



#7 (47), 2019 część 9

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)

Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

#7 (47), 2019 part 9

East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)

The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood(University College
London)**

**Igor Dziedzic (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**

Kehan Schreiner(Hebrew University)

**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Anthony Maverick(Bar-Ilan
University)**

**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**

**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**

**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**

**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood(University College
London)**

**Igor Dziedzic (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**

**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**

Kehan Schreiner(Hebrew University)

**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Anthony Maverick(Bar-Ilan
University)**

**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**

**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**

**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**

**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 kopii.

**Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie
85/21, 02-001 Warszawa, Polska»**

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo
Naukowe**

**Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001
Warszawa, Polska**

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

1000 copies.

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-
001 Warsaw, Poland»**

East European Scientific Journal

**Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw,
Poland**

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кибыш А. И., Жукова В. К.

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КУРШСКОЙ КОСЫ4

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ

Петруняк Г.М.

ЛІТОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТРАТИФОРМНОГО РОЗПОДІЛУ НАФТИ11

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Рябцов С.Н.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА ЛЕСНЫЕ И СТЕПНЫЕ БИОЦЕНОЗЫ.....20

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Данильчук Т.Н., Ефремова Ю.Г., Барковская И.А.,

Бережная Е.А., Атюнина Ю.В., Краснова Е.В.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЛИПИДОВ В СОСТАВЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МИНДАЛЬНОГО ОРЕХА ...25

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Юров В.М., Гученко С.А.

ПОВЕРХНОСТЬ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА Fe-Co-Cr-Ni-Ta-Ti-Al30

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

Kibysh A.I.

*candidate of pedagogical sciences, associate professor
Kaliningrad branch Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University»*

Zhukova V.K.

*student
Kaliningrad branch Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher Education
«Saint-Petersburg State Agrarian University»*

THE RESEARCH HISTORY OF THE CURONIAN SPIT

Кибыш Анатолий Иванович

*кандидат педагогических наук, доцент
Калининградский филиал
Санкт-Петербургского государственного
аграрного университета*

Жукова Виктория Константиновна

*студентка
Калининградский филиал
Санкт-Петербургского государственного
аграрного университета*

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КУРШСКОЙ КОСЫ

Summary. The purpose of this article is a brief overview of the history and scientific research of the Curonian spit, conducted by scientists in the XIX – XXI centuries. The main attention is paid to landscape and environmental studies, soil science, climatic features of the national Park, its flora and Zoological objects. The authors and the main directions of modern research are given.

Аннотация. Целью данной статьи является краткий обзор истории и научных исследований Куршской косы, проведенных учеными в XIX – XXI вв. Основное внимание уделяется ландшафтно-экологическим исследованиям, почвоведению, климатическим особенностям национального парка, его растительного мира и зоологических объектов. Приводятся авторы и основные направления современных исследований.

Keywords: *Curonian Spit, landscape-ecological research, ornithological research, soil science, climatic features, flora, zoological objects.*

Ключевые слова: *Куршская коса, ландшафтно-экологические исследования, орнитологические исследования, почвоведение, климатические особенности, растительный мир, зоологические объекты.*

Введение

Куршская коса - уникальный природный заповедник на Балтике. Загадочность и удивительная красота этой небольшой территории на Балтике ежегодно привлекаем миллионы туристов со всего мира. В то же время эта уникальная территория привлекает не только туристов, но и многочисленных исследователей, которые интересуются ее историей, уникальной природой, богатым растительным и животным миром, всем тем, что делает ее неповторимой и загадочной на протяжении многих столетий ее существования. Несмотря на значительный научный интерес к исследованиям ландшафта и природных ресурсов Куршской косы, в научной литературе практически не встречается обобщенного анализа основных направлений научных исследований, проводимых на территории национального парка за последнее столетие. Так, обзор ландшафтно-экологических исследований

представлен в работах И.И. Козловича [14], встречаются описания о долговременном мониторинге балтийских популяций птиц на Куршской косе [13]. Имеются обзоры исследований по другим конкретным научным областям. Однако обобщающего обзора всего спектра исследований Куршской косы в литературе не встречается. Поэтому нами была поставлена задача сделать в наиболее обобщенном виде обзор всех основных научных исследований на Куршской косе за последнее столетие, с учетом исследований современных российских ученых.

История и легенды Куршской косы

Что же представляет собой Куршская коса? В литературе эту территорию часто называют «Нерингой». Это название происходит от куршского Nerija (Нерия — «коса»). В древние времена здесь жили племена куршей, известных своими морскими походами и военным искусством. Тем не менее, в средневековье этот народ, как и

многие другие европейские народы, был уничтожен крестоносцами. Несмотря на трагические события средневековья, а также скудные сведения о жизни куршей, дошедшие до наших времен, память о них хранится в многочисленных сагах о Куршской косе.

Куршская коса представляет собой небольшой песчаный полуостров, разделяющий соленое Балтийское море и пресноводный Куршский залив. Эта территория обладает удивительным свойством оставлять у посетителей (как туристов, так и исследователей) ощущение какого-то особенного, загадочного мира, который всегда оставляет тайны, на которые нет ответов. А потому этот уникальный уголок природы хочется посетить снова и снова.

Известный немецкий ученый Вильгельм фон Гумбольдт, описывая уникальность природы этой территории, писал: «Куршская Неринга» так своеобразна, что ее необходимо увидеть так же, как Италию или Испанию, если душа хочет прекрасных зрелищ» [8].

Первые исследования Куршской косы были связаны с поисками следов древнего человека. Начались они на рубеже XIX–XX вв. Историки предполагают, что люди появились на Куршской косе в конце III тысячелетия до н. э., когда эти территории были полностью покрыты лесом. Первыми жителями этой территории стали носители жуцевской культуры, представлявшей собой смесь доиндоевропейской нарвской культуры с индоевропейскими культурами шаровидных амфор и шнуровой керамики [15].

Со второй половины II тысячелетия до н. э. численность населения Куршской косы постепенно сокращается, что, наиболее вероятно, было связано с ухудшением условий жизни и истощением плодородности земель. Этот процесс продолжался до середины XIII века, пока эти земли не перешли под власть Тевтонского ордена.

Для рыцарей ордена территория Куршской косы выполняла роль связующего звена между основными владениями, поэтому они тщательно охраняли косу от набегов со стороны соседей. Однако с упадком ордена в XV в. началось опустынивание Куршской косы. Этот процесс повлек за собой бесконтрольную хозяйственную деятельность: вырубку лесов, выпас скота, уничтожение растительного покрова. Все это в итоге привело к разрушению почвенного покрова, появлению перемещающихся песков, которые все чаще стали засыпать значительные территории.

К началу XIX века Куршская коса приобрела вид настоящей песчаной пустыни. Опустынивание со временем перешло с суши и на Мемельский канал и пролив, соединяющие Куршский залив и Балтийское море, что представляло опасность для судоходства. Поэтому власти Восточной Пруссии предприняли необходимые меры для остановки процесса опустынивания Куршской косы.

Началась высадка деревьев, кустов, травы. Наиболее активными в борьбе с опустыниванием были почтмейстер Готлиб Давид Куверт и инженер Франц Эфа, имена которых навсегда вошли в

историю Куршской косы [3; 23]. К 1904 г. программа по озеленению Куршской косы была полностью выполнена. 2/3 дюн были обсажены зеленью, движение песков частично было остановлено [42]. Полностью приостановить перемещение дюн удалось только к 1910 г., когда лес достаточно укрепился и был в состоянии остановить пески.

С момента вхождения Пруссии в 1871 г. в состав Германского государства, немецкими исследователями на косе проведено большое количество различных научных исследований. Большинство из них были посвящены проблеме опустынивания и борьбы с ним. В то же время на косе активно начали заниматься орнитологическими исследованиями.

Весьма любопытными представляются традиции местного населения. В XIX — начале XX веков жители Малой Литвы праздновали на Куршской косе Расос или Йонинес (ночь на Ивана Купала). В этот день на косу прибывали гости на небольших парусных судах, а иногда и на пароходах. Прежде всего, это были музыканты и хористы из Тильзита, Русне, Клайпеды. В ходе веселья, которое продолжалось всю ночь, собирали травы и цветы [12]. С началом первой мировой войны эта традиция была нарушена, а после прихода к власти в Германии фашистов интерес к Куршской косе и вовсе пропал.

Но все же в попытке нацистов возродить древнегерманские и арийские культы, они внимательно изучили куршские легенды. Одна из них свидетельствовала, что именно в этом месте разбился огненный шар, из которого вышли высокие люди, которые принесли местным жителям цивилизацию: они научили их всему, что они знали и умели сами. Нацистами эта легенда была истолкована по-своему. Они увидели в этом пришествие на землю древних арийцев и после этого начали возрождать различные древние ритуалы. Занимались этим сотрудники «Аненербе» — организации, созданной для изучения традиций, истории и наследия германской расы, что способствовало приданию ритуалам ярко выраженной идеологической окраски [12].

После окончания Второй мировой войны северная часть бывшей Восточной Пруссии вошла в состав СССР. А после распада СССР в 1991 г. Куршская коса была разделена между Россией и Литвой примерно поровну.

Еще в 1987 г. на современной российской части косы был основан национальный парк «Куршская коса», а литовская сторона сделала то же в 1991 г. В 2000 г. ЮНЕСКО включила Куршскую косу в список Всемирного наследия.

Многочисленные исследования Куршской косы, проведенные за это время, породили и множество загадок о ее происхождении.

Одна из них утверждает, что Куршская коса возникла в результате постоянного намывания песка из моря. Но почему тогда в древности песок намывался, а в наше время перестал, ведь ширина косы остается неизменной [16].

Другая версия относит возникновение косы ко временам палеолита в результате катаклизма, произошедшего в Атлантическом океане. Там под воду ушел целый материк или остров. Образовавшееся цунами докатилось до Балтики, где и появились две косы: Балтийская и Куршская. Эта версия считается наиболее правдоподобной [17].

Еще одна любопытная версия свидетельствует, что коса появилась после окончания ледникового периода. Во время таяния ледника в Балтийском море остался скалистый хребет. За длительное время ветер привел к образованию песчаных островков вокруг вершин оставшегося хребта. Именно они со временем и образовали косу. Затем на эту территорию попали семена различных растений и образовался тонкий слой почвы, укрепленный корнями, а вскоре и вся коса покрылась лесом [39].

По-своему описывает происхождение Куршской косы литовская легенда: ещё до возникновения косы, племена куршей жили на побережье залива. Однажды к дочери могущественного короля куршей Карвайта, красавице Неринге, посватался морской Дракон. В подарок королевской семье он принес многочисленные сокровища с затонувших кораблей. Однако Неринга отказала чудищу. И тогда разгневанный Дракон от ярости стал бить огромным хвостом по морской глади. Разразился страшный шторм, под угрозой затопления оказались все селения. Чтобы защитить жителей косы, Неринга надела огромный фартук, и стала носить в нем горы песка, засыпая им хребет Дракона, пока тот не покрылся в песке с головой. После этого шторм прекратился, а в море пролегла длинная песчаная дорога, которую затем укрепили могучие потомки Неринги и превратили её в цветущую косу. Иногда Дракон просыпается, и тогда по Куршской косе начинают бродить песчаные горы – дюны [18]. Эта легенда, хотя и косвенно, подтверждает гипотезу о происхождении косы вследствие цунами (вторая версия).

Большая дюнная гряда в современном виде сложилась примерно 150–200 лет назад. Значительная ее часть имеет природные и искусственные укрепления. Однако около половины дюн находятся в постоянном движении. Под влиянием непрекращающихся ветров, в процессе движения дюны меняют свою конфигурацию и высоту [17].

Современные исследования Куршской косы

Объектом серьезного внимания ученых различного профиля Куршская коса становится лишь с конца 40-х гг. XX века. С этого времени на косе проведены многочисленные исследования широкого диапазона: геоморфологии побережий, эолового лито- и морфогенеза, микроклимата, закрепления и облесения песков, флоры и растительности, почвенного покрова и др. Нарботанные в ходе этих научных экспедиций материалы, затем широко использовались последующими исследовательскими группами.

Значительное внимание ученых было уделено ландшафтному анализу косы. В результате проведенных исследований была составлена ландшафтно-морфологическая карта. Один из основоположников регионального ландшафтоведения Н.А. Солнцев, оценивая результаты этих исследований, утверждал: «Всякое добросовестно произведенное ландшафтное исследование даже небольшой территории представляет большую научную ценность» [34, с.9].

По результатам проведенных в начале 60-х гг. масштабных исследований природных условий побережья Литвы и Калининградской области была составлена карта прикладного ландшафтного районирования. На карту были нанесены природно-рекреационные микрорайоны, которых на Куршской косе было выделено 19 [14].

В 1967 г. на территории Куршской косы Вильнюсским госуниверситетом были проведены экспедиционные ландшафтные обследования и крупномасштабное картографирование. По результатам полевых исследований была составлена ландшафто-типологическая карта. Основным вдохновителем этих исследований был известный литовский советский ученый А. Басаликас. На основе его исследований была разработана прикладная карта рекреационной оценки природно-территориального комплекса. На территории нынешней Калининградской области, такие исследования не проводились.

Используя эти данные, Д.И. Гальвидите сделала доклад о намечаемом архитектурном планировании на литовской части Куршской косы [36].

В 70-е–80-е гг. Куршская коса стала пилотным полигоном для комплексных междисциплинарных исследований. В это время стратегическим направлением исследований становится территориальное планирование (в терминологии А. Басаликаса - целенаправленное или многостороннее детерминированное краеустройство). Эти исследования проводились совместно учеными Москвы, Ленинграда, Каунаса.

Важнейшим элементом фундаментальных архитектурно-планировочных работ становится ландшафтоведческая тематика. Основное внимание в ландшафтных исследованиях было направлено на выявление ландшафтной структуры, составление ландшафтных карт крупного масштаба. Такие карты стали исходной научной основой для разработки оценочных и прикладных карт целевого назначения, что В. Стаускас называл «практикой гармонизирования работ по краеустройству Куршской косы» [36].

В этот период особое внимание уделяется организации на Куршской косе природных (национальных) парков. Работы велись на основе полевого изучения, результатом которого стали карты дробного ландшафтного районирования. Для легенды карты была введена специальная терминология, не использовавшаяся ранее.

В дальнейшем, опираясь на эти исследования, было разработано три варианта планов обустройства литовской части Куршской косы.

В. Стаускас отмечал, что во всех представленных вариантах плана прослеживается «эволюция мысли» архитекторов-проектировщиков — от применения «элементов ландшафтного подхода» к использованию метода «ландшафтного предпочтения», усилению роли природной и экологической составляющей. Проектные разработки такого типа П. Кавалюскас определил, как опыт «целесообразного устройства ландшафта» [36].

Для выявления морфологического устройства ландшафтов южной части Куршской косы московским институтом «Союзгипролесхоз» в 1984—1986 гг. проводились экспедиционные ландшафтные исследования по универсальной солнцевской методике, которая была разработана лабораторией ландшафтоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. Результатом детальных полевых изысканий стала впервые созданная общенаучная синтетическая ландшафто-морфологическая карта. Она была составлена в соответствии с требованиями классического отечественного ландшафтоведения. В это же время были разработаны первые карты повышенной информационной емкости южной части Куршской косы.

Проведенные исследования и составленные подробные карты позволили разработать проектную схему функционального зонирования Куршской косы, выделив зоны с разным статусом режима охраны природы, выполнить серию специальных практически направленных карт.

В это же время учеными Калининградского государственного университета на Куршской косе проводились широкие комплексные физико-географические исследования. Они включали маршрутные и стационарные наблюдения, комплексное опорное профилирование, картографирование выборочных ключевых участков.

По материалам исследований были выполнены диссертационные работы ландшафтно-прикладного направления. Составленная их авторами ландшафтная карта южной части косы опубликована впервые. При разработке ее легенды избран «типологический принцип генерализации» природно-территориальных комплексов А.Г. Исаченко [11]. Объекты изображения на карте названы ландшафтами. Определяющими критериями их наименования являются рельеф, поверхностные породы, почвенно-растительные комплексы.

Ландшафтные исследования 2001—2002 гг. на территории национального парка «Куршская коса» проводились и после ведения экологического мониторинга, который стал приоритетным направлением научной деятельности. Учеными производился контроль за естественным изменением растительного покрова, была проведена детальная геоботаническая съемка,

выявлено и описано все многообразие фациальной структуры ландшафтов Куршской косы.

Дальнейшие комплексные природно-географические исследования ставят перед учеными задачу составления сводной общенаучной ландшафтной карты крупного масштаба. Однако, такая работа требует трансграничного российско-литовского сотрудничества, что в настоящее время затруднено вследствие неблагоприятного политического фона. Результатом такого сотрудничества могло бы стать создание объединенного наднационального (межгосударственного) парка «Куршская коса — Kuršių nerija».

Исследования Куршской косы не ограничиваются только ландшафтными исследованиями. Спектр научных интересов исследователей весьма широк.

В настоящее время исследованиями Куршской косы занимаются ученые калининградских вузов, научно-исследовательских институтов, ученые Национального парка «Куршская коса».

Современные исследования Куршской косы связаны с изучением редких и охраняемых видов растений. В изданной И.Ю. Губаревой в 2017 г. книге приводится иллюстрированный список редких видов растений, встречающихся на Куршской косе и требующих особого внимания, а также растений, относящихся к группе «вероятно исчезнувшие» [5].

Гидробиологический мониторинг литорали Балтийского моря описан в работах А.В. Гущина [1; 6; 7] и Ю.Ю. Полуниной [24; 25; 26].

Исследованиям зоологических объектов Куршской косы посвящены работы калининградских ученых Е.В. Авдеева, К.А. Иванюкова, С.Ю. Кузьмина, Е. Л. Лыкова, И.Н. Лысанского, И. Ч. Нигматуллина, Г.А. Цыбалёва [19; 20; 21; 22] и др. Долговременный мониторинг птиц на Куршской косе описан в работах Л.В. Соколова [31; 32; 33]. Метеорологический мониторинг Куршской косы стал предметом научных исследований Ж.И. Стонт и О.А. Гущина [34].

Исследованию токсичности природных вод Куршского залива для его обитателей посвящены работы Е.Е. Ежовой, М.М. Смирновой, Н.М. Романь [29]. Грубообмолочный каменный материал на пляжах и в подводной части прибрежных вод Куршского залива исследовали И.П. Жуковская и Г.С. Харин [9]. Морское наследие Куршской косы исследовали О.В. Рыльков [29], Ю.А. Майорова, И.П. Жуковская [27; 29], А.А. Калинина и др.

В работах М.М. Смирновой описаны результаты исследования осеннего бактериопланктона прибрежной части Куршского залива. Зоопланктон исследовали Г.А. Цыбалёва, С.Ю. Кузьмин, Е.В. Авдеева [38].

Д.А. Чуринов и О.В. Рыльков исследовали изменчивость уровня Куршского залива в районе музея Национального парка «Куршская коса» [40], а геоэкологические аспекты рекреационного

природопользования в национальном парке «Куршская коса» исследовали Т.В. Шаплыгина и И.И. Волкова [41]. Опыт использования фотоловушек при изучении норных млекопитающих национального парка «Куршская коса» описан в исследованиях К.А. Иванюкова [10].

Заключение

Представленный краткий обзор показывает, что Куршская коса стала объектом исследования специалистов различных отраслей науки. Такие исследования в национальном парке привлекают все большее количество специалистов различных российских научно-исследовательских организаций. Прежде всего, это Зоологический институт РАН, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининградский государственный технический университета, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, почвенный факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Калининградский филиал Санкт-Петербургского государственного аграрного университета и др.

Исследованиями Куршской косы занимаются и ряд зарубежных ученых, в частности польских, немецких, шведских и др. Но это тема отдельного обзора, а потому в данной статье тематика зарубежных исследований не затронута.

Таким образом, Национальный парк Куршская коса является важным природным объектом, изучение которого значительно обогащает наши знания в области почвоведения, климатических особенностей и ландшафтных комплексов, растительного мира и зоологических объектов, а также истории, культуры и традиций местного населения в исторической перспективе. Результаты научных исследований широко используются для планирования и ведения хозяйственной и природоохранной деятельности человека на территории национального парка. В результате проведенных мероприятий удалось сохранить многие редкие виды растений и птиц, наладить воспроизводство ценных пород рыб, создать благоприятные условия для туризма, не нарушающие сложившейся на косе экосистемы.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые исследователями Куршской косы за последние десятилетия, она содержит еще немало тайн, а потому новых исследователей непременно ждут и новые открытия. А сама коса будет радовать нынешнее и грядущие поколения туристов, привлекая своей уникальностью и самобытностью.

Список литературы

1. Guščin A., Matašenko O. Syko Coregonus lavaretus (L.) veisimo biotechnika. // Žuvų ir vežių veisimo biotechnika ir išteklių atkurimas. Tacia projekta № 2006/289. Vilnius. 2008. P. 61-72.
2. Sokolov L.V. Philopatry of migratory birds. Reviews. In.: Physiology and General Biology Reviews. Harwood Academic Publishers. Publ. In The Netherlands. 1997.- 60 p. PDF
3. Вильгельм Франц Эфа // http://www.park-kosa.ru/cn_o_parke/istoriya/?ELEMENT_ID=31044 (дата обращения 24.11.2018)
4. Губарева И.Ю. Видовое разнообразие семейств из порядков Dipsacales и Gentianales национального парка «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сборник научных статей. Вып. 14 / сост. И.П. Жуковская. — Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. — 163 с. С. 6-25.
5. Губарева И.Ю. Редкие и охраняемые виды флоры национального парка Куршская коса. - Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. — 106 с. —
6. Гушин А.В., Маташенко О.Ю. Методические рекомендации по воспроизводству сига (Coregonus lavaretus Linnaeus. 1758) // ФГУ «Запбалтрыбвод», ФГУП «АтлантНИРО» Калининград. 2006. 19 с.
7. Гушин А.В., Маташенко О.Ю., Осадчий В.М. Перспективы искусственного воспроизводства балтийского сига (Coregonus lavaretus L.) // Гидробиологические исследования в бассейне Атлантического океана. Сборник трудов АтлантНИРО. Том.2. Калининград. 2000.С. 163-169.
8. Джанджугазова Е.А. Саги Куршской косы // FUTURERUSS.RU. Российский научно-практический журнал «Российские регионы – взгляд в будущее» // <http://futureruss.ru/intresting-facts/mysticism/kurshskoj-kosy.html> (дата обращения 16.09.2018)
9. Жуковская И.П., Харин Г.С. Грубообломочный каменный материал на пляжах и подводных склонах Куршской косы (распространение, состав, источники, значение) // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парк «Куршская коса»: сб. научных статей. Вып.8 / сост. И.П. Жуковская. Калининград: БФУ им. И.Канта, 2012. С. 64-71
10. Иванюков К.А. Опыт использования фотоловушек при изучении норных млекопитающих национального парка «Куршская коса» // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сборник научных статей. Вып. 14 / сост. И.П. Жуковская. — Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. — 163 с. С. 40-48.
11. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование - М.: Высшая школа, 1991. — 366 с.
12. История заповедания природы Куршской косы // <http://www.alpha-omega.su/index/0-622> (дата обращения 24.02.2019)
13. Итоги юбилейной научно-практической конференции на Куршской косе // <https://baltmore.ru/company/pr/148-itogi-yubileynoy-nauchno-prakticheskoy-konferencii-na-kurshskoy-kose.html> (дата обращения 26.06.2019)
14. Козлов И.И. Ландшафтно-экологические исследования Куршской косы // Вестник Балтийского федерального университета

им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки – Калининград, 2006. – с. 22-27

15. Культуры шнуровой керамики и ладьевидных топоров в Восточной Прибалтике // <https://arheologija.ru/kulturyi-shnurovoy-keramiki-i-ladevidnyih-toporov-v-vostochnoy-pribaltike/> (дата обращения 24.11.2018)

16. Куршская коса. История образования // <https://39gidov.ru/kurshskaya-kosa-istoria-obrazovania> (дата обращения 24.04.2019)

17. Куршская коса, национальный парк // <http://www.zapoved.ru/catalog/characteristics> (дата обращения 28.02.2019)

18. Легенды Куршской косы // <https://alrina.livejournal.com/93695.html> (дата обращения 28.06.2019)

19. Лыков Е. Л., Нигматуллин И. Ч., И. Н. Лысанский. Новые данные о встречах пестроносой крачки *Thalasseus sandvicensis* в Калининградской области // Русский орнитологический журнал - 2006, Том 15, Экспресс-выпуск 322. – С. 601-603

20. Лыков Е.Л. Сравнительные аспекты фауны гнездящихся птиц Калининграда и других городов Европы // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Вып. 7: Сер. Естественные науки. – Калининград, 2012. – С. 59-66.

21. Лыков Е.Л. К вопросу о формировании городских популяций птиц в Палеарктике // XIV Международная орнитологическая конференция Северной Евразии. I. Тезисы. – Алматы, 2015. – С. 312-313.

22. Лыков Е.Л. Гнездование обыкновенной пустельги в городах Палеарктики: краткий обзор // Хищные птицы Северной Евразии. Проблемы и адаптации в современных условиях: Материалы VII Международной конференции Рабочей группы по соколообразным и совам Северной Евразии, г. Сочи, 19-24 сентября 2016 г. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2016. – С. 333-337.

23. Песчаная катастрофа // https://vuzlit.ru/1401513/peschanaya_katastrofa (дата обращения 24.11.2018)

24. Полунина Ю.Ю. Глазунова А.А. Зоопланктон прибрежной зоны Куршского залива в 2011 году // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. научных статей. Вып.8 / сост. И.П. Жуковская. Калининград: БФУ им. И. Канта, 2012. С. 106-115.

25. Полунина Ю.Ю. Стратегия размножения чужеродной понто-каспийской кладоцеры *Sergoargis pengoi* (Ostroumov, 1891) в условиях Балтийского моря (на примере Вислинского залива) // Онтогенез, 2014, том 45, № 5, с. 341–348.

26. Полунина Ю.Ю., Матвий, С.Г. Зоопланктон в прибрежных водах Калининградского взморья (Балтийское море) // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна (проект подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» федеральной целевой программы

«Мировой океан»). Вып. 2. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2007. с. 460-469.

27. Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка "Куршская коса" [Текст]: сборник научных статей / Национальный парк "Куршская коса"; [сост. О. В. Рыльков, И. П. Жуковская] Вып. 6 - Калининград: Изд-во Российского гос. ун-та им. И. Канта, 2008 - 233 с.: табл., цв. ил.

28. Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка "Куршская коса". Сборник научных статей. Составитель И.П. Жуковская. - Том. Выпуск 13 – Калининград, 2017. – 195 с.

29. Рыльков О.В., Майорова Ю.А., Жуковская И.П., Калина А.А. Куршская коса в аспекте морского наследия // Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России: сборник материалов всероссийской научно-практической юбилейной конференции, посвященной 30-летию национального парка «Куршская коса» / сост. И. П. Жуковская. — Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. — 136 с. – С. 88-97.

30. Смирнова М.М. Осенний бактериопланктон прибрежной части Куршского залива в районе музейного комплекса национального парка «Куршская коса» // Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России: сборник материалов всероссийской научно-практической юбилейной конференции, посвященной 30-летию национального парка «Куршская коса» / сост. И. П. Жуковская. — Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. — 136 с. ISBN 978-5-9971-0463-4. – С. 98-104.

31. Соколов Л.В. Климат в жизни растений и животных. - С-Пб.: «Тесса», 2010. - 343 с.

32. Соколов Л.В. Почему перелетные птицы возвращаются домой. Изд-во «Наука», - М., 1991. - 173 с.

33. Соколов Л.В. Филопатрия и дисперсия птиц. Труды Зоологического ин-та. Т. 230. - Санкт-Петербург, 1991. - 232 с.

34. Солнцев Н.А. Итоги и очередные задачи советского ландшафтоведения. // Вопросы географии, сб.16, - 1949 - 216 с.

35. Стонт Ж.И., Гушин О.А. Некоторые итоги метеорологического мониторинга на территории национального парка «Куршская коса» // Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России: сборник материалов всероссийской научно-практической юбилейной конференции, посвященной 30-летию национального парка «Куршская коса» / сост. И. П. Жуковская. — Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. — 136 с. – С. 112-119.

36. Тарвидас С., Басаликас А., Ростовцев М. Советский Союз. Литва. – М.: Мысль, 1967.

37. Харин Г.С., Жуковская И.П. Типы осадков и разрезов верхнечетвертичного чехла и геологическая устойчивость Куршской косы (Балтийское море) // Литология и полезные ископаемые. – 2013. - №3. - С. 215–233

38. Цыбалёва Г.А., Кузьмин С.Ю., Авдеева Е.В. Характеристика зоопланктона западного побережья Куршской косы в районах антропогенного воздействия // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сборник научных статей. Вып. 14 / сост. И.П. Жуковская. — Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2018. — 163 с. С. 49-57.

39. Часть 5. Куршская коса (Neringa) // <https://aspmaster.livejournal.com/102234.html> (дата обращения 24.06.2019)

40. Чурин Д.А., Рыльков О.В. Изменчивость уровня Куршского залива в районе музея НП «Куршская коса» по данным автономного мареографа и модельным расчетам // Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия

и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России: сборник материалов всероссийской научно-практической юбилейной конференции, посвященной 30-летию национального парка «Куршская коса» / сост. И. П. Жуковская. — Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. — 136 с. — С. 120-127.

41. Шаплыгина Т.В., Волкова И.И. Геоэкологические аспекты рекреационного природопользования в национальном парке «Куршская коса» // Проблемы природопользования, сохранения биоразнообразия и культурного наследия на особо охраняемых природных территориях России: сборник материалов всероссийской научно-практической юбилейной конференции, посвященной 30-летию национального парка «Куршская коса» / сост. И. П. Жуковская. — Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2017. — 136 с. — С. 128-134.

42. Этапы формирования Куршской косы // https://studbooks.net/607186/turizm/kulturno_istoricheskie_factory (дата обращения 24.02.2019)

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ

Petrunka G.M.

Lviv National University named after Ivan Franko

LITHOLOGICAL-GEOCHEMICAL PREREQUISITES OF THE STRATIFORM DISTRIBUTION OF OIL

Петруняк Г.М.

Львівський національний університет імені Івана Франка

ЛІТОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТРАТИФОРМНОГО РОЗПОДІЛУ НАФТИ

Summary: In the geochemical evolution of lithogenesis in the Carpathian mountain structure, long processes of enrichment of the Lower Cretaceous and oligocene deposits of organogenic matter are distinguished.

In the stratigraphic section of the sedimentary layer, red-colored horizons are highlighted, reflecting changes in tectonic-sedimentation cycles and accommodating fauna with luminescent hydrocarbons. In addition, they differ in the variety of sedimentogenic mineral formation controlled by the position of the redox Eh0 boundary in the sediment.

The stratiform distribution of oil in Eocene clays and hydrocarbons in the siliceous marl horizon of the Oligocene has regional character and was determined by the geochemical variability of lithogenesis under conditions of complex interaction of paleogeomorphic, paleotectonic, paleoseismic and paleohydrodynamic formation.

Анотация: В геохимичной эволюции литогенезу в горской споруді Карпат виділяються тривалі процеси збагачення органічною речовиною відкладів нижньої крейди і олігоцену.

В стратиграфічному розрізі осадової товщі виділяються строкатоколірні горизонти які відображають зміну тектоно-седиментаційних циклів і вміщують фауну з люмінесцентними вуглеводнями. Крім того вони вирізняються різноманітністю седиментогенного мінералоутворення контрольованого положенням окисно-відновної Eh0 межі в осадку.

Стратиформний розподіл нафти в еоценових глинах і вуглеводнів у кремнисто-мергелястому горизонті олігоцену має регіональний характер і визначався геохімічною мінливістю літогенезу в умовах складної взаємодії палеогеоморфологічних, палеотектонічних, палеосейсмічних і палеогідродинамічних чинників початкової стадії горотворення.

Keywords: lithogenesis, redox potential, oil, hydrocarbons, metasomatism.

Ключові слова: літогенез, окисно-відновний потенціал, нафта, вуглеводні, метасоматоз.

Постановка проблеми. Стратиформний розподіл вуглеводнів і нафти в автохтонних і алохтонних утвореннях Українських Карпат [1, 2, 3] не може залишатись у вигляді звичайної констатації факту. В нафтогазоносних провінціях світу таке природне явище не рідкість і, на наше переконання, потребує деталізації з позицій геохімічної еволюції седиментогенезу та літогенетичних перетворень [4, 5].

До визначення фізико-хімічних параметрів геохімічної обстановки седиментогенезу наближують нас строкатоколірні горизонти крейдово-неогенової товщі і кремнисто-мергелясті відклади менілітової світи олігоцену Карпат. Їхнє формування відображає зміну тектоно-седиментаційного режиму осадконагромадження товщі. Крім того, ці утворення найповніше відображають палеогеографічну і палеокліматичну обстановку гідродинамічного режиму в системі області живлення – басейн (трог) седиментації.

Такий зв'язок виразніше простежується на стратиграфічних межах між шипотською (K_{1sp}) і яловецькою (K_{2jl}); стрийською (K_{2sr}) і яменською (P_{1jm}); вигодсько-пасічнянською (P_{2vp}) і бистрицькою (P_{2bs}) світами.

На підставі палеонтологічного визначення віку осадової товщі і її реальної товщини допускається, що середня швидкість нагромадження осадків знаходилась в межах 0,4 – 6,0 см за 1000 років. Проте в розрізі осадової товщі спостерігаються епізоди стратиграфічної і кутової незгідності, а в строкатих горизонтах міститься достатня кількість глауконіту придатного для встановлення абсолютного віку порід.

Для осадового комплексу Карпат існує пробіл тому, що в цьому відношенні геохронологічні показники визначені тільки для метаморфічних комплексів Чивчинсько-Рахівського кристалічного виступу та порід Східно-Європейської платформи дещо віддалених від Передкарпатського прогину [6].

На протязі геохімічної еволюції нагромадження осадової товщі в Карпатах виділяються два крупні періоди значного збагачення відкладів органічною речовиною C_{org} в нижній крейді і олігоцені [7, 8, 9, 10, 11]. За асоціаціями аутигенних мінералів осадових комплексів виділяють геохімічні фації і геохімічну обстановку мінералоутворення (Eh, pH) відтворюють за теоретично обґрунтованими діаграмами мінеральної рівноваги [12].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. В природних об'єктах геохімічна обстановка мінералоутворення породного середовища визначається багатьма фізико-хімічними чинниками, які при незначному зміщенні рівноваги визначають утворення несподіваних мінералів, їх заміщення або розпаду [13]. На цю обставину вперше звернули увагу М.Ф. Стащук і С.К. Кропачова [14] при дослідженні рідкісного явища природи – метасоматозу піриту по сірці.

Наявність органічної речовини C_{org} в осадку визначає відновлення Fe^{+3} до двовалентного стану Fe^{+2} . З проникненням складових нафти у червоноколірні породи відновлення заліза не відбувається тобто вуглеводні проявляють себе як геохімічна інертна субстанція, але яка при утворенні мінералів проявляє себе поверхнево активна речовина.

В стабільних і динамічно активних геоструктурах процеси осадко нагромадження підпорядковані закономірностям періодичності і направленості еволюційного розвитку геологічних процесів. Наступні літологічні перетворення визначаються тільки мінливістю геохімічного середовища в стадіях діагенезу, катагенезу та гіпергенезу.

Стан вивченості та мета статті. Стан досконалої вивченості Карпатської нафтогазоносною провінції постійно відповідав вимогам тенденцій розвитку геологічних наук на світовому рівні. Ось чому на досягнутій основі наукових досліджень в своїх побудовах важливе значення надаємо одиничному мінералу чи тонкому проверстку осадкової товщі.

До цього зобов'язують встановлені нами факти стратиформного розподілу нафти в еоценових глинах, вуглеводнів у кремнисто-мергелястому горизонті менілітової світи олігоцену і гіпсовій формації неогену Волино-Подільської плити та в фауністичних рештках Карпат і Східно-Європейської платформи [15].

Відправним об'єктом розгляду геохімічних досліджень нами обрано безперервні розрізи світ в структурах Покутських Карпат межиріччя Черемош – Лючка, в яких відтворені всі складнощі фаціально-формаційних утворень по простяганню і латералі.

Зауважимо, що традиційно геохімію осадових комплексів розглядають на основі системно згрупованих десятків тисяч даних спектральних аналізів літологічних відмін обраного стратиграфічного розрізу. В основі своїх побудов на чільне місце ставимо мінерал, органічну речовину C_{org} , вуглеводні та нафту.

Верхній еоценовий час відзначається контрастною зміною геохімічної обстановки літогенезу пов'язаною з формуванням відкладів бистрицької світи зі строкатим горизонтом в основі.

Літолого-геохімічні перетворення в цих відкладах визначались положенням окисно-відновної поверхні Eh^0 в осадку, біля якої утримувалась рівновага $2H^+ + 2e^- = H_2^0$. З кори вивітрювання в області живлення в басейн седиментації поступав матеріал, значно збагачений сполуками трьохвалентного заліза Fe^{+3} , яке є основним хромофором червоно забарвлених проверстків.

Зміна первісного забарвлення породи і аутигенні мінерали ритмів відображають геохімічну обстановку літогенезу. Тільки лише одна зміна забарвлення яшм і яшмовидних порід від зеленого або чорного в сторону червоного кольору розглядається як важливий критерій окисно-відновних процесів в намулі [16, с. 334].

Відклади бистрицької світи контрастно відрізняються від порід основи з появою перших червоних проверстків глин. Почергова зміна червоного і зеленуватого забарвлення в ритмах формує утворення відоме під назвою строкатого горизонту (рис. 1)



Рис. 1. Строкатий горизонт в основі бистрицької світи. Село Шешори по р. Пістинька

В повному об'ємі вони відображають зміну трансгресивно-регресивних умов і геохімічну взаємодію системи басейн седиментації – провінція живлення, яка відзначалась значним розвитком потужної кори вивітрювання визначеної палеокліматологічними чинниками.

Ритми строкатого горизонту складаються з двох компонентів. Перший елемент ритму – форамініферовий пісковик; другий – глини. Проте, зі сторони перекриваючих форамініферових пісковиків в покрівлі червоних глин відбувається відновлення Fe^{+3} і червоне забарвлення частково заміщується на зеленувато-сіре.

Вверх по розрізу помітно зростає товщина ритмів, забарвлені на червоно проверстки поступово тоншають і безслідно зникають до верху, що пояснюється підняттям межі окисно-відновного середовища Eh^0 з донного осаду у водяний стовп басейну седиментації.

Як правило, низ першого елементу ритму настільки збагачений акцесорними мінералами, що утворює природний шліх. Окремі проби відзначаються високим вмістом циркону.

Циркон розвинений по всьому розрізу з рівномірним розподілом в літологічних відмінах. Кристали його видовжено-призматичного і стовбчатого габітусу. Іноді з пірамідальними закінченнями з чіткою зональною будовою. Забарвлення – бурувате до жовтого. Вверх по розрізу зростає ступінь окатаності його зерен. За типоморфними ознаками, очевидно, циркон вулканогенного походження. Дослідження його кристаломорфогії в неогенових відкладах підтверджує висновок про те, що залишаються невідомими його корінні джерела [17].

Гранат складає 5% важкої фракції і розвинений в нижній частині досліджуваного розрізу. Має кутасті форми, тріщинуватий, з голчастими непрозорими включеннями. Розмір зерен 0,01-0,25 мм. Часто для зерен гранату характерна черепична і шиповидна поверхня, яка пояснюється їхньою регенерацією в осадових комплексах. Зерна безбарвні, іноді рожеваті, показник заломлення $n=1,810 \pm 0,005$, який відповідає анальдиму.

Сфен буруватий, при схрещених ніколях золотистого інтерференційного забарвлення. Зустрічається у вигляді кристалів неправильних конвертоподібних форм виключно в строкатому горизонті.

Турмалін жовтавий і брудно-зелений у вигляді призматичних кристалів та їх уламків з характерною тріщинуватістю по спайності $\{0001\}$, розміром до 0,2 мм. Плеохроїзм від темно-зеленого по Ng до жовто-зеленого по Nr. У важких фракціях його вміст досягає 45%.

Біотит. Рідкісний плеохроїчний мінерал, ізометричної форми з обірваними іноді розщепленими краями.

В стратиграфічному розрізі світи розподіл акцесорних мінералів нерівномірний. В проверстках пісковиків строкатого горизонту їхній вміст складає природний шліх, а вверху по розрізу

акцесорні мінерали поступово зникають з ознаками значної окатаності.

Алотигенні мінерали представлені постійно присутнім кварцом, вміст якого по вертикалі спадає від 22 до 10%. Зерна кварцу прозорі, безбарвні, рідше молочно-білого або буруватого кольору, кутасті. Розмірність у глинах – алевроит-пелітова, а в пісковиках іноді досягає 1 мм значної окатаності. В складці Брусного по р. Рибниці проверстки пісковиків (до 12 см) складені заокругленими крупними зернами кварцу на базальним халцедон-опаловому цементі з вмістом вуглеводнів з помаранчево-жовтою люмінесценцією Їх подібна присутність виявлена в опаловому цементі проверстків складених жорсткою кристалічних порід (р.Рибниця, с. Соколівка).

Плагіоклази олігоклазового і андезинового складу переважно приурочені до верхів строкатого горизонту. Зерна кутасті слабо обкатані утворюють двійники, інколи з вrostками хлориту.

Мусковіт поширений мінерал легкої фракції. нашарування Лусочки його безбарвні, ізометричні і знаходяться в постійній асоціації зі значно розвиненим серицитом.

Аутигенні мінерали відображають більш ширше фізико-хімічну обстановку геохімічних умов мінералоутворення в стадію діагенезу, катагенезу та гіпергенезу.

Халцедон є цікавим аутигенним утворенням глин, пісковиків, мергелів, карбонатних конкрецій та привнесених коралів з мікроскопічними наростами колоній серпулітів. За станом кристалізації розрізняються:

1. Агрегати халцедону розмірністю $< 0,25$ мм карбонатних конкрецій.
2. Віялоподібні агрегати $> 0,1$ мм глин і пісковиків нижньої частини розрізу.
3. Облямівки крупнокристалічного халцедону навколо уламків кристалічних вапняків.
4. У вигляді форамініфер з чітким хвилястим погасанням (кварцин), що локалізуються виключно у червоних глинах тобто вище окисно-відновної межі в осадку.

В окремих випадках корали і фрагменти ракоподібних заміщені халцедоном в асоціації і всі вони поточені камнеточцями, хооди яких виповнені катагенетичним глауконітом (р. Лючка, с. Люча)

Опал розвинений у вигляді базального і плівкового цементу в гравелітах, окремих проверстках пісковиків і пластах нафтоносних глин в покрівлі бистрицької світи [2].

Глауконіт є значно поширеним аутигенним мінералом трав'янисто-зеленого і чорно-зеленого забарвлення. Утворює зернисті агрегати овальної форми (0,1 – 1,4 мм). При схрещених ніколях тонкої агрегатної будови. Глауконіт часто заміщує форамініфери. В окремих випадках внутрішній простір глауконіту виповнений самородною міддю [13].

Фосфатні мінерали представлені колофаном і Cl-апатитом від темно-коричневого до буруватого забарвлення, які розрізняються між собою

аморфною і тонковолокнистою будовою. Звично вони заповнюють дрібненькі зуби риб, а іноді зустрічаються у вигляді незначних згустків у карбонатному цементі форамініферових вапняків. В підшві базового пісковика (с. Делятин по р. Прут) фторapatит і колофан виступають у вигляді згустового і плівкового цементу [2].

В низах строкатого горизонту в проверстках форамініфери складені сферолітами арагоніту. Вище їхні черепашки перекристалізовані в пелітоморфному карбонатно-глинистому цементі.

Прольокулом окремих форамініфер заповнений баритом або халькозином. Різноманітний стан заміщень форамініфер манганокальцитом, родохрозитом, мідистим глауконітом, а в червонх глинах кварцином свідчить, що мінеральні відтворення обумовлене дифузією атомів елементів в геохімічному середовищі. Окремі форамініфери містять у собі люмінесцентні вуглеводні.

Обговорення результатів. Формаційно-генетичний аналіз відкладів бистрицької світи проводиться нами на базі даних з літології, мінералогії і геохімії [13] та особистих досліджень. Карбонатна складова представлена манганокальцитом, родохрозитом, олігонітом, сидеритом. Вилучені нерозчинні рештки псамітового і алевроитового матеріалу складені агрегатами хлориту, халцедону, уламками кварцу, середніми плагіоклазами, глауконітом та акцесорними мінералами.

Мікрофаціальні зміни в елементах ритмів виражені раптовою появою чи зникненням гравійного матеріалу метаморфічних порід. Червоні глини – не карбонатні. Очевидно такі

утворення виникали внаслідок ламінарних придонних течій і часто викликали східчастий розмив глинистих відкладів. З теригенної провінції з глинистим матеріалом поступали органічні решки, які розкладаючись в осадку разом з рослинами дна, створювали відновне середовище з підвищеним вмістом CO₂.

Часто перший елемент ритму непомірно збагачений досконало окатаним гравієм екзотичних порід – штрамбергського вапняку, філітових сланців, кварцу, уламками мінералізованих міддю порід.

В с. Шешори в верх по розрізу помітно змінюється літологічний склад ритмів. В першому елементі ритму гравеліти відсутні, а пісковики, алевроліти, мергелі стають другорядними, а їхнє місце займають карбонатні мангановмісні конкреції, збагачені в підшві кластичним матеріалом.

Літологічні відміни з прямим типом фракційного розподілу кластичного матеріалу. В проверстках зеленувато-сірих глин з пенсиметричним і симетричним. Зазначимо, що вміст магнію Mg в верх по розрізу помітно зростає.

Динаміка вод басейну седиментації визначалась донними течіями перемінного напрямку, які спричинювали розмив у вигляді сходинок. Течії північно-західного напрямку заповнювали ці уступи, заповнені гравійним матеріалом метаморфічних порід.

Поверхні нашарування відображають напрям донних течій, як це спостерігається навколо підковоподібної заглибини, залишеної організмом в глинистому осаді з наступним замуленням (рис.2).



Рис.2. Барельєфний відлив заглиблення залишений живим організмом. (Урочище Пилипа, с. Старі Куту)

В породах строкатого горизонту виявлені спікули губок, а на поверхнях нашарування сліди кріплення губок до субстрату, що вказує на малу глибину басейну седиментації.

Співвідношення Ca/Mg в проверстках по розрізу міняється в такій послідовності 50, 2, 30, 8, 70, 10 і т.д. Доведено, що зростання співвідношення між цими елементами свідчить про поступове віддалення осаду від берегової лінії.

Утворення карбонатів мангану і заліза відбувалось в діагенетичну стадію, коли осадок був ізольований від придонної води басейну. Визначення стабільних ізотопів вуглецю (C^{12} і C^{13}) показало, що вони значно різняться від ізотопного складу карбонатів морського походження. Карбонати манганових конкрецій і проверстків збагачені легким ядром вуглецю (C^{12}), $\delta\text{C}^{13} = -0,7\%$, а в морських - δC^{12} коливається від $-0,2$ до $+0,2\%$.

Геохімічна обстановка літифікації товщі в присутності органогенних речовин $\text{C}_{\text{орг}}$ визначалась фізико-хімічними параметрами Eh , pH , pCO_2 , μ в окреслених глибин формування в умовах гідростатичного тиску P і температури середовища T . Діагенетична стадія супроводжувалась дегідратацією відкладів. В кожному відокремленому першому елементі ритму відбувалось перегрупування карбонатів Ca , Fe , Mn , Mg й їхніх ізоморфних сумішей. В другому червоноколірному елементі ритмі в ділянках, збагачених органогенною речовиною $\text{C}_{\text{орг}}$, створювалось відновне середовище, в якому відбувалось відновлення Fe^{+3} гідрогетиту до карбонатних мінеральних форм Fe^{+2} . Це зумовило плямисте забарвлення в проверстках..

Різнозабарвлені глини строкатих горизонтів розбухають і легко відмучуються від кластичного матеріалу і мікрофауни, містять сполуки вуглецю органогенного походження. Покрівля в ділянці переходу до горизонту бориславського пісковика містить пласти глин, насичених нафтою. Присутність органічної речовини у глинах зумовлює появу екзопіку на кривих диференціального нагрівання біля 300°C .

Важливе значення надається діагностиці привнесеної органічної речовини в системі водні артерії - басейн седиментації. В процесі формування товщі бистрицької світи спостерігається малопомітне поступлення органічної речовини з області живлення. Проте, присутність її в осадку значно впливала на геохімічне середовище мінеральних перетворень.

Зміну окисно-відновного потенціалу Eh в діагенетичну стадію літогенезу розглядають в зв'язку з мінералами-індикаторами, за

парагенезисом яких виділяють ряд геохімічних фацій [14, 16]. Застосування водних витяжок з порід для визначення окисно-відновного потенціалу Eh первісного стану осаду не придатне, і призводить до спотворення результатів аналізів у рівняння Ернста. Це також викликає протиріччя між обчисленим і реальною заміряним окисно-відновним потенціалом.

Принципове значення мають фізико-хімічні показники геохімічної обстановки мінералоутворення в сучасному намулі Світового океану, хоча умови формування строкатих горизонтів стратиграфічного розрізу Карпат за рядом ознак не можуть порівнюватися.

Наприклад, в Індійському океані в зоні глобегерінового намулу pH в межах 7,15 7,30 і $\text{Eh} +148 - 167\text{мВ}$. В зоні глибоководних, абсолютно однорідних червоних глин встановлено, що до глибини 20 см $\text{pH} = 7,25 - 7,15$ і $\text{Eh} = +65 - +115\text{мВ}$. На глибині понад 2 м від поверхні намулу $\text{pH} = 6,6 - 6,8$ і $\text{Eh} = -52 - -30\text{мВ}$. Ще глибше pH продовжує знижуватись, а Eh зростає до $+15\text{мВ}$. В зонах розвитку глинисто-фораменіферового намулу з колонки довжиною 13 м здійснено 20 замірів pH і Eh . Верхні 20 см представлені буровато-червоним намулом, а нижче голубовато-сірі намули. Верхній горизонт мав $\text{pH} 7$ і $\text{Eh} +205\text{мВ}$. На 20 см нижче спостерігалось збільшення pH до $7,6 - 7,8$ і Eh до $+440 (+470)\text{мВ}$. Дані мінеральних асоціацій, що знаходяться в рівноважному стані з намулом не наводяться [18, 19].

Червоноколірні глини (намул) океанічного дна містять цеоліти, фосфати, манганові конкреції з вмістом нікелю Ni , кобальту Co . Тому, вищенаведені дані (pH і Eh), непрямим чином наближують нас до окресленішого визначення стану геохімічного середовища.

На сучасному етапі розглядається роль давньої нафти в докембрійських уранових покладах. При цьому порівнюються дані ізотопного складу вуглецю Балтійського щита $\delta^{13}\text{C} -23\%$ до -42% і Вітватерсранду $\delta^{13}\text{C} -23,6\%$ до $-39,2\%$. [20].

Нами відтворюється геохімічна еволюція літогенезу, яка передувала стратиформному розподілу нафти та вуглеводнів у стратиграфічному розрізі бистрицької світи, бориславському «пісковіку» та кремністо-мергелястому горизонті менілітової світи [2].

В покрівлі глинистих відкладів еоцену розвинені проверстки і пласти насичених нафтою глин (0,1 – 0,3м), формування яких підпорядковане загальному процесу нагромадження осадків глинистих фацій. Ця обставина ускладнює пояснення джерела нафти в породі цементі насиченого нафтою (рис. 3).

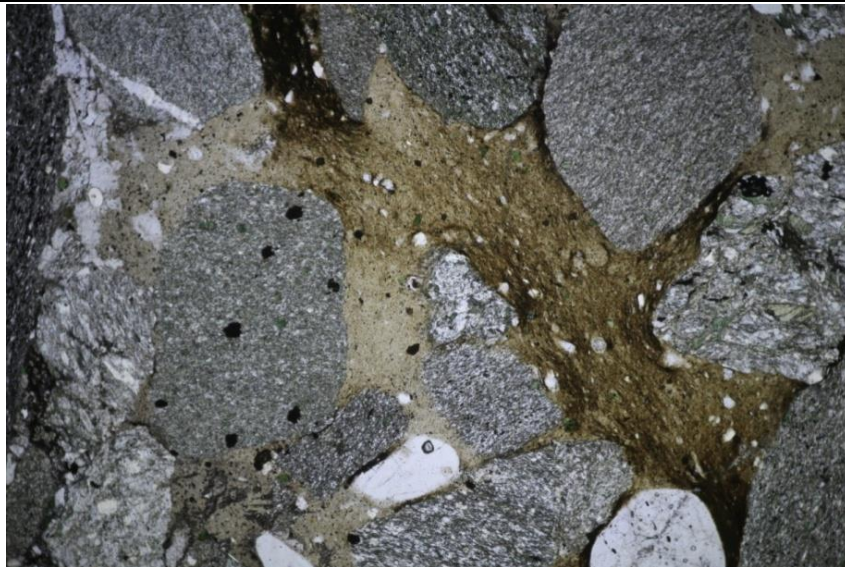


Рис.3. Гравеліт з опаловим цементом, згусток якого містить смугасті виділення нафти. Шліф збільш. 18 разів. (с. Соколівка, складка Карматура).

Гравеліти складені окатаними уламками кварц-мусковітових, кварц-хлоритових, філітових сланців, кварцитом на опаловому цементі з псамітовою фракцією кутастих уламків кварцу і рідше плагіоклазу. Січні прожилки кальциту в ділянках перетину з опаловим цементом

утворюють брудно-коричневу масу з високими кольорами інтерференції.

Інколи глини вміщують проверстки алевролітів (1-4 см) з типовою текстурою скаламучення (рис.4).



Рис. 4. Поверхня насиченого нафтою алевроліту з текстурою скаламучення. (р. Лючка, с. Люча).

Детальним обстеженням виявлено, що проверстки і пласти насичених нафтою глин займають зближене положення в стратиграфічному розрізі без чіткого визначення в катенаді фаціальних змін по вертикалі і латералі. Відносно подібних глин відкривається важлива деталь група Грозненських нафтових покладів Теодорович

По ріках Волиця (с.Черганівка) і Рибниця (с.Соколівка) нафтонасичені глини охоплюють значну частину стратиграфічного інтервалу (до 40 м) у верхах бистрицької світи.

По р. Прут (сmt.Делятин) окремі проверстки нафтонасичених аргілітів (30-40 см) в покрівлі прикриті проверстками рожево-білого монтморилоніту (1-2 см), де в повноті відкриваються нашарування порід до базового пісковика (5м) в перекинутому заляганні. Він складений кутастих уламками кварцу, глауконітом, поодинокими зернами турмаліну на плівковому, глинисто-карбонатному, а в підшві колофановим і СІ-апатитовим згустковим цементом. Часто цей пласт розшарований поверхнями конседиментаційного розмиву (рис. 5).



Рис. 5. Фрагмент чергування порід між монтморилонізованими туфами і пластом базового пісковика (р. Прут, смт Деятин)

Монтморилонітові глини відслонені вна лівому березі р. Прут з видимою потужністю до 40м. Глини світло-сірі, тонкошаруваті, не карбонатні, мозаїчної структури і містять розсіяні кутасті уламки змінених плагіоклазів № 70, з одиничними зернами глауконіту, епідоту і реліктів заміщених піроксенів. Насичення етилен-гліколем монтморилонітового компоненту зумовлює збільшення міжплощинної відстані між пакетами від 1,5 нм до 1,7 нм.

По чітко вираженій мікрошаруватості породи вирізняються смужки темнішого забарвлення від збагачення детритом фосфатизованих скелетів риб і спікул губок. Цей потужний горизонт туфів нами описано вперше.

В інших розрізах цього стратиграфічного рівня глини сірі до темно-сірих, аргілітоподібні, з основною тонко розкристалізованою масою

гідролюд іліт-монтморилонітового складу, з розсіяними, не відсортованими кутастими уламками кварцу, зміненими плагіоклазами і вулканічним склом, лейстами мусковіту, глауконіту, рідкісними зернами хлоритоїду, фосфатів, що складають алевритову фракцію (15%). В шліфах глин спостерігається згущення перегрупованого кластичного матеріалу.

Базовий пісковик (0-5 м) залягає на межі еоценових і олігоценових відкладів в основі горизонту «бориславського пісковика» і привертає увагу своїми текстурними особливостями внутрішньої будови і поверхні підшви. В переважній більшості відслонень пісковик сірого кольору, глауконіт-кварцовий, горизонтально- і косошаруватий, розділений поверхнями конседиментаційних розмивів з уламками глин (рис.6 а, б).



Рис. 6а. Паралельна шарувата будова базового пісковика.



Рис. 6б. Включення уламків глин по поверхнях розшарування

В Береговій скибі пісковик сірий, різнозернистий, псамітової структури. Цемент глинистий, плівочний і дотику. Іноді роль згусткового цементу виконує глауконіт, котрий в напрямі до підосви змінюється на базальний і згустковий цемент колофану та хлор-апатиту. Мінеральний склад: кварц, плагіоклаз, мікроклін, зерна кальциту, одиничні фораменіфери, фосфати, зуби риб, турмалін, циркон.

В складці Каменистого по р. Рибниця (м.Косів) лінза базового пісковика розбита на блоки з

тріщинами виповненими білим люмінесцентним кальцитом. В підосві пісковик пронизаний ходами намулоїда, стінки яких покриті плівками озокериту. При нагріванні пісковика на його пришліфованій поверхні виступають крапельки нафти.

В окремих тектонічних одиницях базовий пісковик метасоматично заміщений кварцом і халцедоном з збереженням первісних текстурних ознак та об'єму породи (рис. 7 а, б).



Рис. 7а. Підосва метасоматично заміщеного пісковика з збереженими ходами повзання нематод (гора Під Камнем, с. Старі Кути)



Рис. 7б. Дендровидні галузки затверділої нафти на сколовій поверхні окварцованого пісковика (там же)

Поверхні сколу часто покриті чорними галузками затверділої нафти (рис. 7 б), а в невеликих пустотах вистелених голчастими кристалами кварцу з її сфероїдальними затверділими згустками.

На схилах гори Під Камінь (с. Старі Кути) в вимойнах, скельних виступах, в бортах лісових доріг на контакті цього пісковика з підстильними глинами не виявлено жодних наслідків змін. Глини легко відмучуються і зберігають в загальному свій попередній стан. І тільки вище по розрізу в напрямі до кремне-мергелястого горизонту менілітової свти в пластах пісковиків проявляються згусткові виділення затверділої нафти. При цьому кластичний кварц пісковика повсюдно регенерований і покритий мікроскопічними гранями ромбоєдра.

Висновки. Вперше кварцитоподібні пісковики описані на Бориславському родовищі нафти [21]. Згодом їх виявили в керні порід нафтового родовища Долини, де вони описані як пісковики і алевроліти з регенераційним кварцовим і халцедоновим цементом дотику і розглядаються як геологічні тіла з значно погіршеними колекторськими властивостями [22].

Розвиток таких тіл спостерігається по літералі у вигляді «болідоподібних» ділянок суцільного метасоматичного заміщення визначеного симетрією елізійного гідродинамічного режиму за такої геохімічної обстановки, коли іони Ca^{+2} і присутні вуглеводні визначали рухливість $[\text{SiO}_4]^{-4}$ та кристалізацію кварцу.

На флангах від таких тіл в пластах порід спостерігається ознаки внутрішньої деформації первинної текстури порід, очевидно, викликаній циркуляцією розчинів в частково затверділій поріді.

Горизонт важливого в промислову відношенні бориславського «пісковика» є поліфаціальним утворенням, що передувало новому тектоно-седиментаційному циклу якісного і кількісного нагромадження менілітових сланців з кремнисто-мергелястим горизонтом в основі [2]

Звично, за парагенетичними асоціаціями мінералів в осадових комплексах виділяють геохімічні фації і визначають геохімічну обстановку мінералоутворення (Eh, pH) у відповідності до теоретично обґрунтованих діаграмами мінеральної еквілібрії. Проте геохімічна обстановка мінералоутворення в сомі породного середовища визначається багатьма фізико-хімічними чинниками,

З моменту формування бориславського горизонту в окремих ділянках в базового пісковика спостерігається його метасоматичне заміщення визначене симетрією елізійного гідродинамічного режиму за такої геохімічної обстановки, коли іони Ca^{+2} в присутності нафти і органічної речовини впливали на рухливість $[\text{SiO}_4]^{-4}$ та кристалізацію халцедону і кварцу.

В період формування стратиформного розподілу нафти в еоценових глинах і регіональної присутності вуглеводнів у відкладах кремнисто-мергелястого горизонту мінливість геохімічної

обстановки літогенезу визначалась складною взаємодією палеогеоморфологічних, палеотектонічних, палеосейсмічних і палеогідродинамічних чинників, пов'язаних з першими проявами ознак горотворення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петруняк Г. М. Угледородно-минеральный метасоматоз Украинских Карпат / Петруняк Г. М. // Вопросы естествознания. – Иркутск, 2016. – Вып. 1(9). – С. 60-69.
2. Петруняк Г.М. Головні критерії нафтоносності "бориславського пісковика" / Г.М. Петруняк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2016.-№2. – С. 7-16.
3. Петруняк Г.М. Просторова локалізація і генезис алохтонних карбонатних стяжін у відкладах олігоцену Карпат / Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. – Одеса ОНУ, 2017. Т. 22, вип. 1(30). – С. 185-198.
4. Периодические процессы в геологии / под ред. Н.В.Логвиненко. - Л.: Недра. – 1976. – 264 с.
5. Страхов Н.С. Основы теории литогенеза / М.: Изд АН СССР. - Т.І. – 1960. – 212 с.
6. Семененко Н.П. Геохронология юго-западного края Восточно-Европейской платформы // В кн.: Геология Советских Карпат. / Сб. науч. Тр – К.: Наукова думка. – 1984. - С.172-177.
7. Вульчин Є.І. Геохімія мікроелементів у каустобіолітах Західних областей України. – К.: Наукова Думка. – 1974. – 111 с.
8. Вульчин Є.І. 1975. Вульчин Е.И. Состояние и проблемы геохимии ископаемого органического вещества. / В кн.: Современные проблемы геологии и геохимии нефти и газа. / К.: Наукова думка. – 1977. – С 63-69.
9. Попп І. Аутигенне мінералоутворення в бітумінозних скрементілих відкладах нижньої крейди й олігоцену Українських Карпат / І. Попп. // Мінералогічний збірник. – 2007. – №57. – С. 108–115.
10. Петруняк Г.М Вуглеводні та геохімія мінеральних перетворень кремнезему в породах українських Карпат / Петруняк Г.М. // Мінералогічний збірник. – 2016. – № 66, вип. 1. - С. 142-151.
11. Петруняк Г.М. Розподіл органогенної речовини та вуглеводнів і метасоматичні перетворення в стратиграфічному розрізі Карпатської нафтогазоносною провінції / Геологія і геохімія горючих копалин / Львів, 2017.- № 1-2 (170-171) – С. 140-141..
12. Гаррелс Р. Минеральные равновесия при низких температурах и давлениях. М.: ИЛ. – 1962. – 306 с.
13. Петруняк М.Д. Мінерали міді й мангану в осадових породах Карпатського регіону. / Мінералогічний збірник. – № 59. – Вип. 2. – 2009. – 220 с.
14. Стащук М.Ф., Кропачева С.К. Метасоматоз сульфидов железа по гипсу. / В кн.: Материалы по минералогии, петрографии и геохимии осадочных пород и руд. – Вып 1. – К.:Наукова думка. – 1971. - С. 51 -55.
15. Петруняк Г.М. Вуглеводні та морфологія агрегатів і кристалічних індивідів / Записки Українського мінералогічного товариства Т.13, 2016 – С.88-92.
16. Теодорович Г.И. Учение об осадочных породах Л.: Гостоптехиздат. – 1958. – 572 с.
17. Петруняк Г., Бекеша С. Кристаломорфологічні особливості циркону з відкладів стебницької світи Передкарпаття / Петруняк Г.М., Бекеша С.М. // Десяті наукові читання імені академіка Євгена Лазаренка: матеріали / Відп. ред. О.Матковський. – ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 116 с.
18. Артемьев В.С. Геохимия органического вещества в системе река-море. М.:Наука, изд. РАН. – 1993. – 204 с.
19. История мирового океана. Геологическое строение, происхождение, развитие. М.:Наука. – 1971. – 288 с.
20. Mineeva I.G. Controls on Precambrian Uranium ore formation: The role of ancient oil (and evaporites?) in Mineral Deposit Reaseach: Meetintg the Global Challenge (eds Mao J & Berlein F.P.) Berlin, Springer Verlag. – PP. 299-302.
21. Bohdanowicz K., Jaskólski S. Przyczynek do znajomości piaskowca borysławskiego. Rocznik.Pol. Tow. Geol., t.3, 1928, Warszawa. – 83 p.
22. Рипун М.Б., Ткачук Л.Г. Про деякі автигенні мінералоутворення в нафтоносних відкладах Передкарпаття. Геол. журн. АН УРСР, т. XVIII, вип. 4, 1958.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Ryabtsov S. N.

*k.b.n., associate Professor of the Department of botany and Zoology,
"Orenburg state pedagogical University"*

HISTORY OF THE STUDY OF THE PYROGENIC FACTOR INFLUENCE ON FOREST AND STEPPE BIOCENOSES

Рябцов С.Н.

*к.б.н., доцент кафедры ботаники и зоологии,
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный педагогический университет»*

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА НА ЛЕСНЫЕ И СТЕПНЫЕ БИОЦЕНОЗЫ

Summary: the importance of the pyrogenic factor in the ecosystem. Analysis of the effect of increasing soil temperature on vegetation. Fires, usually deliberate, significantly increase the phytocenotic role of meadow-steppe and forest-steppe species. Spring burnout destroys the dry remains of last year, ensures the rapid development of plants. The fire does not cause the vegetation cover of the steppe catastrophic changes.

Аннотация: значимость пирогенного фактора в экосистемах. Анализ влияния увеличения температуры почвы на растительность. Пожары, обычно преднамеренные, заметно повышают фитоценотическую роль лугово-степных и лесостепных видов. Весеннее выгорание уничтожает сухие прошлогодние остатки, обеспечивает скорейшее развитие растений. Пожар не наносит растительному покрову степи катастрофических изменений.

Key words: *fire factor, revegetation, history of study, communities, environmental factors*

Ключевые слова: *пирогенный фактор, восстановление растительности, история изучения, биоценозы, факторы среды.*

Пожар – один из абиотических факторов среды, которому подвергаются все виды наземных экосистем. Кроме того, пожары растительных сообществ являются периодически действующими экологическим фактором, поддерживающим биоразнообразие сухих внутриконтинентальных экосистем (степей, лесостепей, прерий саванн и др.).

Значимость пирогенного фактора в экосистемах подтверждается значительным числом публикаций, посвященных изучению роли данного абиотического фактора в разных типах экосистем, в том числе в степях и лесостепях.

Среди зарубежных ученых, проблему роли пирогенного фактора изучали: Ю. Одум (1975), и другие. Юджин Одум отмечал, что прерии в Огайо, Индиане и Иллинойсе, которые ранее рассматривались как коренные экосистемы, оказались пирогенными климаксовыми. В Северной Америке много и других примеров того, как огонь становится одним из главных факторов существования экосистемы. По их мнению, изучение влияния палов и других факторов необходимо базировать на изучении динамики плотности побегов доминантных видов, потому как различия в биомассе травостоя определяются, во-первых, количеством побегов и лишь во вторую очередь – их размерами.

Длительные исследования, которые проводились в высокотравных прериях Северной Америки, показали, что частые палы приводят к увеличению обилия злаков, вегетирующих в теплый период года. Параллельно этому

происходит уменьшение обилия древесной растительности, разнотравья и злаков, вегетирующих в холодный сезон. Сообщества растений высокотравных прерий становятся более однородными в ответ на частые палы.[7]

Ученые Монгольского университета проводили анализ влияния увеличения температуры почвы на растительность Монгольских степей во время пожара. При пожаре температура поверхности почвы варьирует от 1020 до 3880С, а ниже поверхности почвы температура понижается. Уже на глубине 0,64см температура понижается до 60-800С. На высоте от 5 до 15 см над поверхностью почвы температура повышается очень быстро. Ученые считают, что температура напрямую зависит от скорости ветра и количества горючего материала.

По мнению ученых Монгольского университета Li Zhenghai, Bao Yajing, меньше всего от пожара страдают злаки, поскольку он дает слабый эффект на их смертность.

Для растительных тканей была установлена критическая температура, которая составила 600. Восстановление биомассы и роста растительности зависит от их жизненной формы и положения почки роста. [13]

Не менее интересны исследования ученых из США (Raison, 1979). По их мнению, от постпирогенных изменений в питательном составе почвы может зависеть отрастание растительности после пожара. Пионерные растения могут не зависеть от качества почвы, но в то же время определяться им. На примере родов *Artemisia*,

Elymus, Bromus, ученые из США изучали содержание химических элементов в конкретных видах. У всех отмечалось увеличение содержания кремния (SiO_2), сульфат ионов (SO_4) и ионов аммония (NH_4), на много больше, чем содержится данных веществ в почве.

Изучая природные пожары, коллектив американских ученых выяснили, что после пожаров на достаточно долгий период в почве происходит резкое увеличение содержания нитратов. В работе показано, что на территориях недавно охваченных огнем, заметно возрастает количество азотфиксирующих бактерий. Под «недавно» авторы подразумевали срок в 12 лет до проведения опытов. В регионах исследованных коллективом был отмечен существенный рост эффективности азотфиксации. Оставшиеся на поверхности земли после пожара, обуглившиеся растительные остатки, стимулируют один из ключевых этапов процессов азотфиксации, а именно превращение аммиака в нитрат. В исследовании анализировалась почва, полученная с территорий, где за последние девять-десять лет четыре года пожар полыхал 2-3 раза. Было установлено, что видовой набор бактерий в ней существенно меняется и приближается к набору, который обнаруживается в более продуктивных почвах, так что рост растений здесь происходит намного быстрее.[11]

Проблему роли пирогенного фактора изучали и российские ученые. По мнению Б.И.Дулеповой, важную роль в антропогенной динамике растительности играют весенние пожары или палы, которые периодически повторяются в сухие годы и захватывают большие площади. Под влиянием огня в сочетании с другими факторами изменяются конкурентные взаимоотношения между лесной и степной растительностью. Обычно постпирогенные степи формируются по периферии лесных массивов, о чем свидетельствуют следы пожаров на стволах деревьев. Типологический состав пирогенных степных сообществ послелесного происхождения определяется характером травяного покрова сгоревшего леса и составом соседних участков степей. В первые годы после пожара на наблюдаемом участке происходит своеобразный «взрыв» в развитии одно- и двулетников и корневищных видов. Многие из них были в составе травяного покрова сосняка до пожара, при незначительном обилии. Изменение экологических условий после уничтожения древесного полога, лесной подстилки и ветоши, повышенный доступ солнечных лучей, обогащение почвы легкорастворимыми зольными элементами, создает более благоприятные условия для развития малолетников – полыни болотной и метельчатой, мари остистой и куртинного разрастания корневищных видов – полыни пижмолистной и др. В последующие годы обилие одно и двулетников заметно понизилось. В результате семенного возобновления и вегетативного разрастания дерновин значительно повышается роль в травостое лапчатки скученной, астрагала

восходящего, полыни Гмелина, мятлика оттянутого и др. [1]

Весьма существенно влияние степных палов на заросли кустарников в западинах и на степные колки и дубравы. При пожарах первой половины лета, когда под деревьями и кустарниками сохраняется еще довольно много влаги, обеспечивающей развитие свежего травяного полога, огонь часто не проникает вглубь посадок, обходя их или затухая на опушках. Реже могут уничтожаться большинство трав подлеска, но взрослые деревья не страдают или мало страдают от огня, только обугливаясь снизу. Другое дело – молодые всходы дубов, осин и тополей, которые уничтожаются даже слабым огнем.

Иное наблюдается при поздних летних пожарах, возникающих после длительной засухи, при высушенном травостое. В этом случае, особенно при наличии больших количеств сухого валежника, пожар может привести к гибели насаждений. Правда, кустарники и деревья, дающие корневую поросль, могут восстановиться после пожара, что наблюдается во многих степных понижениях и некоторых осиновых колках, но на это требуется весьма долгое время [3]. Пожары, обычно преднамеренные, заметно повышают фитоценоотическую роль лугово-степных и лесостепных видов. При прекращении воздействия огня и сенокосения здесь довольно быстро размножаются кустарники, а в дальнейшем нередко восстанавливается лес. Несомненно, что естественные и искусственные пожары сыграли важную роль в становлении лесостепных ландшафтов, изменяя конкурентные отношения между степной и древесно-кустарниковой растительностью в течение длительной общей истории развития.

Г.С.Малышева и П.Д.Малаховский (2000), на основании проведенных исследований, утверждают, что пожар в степи не следует воспринимать как катастрофу: «Уже в августе этого же года из спящих и придаточных почек начали отрастать вегетативные побеги типчака, ковылка и других злаков родов Poa и Agrostis из группы зимнезеленых растений. Территория, где имел место пожар, относится к подзоне сухих бедноразнотравных степей на суглинистых каштановых почвах различной степени засоленности. Господствующими формациями здесь являются ковылково-типчаковая (Stipa lessingiana), типчаково-ковылково-пырейная (Festuca valesiaca и Elytrigia repens). К коренным ассоциациям этих формаций следует отнести ковылково-типчаковую, ковылково-тырсовую, тырсово-ковылково-типчаковую, тырсово-типчаковую, а эдификаторной синузией ценозов этих ассоциаций являются крупнодерновинные и мелкодерновинные злаки». Проанализировав таблицы, приведенные в работе, где авторы приводят флористический состав сообществ до и после пожара, можно согласиться с их мнением. До пожара в сообществе были представлены 23 вида, из которых преимущество имели многолетние и

однолетние травы (11 и 9 видов соответственно). После пирогенной нагрузки авторы наблюдали следующий состав сообщества. Всего было отмечено 39 видов, из них число многолетников составило 26 видов, число однолетников, двулетников и примитивных полукустарничков существенно не изменилось. Следует отметить, что добавилось 15 видов многолетников, не отмеченных в сообществе до пожара. Проективное покрытие снизилось несущественно. Доминантом стал *Festuca valesiaca*, роль *Stipa lessingiana* заметно снизилась. Авторы делают следующие выводы: «...после пожара на первой стадии восстановления наблюдается смена ковылково-типчакового сообщества типчаковым, значительно более богатым по видовому составу, с равномерной структурой, хорошей жизненностью, т.е. со всеми признаками, способствующими образованию более продуктивного сообщества.», «...пожар не был катастрофическим, имел, скорее, положительные последствия. Ковылково-типчаковое сообщество после пожара на начальной стадии преобразовалось в типчаковое – новое сообщество с другим видовым составом, другой структурой и, главное, другими фитоценогическими отношениями. Вследствие выхода из травостоя созидателя *Stipa lessingiana* снизилась конкуренция, сильно ограничивавшая участие других злаков и разнотравья, усилилась эдификаторная роль типчака, освободившиеся места быстро были заняты новыми видами из разнотравья. Так начался процесс становления нового ценоза. Возможно, что типчаковое сообщество – это временная промежуточная стадия, которая в будущем вернется к ковыльно-типчаковой» [6].

В.В.Иванов (1950), обследовав 23 пожара, пришел к следующим выводам о роли пожара.

1. Результаты степного пожара определяются различно в зависимости от выгорающей ассоциации, временем пожара, последующей погодой, характера и степени использования пожарища.

2. Весеннее выгорание уничтожает сухие прошлогодние остатки, обеспечивает скорейшее развитие растений.

3. На оголенном пожарище в ближайшее же время (2-3 месяца) в почве резко увеличивается процесс испарения, повышается горизонт вскипания.

5. Выпас скота на выгоревших участках, проводимый обычно осенью после отрастания растений, приводит к еще более быстрому превращению злаковых ассоциаций в белопопынно-злаковую.

6. Выжигание залежей (как весеннее, так и летнее) очищает поле от ряда сорняков и ускоряет переход залежи из стадии бурьянов в стадию корневичных злаков.

8. В злаковых ассоциациях пожары, повторяющиеся из года в год, сопровождаются последующим выпасом, играют роль опустынивающего фактора, но в поленных

группировках они, наоборот, являются причиной остепнения.

Также автором было прослежено влияние пирогенного фактора на мхи и лишайники: «Одним из довольно существенных результатов пожара является полное исчезновение в выгоревшей степи мхов и лишайников. Лишайники вообще оказываются весьма чувствительными к огню, восстанавливаясь после пожара чрезвычайно медленно, в течение десятилетий» [3].

Стоит отметить, что в почвах, пройденных пожаром, увеличивается величина pH. Чем выше интенсивность пожара, тем выше значение pH, что обусловлено нейтрализацией органических кислот щелочноземельными элементами которые содержатся в золе. Исключение составляют каменистые почвы сопки, где реакция верхних горизонтов почв после пожара оказывается более кислой по сравнению с фоновыми почвами. Причиной этого является активизация поверхностного стока после пожара и вынос зольных элементов со склонов.

Как отмечают исследователи пожары независимо от их интенсивности в первый год оказывают негативное влияние на структуру и функциональную активность микробных комплексов подзолистых почв. Авторы также утверждают о том, что происходит снижение численности и ферментативной активности микроорганизмов, обеднение качественного состава, повышение олиготрофности почв в отношении азота. Через два года после пожара средней интенсивности намечился процесс стабилизации микробных комплексов, а после пожара высокой интенсивности увеличилась численность почти всех групп микроорганизмов при доминировании аммонифицирующих бактерий, что свидетельствует, по мнению авторов, о начальном этапе восстановления процессов трансформации азота в почве. Пожары слабой интенсивности не оказывают большого негативного влияния на почвенно-биологические процессы, а способствуют повышению функциональной активности микроорганизмов, улучшая гидротермические и трофические условия почв [5].

Изучением долговременного экологического последствия пожаров изучали Д.Ф. Ефремов, А.З. Швиденко (2004) на примере Дальневосточного региона. Авторы считают, что при оценке негативных последствий лесных пожаров обычно учитывают залповые выбросы углерода и других продуктов сгорания, прямые потери биологических ресурсов и товарной продукции от воздействия огня, темпы и возможности их восстановления, особенности распада исходного и формирования послепожарного фитоценозов и прочие текущие проявления в пределах времени, необходимого или предполагаемого для восстановления биотопа, тождественного исходному. Априори считается, что негативные экологические последствия лесного пожара затухают с восстановлением древостоя, близкого по составу и структуре исходному,

признавая тем самым, что пирогенные нарушения природных экосистем являются обратимыми. Д.Ф. Ефремов и А.З. Швиденко утверждают, постпирогенные последствия лесных пожаров, особенно катастрофические (площадью более 10 тыс. га с полным уничтожением растительного покрова и органогенных горизонтов почв или одновременное действие нескольких очагов пожаров с такой же интенсивностью и такой же суммарной площадью на участке лесного фонда, общей площадью до 1000 кв. км.), носят накопительный характер. Они могут проявляться не только в лесовосстановительном периоде, но и в значительно отдаленной перспективе в виде необратимых трансформаций коренной природной среды. При этом в зависимости от размеров лесной площади, длительности и масштабов лесных пожаров, одновременно концентрированно охваченной многими очагами огня, происходят трансформации исторически сложившихся режимов не только в биотической, но и в абиотической сфере, в частности синоптических процессов. К долгосрочным постпирогенным последствиям относятся – необратимые трансформации лесной среды, проявляющиеся за пределами периода восстановления древостоя коренной лесной экосистемы (возраста спелости) или продолжительности оборота хозяйства. К основным аспектам долгосрочных экологических последствий катастрофических лесных пожаров относятся:

1. Кратное снижение биологической продуктивности лесных земель за счет нарушения коренного экотопа и смены растительной формации.
2. Увеличение биомассы травяной растительности в лиственном лесу на второй и третий годы после пожара.
3. Изменение многолетней амплитуды гидротермических показателей лесопродуцирующей суши за пределы естественной флюктуации.
4. Изменение среднегодовых гидротермических и биохимических показателей водного и твердого стоков, а также гидрологического режима и русловых процессов водотоков.
5. Накопительное воздействие на атмосферные процессы и, как следствие, глобальный климат.
6. Создание условий для проявления массовых вспышек насекомых, вредителей леса.
7. Необратимые потери биоразнообразия, в том числе раритетных видов флоры и фауны.
8. Трансграничные переносы продуктов сгорания водным и воздушным потоками.
9. Смена вековых путей миграций перелетных птиц, наземных и водных животных.
10. Смена видового состава основных видов лиственного леса [2].

В.Н. Ильина же в своей статье «Пирогенное воздействие на растительный покров» отмечала следующие негативные последствия пожаров: снижение биоразнообразия

регионов, особенно чувствительны к пожарам редкие представители фауны и флоры; снижение урожайности сельскохозяйственных культур в связи с уничтожением лесных полос при пожаре в степных районах; превращение древостоя в сухостой с последующей гибелью лесов. Так же отмечалось развитие эрозии и разрушение почвенного покрова [4].

В Оренбургской области проблему влияния пирогенного фактора на растительность изучали: Рябцов С.Н., Калмыкова О.Г., Щеглова Е.Г. и другие. В своей работе «Влияние пирогенной нагрузки на растительный покров степи Южного Предуралья» определены факторы, оказывающие ведущее значение в восстановлении растительного покрова после пожаров. К таким факторам отнесли: климатические – температура, осадки, высота снежного покрова; эдафические – почвенный покров, рельеф территории; физические – направление и сила ветра, характер пожара; биотические – стадия развития и время вегетативного периода на момент пожара, видовые особенности растений. Так же были отмечены закономерности в изменении флористического состава под воздействием огня. К положительным моментам воздействия пала на растительный покров степи можно отнести: изменение возрастного состава сообществ, выпадение сорных видов растений, обогащение зольными элементами почвенных горизонтов. После пожара: повышение степени прорастаемости семян из-за отсутствия ветоши, увеличение кормовых качеств травостоя. В тоже время отмечены и отрицательные факторы воздействия пирогенной нагрузки на растительность степи, такие как: выпадение из травостоя некоторых видов однолетних растений, повышение температуры верхних слоев почвы тем самым усиление процесса опустынивания степи, вымерзание подземных побегов и семян в зимний период. Необходимо отметить специфику восстановления в зависимости от места возникновения пожара, например в условиях заповедного режима и при благоприятном ходе метеорологических условий, растительный покров степи восстанавливается в течение 9-17 месяцев. Пожар не наносит растительному покрову степи катастрофических изменений. После пожара повышается степень прорастаемости семян из-за отсутствия ветоши, увеличивается кормовое качество травостоя, пополняются зольными элементами почвенные горизонты [8].

Калмыкова О.Г. на участке «Буртинская степь» заложила основу мониторинга динамики растительного покрова после воздействия пожара. Выбранный ею комплекс методов позволит оценить следующие процессы и явления, относящиеся к основным последствиям воздействия пожаров на растительный покров: непосредственную гибель в огне особей растений, утрату отдельных типов растительных сообществ (в том числе зарослей кустарников, кустарниковых степей, степных колков), изменение сезонной динамики развития растений в сообществах,

состава и пространственной структуры степных фитоценозов и их общего проективного покрытия, обилия и проективного покрытия видов в составе фитоценозов, роли растений различных жизненных форм и экологических групп в растительных сообществах, запасов всех компонентов растительного вещества и отношения этих запасов, интенсивности продукционно-деструкционных процессов степных фитоценозов [5].

Щеглова Е.Г. в своей диссертации «Влияние пожаров на лесные биоценозы степной зоны (на примере Оренбургской области)» пришла к выводам, что лесные пожары способствуют возникновению и интенсивному росту древесного подроста и травянистой растительности, изменяя их видовой состав в соответствии с изменившимися условиями их произрастания. Так же говорится, что величина прироста подроста зависит от освещенности, объясняя это тем, что после пожара уровень освещенности увеличивается за счет гибели деревьев, что обуславливает более интенсивный рост в высоту подроста по сравнению с контрольным участком. Огонь уничтожает мертвую органическую массу, значительно увеличивая освещенность под пологом леса, за счет гибели древесной растительности 1-го и 2-го ярусов, что создает более благоприятные условия для интенсивного роста травянистой растительности на участке, поврежденном пожаром по сравнению с контрольным участком на второй и третий года после пожара. Так же отмечает, что районирование лесов по частоте и причинам возникновения пожаров позволяет оптимизировать распределение лесовосстановительных и противопожарных мероприятий по территории [10].

Список литературы.

1. Дулепова Б.И. Пирогенные степи Даурии. Журн. Экология Изд-во «Наука» Т.4, 1987г. С.58-60
2. Ефремов, Д.Ф. Долговременные экологические последствия лесных пожаров в лесах Дальнего Востока и их вклад в глобальные процессы / Д.Ф. Ефремов, А.З. Швиденко // Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне. М.: Алекс, 2004. - С. 66-

73.

3. Иванов В.В. Новые данные к изучению роли степных пожаров. Изв-я Всесоюзного географического общества, Вып.5, 1950г. С.541-545

4. Иванов В.В. Степи западного Казахстана в связи с динамикой их покрова. М., Л., Изд-во АН СССР, 1958г. С. 186-191

5. Калмыкова Ольга Геннадьевна. Закономерности распределения степной растительности "Буртинской степи": госзаповедник "Оренбургский" : диссертация ... кандидата биологических наук : 03.00.16 / Калмыкова Ольга Геннадьевна; [Место защиты: Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова РАН]. - Санкт-Петербург, 2008. - 230 с. : ил. РГБ ОД, 61:08-3/299

6. Малышева Г.С., Малаховский П.Д. Пожары и их влияние на растительность сухих степей, Бот.журн.2000г., т.85, №1 С.96-103.

7. Одум Ю. Основы экологии. М.: Изд-во «Мир», 1975. – 740 с.

8. Рябцов С.Н. Влияние пирогенной нагрузки на растительный покров степи Южного Предуралья: диссертация ... кандидата биологических наук : 03.00.05. - Оренбург, 2005. - 203 с.

9. Щеглова, Е. Г. Влияние пожаров на лесные биоценозы степной зоны (на примере Оренбургской области): монография / Е. Г. Щеглова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: Университет, 2014. - 156 с.

10. DeBano L. F. and Conrad C.E. The effect of fire on nutrients in a chaparral ecosystem. Ecology, 1978, с. 489-497

11. Raison R.J. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: A review. Plant and Soil, 1979, с.73-108

12. Rice L.A. The effect of fire on the prairie animal communities. Ecology, XIII, 4. 1932.

13. Zhenghai Li, Yajing Bao The Heat Regimes of Steppe Fire and Their Ecological on Plants. Acta scientiarum naturalium universitatis neimonggol. Hohhot, China. №4 1995

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Данильчук Т.Н.

д.т.н., профессор ФГБОУ ВО

«Московский государственный университет пищевых производств»,
Москва

Ефремова Ю.Г.

магистр ФГБОУ ВО

«Московский государственный университет пищевых производств»,
Москва

Барковская И.А.

студент ФГБОУ ВО

«Московский государственный университет пищевых производств»,
Москва

Бережная Е.А.

студент ФГБОУ ВО

«Московский государственный университет пищевых производств»,
Москва

Атюнина Ю.В.

студент ФГБОУ ВО

«Московский государственный университет пищевых производств»,
Москва

Краснова Е.В.

студент ФГБОУ ВО

«Московский государственный университет пищевых производств»,
Москва

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЛИПИДОВ В СОСТАВЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МИНДАЛЬНОГО ОРЕХА

Danilchuk T. N.

doctor of technical Sciences, Professor FSBEI

"Moscow state University of food production",
Moscow

Efremova J.G.

master FSBEI

"Moscow state University of food production",
Moscow

Barkovskaya I.A.

student FSBEI

"Moscow state University of food production",
Moscow

Berezhnaya E.A.

student FSBEI

"Moscow state University of food production",
Moscow

Atyunina Y. V.

student FSBEI

"Moscow state University of food production",
Moscow

Krasnova E. V.

student FSBEI

"Moscow state University of food production",
Moscow

BIOLOGICAL VALUE OF LIPIDS IN THE COMPOSITION OF ALMOND PROCESSING PRODUCTS

Аннотация: В данной статье рассматривается вопрос о продуктах питания, сбалансированных по жирнокислотному составу.

Целью данной статьи является изучение сравнительного анализа биологической ценности липидов в составе продуктов переработки миндального ореха: сырой миндаль; миндальное масло; жмых, как

вторичный продукт переработки миндаля на масло; миндальное молоко; жмых как вторичный продукт получения миндального молока.

Abstract: This article discusses the issue of foods balanced by fatty acid composition.

The purpose of this article is to study the comparative analysis of the biological value of lipids in the processing of almond products: raw almonds; almond oil; cake as a secondary product of almond oil processing; almond milk; cake as a secondary product of almond milk.

Ключевые слова: миндаль, миндальное масло, жмых, жирнокислотный состав, миндальное молоко.

Keywords: almond, almond oil, cake, fatty acid composition, almond milk.

Полезные свойства орехов в питании человека давно доказаны и в последнее время наблюдается повышение уровня потребления орехов населением всего мира. Установлено, что орехи представляют собой комплексную систему сложных биологически активных компонентов с физиологически значимыми для организма человека эффектами [10]. Перспективным направлением в получении полезных продуктов здорового питания является использование продуктов на основе орехов, в частности продуктов переработки миндального ореха.

Производство миндаля занимает ведущее место во всем мире. Ядра миндаля богаты жирами, белками, микроэлементами и витаминами, необходимыми для поддержания здоровья

человека (табл. 1). Важным достоинством данного растения является то, что в процессе его выращивания необходимо небольшое количество обработок химическими веществами, что дает возможность получать экологически чистую продукцию. Миндаль широко используют для потребления как в свежем виде, так и для производства высококачественных кондитерских продуктов, парфюмерно-косметических изделий, пищевых добавок [8]. Кроме того, из данного вида сырья получают масло и ореховое молоко, при производстве которых образуется вторичный продукт – жмых, и его также можно использовать для получения здоровьесберегающих продуктов питания.

Таблица 1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНДАЛЬНЫХ ОРЕХОВ [4, 6]

№ п/п	Основные пищевые вещества	Содержание
1	Вода, мас %	4,0
2	Белки, мас %	20,1
3	Зола, %	3,7
4	Жиры, мас %	52,0
5	Углеводы, %	15,0
6	Клетчатка, мас %	1,1
7	Калий, мг/100 г	723,0
8	Кальций, мг/100 г	248,0
9	Магний, мг/100 г	269,0
10	Фосфор, мг/100 г	473,0
11	Железо, мг/100 г	4,32
12	Марганец, мг/100 г	2,15
13	Молибден, мкг/100 г	29,7
14	Селен, мкг/100 г	3,2
15	Йод, мкг/100 г	2,7
16	Витамин С, мг/100 г	1,2
17	Витамин Е, мг/100 г	26,0
18	Витамин В ₂ , мг/100 г	0,8
19	Витамин РР, мг/100 г	3,5
20	Витамин В ₉ , мкг/100 г	93,0
21	Витамин К, мкг/100 г	7,0
22	Бета-каротин	1,5

В настоящее время актуальным является вопрос о создании продуктов питания, сбалансированных по жирнокислотному составу. Особенное внимание уделяется формированию принципов здорового питания на основе сведения к минимуму потребления насыщенных и транс-жиров и потреблению необходимого количества ненасыщенных жирных кислот [9].

В связи с изложенным выше целью настоящей работы является сравнительный анализ

биологической ценности липидов в составе продуктов переработки миндального ореха.

Исследовали сырой миндаль; миндальное масло; жмых, как вторичный продукт переработки миндаля на масло; миндальное молоко; жмых как вторичный продукт получения миндального молока.

Миндальное масло получали путем холодного отжима.

После удаления масла из ядра ореха остается жмых, представляющий в основном белковую структуру. В составе жмыха находятся все перечисленные выше витамины и микроэлементы, а также остатки масла.

Миндальное молоко получали путем водной экстракции полезных компонентов из очищенных и размолотых орехов. После отжима водно-ореховой смеси также остается жмых. По химическому составу этот жмых отличается от жмыха, полученного после отжима орехового масла, прежде всего по содержанию белка и липидов.

Для сохранности полезных свойств миндального молока и жмыха использовали сублимационную сушку. Параметры сушки: замораживание при -30°C , далее обезвоживание в течение 4-5 часов при температуре $+37^{\circ}\text{C}$.

В работе применяли следующие методы исследований:

- Определение массовой доли белка по ГОСТ 25179-2014 методом формольного титрования [1];

- Определение массовой доли жира кислотным методом по ГОСТ 5867-90 [2];

Определение жирнокислотного состава проводили методом газожидкостной хроматографии на приборе «Аджимент - 7890» [3].

Использовали капиллярную колонку длиной 60 м и диаметром 32 мм. Определяли содержание метиловых эфиров жирных кислот. Для сублиматов пробоподготовку проводили следующим образом: выделяли жировую фракцию экстракцией в гексане, в экстракт добавляли раствор метилата натрия в абсолютном метаноле. Далее подготовленную пробу исследовали на приборе «Аджимент - 7890».

Все экспериментальные данные были проведены в четырех кратной повторности и обрабатывались методами математической статистики. При проверке статистических гипотез применяли уровень доверительной вероятности 0,95.

Экспериментальные данные (см. таблицу 2) показали, что миндальное масло содержит большое количество моновенасыщенных жирных кислот (МНЖК), представленных в основном олеиновой (C_{18-1}) кислотой; имеет в своем составе полиненасыщенные Омега-3 (линоленовая – C_{18-3}) и Омега-6 (линолевая – C_{18-2} , арахидоновая – C_{20-4}) жирные кислоты (ПНЖК). Количество насыщенных жирных кислот (НЖК – капроновая, стеариновая, пальмитиновая) не превышает 9 % от общего содержания липидов.

Таблица – 2

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МИНДАЛЬНОГО МАСЛА

Кислота	Содержание, мас % от общего содержания липидов
Капроновая	0,3
Стеариновая	1,6
Пальмитиновая	6,6
Пальмитоолеиновая	1,1
Олеиновая	68,2
Линоленовая	0,2
Линолевая	21,1
Арахидоновая	0,9

После отжима в составе жмыха остается до 30% масла. Этот жмых содержит как коричневую оболочку миндального ядра, так и его бело-жёлтую середину, неоднороден по цвету, имеет крупинки разного размера и формы, обладает вкусом и ароматом свежего миндального ореха. Его часто называют миндальной мукой грубого помола. Холодный отжим позволяет сохранить в составе жмыха витамины-антиоксиданты, макро и микроэлементы, необходимые для нормальной

деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем. Миндальная мука имеет низкий гликемический индекс, что важно в питании диабетиков. Кроме того, она содержит неперевариваемые пищевые волокна, которые способствуют мягкому очищению стенок кишечника и желудка.

Миндальный орех можно перерабатывать на молоко. Ореховое молоко приобретает все большую популярность, особенно среди людей,

страдающих неперевариваемостью молочного сахара – лактозы. При проведении водной экстракции в объемном соотношении орехи/вода = 1/2 получается молоко, содержащее 2,3 % белка; 4,1 % жира и 3,1 % углеводов. После отделения жидкости и отжима получается жмых. В этом жмыхе остается до 18 % белка, до 48 % жиров и до 12 % углеводов от исходного значения этих показателей в ореховом сырье. Результаты сравнительного анализа жирнокислотного состава сублиматов молока и жмыха представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы жирнокислотный состав сублиматов миндального молока и жмыха аналогичен жирнокислотному составу миндального масла. Сравнительный анализ данных таблицы 3 показал, что сублиматы молока и жмыха несколько отличаются по составу и содержанию жирных кислот: в составе миндального молока не обнаружена пальмитоолеиновая кислота, а содержание арахидоновой кислоты почти вдвое больше, чем в сублимате жмыха.

Таблица – 3

**ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СУБЛИМАТОВ МИНДАЛЬНОГО МОЛОКА И ЖМЫХА,
КАК ВТОРИЧНОГО ПРОДУКТА ПОЛУЧЕНИЯ МИНДАЛЬНОГО МОЛОКА**

Кислота	Содержание, мас % от общего содержания липидов	
	Сублимат молока	Сублимат жмыха
Капроновая	0,2	0,4
Стеариновая	1,4	1,4
Пальмитиновая	6,8	6,7
Пальмитоолеиновая	-	0,6
Олеиновая	68,7	68,4
Линоленовая	0,2	0,2
Линолевая	21,1	21,4
Арахидоновая	1,6	0,9

Биологическую ценность липидов в составе продуктов переработки миндального ореха оценивали в соответствии с формулой сбалансированного питания (ФСП) А.А. Покровского [5, 7] (известна как «Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения»). В основе современной концепции сбалансированного питания, предложенной А.А. Покровским, лежит определение пропорции отдельных питательных веществ в пищевом

рационе человека. Эти пропорции соответствуют ферментативным наборам организма, отражают сумму обменных реакций и их химизм. Правильность этой концепции подтверждается объективными биологическими законами, определяющими процессы ассимиляции пищи на всех этапах развития живых организмов.

Расчет соотношений различных жирных кислот исследованных объектов представлен в таблице 4.

Таблица – 4

**ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЛИПИДОВ В СОСТАВЕ ПРОДУКТОВ
ПЕРЕРАБОТКИ МИНДАЛЬНОГО ОРЕХА**

Соотношение жирнокислотного состава	Количество по ФСП	Масло миндального ореха	Сублимат миндального молока	Сублимат жмыха миндального ореха
ПНЖК/МНЖК/НЖК	1 / 6 / 3	2,6 / 8,1 / 1	2,7 / 8,2 / 1	2,6 / 8,1 / 1
ПНЖК/НЖК	1 / 1,2	1 / 2,6	1 / 2,7	1 / 2,7
ω-3/ω-6	1 / 10 ÷ 1 / 3	1 / 110	1 / 114	1 / 112

Сравнительный анализ биологической ценности липидов в составе всех исследованных продуктов переработки миндального ореха показал, что наибольшее количество жирных кислот приходится на МНЖК, что соответствует ФСП. Соотношения ПНЖК/НЖК и ω -3/ ω -6 значительно отклоняются от рекомендованных ФСП, что связано с относительно небольшим общим содержанием НЖК и незначительным содержанием Омега-3 ПНЖК. Продукты переработки миндального ореха богаты Омега-6 ПНЖК. Эти свойства позволяют рекомендовать эти продукты в качестве добавок к продуктам питания животного происхождения, что при научно-обоснованном подходе позволит получить новые пищевые продукты, сбалансированные по жирнокислотному составу согласно ФСП.

Список литературы:

- ГОСТ 25179-2014. Методы определения массовой доли белка.
- ГОСТ 5867-90. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира.
- ГОСТ 32915-2014 Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии.
- Коновалова, Е.Ю. Ваше здоровое питание. Орехи и семена. Миндаль. <http://pharmacognosy.com.ua/>
- Покровский, А.А. Беседы о питании / А.А. Покровский. – М.: Экономика, 1986. – 383 с.
- Скурихин, М.И. Таблицы химического состава и калорийности Российских продуктов питания/ Скурихин М.И., Тутельян В.А. // Справочник. - М.:ДеЛи принт, 2007.-276 с.
- Тутельян, В.А. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян. – М.: Панорама, 2010. – 816 с.
- Чернобай, И.Г. Новые сорта и формы миндаля селекции никитского ботанического сада / И.Г. Чернобай // Сборник научных трудов ГНБС. - 2015. - Том 140. - 117-125 с.
- Hooper, L. Effect of reducing total fat intake on body weight: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials and cohort studies / L. Hooper, A. Abdelhamid, H.J. Moore, W. Douthwaite, C.M. Skeaff, C.D. Summerbell. - British Medical Journal, 2012, 345:1–15.
- Zec, M. Health benefits of nut consumption / M. Zec, M. Glibetic // Food science. – 2018. – V.84. – P. 103-144.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Yurov V.M.

Candidate of phys.-mat. sciences, associate professor

Guchenko S.A.

PhD student

Karaganda State University named after EA. Buketov,
Kazakhstan, Karaganda

SURFACE OF HIGH ENTROPICAL ALLOY Fe-Co-Cr-Ni-Ta-Ti-Al

Юров В.М.

кандидат физ.-мат. наук, доцент

Гученко С.А.

докторант PhD

Карагандинский государственный университет имени Е.А. Букетова,
Казахстан, Караганда

ПОВЕРХНОСТЬ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА FE-CO-CR-NI-TA-TI-AL

Summary: A 7-fold high-entropy alloy of the corresponding metals 50 μm in size in equiatomic proportions in a planetary ball mill was made. An equation was obtained which shows that the thickness of the surface layer of this alloy $d(I)$ is determined by one fundamental parameter — the atomic volume of the element and is 14.5 nm. It is shown that it is possible to easily synthesize high-entropy alloys of different composition, bringing their properties closer to rare natural minerals.

Аннотация: Изготовлен 7-кратный высокоэнтروпийный сплав соответствующих металлов размером 50 мкм в эквиатомных пропорциях в планетарной шаровой мельницы. Получено уравнение, которое показывает, что толщина поверхностного слоя этого сплава $d(I)$ определяется одним фундаментальным параметром – атомным объемом элемента и составляет 14,5 нм. Показано, что можно без труда синтезировать высокоэнтропийные сплавы различного состава, приближая их свойства к редким природным минералам.

Key layers: high-entropy alloy, surface layer, entropy, solid solution.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав, поверхностный слой, энтропия, твердый раствор.

Постановка проблемы

По мнению авторов [1] - отличительной особенностью высокоэнтропийных сплавов (ВЭСов) от традиционных является то, что эти сплавы имеют высокую энтропию смешения, которая влияет на образование структур на основе твердых растворов. Между тем в отношении роли этого параметра имеется противоречивая информация [2].

Попытка предсказать формирование структуры в сплавах с использованием

термодинамических параметров, была предпринята в работе

[3]. Были выделены три основные параметры, отвечающие за образование аморфных фаз и твердых растворов в многокомпонентных сплавах.

К этим параметрам относятся: разница атомных размеров (δ), энтальпия ($\Delta H_{\text{смеш}}$) и энтропия ($\Delta S_{\text{смеш}}$) смешения. Расчетные формулы параметров представлены ниже:

- энтропия смешения [4]

$$S_{\text{нiãø}} = -R \sum c_i \ln c_i . \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная, c_i – содержание (ат. %) i -того элемента в сплаве;

– энтальпия смешения [5]:

$$H_{\text{нiãø}} = 4 \sum_{ij} \Omega_{ij} c_i c_j . \quad (2)$$

где c_i и c_j – содержание (ат. %) соответственно i -того и j -того элемента в сплаве, Ω_{ij} ($=4$) – зависящий от концентрации параметр,

характеризующий взаимодействие между элементами в твердом растворе;

– средняя разность атомных радиусов:

$$r = 100\% \sqrt{\frac{1}{c} \sum c_i (1 - r_i / r)^2} . \quad (3)$$

где c_i – содержание (ат. %) i -того элемента в сплаве, r_i – атомный радиус i -того элемента в сплаве, а $r_{\Sigma c_i r_i}$ – средний атомный радиус сплава; Однако, применение термодинамического подхода не всегда позволяет корректно предсказать формирование структур в высокоэнтропийных сплавах. Поэтому для прогнозирования образования неупорядоченных твердых растворов замещения дополнительно используются правила Юм-Розери [6]:

- 1) разница между атомными радиусами не должно превышать 15%;
- 2) одинаковая кристаллическая структура;
- 3) одинаковая валентность;
- 4) близкие значения электроотрицательности (не превышает 0,2-0,4).

Мизутани [7] уточнил правила Юм-Розери для структурно-сложных сплавов, им рассмотрены 5 факторов, определяющих формирование той или иной фазы:

- размерный фактор, связанный с разницей атомных радиусов, δ , составных компонентов;
- электрохимический фактор, связанный с разницей в электроотрицательностях, $\Delta\chi$, составных компонентов;
- электронная концентрация, вытекающая из рассмотрений, что определенная кристаллическая структура наблюдается при характерном количестве электронов, приходящихся на элементарную ячейку, что, если все положения атомов заняты, равнозначно тому, чтобы сказать, что подобные структуры существуют при определенных числах электронов, приходящихся на один атом, e/a ;
- способность к достраиванию электронных оболочек атомов элементов около конца коротких периодов и Б подгрупп;
- орбитальные ограничения.

Мы не будем рассматривать все факторы, определяющие формирование той или иной кристаллической структуры. Более полный обзор можно найти в работах [8-14].

Анализ последних исследований и публикаций

Среди высокоэнтропийных многокомпонентных металлических материалов наиболее исследованным является модельный

эквиатомный литой сплав системы AlCoCrCuFeNi, который продемонстрировал все основные преимущества сплавов такого класса, а именно, фазовый состав на основе простых типов структур ОЦК и ГЦК, высокую твердость и стойкость по отношению к разупрочнению, дисперсионное твердение, высокий уровень прочностных характеристик, износостойкость, коррозионную стойкость и ряд других свойств [15].

Однако такие свойства как поверхностная энергия, толщина поверхностного слоя эквиатомного литого сплава системы AlCoCrCuFeNi до сих пор не исследовались.

Экспериментальное определение поверхностного натяжения твердых тел затруднено тем, что их молекулы (атомы) лишены возможности свободно перемещаться. Исключение составляет пластическое течение металлов при температурах, близких к точке плавления. Вследствие анизотропии кристаллов поверхностное натяжение на разных гранях кристалла различно. Понятия поверхностного натяжения и свободной поверхностной энергии для твердых тел не тождественны. Дефекты кристаллической решётки, главным образом дислокации, рёбра и вершины кристаллов, границы зёрен поликристаллических тел, выходящие на поверхность, вносят свой вклад в свободную поверхностную энергию. Поверхностное натяжение твердых тел обычно определяют косвенно, исходя из межмолекулярных и межатомных взаимодействий [16-18].

В работе [19] обобщена, предложенная нами, модель поверхностного слоя атомарно-гладких металлов. Схематически эта модель представлена на рис. 1.

Поверхностный слой атомарно-гладкого металла состоит из двух слоев – $d(I)$ и $d(II)$. Слой толщиной $h=d$ назван слоем (I), а слой при $h \approx 10d$ – слоем (II) атомарно-гладкого кристалла (рис. 1). При $h \approx 10d$ начинает проявляться размерная зависимость физических свойств материала. При $h=d$ в поверхностном слое происходит фазовый переход. Он сопровождается резкими изменениями физических свойств, например, прямой эффект Холла-Петча меняется на обратный [20]. Значения слоя $d(I)$ для некоторых металлов приведены в табл. 1.

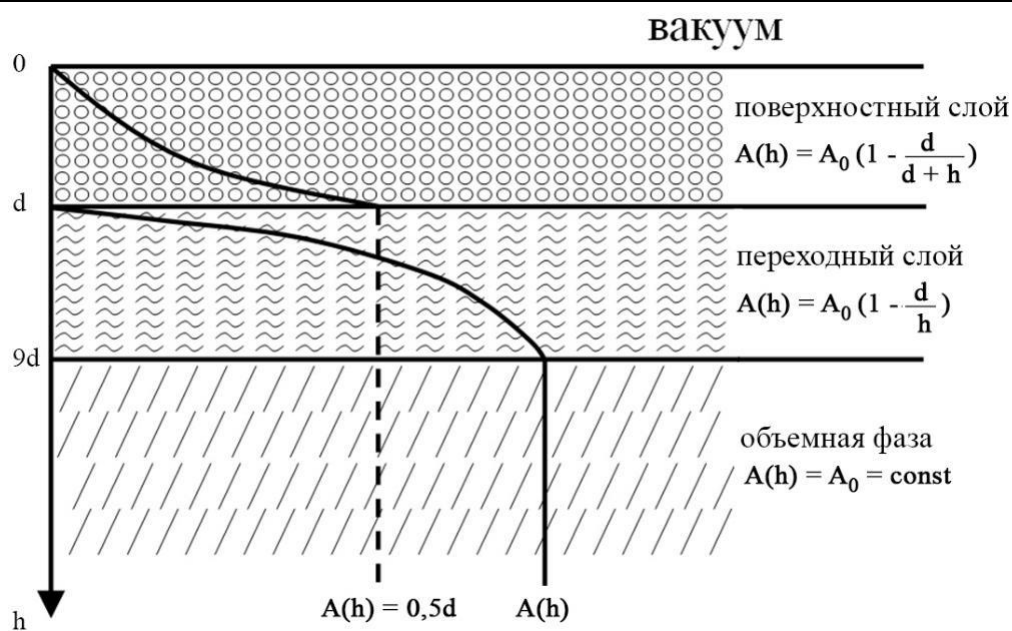


Рис. 1. Схематическое изображение поверхностного слоя [19]

Таблица 1

ПАРАМЕТР D ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ (М) [19]

Me	d, нм	Me	d, нм	Me	d, нм	Me	d, нм	Me	d, нм	Me	d, нм
Li	2.2	Sr	5.9	Sn	2.8	Cd	3.4	Fe	1.2	Gd	3.4
Na	4.5	Ba	6.6	Pb	3.1	Hg	1.8	Co	1.1	Tb	3.3
K	7.7	Al	1.6	Se	2.8	Cr	1.2	Ni	1.1	Dy	3.3
Rb	10.0	Ga	2.0	Te	3.5	Mo	1.8	Ce	3.6	Ho	3.2
Cs	12.1	In	2.7	Cu	1.2	W	1.6	Pr	3.5	Er	3.2
Be	0.8	Tl	2.4	Ag	1.7	Mn	1.1	Nd	3.4	Tm	3.1
Mg	2.4	Si	2.0	Au	1.7	Tc	1.4	Sm	3.4	Yb	4.2
Ca	4.4	Ge	2.4	Zn	1.6	Re	1.5	Eu	5.0	Lu	3.0

Экспериментально толщину $d(I)$ можно определить методом скользящих рентгеновских лучей. Так для золота и кремния получено [21] $d(I) = 1.9$ и 2.4 нм соответственно, что практически

совпадает с табл. 1. Для определения толщины поверхностного слоя различных соединений нами использовалась размерная зависимость некоторого физического свойства $A(r)$:

$$A(r) = A_0 \left(1 - \frac{d}{r} \right) \quad \text{для } r > d, \quad (4)$$

Параметр d связан с поверхностным натяжением σ формулой:

$$d = \frac{2}{RT}, \quad (5)$$

Здесь σ – поверхностное натяжение массивного образца; v – объем одного моля; R – газовая постоянная; T – температура. В работе [19], а также

[22], было показано, что с большой точностью выполняется соотношение:

$$= 0.7 \cdot 10^{-3} T_m, \quad (6)$$

где T_m – температура плавления твердого тела (K). для всех металлов и для других

кристаллических соединений. Если его подставить в (5), то при $T = T_m$ получим

$$d = 0.17 \cdot 10^{-3}. \quad (7)$$

Уравнение (7) показывает, что толщина поверхностного слоя $d(I)$ определяется одним фундаментальным параметром – атомным объемом элемента, который периодически изменяется в соответствии с таблицей Д.И. Менделеева.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Исходя из анализа литературных данных, в настоящее время не существует универсального параметра и/или их сочетания, которые могли бы точно предсказывать образование той или иной структуры в многокомпонентных системах сплавов.

В работе [23] нами показано, что обычно переходные элементы делят на d -элементы, лантаниды (или $4f$ -элементы) и актиниды ($5f$ -элементы). Между этими тремя группами имеются значительные различия. У d -элементов идет заполнение nd -орбиталей: $3d$ -, $4d$ -, $5d$ -, $6d$ -. Любые d -орбитали в пространстве выходят далеко за пределы атома или иона, поэтому электроны на них подвергаются сильному воздействию координационного окружения. Одновременно сами d -электроны сильно влияют на соседние атомы и ионы. Это сказывается на толщине поверхностного слоя на d -элементах и они являются базовыми при образовании высокоэнтропийных сплавов (ВЭСов). В атомах переходных металлов энергии свободных pr -орбиталей близки к энергиям занятых электронами валентных ns - и $(n-1)d$ -орбиталей. Поэтому связи с лигандами образуются с участием атомных орбиталей всех типов. Это обуславливает особую природу химических связей в соединениях переходных металлов. Однако толщины ВЭСов исследованы мало.

Цели статьи

Цели данной статьи заключаются в том, чтобы:

1. Приготовить 7-кратные микропорошки ВЭСов соответствующих металлов размером 50 мкм в эквивалентных пропорциях в мелющий стакан планетарной шаровой мельницы, изготовленный из карбида вольфрама.

2. Произвести нанесение покрытий на подготовленные подложки из стали марки AISI-201 (шестигранники с длиной стороны 22 мм и толщиной 5

мм.) магнетронным методом.

3. Провести электронно-микроскопическое исследование покрытий на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN и снять РФЭС.

4. Оценить толщину поверхностного слоя покрытия и количество монослоев кристаллического покрытия.

Изложение основного материала

Нами произведен синтез высокоэнтропийных сплавов (ВЭСов) из микропорошков - Fe-Co-Cr-Ni-Ta-Ti-Zr путем механического легирования. Для приготовления таблеток брались микропорошки соответствующих металлов и смешивались в эквивалентных пропорциях. Затем приготовленная смесь порошков помещалась в мелющий стакан планетарной шаровой мельницы (рис. 2) изготовленный из карбида вольфрама и добавлялись мелющие тела (шары диаметром 5-10 мм) также изготовленные из карбида вольфрама, масса которых была равна 10-ти массам смеси порошков. После стакан наполняли бензином «Галоша», плотно закрывали крышку и включали планетарную шаровую мельницу (скорость вращения составляла 500 об/мин., время - 5 ч.).



Рис. 2. Изготовление высокоэнтروпийных сплавов

Полученные таким образом гомогенизированные составы затем сушились в вакууме, отжигались при 850 °С в течении 1 часа и

при помощи пресс-формы (давление 20 т) прессовались в плоские диски диаметром 12 мм и толщиной в 3 мм (рис.3).

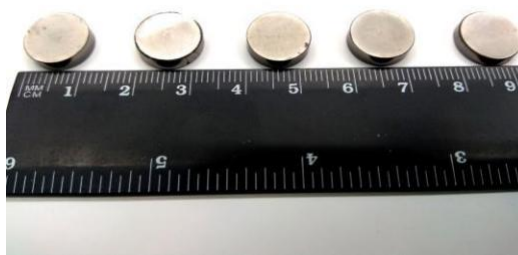


Рис. 3. Плоские диски FeCoCrNiTaTiZr

Многочратное повторение процессов дробления и холодного сваривания при размоле в планетарной мельнице вызывает постепенное измельчение порошковых композитов на более мелкие частицы. Это, в свою очередь, должно

способствовать ускорению взаимной диффузии металлических элементов и облегчению протекания процесса легирования между разными компонентами порошковой смеси.

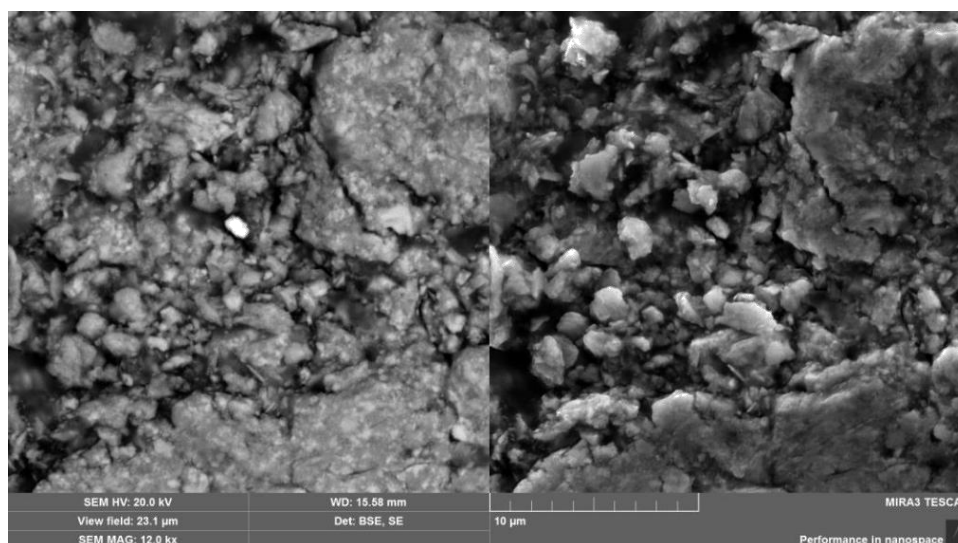


Рис. 4. СЭМ-изображения микроструктуры частиц порошка

FeCoCrNiTaTiZr сплава после механического легирования в течение 1 ч.

Исчезновение дифракционных максимумов компонентов порошковой смеси можно рассматривать как начало формирования твердого раствора. компонентов смеси в Fe и/или Cr (рис. 4) с одновременным формированием твердого

раствора с ОЦК-кристаллической решеткой на основе Fe и/или Cr.

То что мы имеем твердый раствор на основе ВЭСов подтверждает спектр РФЭС (рис. 5).

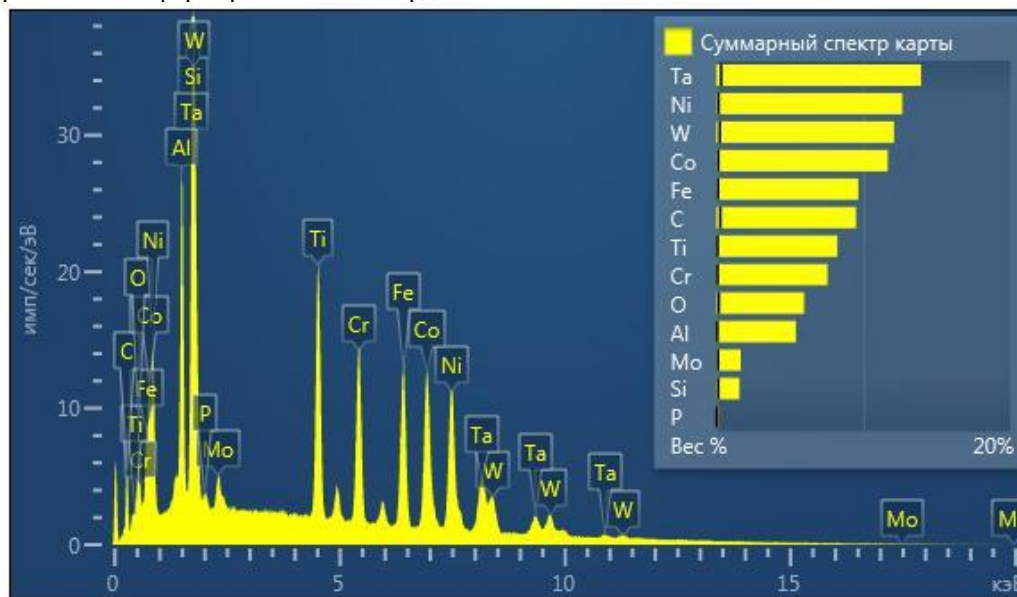


Рис. 5. Спектр РФЭС FeCoCrNiTaTiZr сплава

настоящей работе мы обсудим величину поверхностного слоя высокоэнтропийных сплавов и сравним ее с чистыми металлами из табл. 1.

Расчет производили по формуле (7). Среднее значение постоянной решетки $a = 0,2913$ нм ($R = d(I)/a$). Параметры представлены в табл. 2.

Таблица 2

**ТОЛЩИНА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА
FECOCRNIATIZR И ЕГО СОСТАВА**

Сплав	ρ , г/см ³	M, моль ⁻¹	d(I), нм	d(II), нм	R
FeCoCrNiTaTiZr	6,42	546	14,5	145	50
Fe	7,9	55,8	1,2	12	4
Co	8,9	58,9	1,1	12	4
Cr	7,2	52,0	1,2	12	4
Ni	8,9	58,7	1,1	11	3
Ta	16,7	181,0	1,8	18	5
Ti	4,5	47,9	1,8	18	6
Zr	6,5	91,2	2,4	24	8

Из табл. 2 следует, что толщина поверхностного слоя d(I) сплава FeCoCrNiTaTiZr в 10 раз превышает толщину поверхностного слоя элементов сплава. На эту же величину превосходит и число постоянной решетки этого сплава. Из табл. 2 видно, что толщина поверхностного слоя d(I) у отдельных элементов сплава не превышает 1-2 нм.

При раскалывании монокристаллов в вакууме по плоскости спайности могут образовываться три типа поверхностей: сингулярные (атомно-гладкие), вицинальные (ступенчатые), несингулярные (диффузные) поверхности [24].

Из табл. 2 видно, что количество монослоев R в слое d(I) FeCoCrNiTaTiZr составляет 50

постоянных решеток. На сингулярных поверхностях переход от твердой фазы к парообразной осуществляется в пределах одного слоя, на вицинальных – переход осуществляется через несколько кристаллографических плоскостей, отделенных моноатомными ступеньками, а на диффузионных – переход от твердого тела к парообразной фазе осуществляется на протяжении нескольких атомных слоев. Толщина сегнетоэлектрической доменной стенки, измеренная экспериментально с помощью просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения [25], составляет несколько постоянных решетки, тогда как в ферромагнетиках толщина доменной стенки достигает порядка сотни постоянных решетки. Это означает, что механические напряжения вблизи доменных стенок должны быть вицинальными (ступенчатыми) или несингулярными (диффузными).

В слое $d(I)$ должны наблюдаться реконструкция или релаксация поверхности [26]. Под релаксацией поверхности понимается отличие расстояний между последними кристаллографическими плоскостями, параллельными плоскости границы с вакуумом, от расстояний между такими же плоскостями в объеме. При этом предполагается, что расположение атомов в последней плоскости полностью совпадает с расположением атомов во всех остальных параллельных ей плоскостях. В свою очередь релаксация подразделяется на нормальную и латеральную (последнюю называют также параллельной или тангенциальной). Нормальная релаксация соответствует случаю, когда атомная структура верхнего слоя та же, что и в объеме, но расстояние между верхним и вторым слоем отличается от расстояния между плоскостями в объеме. В чистом виде нормальная релаксация наблюдается в металлах. Отклонения межслойного расстояния от объемного значения убывает с глубиной, причем часто осцилляторно. В частности, в случае поверхности $Al(110)$ второе межслойное расстояние растянуто на +5,0%, а третье опять сжато, хотя и незначительно, на -1,6%.

С толщины $d(II) \approx 10d$ начинает проявляться размерная зависимость физических свойств у сплава (145 нм). Это в 1,5 раза больше чем у

Глейтера (100 нм). Считается, что необходимым условием для проявления наноструктурных свойств конденсированной среды является размерная зависимость ее физических свойств. «Обычные» размерные эффекты связаны с вкладом поверхностной энергии в энергию Гиббса. Их называют размерными эффектами I рода (по Щербакову Л.М. [28]). Такие размерные эффекты характерны для любых систем и определяются рассеянием квазичастиц (электронов, фононов и пр.) на границах системы.

Фазовые размерные эффекты (размерные эффекты II рода) определяются всем коллективом атомов в системе (коллективные процессы). Такие размерные эффекты наблюдаются только в нанокластерах и наноструктурах [29].

Из табл. 2 следует, что толщина поверхностного слоя $d(I)$, $d(II)$ и параметр кристаллической решетки сплава $FeCoCrNiTaTiZr$ значительно превышают соответствующие параметры чистых металлов из табл. 1. Это приводит к резкому отличию в физических свойствах сплава, о чем мы будем говорить в следующей статье.

Высокая энтропия смешения может стабилизировать образование твердых растворов и предотвратить появление интерметаллических фаз в процессе кристаллизации. После затвердевания указанная особенность сохраняется и обуславливает устойчивость твердого раствора при

Последующей термической обработке. Повышенные прочностные характеристики обеспечиваются благодаря сильному искажению кристаллической решетки (как правило, ОЦК) из-за различия атомных радиусов элементов. Отсюда высокоэнтропийные сплавы могут обладать повышенной прочностью и термической стабильностью в сочетании с хорошей стойкостью к окислению и коррозии

Подобные толщины поверхностного слоя мы наблюдали у редких природных минералов (табл. 3), которые актуальны применением в современных технологиях: для изготовления низкотемпературных керамических материалов, используемых при производстве тонких пленок для электроники, жидкокристаллических матриц, сенсоров и т.д.

ТОЛЩИНА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ $d(I)$ БОРОСИЛИКАТОВ

Минерал	Молярная масса, моль ⁻¹	Плотность г/см ³	$d(I)$, нм	$d(II)$, нм
$Ba_3B_6Si_2O_{16}$ боросиликат	790,0	4,17	32,2	322
$BaB_2Si_2O_8$ малеевит	341,9	3,78	15,4	154
$SrB_2Si_2O_8$ пековит	291,0	3,35	14,3	143
$CaB_2Si_2O_8$ данбурит	245,6	3,0	14,0	140
$CaBSiO_4(OH)$ дактолит	159,98	2,96	9,2	92
$Ca_4B_5Si_3O_{15}(OH)$ бакерит	623,65	2,88	36,8	368
$Ca_2B_5SiO_9(OH)_5$ говлит	391,33	2,65	25,1	251

Выводы и предложения

В работе обобщена, предложенная нами, модель поверхностного слоя атомарно-гладких металлов. Поверхностный слой атомарно-гладкого металла состоит из двух слоев – $d(I)$ и $d(II)$. Слой толщиной $h=d$ назван слоем (I), а слой при $h \approx 10d$ – слоем (II) атомарно-гладкого кристалла. При $h \approx 10d$ начинает проявляться размерная зависимость физических свойств материала. При $h=d$ в поверхностном слое происходит фазовый переход.

Показано, что толщина поверхностного слоя $d(I)$ сплава $FeCoCrNiTaTiZr$ в 10 раз (14,5 нм) превышает толщину поверхностного слоя элементов сплава. На эту же величину превосходит и число постоянной решетки этого сплава (50). Видно, что толщина поверхностного слоя $d(I)$ у отдельных элементов сплава не превышает 1-2 нм.

Показано, что подобные толщины поверхностного слоя мы наблюдали у редких природных минералов, которые актуальны

применением в современных технологиях: для изготовления низкотемпературных керамических материалов, используемых при производстве тонких пленок для электроники, жидкокристаллических матриц, сенсоров и т.д.

Таким образом, можно без труда синтезировать механическим легированием высокоэнтропийные сплавы различного состава, приближая их свойства к редким природным минералам.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке МОН РК. Гранты №0118PK000063 и №Ф.0781.

Список литературы

1. Yeh J.W., Chen Y.L., Lin S.J. High-entropy alloys – a new era of exploitation // Materials Science Forum. 2007. Vol. 560. – P. 1-9.
2. Ивченко М.В. Структура, фазовые превращения и свойства высокоэнтропийных

эквиатомных металлических сплавов на основе AlCrFeCoNiCu // Дисс. канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург. 2015. - 167 с.

3. Zhang Y., Zhou Y.J., Lin J.P. et al. Solid-Solution Phase Formation Rules for Multi-component Alloys // *Advanced Engineering Materials*, 2008, Vol. 10. №6. - P. 534-538.

4. Fang S., Xiao X.S., Xia L., Li W.H., Dong Y.D. Relationship between the widths of supercooled liquid region and bond parameters of Mg-based bulk metallic glasses // *J. Non-cryst. Solid*, 2003, Vol. 321. - P. 120-128.

5. Takeuchi A., Inoue A. Quantitative evaluation on critical cooling rate for metallic glasses // *Mater. Sci. Eng. A*, 2001. - P. 304-306.

7. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. - М.: Бинум, Лаборатория знаний, 2009. - 400 с. Mizutani U. Hume-Rothery rules for structurally complex alloy phases // *Taylor and Francis Group, Boca Raton*. 2011. - 234 p.

8. Горбань В.Ф., Крапивка Н.А., Фирстов С.А. Высокоэнтропийные сплавы - электронная концентрация - фазовый состав - параметр решетки - свойства // *ФММ*, 2017. Vol. 118. №10. - С. 1017-1029.

9. Salishchev G., Tikhonovsky M.A., Shaysultanov D.G., Stepanov N.D., Kuznetsov A.V., Kolodiy I.V., Tortika A.S., Senkov O.N. Effect of Mn and V on structure and mechanical properties of high-entropy alloys based on CoCrFeNi sys ПЭМ // *J. Alloys Compd.* - 2014. - Vol. 591. - P. 11-24.

10. Senkov O.N., Senkova S.V., Dimiduk D.M., Woodward C., Miracle D.B. Oxidation behavior of a refractory NbCrMo0.5Ta0.5TiZr alloy // *J. Mater. Sci.* - 2012. - Vol. 47. - P. 6522-6534.

11. Тлеуенов Е.О., Плотников С.В., Погребняк А.Д., Ердыбаева Н.К., Манапбаева А.Б. Микроструктура, элементный и фазовый состав и физико-механические свойства нанокompозитных (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta)N покрытий до и после имплантации высокими дозами ионов азота // *Вестник КазНУ*. - 2017. - №1 (60). - С. 63-71.

12. Плотников С.В., Тлеуенов Е.О., Ердыбаева Н.К. Структура и нанотвердость высокоэнтропийного нанокompозиционного покрытия (Ti, Hf, Zr, Nb, V, Ta)N, полученного вакуумно-дуговым осаждением // *Вестник ВКГТУ*. - 2016. - №3. - С. 101-106.

13. Tleukenov Y.O., Pogrebnyak A.D., Plotnikov S.V., Erdybaeva N.K. The physical and mechanical properties of (Ti, Hf, Zr, Nb, V, Ta) N coatings deposited in the vacuum-arc process // *Journal of Tribologia*. - 2016. - Vol. 5. - P. 195-207.

14. Плотников С.В., Погребняк А.Д., Тлеуенов Е.О., Ердыбаева Н.К. Структура высокоэнтропийного многокомпозиционного покрытия (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta)N // *Вестник ВКГТУ*. - 2017. - №2. - С. 70-77.

16. Ивченко М.В. Структура, фазовые превращения и свойства высокоэнтропийных эквиатомных металлических сплавов на основе AlCrFeCoNiCu // Дисс. канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург. 2015. - 167 с.

17. Гегузин Я.Е., Овчаренко Н.Н. Методы определения поверхностной энергии твердых тел // *УФН* - 1962. - Т.76. Вып. 2. - С. 283-305.

18. Гохштейн А.Я. Поверхностное натяжение твердых тел и адсорбция. - М.: Наука, 1976. - 256 с.

18. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. - Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2008. - 508 с.

19. Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч. Толщина поверхностного слоя, поверхностная энергия и атомный объем элемента // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. 2018. Вып. 10. - С. 691-699.

20. Юров В.М., Лауринас В.Ч., Гученко С.А. Некоторые вопросы физики прочности металлических наноструктур // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. 2013. Вып. 5. - С. 408-412.

21. Guo J. X-Rays in Nanoscience: Spectroscopy, Spectromicroscopy, and Scattering Techniques. - Wiley-Vch. Verlag. 2010. - 263 p.

22. Рехвиашвили С.Ш., Кишტიкова Е.В., Кармокова Р.Ю., Кармоков А.М. К расчету постоянной Толмена // *Письма в ЖТФ*. 2007. Т. 33. вып. 2. - С. 1-7.

23. Юров В.М., Гученко С.А., Лауринас В.Ч. К вопросу об образовании высокоэнтропийных сплавов d-элементов // *Международная конференция «Научные разработки: евразийский регион»*, Москва: Издательство Инфинити, 2019. - С. 117-122.

24. Desjonqueres M.-C., Spanjaard D. Concepts in Surface Physics. - Springer Science & Business Media. 2012. - 607 p.

25. Васильева Д.С. - Сегнетоэлектрические и пьезоэлектрические свойства и фазовые превращения в кристаллах глицина. - Дисс. канд. хим. наук. Екатеринбург. 2018. - 168 с.

26. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. М.: Наука. 2006. - 490 с.

28. Gleiter H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructure // *Acta mater.*, 2000. V.48. - P. 1-29

29. Щербаков Л.М. О статистической оценке избыточной свободной энергии малых объектов в термодинамике микрогетерогенных систем // *Доклады АН СССР*. 1966. Т. 168. № 2. - С. 388-391.

30. Уваров Н.Ф., Болдырев В.В. Размерные эффекты в химии гетерогенных систем // *Успехи химии*. 2001. Т. 70 (4). - С. 307-329.

#7 (47), 2019 część 9
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

#7 (47), 2019 part 9
East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner (Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick (Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner (Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick (Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 kopii.

Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

1000 copies.

Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland»

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com>