, Askhat Berguzinov. Creation of a hybrid power plant operating on the basis of a gas turbine engine. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2/8 (116). 2022. – Р. 29–37. ISSN1729–3774.
9. Рустамов Н. Т., Бабахан Ш. А., Кибишов А. Т., Орысбаев С. А. Гибридизация ветровых энергетических установок. – Киев, Научный журнал «Архивариус» – #9(54). 2020 г. – С. 20–24.
10. Рустамов Н. Т., Мейрбеков А. Т., Бабахан Ш. А. Гибридная ветро-солнечная электростанция. Патент РК на полезный модель № 7391 от 19.05.2022.
11. Бабахан Ш., Рустамов Н. Т. Повышение эффективности ветроустановок. – Ташкент, жур. Проблемы информатики и Энергетики. – № 4. 2020. – С. 59–65.
12. Рустамов Н. Т. О создании гибридных энергетических систем, использующих возобновляемые источники энергии (ВИЭ) // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – № 4 (54). 2014. – С. 114–116. – ISSN1606–146X.
13. Naik S. G., Khatod D., Sharma M. Sizing and siting of distributed generation in distribution networks for real power loss minimization using analytical approach. In Proceedings of the 2013 International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC), Sri Rangalatchum Dindigul, India, 6–8 February 2013. – Р. 740–745.
14. Jonkman J. M. “Modeling of the UEA Wind Turbine for Refinement of FAST_AD”. Technical report for the National Renewable Energy Laboratory. 2003.
15. Кирпичникова И. М., Соломин Е. В. Ветроэнергетические установки расчет параметров компонентов: УДК 621.311.24(075.8), Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 47 с.

Section 6. Light industry

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-23-3-60-66>

*Khayitboeva Nodirakhon,
Independent Research, USA, IL, Elgin*

ECO-PRINCIPLES IN THE DESIGN OF WOMEN'S CLOTHING AND THE CHOICE OF SUSTAINABLE MATERIALS

Abstract. The paper examines the eco-principles used in the design of women's clothing, as well as the criteria for choosing sustainable and safe materials. Modern approaches to eco-friendly design are analyzed, including waste minimization, creation of multifunctional and durable products, use of local production and closed cycles. Special attention is paid to the properties of natural, recycled and alternative fibers, their ecological footprint, dyeing methods and low environmental impact technologies. The importance of conscious consumption, transparency of supply chains and the implementation of international sustainability standards is emphasized. The material is intended for designers, researchers, and fashion industry professionals seeking to integrate sustainable solutions into the development of women's clothing.

Keywords: ecodesign, sustainable materials, eco-friendly fashion, recycled fibers, natural fabrics, low-waste technologies, responsible production, sustainable consumption.

Relevance of the study

In the modern world, the fashion industry remains one of the most resource-intensive and environmentally problematic industries. This makes it especially important to introduce eco-principles into the design of women's clothing. Challenges such as growing overproduction, high levels of textile waste, the use of non-environmentally friendly dyes and synthetic fibers, and opaque supply chains require a shift to sustainable production models.

Consumers are increasingly paying attention to the environmental friendliness and ethics of brands, which makes the use of sustainable ma-

terials and responsible technologies not only a competitive advantage, but also an important area of scientific research.

Thus, the study of eco-principles in design and the possibilities of a sustainable choice of materials becomes not only relevant, but also socially significant.

The purpose of the study

The purpose of this study is a comprehensive analysis of the environmental principles used in the design of women's clothing. We also strive to define criteria for the selection of sustainable materials that contribute to reducing negative environmental impacts, prolonging product life

and ensuring environmental responsibility at all stages of the clothing lifecycle.

Materials and research methods

The research examined scientific papers on sustainable design, as well as international environmental standards and information on the properties of various fibers: natural, recycled and innovative. In addition, analytical reports on the state of the fashion industry were analyzed.

To achieve the purpose of the study, methods of comparative analysis of textile materials, content analysis of international ecodesign practices, systematization of environmental criteria for the selection of raw materials and technologies, as well as product lifecycle assessment were used. This comprehensive approach allows us to better understand the principles of sustainable design and determine their practical application in the creation of women's clothing.

The results of the study

The process of forming eco-principles in the design of women's clothing has been long and complex, closely related to the evolution of public consciousness and technological development.

The first prerequisites for a sustainable approach originated in the middle of the XX century, when people began to understand the consequences of mass industrialization and the dominance of cheap synthetic clothing in the market. Already in the 1960s and 1970s, an environmental movement appeared in the West, which stimulated interest in natural materials and manual labor. However, at that time, fashion design only rarely included elements of sustainable development, without becoming systemic.

Since the early 1990s, sustainable fashion has been emerging as a distinct trend. In the era of globalization and the rapid growth of fast fashion, researchers and designers are beginning to think

about the problems faced by water resources, toxic dyes, excessive energy consumption and working conditions in the countries where clothing is produced. It was at this time that the first brands using organic cotton, natural dyes and recycled fabric appeared. Sustainable materials are beginning to be evaluated not only by their origin, but also by their entire life cycle.

In the 2000s, recycling technologies have developed significantly, which has led to the emergence of new environmentally friendly materials. Fabrics from recycled polyester, bio-fibers based on corn, eucalyptus and bamboo were created, and methods of low water dyeing were developed. At the same time, interest in minimalist design, slow fashion, and the concept of smart consumption has increased. Environmental principles have ceased to be something marginal and have become an integral part of mainstream culture. Major manufacturers have started to produce ecological clothing lines.

In the 2010s, an international system of standards and certifications was established to confirm the sustainability of the origin of fabrics and the ethics of production processes. Digital design was also actively developing, which significantly reduced the amount of waste at the layout stage. Sustainable women's clothing design has increasingly relied on scientific research and accurate environmental metrics, which has contributed to its development and popularization [2].

In the modern world, environmental principles are becoming not only a part of the environment, but also a part of culture. Innovations related to the use of biomaterials, closed-loop recycling, waste-free sewing methods and the creation of long-life clothing are coming to the fore. The history of the development of sustainable approaches in women's fashion shows how

ecodesign has transformed from an experiment of enthusiasts into an important strategic vector of the industry, which forms new standards of responsibility and quality (Table 1).

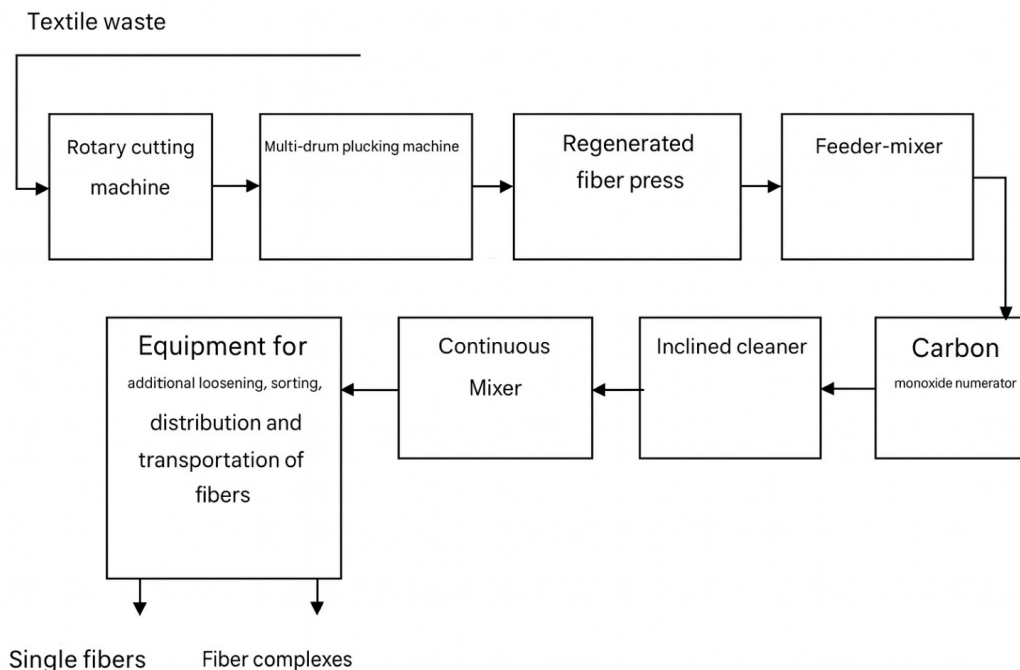
Table 1. Wildlife objects and their functions of interest as ecodesign models [1]

A source of inspiration and study	Distinctive features	Adaptation to the application
Duck, feathers and the structure of the endocrine system, body shape	<ul style="list-style-type: none"> – streamlined body shape, smooth lines, proportions; — thick waterproof; plumage coated with grease. 	<ul style="list-style-type: none"> – smooth structural lines of the product; — water-repellent material of the upper layer of the product; — volumetric inner filling, «puffy» type.
Pine, bark surface, roots, cones	<ul style="list-style-type: none"> – multilayered crust surface; — a powerful developed root system; — cone water absorption system. 	<ul style="list-style-type: none"> – breathable material system for clothing; — water-repellent surface of products; — the print is like a complex system of intertwining the roots and the surface pattern of the bark.
Plant elements	<ul style="list-style-type: none"> – plasticity, adaptability to changes in lighting. 	<ul style="list-style-type: none"> – ornamental smooth lines; — ergonomic bionic shape of product designs.

It should be emphasized that modern technologies used in the eco-design of women's clothing represent a holistic approach aimed at minimizing the environmental footprint at all stages of the product's life cycle. Today's trends combine

scientific developments, digitalization, and new manufacturing practices, which makes it possible to create materials and clothing with minimal environmental impact.

Figure 1. Diagram of the developed technological line for processing textile waste and producing regenerated fibers



One of the key areas is the processing of textile waste and plastic raw materials. As a result, recycled polyester, recycled viscose and mixed fibers of a new generation are actively used. These materials are characterized by stable quality and significantly lower environmental impact compared to primary raw materials. In addition, chemical and mechanical separation of fabrics is actively developing, which opens up new horizons for the processing of mixed textiles that were previously considered unsuitable for reuse (Fig. 1).

Recently, much attention has been paid to the creation of biomaterials that are produced from plant raw materials and as a result of microbiological processes. Among them are fibers obtained from eucalyptus, bamboo, banana stalks, as well as from waste from oranges and pineapples. These materials require less water, energy, and chemicals for their production and are often manufactured in closed cycles to avoid environmental emissions. Innovations are also developing in the field of microbial tissues that are grown using fungal cultures or bacterial cellulose. These materials are biocompatible and biodegradable, which makes them more sustainable and reduces the dependence of the fashion industry on petrochemicals [3].

Digital technologies also play an important role in the fashion world. In particular, 3D design and virtual fitting systems are used, which allow you to create accurate patterns and reduce the number of prototypes. This, in turn, reduces the amount of textile waste and saves resources at the collection development stage. At the same time, additive manufacturing technology is being developed, which makes it possible to form clothes or its elements with an accurate calculation of material consumption, which practically

eliminates cutting waste. Artificial intelligence helps predict demand, optimize production and avoid overproduction, which is one of the main environmental problems of modern fashion.

In recent years, special attention has been paid to low water and anhydrous technologies in the field of dyeing and finishing fabrics. Such technologies include high-pressure CO_2 dyeing, the use of natural and biodegradable dyes, as well as enzymatic tissue processing processes. These methods can significantly reduce water consumption and prevent toxic substances from entering water resources. Digital printing is increasingly being used, in which dyes are applied to the fabric point-by-point. This not only reduces the consumption of dyes and water, but also improves print quality [4].

In modern women's clothing design, special attention is paid to the use of environmentally friendly materials. Manufacturers carefully analyze the entire product lifecycle to select fibers with a minimal carbon footprint, low water consumption and a high degree of recycling. Among the materials used are certified organic cotton, Tencel, EcoVero, recycled polyester and biodegradable blends. Special attention is paid to the durability of fabrics, the possibility of their subsequent processing and the versatility of the design. This allows you to extend the life of clothing and reduce its environmental footprint.

Modern eco-principles in women's clothing design are based on a combination of technological innovations, environmentally friendly materials and digital production management tools. These technologies form a new model of the fashion industry, which focuses on sustainability, resource conservation and environmental responsibility at all stages of product creation. Despite the active development of eco-friendly

design of women's clothing, the introduction of eco-principles faces serious problems that affect production, economics, and technology and consumer behavior.

One of the main difficulties is the high cost of sustainable materials. Organic cotton, innovative biotissues and fibers produced in a closed cycle require significant investments in cultivation, processing and certification. This makes the final products more expensive, which reduces their availability to a wide range of customers and limits the spread of sustainable fashion.

In addition, there is a problem with the textile-recycling infrastructure. Most fabrics, especially those with a mixed composition, are difficult to separate and return to production, which leads to the accumulation of textile waste and reduces the efficiency of the closed cycle. Some innovative materials that are positioned as environmentally friendly actually require complex chemical processes or significant energy costs, which calls into question their real sustainability. Another problem is the lack of uniform international standards. Because of this, manufacturers use different certification systems, and consumers face information confusion and distrust.

Additional difficulties are associated with the phenomenon of greenwashing, when companies claim that their products are environmentally friendly without providing reliable evidence. This undermines trust in sustainable materials and makes it difficult for consumers to make informed choices. In addition, there is a lack of transparency in supply chains. It is often impossible to track the origin of raw materials, working conditions in production and real environmental indicators, especially if there are many intermediaries involved in the chain.

Technological barriers also affect the development of eco-design. Some biodegradable or recycled materials are still inferior to traditional fabrics in terms of durability, strength or appearance. This limits the capabilities of designers and can lead to a shorter product life, which contradicts the principles of sustainability. In addition, the introduction of digital and low water technologies requires expensive equipment and qualified specialists, which makes it difficult for small and medium-sized businesses to switch to them.

An equally serious obstacle to creating more environmentally friendly fashion is the culture of frequent shopping and rapid wardrobe updates. Even clothes made with care for the environment cannot compensate for excessive consumption, which remains one of the main causes of environmental problems in the fashion industry. The transition to a more conscious lifestyle is slow, and it is difficult for brands to meet demand and follow strict environmental principles at the same time.

The development of eco-design of women's clothing faces many interrelated challenges, including economic constraints, technological barriers, information opacity, cultural consumer behavior, and insufficient infrastructure for recycling. Solving these problems requires an integrated approach, cooperation between producers, government and consumers, as well as long-term investments in technology and education.

We are convinced that an integrated approach is needed to solve the problems associated with the introduction of eco-principles in the design of women's clothing and the choice of sustainable materials. It should include technological innovation, economic incentives, management strategies, and changing consumer behavior. One of the key aspects is to reduce the cost of eco-friend-

ly materials. This is achieved by increasing the scale of production, using more efficient methods of growing raw materials and supporting producers with government programs. These programs include subsidies, tax breaks, and incentives for local production. Thanks to such measures, sustainable fabrics become more competitive and accessible to a wide range of consumers.

The key aspect is the development of infrastructure for textile processing. This includes the creation of modern sorting centers, laboratories for the analysis of mixed fibers, and the introduction of innovative chemical and mechanical recycling technologies. Thanks to these technologies, even complex materials can be reused, which significantly reduces waste. At the same time, it is necessary to develop uniform international sustainability standards and ensure transparency of certification. This will help unify requirements, increase consumer confidence, and reduce the risk of so – called “greenwashing” – the unfair practice of selling goods that are allegedly made from environmentally friendly materials. Digital tracking tools such as blockchain tags, QR product passports, and raw material monitoring systems are making supply chains more transparent and reliable.

Overcoming technological obstacles is associated with the development of new fibers that are simultaneously environmentally friendly, high quality, durable and attractive. Research in the field of biomaterials, microbiological fibers, recycled polyamide and improved versions of viscose opens the door to the creation of fabrics that can compete with traditional ones. Investments in modern equipment, low-water staining technologies and energy-efficient production contribute to reducing the negative impact on the environment, even when using complex production processes.

Changing consumer culture remains an equally important task. Educational programs, conscious consumption campaigns, as well as the development of second-hand stores, resale platforms, and clothing rental services help in this. Brands can extend the service life of their products through high-quality tailoring, modular designs, repair capabilities, and thoughtful design. The combination of aesthetics and functionality makes sustainable fashion attractive to a wide audience, which enhances its competitive advantages.

The complex interaction of industry, technology centers, the state and consumers allows us to consistently solve the problems of eco-friendly design. This contributes to the sustainable development of fashion and minimizes its negative impact on the environment.

Conclusions

The transition to a more environmentally friendly design of women's clothing and the use of sustainable materials is a strategically important direction for the development of the modern fashion industry. To solve key problems such as the high cost of eco-friendly fabrics, the lack of technologies for their processing, the opacity of supply chains and low consumer awareness, it is necessary to combine the efforts of manufacturers, the government, research centers and the audience itself.

Comprehensive measures, including support for innovation, standardization of sustainable practices, development of infrastructure for recycling and the formation of a culture of conscious consumption, create conditions for the large-scale implementation of eco-design. This makes eco – friendly materials more affordable, production processes safer, and fashion a more responsible and long – term segment of the economy.

Thus, sustainable design is gradually becoming an integral part of our lives from an isolated initiative. It helps to reduce the negative impact

of the industry on the environment and create a more harmonious interaction between fashion, society and nature.

References

1. Kokovina M. V. Eco-design at the junction of sciences. Costume design, materials science, bionics, cultural studies, ecology // Proceedings of the international scientific and practical conference “Innovation and Design”. – № (1). – 2020. – pp. 125–129.
2. Murtazina S. A., Garifullina G. A. The use of polymer materials in modern sewing production and clothing design // Bulletin of Kazan Technological University. – № 15 (9). – 2012. – pp. 130–134.
3. Khammatova E. A. Eco-style in clothing based on natural polymer materials and color solutions // Bulletin of Kazan Technological University. – № (18). – 2011. – pp. 342–345.
4. Fatkullina R. R., Sofronova N. R., Sirazova C. I. Selection of materials with polymer composition for children’s clothing // Bulletin of Kazan Technological University. – № 19 (24). – 2016. – pp. 88–89.

Contents

Section 1. Biology.....	3
<i>Ganieva F. I., Mmamedov A. M., Agayeva A. H.,</i>	
<i>Aliyeva D. M., Miryusifova Kh. M.</i>	
ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDY OF RECONSTRUCTION OF INTERRELATIONS BETWEEN VISUAL STRUCTURES ON THE BACKGROUND OF DYSTROPHY	3
Section 2. Technical sciences in general	11
<i>Huseynova A. R.</i>	
INFLUENCE OF NANOCARBON ON COKE YIELD IN COKING PROCESSES OF HEAVY PYROLYSIS RESINS OBTAINED WITH DIFFERENT WATER VAPOR FEEDS	11
<i>Kopylov Arkady Leonovich</i>	
THE DYNAMIC STRUCTURA-MATERIAL COMPLEXES OF THE EARTH'S CRUST	16
Section 3. Physics	26
<i>Onarqulov K. E., Rahmanqulov M. K., Zaynolobidinova S. M.,</i>	
<i>Omonov B.U., Kamolova M. M.</i>	
ON THE KINETICS OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF POLYCRYSTALLINE FILM STRUCTURES.....	26
Section 4. Chemistry	32
<i>Jona Keri, Lindita Vrushi</i>	
THE HEAVY METAL DETECTION IN THE ALBANIAN SALVIA OFFICINALIS, WITH ICP-MS AND UV-VIS SPECTROPHOTOMETER	32
Section 5. Electrical engineering	38
<i>Rustamov Nasim Tulegenovich, Kibishov Adylkhan Talgatovich,</i>	
<i>Kalimbetova Zhansaya Seydahanovna</i>	
MATHEMATICAL MODEL OF A VACUUM FRACTAL SOLAR COLLECTOR.....	38
<i>Rustamov Nasim Tulegenovich, Babakhan Shokhrukh Abdilkasymuly,</i>	
<i>Berkimbayev Kamalbek Meyrbekovich, Aman Adilet</i>	
DISTRIBUTED ENERGY GENERATION BASED ON A HYBRID WIND AND SOLAR POWER PLANT	48
Section 6. Light industry	60
<i>Khayitboeva Nodirakhon</i>	
ECO-PRINCIPLES IN THE DESIGN OF WOMEN'S CLOTHING AND THE CHOICE OF SUSTAINABLE MATERIALS.....	60