



# NORWEGIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT OF THE INTERNATIONAL SCIENCE

№36/2019

## **Norwegian Journal of development of the International Science**

ISSN 3453-9875

VOL.1

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

### DESCRIPTION

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

- James Smith (University of Birmingham, UK)
- Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)
- Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)
- Sander Svein (University of Tromsø, Norway)
- Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)
- Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)
- Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)
- Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)
- Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)
- Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)
- Sander Langfjord (University Hospital, Norway)
- Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)
- Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)
- Sofie Olsen (BioFokus, Norway)
- Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)
- Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)
- Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)
- Chan Jiang (Peking University, China)

and other independent experts

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: [publish@njd-iscience.com](mailto:publish@njd-iscience.com)

site: <http://www.njd-iscience.com>

# CONTENT

## ARTS

**Patyk R.**

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF JEWELRY ART IN  
LVIV AT THE END OF THE XX CENTURY ..... 3

## EARTH SCIENCES

**Bembel S.**

FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE  
HORIZON U2 OF WESTERN SIBERIA BASED ON  
SEISMIC DATA ANALYSIS ..... 10

**Tarko A.**

GLOBAL CARBON DIOXIDE MODELING AND THE PARIS  
CLIMATE AGREEMENT ..... 14

## PHYSICAL SCIENCES

**Yurov V.M.,**

**Platonova E.S., Baltabekov A.**

HIGH ENTROPY COATINGS CuTiZrCrNi ..... 25

## TECHNICAL SCIENCES

**Batrshina G.**

COMPUTER-AIDED DESIGN OF MOLDS FOR CERAMIC  
PRODUCTS ..... 30

**Adambaev M.D., Bizhanova A.S.**

IDENTIFICATION OF DYNAMICS OF NONLINEAR  
INDUSTRIAL CONTROL OBJECTS ..... 35

**Gulevsky V., Markina N., Zatyamin D.,  
Yudin A., Novoseltsev A., Erizhipov A.**

COMPOSITE MATERIALS SUCH AS CARBON GRAPHITE-  
ALUMINUM ALLOY ..... 39

**Schipachev A., Lee Donghee**

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF CONSTRUCTING A  
SUBMARINE GAS PIPELINE BETWEEN WEIHAI (CHINA)  
AND BAENGYEONGDO ISLAND (REPUBLIC OF  
KOREA) ..... 42

**Maurov E., Guliyev R., Arefiev A.,  
Chernya T., Khokhlova M., Shalamay L.,  
Dagaev A., Pisareva E.**

INVESTIGATION OF DENTAL POLYMERIZED SAMPLES  
OF RGB NANOCOMPOSITE BY COLORIMETER WITH  
TWO-BAND INTEGRATING SPHERE ..... 48

# ARTS

## FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF JEWELRY ART IN LVIV AT THE END OF THE XX CENTURY

**Patyk R.**

*Ph.D.in Arts, Professor Department of Art Management,  
Vice-Rector of the Lviv National Academy of Arts, Lviv, Ukraine*

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЮВЕЛИРНОГО ИСКУССТВА ЛЬВОВА КОНЦА XX ВЕКА

**Патык Р.С.**

*кандидат искусствоведения, профессор кафедры менеджмента искусства  
первый проректор Львовской национальной академии искусств, Львов, Украина*

### **Abstract**

The article explores the main trends in the development of jewelry in Lviv at the end of 20th century. The activity of Lviv State Jewelry Factory is analyzed. The creativity of jewelry artists who have made a significant contribution to the development of modern jewelry in Lviv is investigated.

### **Аннотация**

В статье рассмотрены основные тенденции развития ювелирного искусства Львова конца 20 века. Проанализирована деятельность Львовского государственного ювелирного завода. Исследовано творчество ведущих художников-ювелиров, которые сделали весомый вклад в развитие современного ювелирного искусства Львова.

**Keywords:** jewelry, product range, Lviv Academy of Arts, jewelry artist.

**Ключевые слова:** ювелирное искусство, ассортимент изделий, львовская академия искусств, художник-ювелир.

Последнее десятилетие XX века отмечено глобальными изменениями в политической, социальной и культурной жизни Украины. Создание независимого государства в 1991 году стало мощным толчком к возрождению национального сознания, культуры и искусства. Однако потеря связи с национальными традициями, со своей историей и ментальностью спровоцировала в начале 90-х годов сложную ситуацию в развитии украинского искусства. Долгожданная свобода, отсутствие профессиональной цензуры и стихийно сложившегося художественного рынка привела к появлению и популяризации низкокачественных на "обывательском" уровне произведений искусства. А значит внимание многих ученых было обращено на исследование исторических аспектов развития национального культурного наследия, к достижениям прошлых поколений, к проблемам наследственности, то есть до восстановления тех историко-культурных процессов развития украинской культуры, которые были уничтожены во времена коммунистического режима. Стремление ученых восстановить достоверную картину становления и проблем исторического развития украинского искусства привело к распространению публикаций, научных и теоретических работ по истории изобразительного и декоративно-прикладного искусства. В середине 90-х годов культурная ситуация меняется и отмечается утверждением новосформированных художественных ценностей, полных духовностью и глубиной. Конец 90-х годов XX века – первые годы XXI века отмечены большим интересом к анализу социо-

культурных изменений, шагов и проблематике развития современного искусства в условиях независимой Украины.

Экономический кризис, связанный с упадком производственных отношений в начале последнего десятилетия привела к импорту зарубежных товаров и технологий, а вместе с тем и к импорту зарубежной культуры, влияние которой постоянно растет. Конечно потеряны национальные традиции украинского искусства не могут существенно изменить современности, а следовательно, не способны противостоять активному прогрессивному развитию новейших технологий. Желаем мы этого или нет экономический рынок охватил все сферы общественной жизни и наложил свое клеймо на многие виды искусства. Эта ситуация привела к актуализации национального стиля и форм в искусстве. Процесс глобализации общества, развития несовершенного экономического рынка, популяризации модной "массовой" культуры, которая производит большей степени материальные, бездуховные западные прототипы, затрудняет развитие и прогресс наращивания национальных культурных ценностей и не способствует рождению собственной. Отдавая дань моде распространения приобретают низкокачественные произведения искусства. Это есть действительностью нашей современности, на фоне которой наблюдается довольно сложный процесс развития украинского искусства. Однако ведущие художественно-культурные центры, такие как Киев, Харьков, Ужгород, Львов и другие, где все больше активизируется художественная деятель-

ность, способствуют обновлению современного искусства и сосредоточивают большое количество талантливых художников в своих регионах.

Несмотря на сложные политические и экономические проблемы художественная жизнь во Львове, где живет и работает много талантливых художников и существует система художественного образования, достаточно активна. Здесь происходят постоянные художественные выставки, конференции и художественные акции.

Искусство обработки художественного металла, в частности ювелирное, что имеет давние традиции возрождается в конце XX века с трудом, в большей степени, как это ни прискорбно благодаря спросу среднего потребителя. Предыдущая эпоха социализма создала неблагоприятные условия, при которых ювелирное дело как вид декоративно-прикладного искусства претерпела разрушительных в художественном направлении последствий. Запрет работать с драгоценными металлами (право работать с ценными материалами имели только государственные предприятия), отсутствия на территории Украины профессионального художественного образования, вынуждена информационная изолированность от мировых ювелирных тенденций оттолкнуло украинское ювелирное искусство на огромный шаг назад и лишило на длительный период конкурентоспособности на мировых европейских художественных рынках.

Решающим изменением в развитии ювелирного искусства в Украине были политические и культурные события 90-х годов. Актуализация проблематики развития национальной культуры и искусства способствовала восстановлению ювелирного искусства. Был решен ряд первоочередных проблем в области восстановления утраченных традиций. Открытие, во многих западных регионах Украины, специального образования в области художественного металла позволило обратить внимание на ювелирное искусство. Во Львове с 1991 года в государственном колледже декоративного и прикладного искусства имени Ивана Труша и в Львовской академии искусств были организованы программы по изучению ювелирного искусства. Благодаря этой программе молодое поколение художников-ювелиров оказало значительное влияние на развитие ювелирного искусства, и способствовало выведению его на мировую арену.

Ювелирные традиции возрождались достаточно медленно, главным образом, из-за малого количества специалистов данной отрасли. Результатом заинтересованности малочисленных ювелирных предприятий и художников в обмене опытом стали всеукраинские выставки "Ювелир Экспо Украина", которые проходят в Киеве. Таким образом в конце XX века в украинское декоративно-прикладное искусство вернулось искусство, которое в течение почти семидесяти лет уничтожалось. Однако проблемой стало то, что за несколько лет "Ювелир Экспо Украина" приобрело более промышленного, ремесленного характера нежели художественного. Ежегодное проведение данной выставки показало, что ремесленного мастерства

"ювелирка" достигла, а художественного, образного уровня еще нет. Таким образом, ювелирная промышленность и индивидуальное высокохудожественное творчество пошли отдельными путями и составляют на сегодняшний день основные направления развития ювелирного искусства как во всей Украине, так и во Львове [8].

В развитии ювелирного фабричного производства сложно отделить какую-то определенную интересную тенденцию, которая имела твердую почву для прогрессивного развития, а следовательно для детального искусствоведческого исследования. Однако надо определить, что фабричное производство ориентируясь на массового потребителя следит за мировыми тенденциями в области ювелирного дизайна и пытается ввести в свой ассортимент новые формы ювелирных изделий и способов их отделки. На сегодняшний день в Украине официально зарегистрировано 750 частных и государственных ювелирных фирм, количество которых постоянно растет [3, с. 24]. Во Львове ювелирные мастерские составляют на сегодняшний день, значительную часть и представляют на украинский рынок большое количество фабричных изделий.

Примером и аналогом для рассмотрения фабричного ювелирного производства в Львове есть мощная деятельность Львовского государственного ювелирного завода. Завод сохраняет художественные традиции древнего львовского ювелирного ремесла, которое дало начало большому промышленному производству. Украшения из серебра, платины, белого и желтого золота с драгоценными и полудрагоценными камнями отличаются высоким качеством исполнения и эстетикой. В ассортимент изделий относятся: детские украшения; женские кольца и серьги, цепочки, браслеты, подвески, броши, колье, комплекты гарнитуры; мужские перстни-печати, цепочки, запонки и др. В ассортименте широкий выбор столового серебра. На заводе выполняются заказы по изготовлению государственных наград, нагрудных знаков, медалей и значков.

История завода берет свое начало, когда он назывался Львовский завод металлических изделий и специализировался по производству товаров широкого потребления. А уже на базе этого завода в 1950 году было организовано Львовскую ювелирную фабрику – предприятие "союзного" значения, по изготовлению ювелирных изделий из серебра и не драгоценных металлов. С 1960 года на предприятии начат выпуск ювелирных изделий из золота 375, 583, 750 пробы [13; 14].

С 60-х до 90-х годов ювелирная фабрика прошла сложный путь преобразований и реконструкций. За эти годы она неоднократно принимала участие во всесоюзных и международных выставках, выполняла государственные заказы и расширяла ассортимент изделий, привлекала новые материалы и технологии.

В начале 90-х годов в связи с переходом экономики на рыночные условия хозяйствования Львовское производственное объединение "Ювелирпром" (такое название в то время имел завод)

реорганизовано в Львовский государственный ювелирный завод, согласно распоряжению Львовского городского совета выступает как самостоятельный объект хозяйствования, руководствуется статусом предприятия. Эти привилегии позволили выжить государственному предприятию в условиях экономического кризиса.

С 1991 года спрос на продукцию ювелирного производства уменьшается в связи с низким уровнем жизни, а значит и платежеспособности потребителей ювелирной продукции. Одновременно завод переживает кризис сырьевой базы и сужение рынков сбыта. Эти сложные условия вызвали репрофилирование и реконструкцию завода. Было организовано подразделение по выпуске индивидуальных художественных ювелирных изделий модельерами технического отдела, были реконструированы приемные пункты по обмену лома из драгоценных материалов на готовую фабричную продукцию, для улучшения условий реализации изделий был открыт ряд магазинов-салонов. Как показал опыт эти нововведения дали плодотворные результаты, а значит до сегодняшнего дня завод почти не изменил своей структуры и сфер деятельности. Достижением стало налаживание иностранных контактов с ювелирными предприятиями стран СНГ, Италией, Германией и т.д., а также совершенствования производственных технологий [2].

Ювелирные изделия Львовского завода перед тем как попадали на прилавки магазинов-салонов и, непосредственно, к потребителям проходили многоступенчатую процедуру утверждения. Разработкой эскизов занимается художественный отдел, состоящий из трех художников, имеющих художественное, но не ювелирное образование. Двое из них работают на заводе около 25 лет, закончили Львовский государственный институт декоративного и прикладного искусства, отделы керамики и моделирования одежды. Одна художница – закончила государственный колледж декоративного и прикладного искусства имени И. Труша, работает здесь с конца 90-х годов. Именно они по необходимости завода разрабатывают от 10 до 15 эскизов ежемесячно каждый. Затем отдел модельеров воплощает идею в готовое в материале изделие. После утверждения разработанной идеи ежемесячным художественным советом, который возглавляет главный технолог, ее запускают в производство.

Для удержания уровня рентабельности производства в постоянно меняющихся условиях рынка и нестабильных тенденциях "моды" на заводе ежеквартально обновляется на 80% ассортимент производства. Условия жесткой конкуренции на ювелирном рынке и дифференцированной платежеспособности потребителей ювелирной продукции завод разработал основные направления своей деятельности и стратегию работы. На основе изучения рынка спроса основными направлениями являются: серийное производство, производство ювелирных изделий по индивидуальному заказу, сувенирные изделия ориентированы на государственные заказы, и

художественные разработки для участия на всеукраинских ювелирных конкурсах. Конечно же основное производство составляют серийные изделия, которые не отличаются высокими художественными качествами. Серийные изделия учитывают потребности и возможности производства: легкость и экономичность выполнения, рассчитанные на среднего платежеспособного потребителя ориентируются на так называемую легковесную категорию (2-3 грамма). Наиболее популярны изделия без декоративных вставок или украшенные цирконом.

Индивидуальные изделия изготавливаются на участке модельеров почти полностью ручной работой, которые создают изделие часто от начала до конца, небольшими партиями по 10 штук, что при необходимости повторяется. Основу этой деятельности завода составляет непосредственная работа по отдельным заказчиком и изготовлением изделия по его собственному эскизу, или эскизам созданным художниками завода по вкусу покупателя. Изделия по индивидуальным заказам могут быть самыми разнообразными, но наибольшей популярностью пользуются обручальные кольца, кулоны, серьги, браслеты, украшенные полудрагоценными камнями и комбинацией белого, желтого, зеленого золота [10]. Из-за чрезмерной перегрузки отдела модельеров работа по изготовлению индивидуальных украшений периодически прекращается.

Ассортимент сувенирных изделий состоит из изготовления предметов столовой посуды, пасхальных яиц, наград и тому подобное.

В связи с тем, что участие в ювелирных ярмарках и выставках еще в советское время стала традиционной, художественный отдел завода особое внимание уделяет дизайну художественных украшений конкурсного качества. Принимает участие в выставках ювелирный завод с 1963 года. И теперь завод ежегодно выставляет свои украшения на киевском "Ювелир Экспо Украина", а последней наградой была III премия за эскиз комплекта "Пока молодой".

Художественные особенности произведений львовского ювелирного завода имеют две основные тенденции: различные преобразования или подражания традициям классических форм ювелирных изделий и современные дизайнерские решения.

Другим, наиболее мощным двигателем в развитии современного ювелирного искусства Львова является творчество его ведущих художников. Интересной тенденцией современной "ювелирки" во Львове является одновременное развитие двух поколений ювелиров.

Отдавая дань наследию прошлого ювелиры, начало творчества которых приходится на 60-70-е годы внесли весомый вклад в развитие современного ювелирного искусства Львова. Их творчество характеризуется уважительным отношением и пониманием украинских ювелирных традиций [6, с. 10].

Одним из самых известных представителей старшего поколения львовских ювелиров является Станислав Вольский родом из города Славута

Хмельницкой области. С 1966 по 1970 годы учился во Львовском училище прикладного искусства им. И. Труша, отдел художественной обработки металла, которой только организовался. По окончании обучения получил красный диплом. С 1970 по 1992 годы работал на заводе "Рембыттехника" сначала в сувенирном отделе, позже в ювелирном цехе, где проработал 25 лет. Работая на заводе одновременно учился в государственном институте прикладного и декоративного искусства. На заводе "Рембыттехника" он работал вместе с 25 ювелирами, но только он один имел художественное образование, следовательно помогал коллегам, давал советы, показывал что-то новое. Мастерская, в которой он работал имела большой успех и заказы поступали даже из Москвы. Параллельно создавал украшения для различных ювелирных выставок [1, с. 25-28]. О высоком художественном и технологическом уровне работ Вольского того периода свидетельствует государственный заказ для Брежнева. Львовский хрустальный завод "Радуга" изготовил большую хрустальную вазу, огранки которой осуществили во Львовском художественном институте, а украшение металлом совершил С. Вольский. Во время учебы в институте декоративного и прикладного искусства Вольский познакомился с Эммануилом Мысько, который учил его скульптуры. "Он нравился мне как скульптор, преподаватель и как человек" [1, с. 26]. Поддержка и рекомендации Эммануила Мысько в определенной степени способствовали тому, что в 1987 г. С. Вольский был первым ювелиром во Львове, которого приняли в союз художников Украины. Его активная творческая деятельность началась с 1969 года и продолжается до сих пор. Ювелирные произведения выполнены С. Вольским можно разделить на следующие основные категории: ювелирные украшения, малая ювелирная пластика и искусство эмали, которое в свою очередь сочетается и с украшениями, и с пластикой, и существует само по себе. Долгие годы поисков развили разносторонность творческого диапазона художника, он увлекается медальерным искусством, резьбой по камню. В 1986 году на симпозиуме в Паланге С. Вольский познакомился с искусством эмали. Начал создавать работы с эмалью, которые имели успех. И именно тогда зародилась мысль об "объединить все свои умения – ювелирное, резьба по камню и эмальерное. Профессиональное кредо художника – "профессиональный ювелир должен ставить задачу – постоянно совершенствоваться и усложнять свое искусство" [1, с. 26].

Еще одним художником творческий путь которого начался с 70-х годов является Всеволод Волощак. Его творчество занимает своеобразное место в современном львовском искусстве. Родившись в Жидачевском районе, переехал получать медицинское образование во Львов. Но в подсознании талантливую юношу тлели искорки эстетического потенциала, волновала красота просторных пейзажей, мелодии народных песен. И он начал воплощать свои замыслы на основе душевных импульсов, а художественное мастерство совершенствовал

самостоятельно на основе достижений художников-профессионалов [11], полной, мере отражены в его эмалевых произведениях. В художественную жизнь Львова он вошел в начале 1970-х годов, когда на художественных выставках появились его ювелирные изделия. Но признание как художника приобретает в 1994 году, когда представляет свою персональную выставку в Музее этнографии и художественного промысла НАН во Львове. Здесь экспонировались произведения декоративно-прикладного искусства, художественные эмали, которые раскрыли во всей полноте художественный мир автора и напоминают по мотивам исполнения лучшие традиции народного примитивизма. С 1995 года В. Волощак становится членом союза художников Украины. В 70-х годах он знакомится и творчески сотрудничает с Станиславом Вольским. Его творческая деятельность связана главным образом с изготовлением ювелирных украшений и художественной эмалью. 1984–1985 годы он посещает Индию, что в соответствии повлияло на ряд ювелирных произведений. Художественные эмали поражают цветовой гаммой и тематикой украинского крестьянства. Сегодня на счету В. Волощака десятки произведений, которые экспонировались на художественных выставках в Украине и за рубежом.

Малоизвестным на сегодняшний день является творчество Галины Хоменко, которая родилась в с. Лука Немировского района Винницкой области. Художественное образование она получила в 1960–1962 году в Кролевецком училище Сумской области и с 1963 по 1969 год во Львовском институте декоративного и прикладного искусства, окончив отдел художественного текстиля. В 60-х годах она работала на ткацкой фабрике во Львове. Галина Викторовна 25 лет (с 1973 по 1998 годы) проработала на Львовском ювелирном заводе художником, где в то время единственная имела художественное образование. С 1980 по 2001 годы она преподавала в львовском училище прикладного искусства им. И. Труша на отделении художественного металла. Вела курс узкой специализации, читая особенности технологии и работы в материале ювелирного дела. Ее учениками были преподаватель кафедры художественного металла Львовской национальной академии искусств – Аскольд Стернюк и известный львовский ювелир Станислав Вольский. Она является автором и исполнителем собственных ювелирных произведений [9, с. 75-79].

Художниками-ювелирами младшего поколения, чье творчество развивалось в конце 80-х и 90-х годах XX века является Виктор Шоломий, Александр Павлюк, Аскольд Стернюк, Александр Мирошников, Александр Швец.

Виктор Шоломий родился в г. Ростов-на-Дону. Художественное образование получил в Эстонском государственном институте в Таллине, где окончил кафедру художественного металла. С 1984 года он работал в области художественного металла Эстонии, а с 1989–2007 годов он был старшим преподавателем кафедры художественного металла Львов-

ской академии искусств. Работая в академии он разработал учебную программу, которая позволила изучать ювелирное искусство. Основными направлениями его творчества является художественнаяковка и ювелирное искусство. Его украшения не имеют как такового функционального назначения, но представляют формообразующие поиски автора. Кредо в творчестве – "Я, художник по металлу. Для меня материал – это материал, я выбираю возможности материала, с которым работаю, а не его стоимость" [15, с. 52].

Преподавателем кафедры художественного металла в Львовской национальной академии искусств является Аскольд Стернюк. Родился и получил образование во Львове, сначала в училище прикладного искусства им. И.Труша на отделении художественного металла, а затем в ЛДИПДМ на отделении художественного стекла. С 1995 года является старшим преподавателем кафедры художественного металла и руководителем индивидуальной программы по изучению ювелирного дела. На сегодняшний день работает в области металлопластики и сакрального метала [12, с. 5].

Александр Павлюк родом из г. Пустомыты Львовской области, но с 1984 года постоянно проживает во Львове. Ювелирным искусством начал заниматься когда учился на геологическом факультете Львовского государственного университета. Собственно, именно из-за камней пришел к ювелирному искусству. Начинать с глиптики и постепенно самостоятельно овладел все сложности художественной обработки металла. Творчество развивалась благодаря самообразованию и общению с художниками-ювелирами. Учился на примере Вольского, Качмара, Шоломия. Творческий диапазон достаточно широк: парадное оружие, украшения, настенные композиции, произведения декоративного характера. Главным акцентом являются камни. Выставляет свои творческие работы с 1991 года. В 1994 году Александра Васильевича зарегистрировано как мастера народного творчества при областном центре народного творчества в секции декоративной обработки металла. Работы находятся в частных коллекциях многих стран мира, а также во Львовском историческом музее, "Патерис галери" г. Вильнюс, "Арт-центр" г. Киев.

Особый интерес представляет творчество Александра Швеца и Александра Мирошникова – их профильной специализацией является искусство глиптики.

Александр Швец не имея ни высшего, ни художественного образования самостоятельно овладел искусством глиптики. Желание работать с камнем возникло еще в детстве. "Желание иметь хорошую вещь" подтолкнуло к овладению рисунка, затем основ композиции, а затем техники и технологии резьбы по камню. Его работы представлены малой пластикой, ювелирными украшениями, и, главным образом, это камеи и геммы с портретными изображениями в профиль и фас.

Александр Мирошников родом из Николаева. Толчком к захвату ювелирным делом, в частности резьбе по камню, стало то, что "прочитал то, что

под Иркутском ли не единственное в мире месторождение камеи "Чароит", а в нем – уникальный минерал сиреневого цвета с шелковым отливом ... нашел геологическую экспедицию и вскоре вернулся домой с желанным камнем". С тех пор увлечение постепенно переросло в профессиональное мастерство художественной обработки камня. Камень – есть акцентом всех его изделий, а металл: "может служить разве оправой. Благородным же есть камень" [5]. Сначала он самостоятельно осваивал сложную технологию искусства глиптики, а затем поступил в Московский университет им. Н. Крупской. После окончания первого курса бросил университет и продолжал заниматься самообразованием. Изучал соответствующую литературу, посетил десятки музеев. Методом экспериментов, проб и ошибок он овладел техниками резьбы по камню, гравировкой, скульптурной пластикой и ювелирным делом [7, с. 57].

Выдающейся фигурой Львовского художественного металла является Василий Качмар. Будучи человеком образованным и высококультурным он хорошо понимает проблематику искусства художественной обработки металла в Украине и делает свой вклад в его развитие. Получив художественное образование в России живет и работает во Львове. На первый взгляд его произведения можно отнести больше к кузнечного искусства нежели к ювелирному, да и ювелирных изделий он почти не производит. Однако, чтобы понять его творчество нужно понять его философию. Оружие и доспехи в историческом контексте эстетики являются украшениями и признаком социального статуса мужчины. В настоящее время таковы есть огромные по размеру кольца, цепи и дорогие часы. Оружие вообще потеряло свое утилитарное значение, а вместе с тем и любое украшение. Василий Качмар создает сугубо мужские украшения: будь то меч и шлем, или рыцарские доспехи, или огнестрельное оружие вместе с пороховницей – все это украшало мужчину, делало его внешний вид полным мужества и смелости. Кроме того, по художественным достоинствам и сложностью технического исполнения их можно рассматривать как произведения ювелирного мастерства [4, с. 2].

Другие тенденции развития ювелирного искусства и ювелирного дизайна утвердили творчество молодых художников-ювелиров, которые с 1991 г. учились во Львовской академии искусств на кафедре художественного металла и прошли курс индивидуальной программы обучения ювелирному искусству, художественному эмальерству, декоративной чеканке, гравировке. Многие из них уже во время учебы представляли львовское ювелирное искусство на украинских и зарубежных выставках, фестивалях, симпозиумах и других акциях. Воспитав этих студентов львовская художественная школа имела хорошие перспективы на создание собственной школы ювелирного искусства с условием дальнейшего обучения других молодых художников, которые продолжали развивать и совершенствовать художественные, образные и стилистические тенденции школы [12, с. 5]. Однако

изучение ювелирного искусства было прекращено в 1997 году, а значит единственными молодыми, получившие специальное образование представителями последних тенденций ювелирного искусства, во Львове в конце XX – начале XXI века является Ярослав Квасик, Андрей Ковальчук, Орест Ивасюта, Роман Велигурский, Сергей Никита, Дмитрий Ледницкий, Виталий Крохмалюк, Эдуард Иванюшенко, Ольга Гикова, Александр Буйвидт, Андрей Кулыгин.

Одним из первых выпускников Львовской академии искусств был Сергей Никита. Родился в Владимир-Волыньском. Первое художественное образование получил в Косовском колледже декоративного и прикладного искусства на отделении художественного металла. С 1991 по 1997 годы учился во Львовской академии искусств. Его творческая деятельность началась с 1994 года выставкой ювелирных украшений в Национальном музее во Львове, в которой принимали участие и другие студенты академии. В 1996–1997 годах он становится лауреатом международного фестиваля кузнецов и ювелиров "Гефайстон", который ежегодно проходит в Чехии. Мало того именно его украшения стали своеобразным символом этого фестиваля. Организатор и меценат "Гефайстон" Альфред Хаберман приобрел себе два украшения из коллекции Сергея.

Меньше сведений имеем о творчестве Дмитрия Ледницкого, родился в Днепрпетровске. Окончил в 1991 году отделение живописи Днепрпетровского художественного училища. В 1991 году поступил в Львовскую академию искусств. Уже с 1995–1996 годов был стипендиатом Немецкой академической службы Учета (Бааб) в Высшей Школе Дизайна, г. Пфортсгейма.

Орест Ивасюта – единственный из выпускников этого периода оставшийся жить и работать во Львове. Родился в Киеве. Начальное художественное образование получил на отделении художественного металла в Косовском колледже декоративного и прикладного искусства. С 1991 по 1997 годы учился на кафедре художественного металла Львовской академии искусств. С 1994 года принимает участие в студенческих выставках. В 1998 году поступает в аспирантуру кафедры истории и теории искусств академии и занимается исследованием художественного металла. С 1995 года принимает активное участие в зарубежных выставках, конкурсах и акциях. На сегодняшний день живет и работает во Львове. Основными направлениями творческой деятельности является ювелирный дизайн.

Роман Велигурский родился в Киеве. В 1989 г. окончил курс художников оформителей и с 1991 по 1997 гг. студент кафедры художественного металла в Львовской академии искусств. Делал совместные выставки со студентами кафедры с 1994 года. В 1996–1997 году был лауреатом международного фестиваля кузнецов и ювелиров "Гефайстон", Чехия.

Ольга Гикова родом из Львова, в 1988–1991 годах училась на специальности художник-витражист, с 1993 по 2000 г. во Львовской академии искусств. Выставляет свои творческие работы с 1996 года. Является автором церемониальной цепи мэра Львова. Работает в области ювелирного искусства.

Ярослав Квасик был одним из иностранных студентов, который вступил в 1996 году во Львовскую академию искусств на отдел художественного металла и учился по индивидуальной программе. Но впоследствии он вернулся на родину в Польшу и вступил там во Вроцлавскую академию искусств на отдел дизайна. Однако во время учебы во Львове принимал участие в выставке "Амулет" (Польша, 1998 г.) и получил вознаграждение на международном фестивале кузнецов и ювелиров "Гефайстон", в Чехии.

Последними студентами, которые учились ювелирному искусству на индивидуальной программе были Эдуард Иванюшенко, Виталий Крохмалюк, Андрей Кулыгин.

Виталий Крохмалюк из Ивано-Франковской области, с 1991 по 1994 годы учился в Косовском колледже декоративного и прикладного искусства на отделении художественного металла. 1994–2000 годы – студент кафедры художественного металла Львовской академии искусств. Ведет активную творческую жизнь с 1998 года. В 2001 году получил премию за участие в международном конкурсе "Автопортрет", г. Легница, а в 2001 году – вторую награду в номинации "украшения" на международном фестивале кузнецов и ювелиров "Гефайстон", в Чехии. В 2002 году принимал участие в международном фестивале серебра в Легнице (Польша), где представил две броши.

Эдуард Иванюшенко закончил в 1993 году Донецкий колледж искусств, в 2000 году кафедру металла Львовской академии искусств. Принимает участие в акциях с 1997 года. Творческий диапазон художника охватывает: живопись, объемно-пространственные композиции и ювелирный дизайн. В 2002 году получил специальную награду "Серебряная Острога" за творческую смелость и бескомпромиссность на международном фестивале серебра в г. Легнице в Польше.

Андрей Кулыгин из Луганской области в 1997 году закончил Луганское государственное художественное училище и поступил на кафедру художественного металла Львовской академии искусств. В 2001 году получил диплом бакалавра. В 1991 году представляет коллекцию украшений "Сезоны моды" во Львове, а в 2000 г. получает диплом за оригинальные аксессуары в конкурсе молодых дизайнеров моды "Сезоны моды" в г. Мукачево. Сегодня живет и работает во Львове.

Александр Буйвидт родился в г. Вижица Черновицкой области. Первое художественное образование получил в Выжицком училище прикладного искусства, по окончании которого поступил в 1997 году в Львовскую академию искусств на кафедру художественного металла (однако на индивидуальной программе не учился), где в 2001 году получил диплом бакалавра. На сегодняшний день живет и

работает во Львове в области художественного металла (художественнаяковка и ювелирный дизайн).

Творческие работы молодых мастеров-ювелиров обратили на себя внимание на международных художественных конкурсах. Они характеризуются новым осмыслением задач ювелирного искусства и развивают новые тенденции, чем представляют значительный интерес для отечественной и мировой художественной практики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Блошинская А. Львовский ювелир С. Вольский // 24 Карата: Мода. Стиль. Драгоценности. – 2001. – № 9. – С. 25-28.
2. Боньковская С. Ковка Украины (XIX – начало XX вв.). – Киев: Научная мысль, 1991. – 112 с.
3. Вестник ювелиров Украины. Информационно-аналитический бюлетень. – №1/2001. – 32 с.
4. Выставка ювелирных украшений [в г. Ровно]. Каталог / Авт. вст. ст. Р. Шмагало. – [Б.Р.]. – С. 2. [1995].
5. Жолтовский П. Художественный металл. Исторический очерк. – Киев: Искусство, 1972. – 116 с.
6. Кадры для ювелирной промышленности: актуальность и проблематика // Вестник ювелиров

Украины. Информационно-аналитический бюлетень. – №2/2002. – С.10.

7. Лучинский А. Отдел художественного металла. Вехи. Приложение к журналу «Изобразительное мистецтво». – Львов, 2002. – №1. – С. 57.

8. Львовская художественная школа: Каталог выставки / Львовская академия искусств, Украинский музей-архив, г. Кливленд, США; авт.-сост. Р. Шмагало. – Львов, 1999. – 28 с.

9. Мода, стиль, драгоценности. – 2000–2001. – №1(7). – С.75-79.

10. Петренко М. Украинское золотарство. – Киев: Научная мысль, 1970. – 207 с.

11. Уткин П. Кузнец. Ювелир. Художник. – Москва, 1978. – 115 с.

12. Учебные заведения, в которых обучают художников-ювелиров и мастеров // Вестник ювелиров Украины. Информационно-аналитический бюлетень. – № 2/2002. – С. 5.

13. Хохлова Е. Художественные изделия из металла. – Москва, 1959. – 310 с.

14. Художественные металлические изделия западных областей Украинской ССР (XVI – XIXст.). – Киев: АН УРСР, 1959. – 112 с.

15. Шоломий В. Становление студий художественного металла // Вестник ЛАМ. – 1996. – Вип. 7. – С. 52-55.

# EARTH SCIENCES

## FEATURES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE HORIZON U2 OF WESTERN SIBERIA BASED ON SEISMIC DATA ANALYSIS

**Bembel S.**

*Doctor of Geological and Mineralogical Sciences  
Tyumen Industrial University, Tyumen*

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ГОРИЗОНТА Ю2 ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

**Бембель С.Р.**

*Доктор геолого-минералогических наук  
профессор Тюменского индустриального университета, г. Тюмень*

### **Abstract**

The details of mapping of the geological features of oil deposits associated with the U2 reservoir of the Middle Jurassic complex of Western Siberia are the subject of this paper. A set of the most informative seismic attributes for identifying areas of increased productivity of wells and predicting effective thicknesses of U2 object is proposed based on the results of combining the materials of dynamic and seismic facies analysis of 3D seismic data, well testing, well logging and core description. One of the most promising zones of the U2 stratum is buried paleochannels, mapping of which is reliably implemented using the spectral decomposition method.

### **Аннотация**

Рассмотрены особенности картирования геологических особенностей залежей нефти, связанных с продуктивным пластом Ю2 среднеюрского комплекса Западной Сибири. По результатам комплексирования материалов динамического и сейсмофациального анализа данных 3D сейсморазведки, опробования скважин, ГИС и описания керна предложен набор наиболее информативных сейсмических атрибутов для выделения участков повышенной продуктивности скважин и прогноза эффективных толщин объекта Ю2. Одними из наиболее перспективных зон пласта Ю2 являются погребенные палеоруслу, картирование которых достаточно надежно реализовано с помощью метода спектральной декомпозиции.

**Keywords:** oil and gas deposits, geological structure, U2 stratum, seismic exploration, seismic reflection horizon, seismic attributes, seismic facies, paleo-channel

**Ключевые слова:** залежи нефти и газа, геологическое строение, пласт Ю2, сейсморазведочные работы, отражающий горизонт, сейсмические атрибуты, сеймофации, палеоруслу

Актуальной проблемой в нефтегазовой отрасли в Западной Сибири является уточнение геологического строения, геометрии продуктивных участков и вовлечение в активную разработку нефтяных залежей, приуроченных к сложно построенным и низкопроницаемым коллекторам юрского комплекса. Одним из наиболее эффективных методов доразведки и исследования в этом направлении и реализации поставленных задач является применение детального анализа материалов 3D сейсморазведки в комплексе с промыслово-геофизическими исследованиями.

Геологический разрез Западно-Сибирской плиты подразделяется на три комплекса пород: палеозойский консолидированный фундамент, триасовый параплатформенный вулканогенно-осадочный комплекс и мезозойско-кайнозойский осадочный чехол.

### **Характеристика объекта исследования.**

Участок работ расположен в пределах Сургутского нефтегазоносного района Среднеобской нефтегазоносной области. Площадь работ находится в непосредственной близости от таких месторождений как Вачимское, Солкинское, Сайгатинское и

Юнлорское. Месторождения многопластовые, промышленная нефтегазоносность отложений установлена в широком стратиграфическом диапазоне от среднеюрских до барремских включительно.

По доюрским отложениям район работ относится к Фроловскому району Обь-Тазовской фациальной области. На породах промежуточного этажа с угловым и стратиграфическим несогласием залегают юрские отложения, представленные чередованием песчаников, алевролитов, глин и углей. В Сургутском районе нижнеюрские отложения выделены в горелую свиту. Формирование вмещающих отложений происходило в мелководной части шельфа и прибрежной зоне.

Среднеюрские отложения выделяются в тюменскую свиту (аален, J<sub>2a</sub> - байос, J<sub>2b</sub> - бат, J<sub>2bt</sub>). Литологически свита разделяется на три подсвиты: толькинская, которая характеризуется частым переслаиванием песчаников и алевролитов (группа пластов Ю7-9); сандибинская, с частым переслаиванием алевроито-глинистых отложений, с прослоями углей (пласты Ю5-6); надымская, сложенная неравномерным переслаиванием глин серых, биотурбированных с глинистыми песчаниками и алевролитами (группа пластов Ю2, Ю3-4).

Кровельная часть надымской подсвиты - пласт Ю2 - является регионально нефтеносным и основным перспективным объектом средней юры в пределах Сургутского свода. Региональная нефтеносность пласта Ю2 связана с его исключительно сложным геологическим строением, обусловленным сочетанием структурных, литологических и тектонических факторов, которые привели к образованию специфического коллектора, способного аккумулировать и сохранять залежи нефти практически в любых структурных условиях.

Пласт Ю2 характеризуется весьма сложным, трудно прогнозируемым распространением песчаных тел. Фильтрационно-емкостные показатели по данным исследований керна из интервала пласта Ю2, в основном, низкие: открытая пористость в среднем около 16 %, проницаемость - до  $1-10 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. В связи с этим насыщение коллекторов неравномерное, пятнистое и форма залежей контролируется не только структурным планом, но и особенностями пространственного размещения проницаемых и плотных пород. Эффективные нефтенасыщенные толщины пласта Ю2 изменяются в широком диапазоне - от 0,4 до 16 м. На участке выявлено несколько залежей нефти, преимущественно, низкодебитных до 10-15 м<sup>3</sup>/сут, в отдельных скважинах получены притоки нефти до 50 м<sup>3</sup>/сут.

В составе верхнеюрских отложений, представленных породами прибрежного и морского генезиса, выделяются васюганская, георгиевская и баженовская свиты.

Васюганская свита (келловей, J<sub>2k</sub> - оксфорд, J<sub>3o</sub>) представлена глинами и аргиллитами, преимущественно тонкоотмученными, с редкими прослоями алевролитов и песчаников; верхняя подсвита характеризуется переслаиванием песчано-алевритовых отложений. В разрезе выделяется пласт Ю1 прибрежно-морского генезиса.

Георгиевская свита (верхний оксфорд, J<sub>3o</sub> - кимеридж, J<sub>3km</sub>) характеризуется глинами аргиллитоподобными от темно-серых до черных, тонкоотмученными с неравномерным распределением глауконита.

Баженовская свита (титон, J<sub>3tt</sub> - нижний берриас, K<sub>1b</sub>) представлена аргиллитами битуминозными, черными, с коричневым оттенком, с прослоями листоватых разностей, радиоляритов, глинистых известняков.

Основной закономерностью морфологии и развития локальных структур в мезозойско-кайнозойскую эру в районах Широкого Приобья Западной Сибири является унаследованный характер развития структур преимущественно изометрических форм, иногда с активизацией в постсенноманское время и часто встречающееся асимметричное строение складок.

#### **Результаты исследований и их обсуждение.**

На площади работ выполнены 3D сейсморазведочные работы, по данным которых выделены юрский, нижнемеловой клиноформный, апт-альб-сенноманский и палеогеновый сейсмостратиграфические комплексы. Кроме материалов

сейсморазведочных работ для анализа и прогноза свойств пласта Ю2 использованы данные геофизических исследований скважин (ГИС) по 300 скважинам, данные опробования поисково-разведочных скважин и результаты работы эксплуатационных скважин.

Юрский сейсмостратиграфический комплекс заключен в интервале между отражающими горизонтами (ОГ) А и Б. Субпараллельные отражающие горизонты внутри комплекса прослеживаются с разной степенью интенсивности. Отражающий горизонт Б, стратифицированный с кровлей баженовской свиты, является динамически выдержанным и устойчивым, за исключением участков аномального строения отложений. Ниже ОГ Б прослеживаются отражающие горизонты группы Т, связанные с отложениями тюменской и горелой свит: ОГ Т - кровля тюменской свиты, батский ярус (пласт Ю2); ОГ Т1 - байосский ярус (пласт Ю5-6); ОГ Т2 - аален-батский ярус (пласт Ю7-8); ОГ Т3 - горелая свита, тоарский ярус.

Отражающий горизонт Т приурочен к кровле пласта Ю2. Амплитуда отражения варьируется по площади. Сейсмическое отражение сформировано пачкой пластов разного литологического состава. В скважинах тонкослоистая угленосная пачка, которая характеризуется пониженными скоростями и плотностями, залегает в непосредственной близости от кровли свиты. Скорости в песчано-алевролитовых разностях рассматриваемых пластов выше скоростей в перекрывающих их глинах. В результате вблизи кровли тюменской свиты формируется низкоамплитудное отражение отрицательной полярности, за ним следует многофазное колебание. Отражение Т многофазное, интерференционное, при этом литологический состав меняется по площади, корреляция пласта Ю2 не всегда надежна.

*Выделение и трассирование тектонических нарушений.* Наиболее ярко на временных разрезах представлены зоны нарушений, прослеживаемые через всю толщу юрских и доюрских отложений. Большая часть нарушений затухают в нижнемеловой части разреза. Характерными чертами разрывов являются отсутствие смещений осей синфазности и потеря динамической выразительности отражающих границ, отклонение от вертикали, усиливающееся вниз по разрезу, приуроченность разрывов к фронтальным поверхностям складок, сформированных по типу взбросо-надвигов.

Зоны нарушений интерпретируются как динамически напряженные зоны, сопровождающиеся дроблением и трещиноватостью горных пород. Приуроченность зон нарушений к присводовым частям положительных структурных форм позволяет отнести их к сопровождающим и определяющим генезис складкообразования. Ширина зон тектонических нарушений составляет 100-150 м. Трассирование тектонических нарушений выполнялось по временным разрезам с привлечением комплексного анализа тангенсов и азимутов углов наклона отражающих горизонтов, динамических атрибутов, характеризующих неоднородность волнового поля (когерентность, ant Tracking (Schlumberger)) и т.д.

*Динамический анализ сейсмических атрибутов.* В основе методики прогнозирования геологического разреза и его параметров по данным сейсморазведки лежат эмпирические зависимости между фильтрационно-емкостными свойствами, эффективной мощностью коллекторов, определенными по данным ГИС с одной стороны, и их упругими свойствами с другой. С целью прогнозирования коллекторских свойств основных продуктивных пластов был проведен динамический анализ атрибутов сейсмической записи по ОГ Т (кровля пласта Ю2).

Анализ динамических атрибутов выполнен на качественном уровне, а также с применением количественных оценок на основе статистической обработки сейсмических атрибутов и геолого-промысловых параметров пластов. Наиболее информативными атрибутами сейсмической записи оказались производные амплитуд - среднеквадратичная амплитуда в окне исследования ОГ Т, мгновенная амплитуда, псевдоакустический импеданс, sweetness (перспективность), мгновенная фаза. Значительный вклад в анализ распределения фильтрационно-емкостных свойств (ФЭС) в исследуемых интервалах по площади работ внес акустический импеданс.

Одними из наиболее перспективных зон пласта Ю2 являются погребенные палеоруслу. Первоначальным этапом атрибутного анализа отражающих горизонтов является построение стратиграфических срезов в интервале пласта. Если по амплитудам просматриваются перспективные зоны, то их можно уточнить с помощью метода спектральной декомпозиции. Спектральная декомпозиция позволяет детально рассматривать строение продуктивных интервалов. Особенно это актуально в условиях развития сложных геологических структур, состоящих из тонких пластов, линз и палеорусел.

Сейсмические данные имеют изменчивый частотный состав во времени. Частотно-временное разложение (спектральная декомпозиция) сейсмического сигнала преследует цель параметризации переменной во времени упругой волны, прошедшей через различные породы и природные резервуары. Обычно сейсмические данные имеют ширину спектра порядка 60-80 Гц. Таким образом, сейсмическая запись содержит энергию отраженных волн большого диапазона частот. При определенных условиях, особенно при сложном стратиграфическом строении и малоамплитудных разрывных нарушениях, полезно иметь представление об амплитуде и фазе сигнала на конкретных частотах. Эти амплитуды напрямую связаны с распределением физических свойств в разрезе. Анализ результатов спектральной декомпозиции позволяет разделять амплитудные изменения по частоте, тем самым понять истинное распределение акустических свойств резервуаров углеводородов.

Интерпретация заключается в определении диапазона частот максимальных значений амплитуд целевых объектов. С помощью RGB-смешивания объединяются рассчитанные ампли-

туды в определенном диапазоне частот, что представляет возможность выполнить более надежную оценку резервуара. Для интерпретации были привлечены стратиграфический срез по кубу амплитуд, сейсмофазии, азимуты углов наклона, временные толщины между ОГ Т и Ю3, мгновенные фазы по ОГ Т, срез куба когерентности по ОГ Т, срез куба ant Tracking (Schlumberger).

Наиболее точно представляют палеоруслу два сейсмических параметра: временные толщины пласта Ю2 и когерентность, рассчитанная по ОГ Т. По сути это континентальные осадки с сохранными палеоруслуами, не размытые морем. Основное направление палеопотоков на площади исследований - северо-западное, остальные направления связаны с разрывной тектоникой и рельефом на время образования пласта Ю2.

При расчете количественных оценок были получены небольшие значения коэффициентов корреляции между отдельно взятыми сейсмическими атрибутами и петрофизическими параметрами среды. Выявлена определенная связь временных толщин между ОГ А-Т, моделированного акустического импеданса по ОГ Т и среднеквадратичных амплитуд с эффективными и нефтенасыщенными толщами. С учетом небольших коэффициентов корреляции каждого из атрибутов с данными РИГИС в отдельности, использована множественная регрессия (нейронные сети). Использовано более 300 скважин. В результате были получены карты эффективных и эффективных нефтенасыщенных толщин с коэффициентами корреляции 0,6. По полученным данным была выделена зона глинизации пласта Ю2 и перспективная зона повышенных эффективных нефтенасыщенных толщин.

Кроме стандартного динамического анализа выполнен сейсмофациальный анализ, целью которого являлось восстановление обстановок осадконакопления и прогноз литофаций по данным сейсморазведки. В основе сейсмофациального районирования продуктивных интервалов лежит анализ изменений волновой картины и классификация сейсмических трасс по их форме.

Пласт Ю2-3 полностью перекрывает отложения триаса на территории Сургутского свода. В волновом поле тюменской свиты каждый пласт приурочен к своему положительному экстремуму - отраженной волне, когда нижние пласты тюменской свиты выклиниваются, то и экстремум, который стратифицируется с нижним пластом, исчезает из разреза. Выклинивание следующего пласта приводит к аналогичным изменениям в поле отраженных волн - исчезает еще один экстремум. Таким образом, весь разрез отложений тюменской свиты характеризуется сейсмической трассой, форма которой зависит не от литологического состава пластов, а от количества экстремумов от этих пластов в разрезе.

Сейсмофазии в интервале пласта Ю2 рассматривались в разных временных интервалах. Наиболее интересным оказался интервал: ОГ Т (Ю2-Ю3). Полученная схема сейсмофаций позволила разгра-

ничить площадь на две зоны с различными условиями осадконакоплениями, что необходимо для разделения скважин на группы при проведении инверсионных преобразований. Карты сейсмофаций анализировались совместно с результатами динамического анализа.

В период формирования пласта Ю2 в пределах северной части площади накапливались осадки верхней поймы и озерно-аллювиального генезиса сокращенной толщины, в пределах склонов центральной части - осадки дельтовой и аллювиальной равнины различных фаций. В южной части формировались песчаные русловые фации, отложения пляжей и отмелей, баровые тела, местами осадки лагун и маршей. В юго-восточной части, в пределах погруженной области, накапливались осадки озерно-аллювиальной равнины с преимущественно глинистым типом разреза увеличенной толщины.

По сейсмическим материалам в интервале ОГ Т, с которым стратифицируется продуктивный на месторождении пласт Ю2, проведена классификация сейсмических трасс по форме импульса. При сопоставлении результатов палеогеографических исследований и распределения по площади участка сейсмических классов установлено, что классы согласуются с палеоуровнями седиментации юрских отложений.

Осадки первого класса представлены преимущественно глинистыми отложениями озерно-аллювиальной равнины, временами заливаемой морем, и имеют увеличенную толщину отложений.

В отложениях второго сейсмического класса вероятно наличие песчано-алевролитовых прослоев небольшой толщины. С третьего по девятый классы осадков представлены фациями песков разлива. Для этих фаций характерна увеличенная общая мощность пласта, частое переслаивание маломощных песчано-алевролитовых и глинистых прослоев, свидетельствующих об активной гидродинамике среды и частой смене режимов осадконакопления.

Предполагаемые фации русловых отложений, меандрирующих и спрямленных рек, сложенные мощным песчаным пластом или двумя песчаными прослоями с глинистой перегородкой, характеризуются каротажной фацией сундучной формы, и приурочены в основном к десятому сейсмическому классу. В целом можно сказать, что существует определенная зональность в размещении сейсмических классов и фаций пласта Ю2 по площади исследований.

Пласт Ю2 накапливался в полифациальных условиях и распределение фаций пласта обусловлено той или иной палеогеографической обстановкой. Основные перспективы в развитии песчаных фаций пласта Ю2 следует связывать с участками,

на которых в батское время могла существовать обширная аллювиальная равнина. Сопоставление распределения амплитуд на стратиграфических срезах вдоль ОГ Т показало возможность существования различных палеофациальных обстановок в пределах отдельных участков на площади исследований.

#### **Заключение.**

В результате комплексирования результатов материалов ГИС, опробования скважин, динамического и сейсмофациального анализа в интервале продуктивного горизонта Ю2 на одной из площадей Сургутского свода Западной Сибири сделаны следующие основные выводы:

- наиболее информативными атрибутами сейсмической записи при исследовании особенностей и прогнозе продуктивности отложений пласта Ю2 оказались производные амплитуд - среднеквадратичная амплитуда и мгновенная амплитуда, псевдоакустический импеданс. Значительный вклад в анализ распределения ФЕС в исследуемых интервалах по площади работ внес акустический импеданс;

- для прогноза эффективных толщин пласта Ю2 рекомендуется использование связей с временными толщинами между ОГ А-Т, псевдоакустического импеданса и среднеквадратичных амплитуд;

- в целях восстановления обстановок осадконакопления и прогноза литофаций целесообразно выполнение сейсмофациального анализа и районирования продуктивных интервалов на основе анализа изменений волновой картины и классификации сейсмических трасс по их форме;

- одними из наиболее перспективных зон пласта Ю2 являются погребенные палеоруслы, картирование которых достаточно надежно реализовано с помощью метода спектральной декомпозиции. Спектральная декомпозиция позволяет детально рассматривать строение продуктивных интервалов. Особенно это актуально в условиях развития сложных геологических структур, состоящих из тонких пластов, линз и палеорусел.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Атлас «Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского автономного округа» / под ред. Э.А. Ахпателова, В.А. Волкова, В.Н. Гончаровой, В.Г. Елисеева и др. – Екатеринбург: Издат-НаукаСервис, 2004. – 148 с.

2. Бембель С.Р., Бембель Р.М., Авершин Р.В., Корнев В.А. Перспективы выделения продуктивных участков в юрских отложениях на площадях Фроловской НГО // Известия вузов. Нефть и газ, 2018. – №4. – С.7-14.

3. Бембель С.Р. Геология и картирование особенностей строения месторождений нефти и газа Западной Сибири. – Тюмень: ТИУ, 2016. – 215 с.

## GLOBAL CARBON DIOXIDE MODELING AND THE PARIS CLIMATE AGREEMENT

**Tarko A.**

*Chief Researcher of the Dorodnicyn Computing Centre of the Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of Mathematical Cybernetics*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ЦИКЛА ДВУОКСИ УГЛЕРОДА И ПАРИЖСКОЕ КЛИМАТИЧЕСКОЕ СОГЛАШЕНИЕ

**Тарко А.М.**

*Главный научный сотрудник, Вычислительный центр им. А.А.Дородницына РАН Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, Доктор физико-математических наук, профессор математической кибернетики*

**Abstract**

The characteristics, causes, and mathematical methods of modeling the dynamics of carbon dioxide in the biosphere and global warming are given. Using a mathematical model of the global carbon cycle in the biosphere, predictions of the likely development of global warming are obtained. The plans and possibilities for reducing global warming during the implementation of the Paris Climate Agreement of 2015 are analyzed. It is shown that the reduction of CO<sub>2</sub> emissions in developing countries cannot be carried out without high-tech development and reduction of pollution emissions in developing countries.

**Аннотация**

Даны характеристики, причины возникновения и математические методы моделирования динамики двуокиси углерода в биосфере и глобального потепления. С помощью математической модели глобального цикла углерода в биосфере получены прогнозы вероятных вариантов развития глобального потепления. Проанализированы планы и возможности уменьшения глобального потепления при реализации Парижского климатического соглашения 2015 года. Показано, что сокращение выбросов CO<sub>2</sub> в развивающихся странах не может проводиться без высокотехнологичного развития и уменьшения выбросов загрязнений в развивающихся странах.

**Keywords:** global warming, carbon dioxide, mathematical modeling, environmental pollution, high-tech development, low-carbon economy.

**Ключевые слова:** глобальное потепление, двуокись углерода, математическое моделирование, загрязнение среды, высокотехнологичное развитие, низкоуглеродная экономика.

**Глобальный биогеохимический цикл углерода**

Индикаторами протекания как локальных, так и глобальных экологических процессов на суше и в океане являются биогеохимические циклы углерода, азота и других элементов. Цикл углерода имеет особое значение при анализе глобальных процессов. Углерод является главной частью органического вещества и, следовательно, он индикатор процессов в живом и мертвом веществе биосферы. С другой стороны, углерод, находясь в атмосфере в основном в виде двуокиси углерода и метана определяет парниковый эффект и, следовательно, климат Земли.

Парниковый газ двуокись углерода присутствует в атмосфере в очень малом количестве, ее современная объемная концентрация составляет 400 объемных частей на миллион (млн<sup>-1</sup>). Еще в середине XIX века М. Тиндал предположил, что повышение содержания двуокиси углерода в атмосфере приведет к росту температуры атмосферы. Хотя метан, водяной пар и другие парниковые газы также являются важными факторами, влияющими на климат, их влияние намного меньше по сравнению с атмосферным CO<sub>2</sub>.

Механизм парникового эффекта объясняется различием поглонительной способности атмосферы для приходящего к Земле излучения Солнца и излучения, уходящего от Земли. Земля получает излучение Солнца в широкой полосе спектра со

средней длиной волны около 0,5 мкм и это, коротковолновое излучение, почти все проходит атмосферу. Земля отдает полученную энергию почти как абсолютно черное тело в длинноволновом, инфракрасном диапазоне, со средней длиной волны около 10 мкм. В этом диапазоне у многих газов (двуокись углерода, метан, пары воды и др.) есть многочисленные полосы поглощения, эти газы поглощают излучение, в результате выделяют тепло и большей частью разогревают атмосферу. Углекислый газ интенсивно поглощает идущее от Земли излучение в диапазоне 12-18 мкм и является одним из основных факторов, обеспечивающих парниковый эффект.

Рост CO<sub>2</sub> в атмосфере определяется, с одной стороны, ее выделением в результате экономической деятельности: сжиганием органических ископаемых топлив (индустриальные выбросы), согласно данным Евросоюза в 2016 г. [12] — 9,75 Гт С/год (С — здесь и далее означает массу, выраженную в углероде), эрозией почв — около 1,2 Гт С/год, вырубкой лесов — около 1,6 Гт С/год, с другой стороны — поглощением этого газа экосистемами суши и океаном. В среднем годичный прирост роста CO<sub>2</sub> в атмосфере составляет 0,5%/г.

Величины индустриальных выбросов за последние 156 лет и темпы их роста представлены на рис. 1.

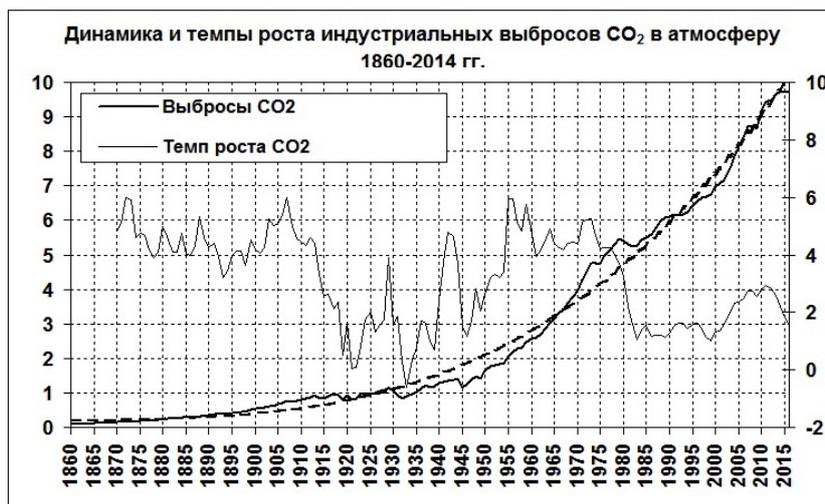


Рисунок 1. Индустриальные выбросы  $\text{CO}_2$  (Гт С/год) в атмосферу в 1860-2016 гг. (по данным [12, 15]) и темпы их роста (скользящее среднее за 5 лет) (% в год).  
Ось для темпов роста изображена справа.

Штриховая линия представляет уравнение регрессии хода  $\text{CO}_2$  (квадратичный полином)

Видно, что индустриальные выбросы постоянно росли со спадами, связанными с I и II мировыми войнами, великой депрессией 30-х годов, энергетическим кризисом 70-х годов и др. Темпы роста выбросов максимально составляли 6% в год. Судя по темпам роста, наиболее сильный спад выбросов во время великой депрессии 30-х годов. Также спад был в 80-е годы с резким подъемом по-

сле 1999 г. Следующий спад был в год начала мирового экономического кризиса 2009 г. Последний спад темпа роста выбросов происходил после 2011 г.

Одновременно с ростом концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере происходит глобальное потепление – быстрый глобальной температуры атмосферы (рис. 2).

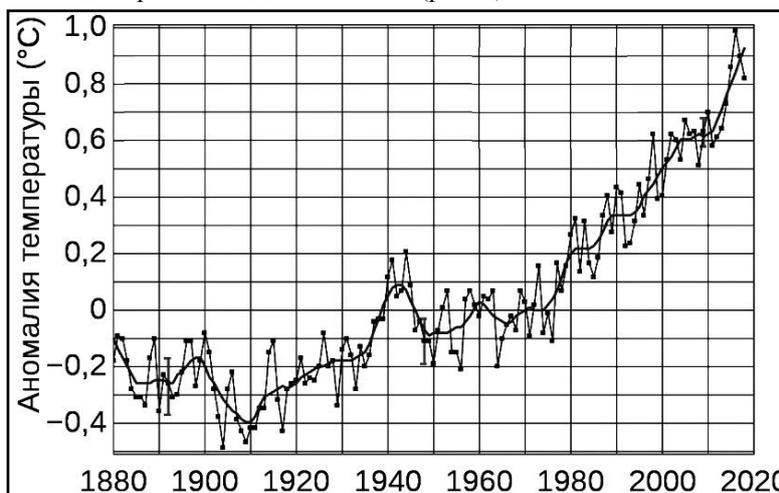


Рисунок 2. Изменение глобальной температуры атмосферы в 1880-2019 гг.  
Сглаженная линия – пятилетние скользящие средние значения.  
Данные WMO (Всемирная метеорологическая организация)

По мнению МГЭИК<sup>1</sup> до 1976 г. изменчивость климата не превышала естественных вариаций, оцененных на отрезке около 1000 лет, но после этого величина колебаний превысила их величину. Ход температуры за последнее тысячелетие по данным МГЭИК изображен на рис. 3. Данное обстоятельство дало основание провозгласить

наступление глобального потепления. Это потепление в настоящее время МГЭИК связывает с антропогенным происхождением – сжигание ископаемых топлив (каменный уголь, нефть, природный газ) приводит в выбросам парникового газа  $\text{CO}_2$  в атмосферу, что вызывает глобальный рост температуры атмосферы.

<sup>1</sup> Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) (Intergovernmental Panel on Climate Change — IPCC) была учреждена в 1988 г. Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

Обязанность группы состоит в том, чтобы проводить оценку научно-технической и социально-экономической информации об изменении климата для мирового сообщества, она выпустила несколько многотомных докладов.

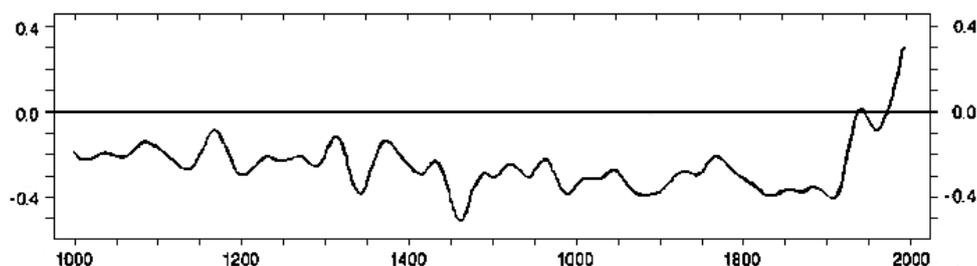


Рисунок 3. Аномалии средней глобальной температурной атмосферы (°C) за последнее тысячелетие по данным МГЭИК. По горизонтальной оси — годы, н.э.

### Моделирование глобального цикла углерода

Первой работой по математическому моделированию глобальных биогеохимических, геологических и климатических процессов является модель ученика и последователя В.И. Вернадского — В.А. Костицына [17]. Его книга «Эволюция атмосферы», вышедшая в 1935 г., может быть отнесена к классическим работам в области анализа биосферных процессов. Более того, именно В.А. Костицын — один из инициаторов применения математических методов в биологии и других естественных науках, он предложил способы описания, которыми мы пользуемся и сейчас. В модели В.А. Костицына рассмотрен глобальный цикл кислорода и углерода в замкнутой системе атмосфера — океан — биогенное звено — земная кора. Модель представляет собой систему обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений и исследуется аналитически. В математическом отношении она воспроизводит колебания типа «хищник- жертва».

Современные модели глобального биогеохимического цикла двуокиси углерода появились в начале 50-х годов после обнаружения Г.Е. Зюссом [19] значительных выбросов двуокиси углерода в атмосферу на основе измерений отношения изотопов углерода  $C^{14}/C^{12}$  в годичных кольцах деревьев. Эти модели [11, 14, 21] учитывали и просто (мало «резервуаров») процессы в системе атмосфера — океан — растительность суши. В дальнейшем число резервуаров-переменных в моделях было увеличено, для идентификации параметров цикла  $C^{12}$  стали использовать данные радиоизотопных измерений  $C^{13}$  и  $C^{14}$  в атмосфере, пространственное разбиение увеличивалось от одной точки до нескольких десятков [10, 13, 16].

Работа по моделированию глобальных биосферных процессов в Вычислительном центре АН СССР была начата в конце 70-х годов по инициативе Н.Н. Моисеева [1]. В то время А.М. Тарко [5, 6] начал заниматься моделированием глобальных биосферных процессов.

Важным свойством моделей глобального цикла углерода является учет нелинейного характера зависимости годичной продукции растений суши от концентрации атмосферной  $CO_2$ . Первым появилось уравнение зависимости годичной продукции Ч.Д. Килинга [16]. Годичная продукция в его модели нелинейно зависит от массы растительности. В моделях глобального цикла углерода

Тарко А.М. [3, 5, 6, 20] применяется альтернативное выражение — зависимость годичной продукции растительности линейная и не зависит от ее массы. Обе зависимости дают разный характер устойчивости моделей. Однако модельные расчеты показали, что динамические свойства и количественные характеристики параметров в обоих случаях близки. В диапазоне значений переменных и при сценариях, соответствующих реальности различие устойчивости не проявлялось.

Также нелинейными уравнениями описывается обмен между  $CO_2$  атмосферы и неорганическим углеродом океана и процессы в океане.

Вслед за точными моделями, имеющими характерное время 1 год, в начале 80-х годов получили развитие глобальные пространственные модели, учитывающие сезонную динамику растительных сообществ на суше и динамические процессы в океане.

### Пространственная модель глобального цикла углерода

На основе пространственной математической модели А.М. Тарко [3, 6, 20] глобального цикла углерода в биосфере рассчитаны изменения концентрации двуокиси углерода, температуры атмосферы, параметров биоты суши в результате выбросов двуокиси углерода, вырубки лесов и эрозии почв.

Модель описывает биогеохимический цикл углерода в системе атмосфера — экосистемы суши — океан. Модель описывается системой обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений. Территория всей планеты разделена на ячейки размером  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  географической сетки (приблизительно  $50 \times 50$  км). Предполагается, что в каждой ячейке суши находится растительность одного типа согласно мировой классификации. Процессы роста и отмирания растительности, а также накопления и разложения гумуса описываются как процессы обмена углеродом между  $CO_2$  атмосферы, растениями и гумусом почвы в каждой ячейке. Модель описывает процессы роста и отмирания растительности, накопления и разложения гумуса в терминах обмена углеродом между атмосферой, растениями и гумусом почвы в каждой ячейке суши. Каждая ячейка характеризуется количеством углерода в массе растительности, в гумусе почвы. Общее количество углерода в виде  $CO_2$  в атмосфере также является переменной. Единица времени — 1 год. За-

висимость годичной продукции описывается выражениями Ч.Д. Килинга [16] и А.М. Тарко [3, 6]. Блок круговорота углерода в системе атмосфера - океан описывается моделью [13]. Значения изменений температур и осадков для каждой ячейки в зависимости от концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере (парниковый эффект) рассчитываются на основе данных модели общей циркуляции атмосферы и океана М. Шлесинжера [18]. Модель содержит более 100 тысяч дифференциальных уравнений и реализована на ЭВМ.

### Прогнозы динамики $\text{CO}_2$ и глобального потепления

Моделировалась динамика биосферы с 1860 г. по 2100 г. Был принят следующий базовый сценарий. Антропогенное поступление  $\text{CO}_2$  в атмосферу начинается в 1860 г., оно происходит в результате промышленных выбросов  $\text{CO}_2$  от сжигания ископаемых органических топлив (каменный уголь, нефть, газ), вырубки лесов и эрозии почв, связанной с неправильным землепользованием. Были использованы данные CDIAC об промышленных выбросах в странах мира до 1970 г. [12] и данные Евросоюза [15] вплоть до 2016 г. После 2016 г. строились прогнозы выбросов, для которых применялась новая методика расчета – отдельного прогноза для каждой страны. К этому времени применяемый до сих пор метод на основе «суммарного показателя стран» устарел в данной тематике и дает большие ошибки для прогнозов. Причина в том, что вариабельность выбросов стран с годами становится все

больше, все большее значение приобретают не сами значения, а скорость и направление их изменения. Через несколько лет слабые выбросы стран, например, могут стать большими и обогнать сильные выбросы прежних стран. «Суммарный подход» не позволяет учесть это обстоятельство.

Высокое пространственное разрешение применяемой модели позволяет выделять и анализировать почти все страны мира. Рассмотрим выделение и поглощение двуокиси углерода на территории стран, крупнейших мировых выделителей  $\text{CO}_2$  в 2016 г. (рис. 5). Данные промышленных выбросов и поглощения экосистемами стран за 2016 г., имеющих наибольшие выбросы, таковы: наибольшие промышленные годовые выбросы были с территории Китая (2,85 Гт С), США (1,37 Гт С), Индии (0,69 Гт С), России (0,45 Гт С) и Японии (0,34 Гт). В этом году поглощение экосистемами на территории России на 5,3% превышало выбросы  $\text{CO}_2$ , в то время как Китай, США Япония и Индия были сильными выделителями  $\text{CO}_2$ . Таким образом, можно заключить, что в настоящее время наибольшее возмущение естественной атмосферы происходит от двух наиболее промышленно развитых стран (США, Япония) и двух стран с наибольшим населением (Китай, Индия). Согласно расчетам в 2016 г. эти страны выделили 54% от всех выбросов  $\text{CO}_2$ . Поэтому именно эти страны несут главную ответственность за современный рост  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Россия является наибольшим поглотителем  $\text{CO}_2$  в мире.

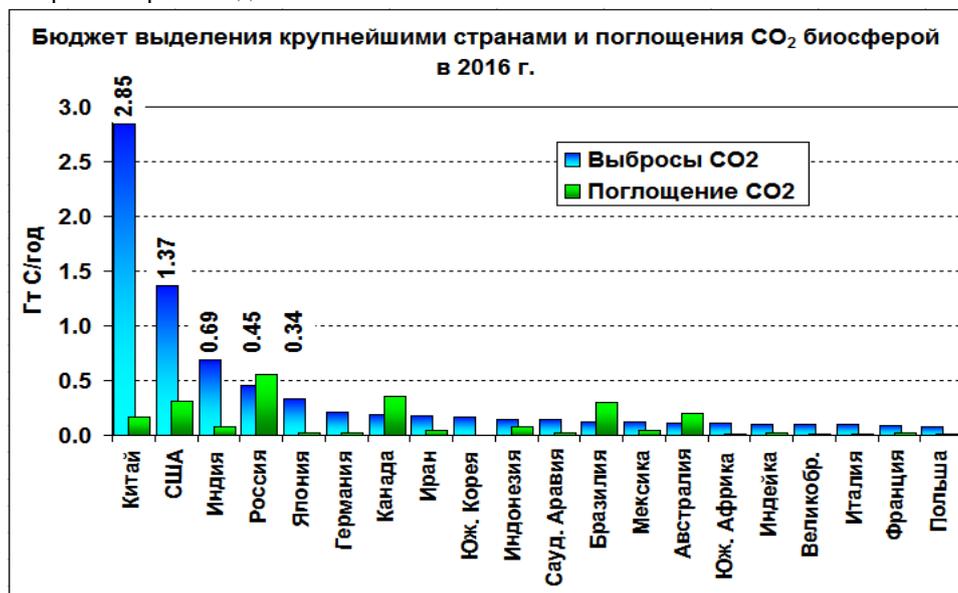


Рисунок 5. Сравнение промышленных выбросов  $\text{CO}_2$  крупнейшими странами - выделителями  $\text{CO}_2$  (Гт С/год) и рассчитанного поглощения углерода экосистемами этих стран в 2016 г.

Согласно плану Парижского соглашения 2015 года выдвинута задача стабилизации температуры атмосферы к 2100 г. [2]. Это предполагается достичь за счет перехода всех стран на низкоуглеродную экономику и альтернативные источники энергии. Всем странам мира необходимо уменьшить выбросы  $\text{CO}_2$  так, чтобы средняя глобальная температура атмосферы стала к 2100 г. на  $2^0$  С (а еще лучше, на  $1,5^0$  С) меньше ее доиндустриального

значения. Допускается временное превышение указанных значений.

Построим две группы прогнозов. Первая – рассматриваются все страны мира, после 2016 г. для каждой страны строится индивидуальный прогноз на основании 1) экспоненциальной регрессии, 2) параболической (полином 2-й степени) регрессии 3) линейной регрессии. Прогнозы строятся на основании данных 5 лет, предшествующих 2016 году.

Во всех случаях исключаются выбросы, за которые принимаются слишком большие темпы роста выбросов. На приведенном графике прогнозов (рис. 6) отмечены моменты достижения кривыми концен-

трации  $\text{CO}_2$  значений, соответствующих прохождению через температуру атмосферы  $1,5^\circ\text{C}$  и  $2^\circ\text{C}$ , то есть внимание обращалось на достижение критических значений температуры, заданных в Парижском соглашении.

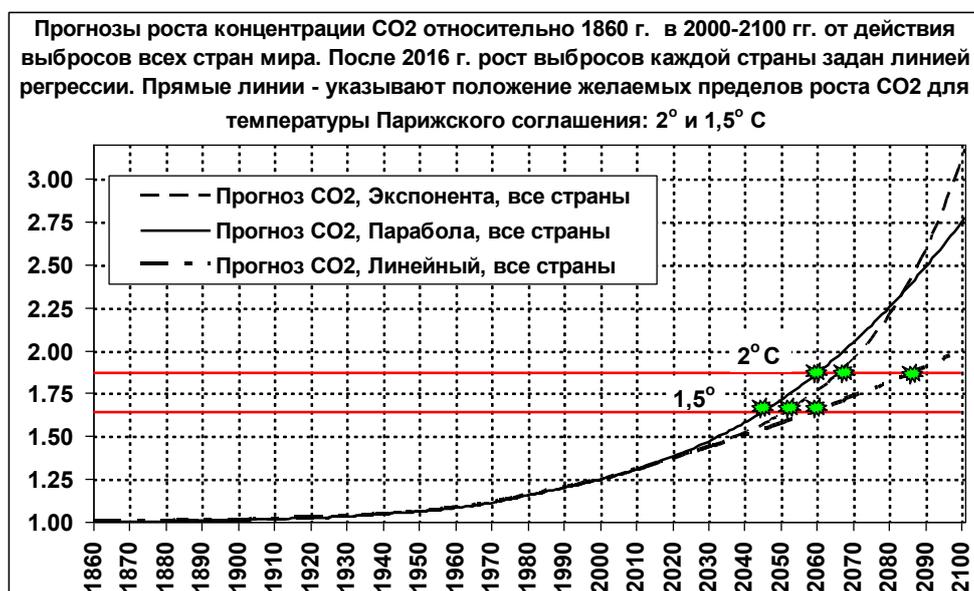


Рисунок 6. Прогнозы относительного роста концентрации  $\text{CO}_2$  в 1860-2100 г. После 2016 г. рост выбросов каждой страны задан указанной линией регрессии.

Отмечены моменты достижения кривыми концентрации  $\text{CO}_2$  значений, соответствующих прохождению через температуру атмосферы  $1,5^\circ\text{C}$  и  $2^\circ\text{C}$

Как видно, переход через значение температуры  $1,5^\circ\text{C}$  будет в случае Парабола в 2045 г., а через  $2^\circ\text{C}$  - в 2061 г. В случае Линейный переход через  $1,5^\circ\text{C}$  будет в 2059 г. а через  $2^\circ\text{C}$  в 2087 г. То есть, моделирование показывает, что переход через критические значения температуры Парижского соглашения может наступить довольно скоро.

Отметим, что, по мнению автора, полученные прогнозы наиболее надежные из имеющихся. Данные прогнозы имеют ясное происхождение, основаны на реальных измерениях. Прогнозы, публикуемые МГИК (IPCC), составлены исходя из принципа политкорректности, их смысл и происхождение мало понятны.

Вторая группа прогнозов - расчеты проводились для каждого случая, но с помощью встроенного в модель метода оптимизации решалась задача: начиная с каждого последующего десятилетия рассчитать, каким должно быть уменьшение выбросов  $\text{CO}_2$  для достижения к 2100 г. значений температуры атмосферы  $1,5^\circ\text{C}$  и  $2^\circ\text{C}$ . Отметим, что при консервации  $\text{CO}_2$  в атмосфере биосфера будет успешно развиваться, сохранится рост фитомассы лесов, и органического вещества почвы. Так, если оптимизация проводилась сразу после достижения

$1,5^\circ\text{C}$  (2045 г.) (рис. 7), то необходимо сначала за 1-2 года сократить выбросы  $\text{CO}_2$  с 18,5 до 8,8 Гт С/год, а затем в течение 35 лет более плавно сокращать их до 5 Гт С/год. Это означает, что к 2100 г. необходимо будет сократить выбросы в 3,7 раз или в 2,2 раза от современного значения. Можно заключить, что если брать для сокращения и оптимизации более поздние годы, то потребуются значительно более сильное и быстрое сокращение.

Результаты расчетов означают, что выполнение условий сокращения промышленных выбросов  $\text{CO}_2$  невозможно. Анализ показывает, что главную проблему составляет невозможность сокращения выбросов  $\text{CO}_2$  большинством развивающихся стран. Согласно [4] снижение выбросов  $\text{CO}_2$  в развивающихся странах возможно только, если страна выполняет высокотехнологичное развитие, а подобное развитие [9] не может происходить для одной его составляющей, как требуют авторы Соглашения. Такой тип развития стоит очень дорого, занимает несколько десятков лет, требует решающего участия в нем руководства страны, и поэтому развивающихся стран, готовых к такому сложному развитию очень мало.

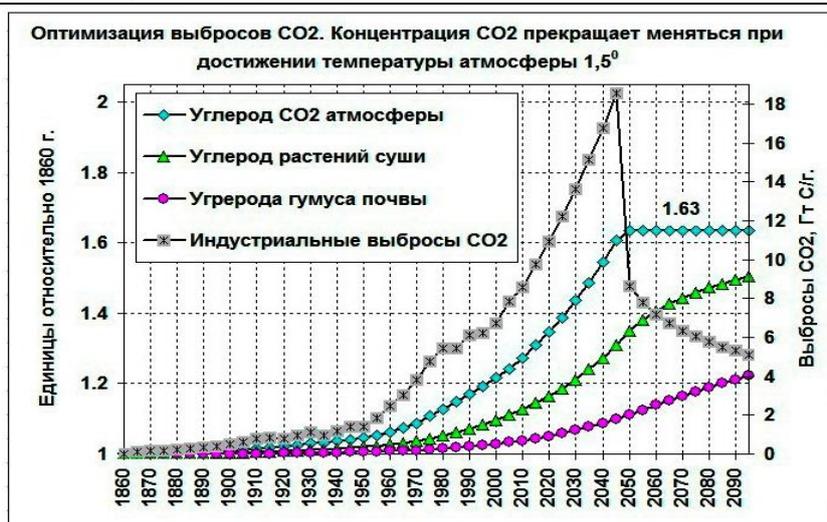


Рисунок 13. Расчет оптимального управления. В результате сокращения выбросов  $CO_2$  после критической достижения температуры атмосферы  $1,5^{\circ}C$  его концентрация остается постоянной. Представлены значения выбросов  $CO_2$  и относительных значений углерода в фитомассе лесов и органическом веществе почв. Координатная ось выбросов  $CO_2$  находится права

### Развитие природопользования и экономическое развитие мира

Человеческая цивилизация всегда использовала природные ресурсы, во-первых, «по потребностям» - стремясь в наибольшей степени удовлетворить свои потребности в повышении уровня жизни, а во-вторых – «по способностям» - использование ресурсов на любой степени развития цивилизации было ограничено техническими и экономическими возможностями. В глобальном плане емкость биосферы долгое время считалась бесконечной.

Важным этапом для понимания глобального характера воздействия на биосферу стали 70-е годы, годы энергетического кризиса. Достижение достойного и высокого уровня жизни стало подразумевать возможность жить в среде с чистым воздухом, чистой водой, находиться на природе, не изуродованной урбанизацией. В развитии мире проблемы рационального природопользования и сохранения окружающей среды стали одними из первостепенных. Были усилены и объединены разработка и совершенствование высоких технологий с восстановлением природы.

Произошедшее к 70 годам прошлого века сильное загрязнение среды в развитых странах было преодолено. Жесткое законодательство по сохранению природной среды, разработка новых технологий, приводящее к минимизации производства загрязнений на единицу продукции привели к 1990-м годам к восстановлению локальных и региональных параметров среды. Значительно сократились вредные выбросы, выделяющиеся при сжигании органических ископаемых топлив – соединений азота и серы, являющихся, в частности, главным компонентом кислотных дождей и вредящие природе и здоровью людей. Удалось добиться значительного сокращения выбросов тяжелых металлов.

Если раньше в странах Западной Европы и Северной Америки от кислотных дождей в сухое, жаркое лето гибли крупные массивы лесов, то после мер, принятых в 1980-х и 1990-е годы, это явление практически исчезло. Ранее сильно загрязненные Великие озера на американском континенте и почти погибшие озера в Скандинавии ожили, вода, растения и запасы рыбы в них пришли в норму.

Следующим этапом стало сохранение природы в глобальном масштабе. Были приняты меры по уменьшению озонового слоя атмосферы (Монреальский протокол 1987 г. по веществам, разрушающим озоновый слой, к Венской конвенции об охране озонового слоя 1985 г.). Также по сокращению выбросов парниковых газов, в первую очередь, двуокиси углерода (Рамочная конвенция ООН об изменении климата 1992 г., Киотский протокол 1997 г.). В 1992 г. была также принята Конвенция ООН о биологическом разнообразии. Наконец, в 2015 г. было принято Парижское климатическое соглашение, призванное на новом уровне решить проблему глобального потепления [2].

К сожалению, количественная реализация Киотского протокола оказалась не выполненной, но его пользу отрицать было бы неправильно. Оно вдохновило страны для развития, причем не только по сокращению выбросов  $CO_2$ , но и обыкновенных загрязнений. Развитые страны привели к заметным результатам по совершенствованию технологий и повышению эффективности производства. Сейчас в большинстве развитых стран по данным [15] выбросы  $CO_2$  сокращаются (рис. 8), а развивающихся - растут (рис. 9). В России при все более слабом технологическом уровне происходит спад темпов выбросов  $CO_2$ , он связан с усилением кризисных явлений в экономике.

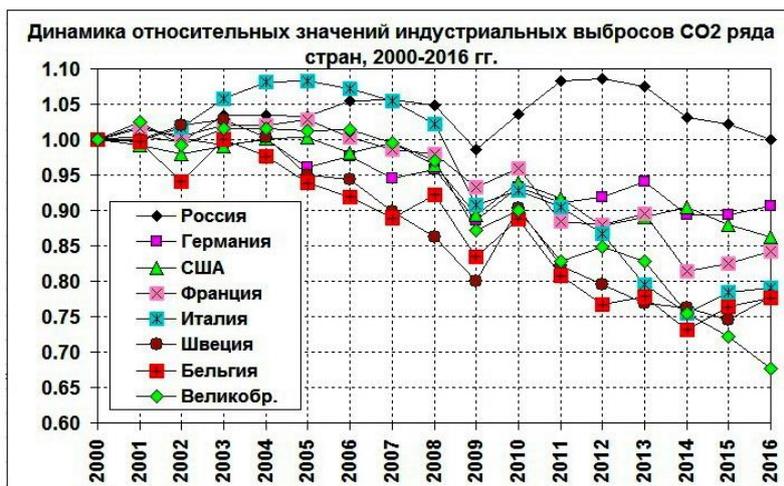


Рисунок 8. Динамика относительных значений промышленных выбросов  $CO_2$  стран с преимущественным спадом выбросов в 2000-2016 гг.



Рисунок 9. Динамика относительных значений промышленных выбросов  $CO_2$  стран с преимущественным ростом выбросов в 2000-2016 гг.

В то же время, рост концентрации  $CO_2$  в атмосфере и ее глобальной температуры продолжается. В связи с этим в 2015 году было принято Парижское климатическое соглашение [2], которое по замыслу должно привести к уменьшению глобального потепления.

С чем мир «встречает» сегодня глобальное потепление? К настоящему времени пришло понимание, что потепление вызвано экономической деятельностью человечества, и оно развивается как лесной пожар – само не остановится. Отличие состоит в том, что убежать и спрятаться «где-нибудь» на другом острове не получится – на глобальной Земле природные процессы тоже глобальные, в новом месте через несколько лет может оказаться еще хуже, чем было дома. Процесс необходимо затормозить или уменьшить. Причем уменьшение выбросов не должно снизить уровень жизни ни в развитых, ни в развивающихся странах – лидеры стран знают, что их население не любит ничего получать за счет самоограничения и самопожертвования.

В целом, эффектом глобализации в большей части развивающихся странах стало ускорение раз-

вития экономики. Однако это привело и сейчас приводит к увеличению роста загрязнений в этих странах, т.к. в условиях бедности они не хотят сдерживать развитие новых производств и, как и развитые страны, не хотят снижать уровень жизни населения. Одна из особенностей здесь - технологии, перенятые у развитых стран, часто уже не применяются по причинам, связанным с охраной здоровья населения и сохранением окружающей среды. Однако они годятся для менее развитых стран.

Более совершенные технологии или слишком дороги для большинства развивающихся стран, или уровень производственной культуры населения слишком низок для работы с ними. Примером тут является авария на химическом заводе в индийском городе Бхопал в 1984 году, повлекшая смерть 18 тысяч человек.

Как уже говорилось, мировыми рекордсменами по выбросам  $CO_2$  являются страны с большими территориями - первые места принадлежат самым большим и экономически развитым странам – Китай, США, Индия, Россия, Япония. Но их те-

перь догоняют другие крупные и малые развивающиеся страны –Индонезия, Бразилия, Мексика, Судан.

Следует отметить, что США хоть и являются одним из самых больших выделителей загрязнений и CO<sub>2</sub>, но темпы роста загрязнений у них стремятся к сокращению, и выбросы CO<sub>2</sub>, как говорилось, сокращаются. Нет сомнений, что это связано с ее высокотехнологичным прогрессом. То же происходит в большей части стран Европы.

Иная ситуация в России, Китае, в Индии и в большинстве активно развивающихся стран. В

большинстве этих стран происходит сильный рост загрязнений и выбросов CO<sub>2</sub>. Это обстоятельство показано на примере развития нескольких групп стран, учитываемых Всемирным банком [22] (рис. 10). Видно, что самый быстрый относительный рост выбросов CO<sub>2</sub> происходит в наименее развитых странах (терминология ООН), в более богатой Южной Азии рост выбросов слабее. В странах с высоким доходом, Северной Америке и в Евросоюзе выбросы CO<sub>2</sub> в большей частью уменьшаются.

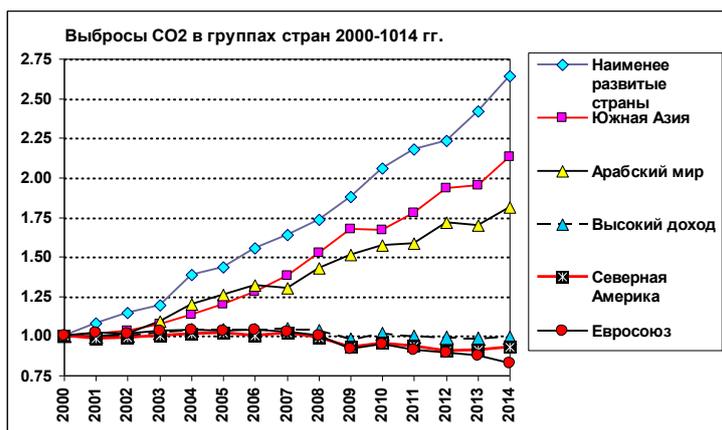


Рисунок 10. Выбросы CO<sub>2</sub> в группах стран в 2000- 2014 гг.

Сейчас развитые страны достигли значительных успехов в сокращении загрязнений, а задача сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. решена лишь частично. В развивающихся странах идет бурный рост как загрязнений, так и выбросов CO<sub>2</sub>. То есть, одни страны имеют одну серьезную нерешенную проблему, другие – две.

Рассмотрим развитие альтернативных источников энергии [22], мощное развитие которых предусмотрено в Парижском соглашении 2015. На

рис. 11 показана динамика их развития (проценты от общего энергопотребления) в нескольких странах с наиболее эффективно развивающейся энергетикой этого типа, а также в России в 1971-2015 гг. Мы видим, что с 1971 до 80-х годов для части стран, и 1971-2000 гг. для другой части, происходил быстрый рост этого вида энергетики. Однако после 2000 г. произошла относительная стабилизация прироста. Главным препятствием здесь является трудность повышения КПД данного вида энергетики.

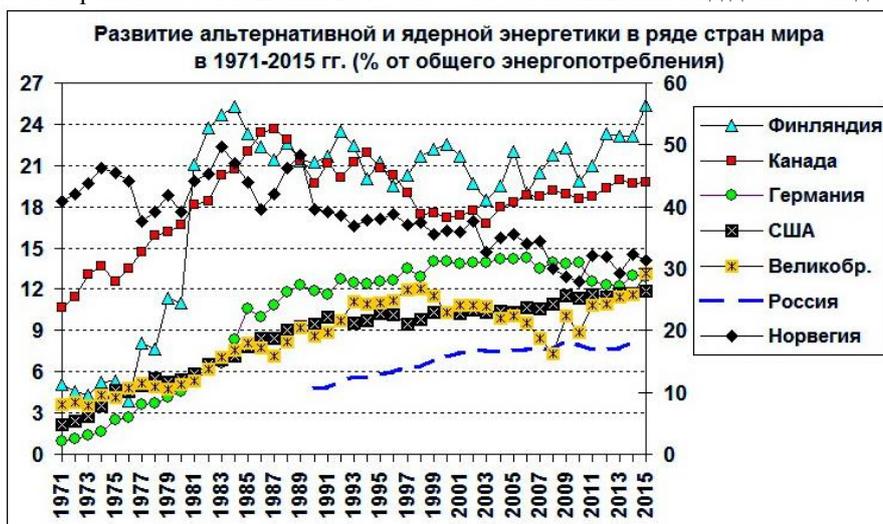


Рисунок 11. Динамика развития альтернативной и ядерной энергетики в 1971-2015 г.

Быстрые успехи развития в развитии производства, требующего мощного научного исследования часто через несколько лет резко сменяются замедлением. При этом нельзя определенно сказать,

через сколько лет будут достигнуты решительные успехи. Примером здесь является развитие термо-

ядерной энергетики, разработки которой значительно затормозились после первых лет больших надежд.

В настоящее время КПД используемых подобных устройств составляет около 10%, однако теоретически может быть доведено до 85%. При современном значении КПД альтернативных источников энергии они могут лишь частично, но не полностью заменить углеродную энергетику. Самое главное – неизвестно, когда появятся КПД, способные решить желаемые проблемы мировой энергетики. Поэтому в этой части Соглашение, следовательно, пока содержит только набор призывов.

#### **Парижское климатическое соглашение 2015**

Перейдем к Парижскому соглашению 2015 г., идущему на смену Киотскому протоколу. Авторы Соглашения выдвигают новую цель – стабилизацию температуры атмосферы и, тем самым, прекращение развития глобального потепления. Это предполагается достичь за счет перехода всех стран на низкоуглеродную экономику и альтернативные источники энергии. Если в Киото было установлено количественное ограничение на общую величину выбросов главного парникового газа – CO<sub>2</sub>, то в Парижском соглашении появился новый критерий – все страны вместе должны добиться к концу этого века устойчивого достижения средней глобальной температуры атмосферы 2<sup>0</sup> С (а еще лучше, на 1,5<sup>0</sup> С) превышающей доиндустриальное значение, за которое принимается среднее значение температуры атмосферы Земли в период конца XIX века. Допустимо, что температура сначала достигнет значения, превышающего эту величину, а затем опустится до указанного предела. Развивающиеся страны смогут получать дотации для осуществления сокращений в размере 100 млрд. долл. в год от развитых.

По замыслу авторов Соглашения выдающимся финалом этого проекта должен быть переход всех стран мира на использование только альтернативной энергии.

Автор статьи в целом положительно оценивая идею Парижского соглашения, считает, что сокращение выбросов CO<sub>2</sub>, рациональное природопользование и сохранение окружающей среды по-прежнему будут поддерживаться и развиваться человечеством, и это в течение долгого времени будет положительным ориентиром для развития стран мира. Однако заложенные в Соглашении условия не дают оснований в оптимизме о его качественном выполнении.

Отметим, что если бы в этом Соглашении идея о сокращении выбросов CO<sub>2</sub> сохранилась в том же виде, как и в Киотском протоколе (только сокращение выбросов), то это, несомненно, было бы вос-

принято негативно руководством стран и их населением. Ведь это условие не достигло результатов. Поэтому авторы нового проекта должны были найти новые формы выражения задачи. Они нашли их в виде оригинальной и амбициозной идеи. В такой форме предложенный подход идейно полностью решает проблему роста глобального потепления.

Однако, по мнению автора, главную проблему Соглашения составляет невозможность сокращения выбросов CO<sub>2</sub> большинством развивающихся стран, и в этом состоит невозможность его выполнения. Причина – в документе нет реального подхода к прогнозированию экономического развития.

Первое обстоятельство, которое не даст выполнить Соглашение состоит в том, что оно дает приоритет только сокращению выбросов CO<sub>2</sub>, не давая его другим вредным выбросом – загрязнениям. Видимо, авторы Соглашения, вдохновленные своими успехами в борьбе с загрязнениями, забыли, что в развивающихся странах эти проблемы стоят сильнее, чем CO<sub>2</sub>. В развивающихся странах опасных загрязнений очень много: это частицы ПМ 2,5, и окислы азота и серы, тяжелые металлы и многие другие. Более того, частицы ПМ 2,5<sup>2</sup> явно более вредны, чем CO<sub>2</sub>, население это знает, а вред от CO<sub>2</sub> для населения многих развивающихся стран пока «бумажный тигр», в которого оно может верить или нет. Что, например, предпочтет выбрать руководитель развивающейся страны в таких условиях для себя или его партии в условиях приближающихся выборов?

К тому же в Соглашении обоснования причинной связи глобального потепления от CO<sub>2</sub> не существует. Именно на этом основании США вышли из Соглашения. На конференции Рио-де-Жанейро 1992 г. был принят ясный принцип предосторожности, который все объяснял, но в Соглашении его нет, вместо него бездоказательно стоит утверждение, что связь есть.

Другое обстоятельство состоит в том, что, как уже говорилось, едва ли о стоит ждать, что снижение выбросов CO<sub>2</sub> можно будет получить за счет снижения уровня жизни, следовательно, снижение может быть достигнуто только в процессе высокотехнологичного развития, схожего с тем, как это удастся достичь в развитых странах. Но такая акция не может быть проведена в развивающихся странах. Становится понятным, что для выполнения Соглашения развивающиеся страны должны одновременно улучшать и технологии для сокращения выбросов CO<sub>2</sub>, и технологии для других вредных выбросов – загрязнений. Отметим, что развитые страны не смогли решить эту задачу – они добились высокотехнологичного уровня сначала, сокращая

<sup>2</sup> Частицы ПМ 2,5, в основном техногенного происхождения, диаметром 2,5 микрона и меньше – они попадают на поверхность легких человека, и при таких малых размерах реснички на поверхности не могут их захватывать и вычищать из легких. Из легких эти частицы распространяются с кровью по внутренним органам. При больших концентрациях в воздухе у людей развиваются стойкие

дефекты на поверхности легких, недостаточность дыхательной системы. Возникают пневмонии и другие болезни. Одними из составляющих частиц ПМ 2,5 являются полициклические ароматические углеводороды, которые оказывают сильное канцерогенное и токсическое воздействие на клетки организма, вследствие чего возникают онкологические заболевания, в частности, рак легких.

загрязнения, а потом перешли на уменьшение выбросов CO<sub>2</sub>. Развивающиеся страны не могут выполнять эти процедуры по очереди, а проводить их одновременно – совсем безнадежно.

Подчеркнем, что улучшать какую-то одну составляющую высокотехнологичного развития практически нереально. Автор помнит, что в начале 90-х годов, когда была надежда на скорый технологический прогресс, в России появились специалисты, которым Евросоюз дал поручение построить на Дальнем Востоке несколько электростанций с передовыми технологиями. К сожалению, ничего из этого не вышло. Новые объекты или не были совсем построены, или быстро вышли из строя в условиях отсутствия обслуживания новой «техники». Вспомним довоенную индустриализацию в СССР. Тогда строились новые отрасли экономики, только они могли стать устойчивыми экономическими субъектами.

Если необходимо технологическое улучшение, то оно должно проводиться во всех секторах экономики, например, в энергетике, металлургии и машиностроении. Строительство и поддержание новых производств требует не только больших расходов, но и квалифицированной рабочей силы, и это еще одно обоснование необходимости совершенствования отраслей (а к этому можно добавить и современное образование). Указанные процессы не могут развиваться быстро, ведь это элементы высокотехнологичных модернизаций [9]. Поэтому не следует думать, что уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> в развивающихся странах может проходить без перестройки всей экономики и что обещаемые 100

млрд. долл. даже каждой бедной стране спасут мир от глобального потепления в указанные Соглашением сроки. Высокотехнологичные модернизации растут медленно, требуют больших затрат не только денег, но и труда, их нельзя купить в другой стране [9].

Рассмотрим более детально ситуацию в части сокращения или увеличения выбросов CO<sub>2</sub> к 2016 г. На рис. 12 представлены полигоны количества стран, в которых в течение 2010-2016 гг. произошло увеличение или уменьшение количества выбросов CO<sub>2</sub>. В целом в 153 странах мира количество выбросов в течение последних 5 лет увеличивалось, а в 59 - уменьшилось, т.е. в 45% стран выбросы уменьшились. В странах с диапазоном доходов 35-65 тыс. долл. наблюдается превосходство уменьшения выбросов над их увеличением: выбросы уменьшились в 20 странах, а увеличились – лишь в шести. Уменьшения в указанном диапазоне произошли большей частью в результате улучшения технологий в странах Евросоюза (Швейцария, Норвегия, Нидерланды, Австрия, Дания, Германия, Швеция, Бельгия, Финляндия, Великобритания, Франция, Италия, Мальта) и ряде других (США, Австралия, Канада, Новая Зеландия, Пуэрто-Рико, Израиль). Среди богатых стран с доходами выше 65 тыс. долл. уменьшили выбросы только европейские страны Люксембург 102 389 долл. и Ирландия 71 389 долл. Другие богатые страны, такие как это Катар, Макао, Сингапур подобной активности не проявили.

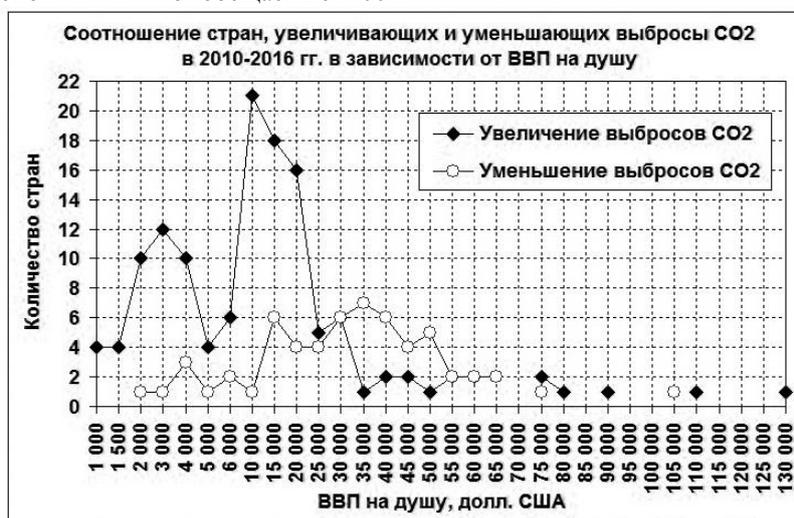


Рисунок 12. Сравнение количества стран (полигоны), увеличивших и уменьшивших выбросы CO<sub>2</sub> в 2010-2016 гг. в зависимости от ВВП на душу населения.

В каждом диапазоне чисел указывается большее (правое) значение диапазона, т.е. 1000 долл. на графике означает количество стран со значениями меньше 1000 долл.

В диапазоне стран с доходами меньше 30 тыс. долл. количество увеличивших выбросы стран превышало количество уменьшивших: 110 стран против 23. То есть в 80% диапазона этих стран выбросы увеличивались, особенно это проявилось среди бедных стран. Зона доходов меньше 30 тыс. долл. это зона почти сплошного невыполнения Киот-

ского протокола. В данном случае уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> страны в данном диапазоне не означает, что оно произошло благодаря росту доходов. По крайней мере, в этом можно не сомневаться в случае бедных стран с доходами до 10 тыс. долл. - в них произошло ухудшение экономического положения.

**Заключение**

На основании полученных результатов можно заключить, что Парижское климатическое соглашение настраивает на улучшение природной среды жизни человека, но это, по сути, документ о намерениях. Главным его недостатком является неверный учет путей экономического развития развивающихся стран и отсутствие комплексного подхода к их развитию, заключающееся в полном пренебрежении к мощно развивающимся в этих странах загрязнениям.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-01-00693.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера. Опыт системного анализа и эксперименты с моделями. // М.: Наука. - 1985. - 272 с.
2. Парижское соглашение. FCCC/CP/2015/L.9 - <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/109r.pdf> (дата обращения: 20.09.2019)
3. Тарко А. М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. Математическое моделирование. — М: Физматлит. 2005.
4. Тарко А.М. О настоящем и будущем России и мира. – Тула. Изд-во Промпилот. – 2016. – 196 с.
- 5.6 Тарко А.М. Глобальная роль системы атмосфера - растения - почва в компенсации воздействий на биосферу. // ДАН СССР. - 1977. - Т. 237. - № 1. - с. 234-237.
- 6.7 Тарко А.М. Моделирование глобальных биосферных процессов в системе атмосфера – растения - почва. // Динамическое моделирование в агрометеорологии. Под ред. Ю.А. Хваленского. - Л.: Гидрометеиздат. - 1982. - с. 8-16.
- 7.8 Тарко А.М. Устойчивость биосферных процессов и принцип Ле-Шателье. // Доклады Академии наук, 1995, т. 343, №3, стр. 393-395.
8. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Единая межведомственная информационно – статистическая система (ЕМИСС) <http://www.gks.ru> (дата обращения: 20.09.2019)
9. Эксперт. – 2010. – № 1 (Специальный выпуск).
10. Bjorkstrom A. A model of CO2 interaction between atmosphere, ocean and land biota. // The Global Carbon Cycle. SCOPE 13. - N.Y.: Willey. - 1979. - pp. 403-458.
11. Bolin B., Eriksson E. Changes in the carbon content of the atmosphere and the sea due to fossil fuel combustion. // The atmosphere and the sea in motion. Rossby Memorial Volume. Ed.: Bolin B., Rockfeller Inst. Press, N. Y. 1959. pp. 130-143.
12. Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC), U.S. Department of Energy. <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/ftp/ndp030/> (дата обращения: 20.09.2019)
13. Chan Y.H., Olson J.S., Emanuel W.R. Simulation of land-use patterns affecting the global carbon cycle. // Environmental Sciences Division. Publication N 1273, Oak Ridge National Laboratory, 1979.
14. Eriksson E., Welander P. On a mathematical model of the carbon cycle in nature. // Tellus. - 1956. - V. 8. - pp. 155-175.
15. European Commission. Emissions Database for Global Atmospheric Research. Fossil CO2 & GHG emissions of all world countries, 2017 - [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2andGHG1970-2016&dst=CO2emi#\(8:20.08.2019\)](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2andGHG1970-2016&dst=CO2emi#(8:20.08.2019))
16. Keeling C.D. The carbon dioxide cycle: reservoir models to depict the exchange of atmospheric carbon dioxide with the ocean and land plants. // Chemistry of the lower atmosphere. - N.Y.: Plenum-Press. - 1973. - pp. 251-329.
17. Kostizin V.A. Evolution de l'atmosphere: circulation organique, epoques glaciares. - Paris: Hermann. - 1935.
18. Schlesinger M.E. Simulating CO2-induced climatic change with mathematical climate models: Capabilities, limitations and prospects. Proceedings: Carbon Dioxide Research Conference: Carbon Dioxide, Science and Consensus. Coolfont Conference Center, Berkeley Springs, 1983.
19. Suess H.E. Radiocarbon concentration in modern wood. // Science. - 1955. - V. 122. - pp. 415-417.
20. Tarko A.M. Analysis of Global and Regional Changes in Biogeochemical Carbon Cycle: A Spatially Distributed Model. - Interim Report, IR-03-041, IASA, Laxenburg, Austria, 2003, 28 pp.
21. Welander P. On the frequency response of some different models describing the transient exchange of matter between the atmosphere and sea. // Tellus. - 1959. - V. 11. - pp. 348-354.
22. World Bank Open Data. World Development Indicators - <https://data-bank.worldbank.org/data/home.aspx> (дата обращения: 20.09.2019)

# PHYSICAL SCIENCES

## HIGH ENTROPY COATINGS CuTiZrCrNi

**Yurov V.M.**

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
Karaganda State University named after E.A. Buketova, Karaganda, Kazakhstan*

**Platonova E.S.**

*PhD student, Senior Lecturer, Department of Nanotechnology and Metallurgy  
Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

**Baltabekov A.**

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
Karaganda State University named after E.A. Buketova, Karaganda, Kazakhstan*

## ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ CuTiZrCrNi

**Юров В. М.**

*Кандидат физико-математических наук, доцент  
Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова  
Караганда, Казахстан*

**Платонова Е.С.**

*Докторант PhD, старший преподаватель кафедры «Нанотехнологий и металлургии»  
Карагандинский государственный технический университет  
Караганда, Казахстан*

**Балтабеков А.**

*Кандидат физико-математических наук, доцент  
Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова  
Караганда, Казахстан*

### Abstract

A highly entropic alloy and a CuTiZrCrNi coating are synthesized by mechanical alloying. The microhardness of the coating CuTiZrCrNi is not inferior and in most cases exceeds the hardness of highly entropic equiatomic alloys. The wear resistance of the CuTiZrCrNi coating is  $3 \cdot 10^{-4}$  g/min, which also corresponds to special steels in terms of wear resistance. High entropy coating has a low coefficient of friction. They turn out to be anti-friction, which in all evidence leads to energy savings.

### Аннотация

В работе синтезирован высокоэнтропийный сплав и покрытие CuTiZrCrNi методом механического легирования. Микротвердость покрытия CuTiZrCrNi не уступает и в большинстве случаев превосходит твердость высокоэнтропийных эквиатомных сплавов. Износостойкость покрытия CuTiZrCrNi составляет  $3 \cdot 10^{-4}$  г/мин, что также отвечает специальным сталям по износостойкости. Высокоэнтропийное покрытие обладает низким коэффициентом трения. Оно оказываются антифрикционными, что со всей очевидностью приводят к экономии энергоресурсов.

**Keywords:** high-entropy alloy, plasma coating, surface layer, microhardness, friction, wear resistance.

**Ключевые слова:** высокоэнтропийный сплав, плазменное покрытие, поверхностный слой, микротвердость, трение, износостойкость.

**Введение.** 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]. Мы не будем рассматривать все факторы, определяющие формирование той или иной кристаллической структуры. Более полный обзор можно найти в работах [1-6].

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 настоящей работе исследуются физико-механические свойства синтезированного нами высокоэнтропийного покрытия CuTiZrCrNi.

**Методика синтеза сплава и покрытий CuTiZrCrNi.** Для приготовления мишени CuTiZrCrNi брались микропорошки соответствующих металлов и смешивались в эквиатомных пропорциях. Затем приготовленная смесь порошков помещалась в мелющий стакан планетарной шаровой мельницы 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 работы 5 ч.).

Полученный гомогенизированный состав затем сушился в вакууме и при помощи прессформы пресовался в плоский диск диаметром 100 мм и толщиной в 5 мм. Далее диск помещался в вакуумную термо печь и спекался в ней в течении 3-х часов. Таким образом, изготовленная мишень CuTiZrCrNi использовалась для дальнейшего магнетронного нанесения покрытий на установке ННВ 6.

Нанесение покрытий производилось на подготовленные подложки из стали марки AISI-201 (шестигранники с длиной стороны 22 мм и толщиной 5 мм.). Вакуумная камера откачивалась до давления 0,003 Па затем включался ПИНК производился напуск Ar до давления 1 Па на подложку подавался отрицательный потенциал смещения 1000 В и в течении 10 мин. производилась очистка и нагрев поверхности подложки. После давление аргона понижали до 0,1 Па и включался магнетрон. Смещение на подложке уменьшалось до 150 В ток магнетрона поддерживался постоянным 3 А. Подложка располагалась в камере на расстоянии 15 см, время напыления составляло 1 час.

**Методика эксперимента.** Электронно-микроскопическое исследование было проведено на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN. Исследования проводились при ускоряющем напряжении 20 кВ и рабочем расстоянии около 15 мм. Для каждого образца было сделано по 4 снимка с 4 точек поверхности при разных увеличениях: 245 крат, 1060 крат, 4500 крат и 14600 крат. А также проведен энергодисперсионный анализ в 4 точках поверхности каждого образца. Исследование микротвердости покрытий проводилось на

микротвердомере HVS-1000A. В современной экспериментальной трибологии широко используются методологии кинетического контактного взаимодействия штырем или шариком с плоскостью. В частности, методические особенности и требования испытаний на износостойкость типа «штырь на диске» и «шар на плоскости» изложены в международных стандартах. Однако данная методология не является эффективной для исследования износостойкости покрытий и подложки и определения толщины тонких покрытий. Для решения этих задач применяют эффективный метод испытаний на микроабразивный износ путем воздействия вращающегося стального шарика на плоский образец с добавлением эмульсии, содержащей абразивные частицы (рисунок 1).



Рисунок 1 Разработанный нами прибор для испытаний материалов и покрытий на микроабразивный износ

В месте контакта образуется кратер сферической формы – калотта, поэтому прибор для обеспечения такого вида испытаний получил название калотестер. Трибологические исследования проводились на установке, описанной в работе [7].

**Структура покрытий CuTiZrCrNi.** Результаты эксперимента приведены на рисунках 2 и 3

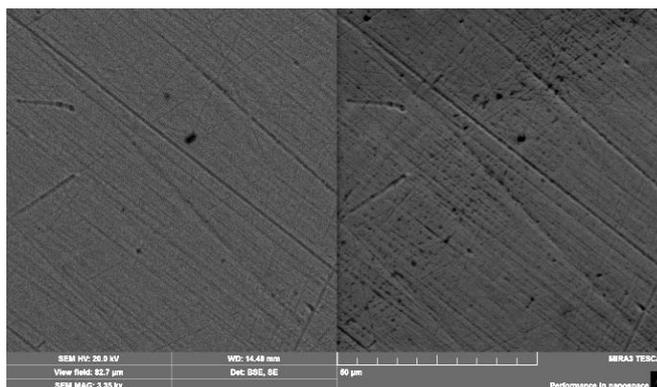


Рисунок 2 РЭМ изображения покрытия CrNiTiZrCu в аргоне а) 500 μm б) 50 μm

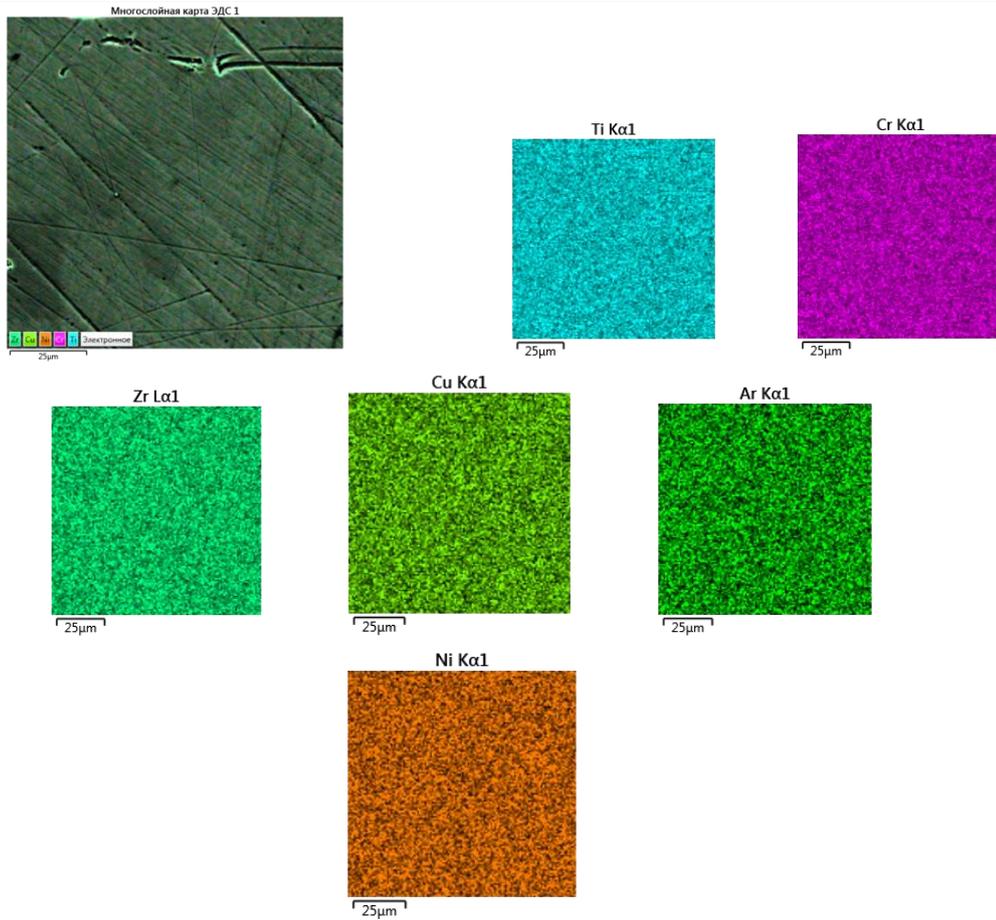


Рисунок 3 Распределение элементов в среде аргона

Рисунки 2– 3 показывают равномерное распределение элементов в средах аргона, что означает хорошее получение высокоэнтропийных покрытий. Рисунки 4 показывают химический состав

CuTiZrCrNi, ат. % в эквиатомных пропорциях (таблица 1). Исключение составляет Cu, но он попадает в диапазон > 5 ат. %.

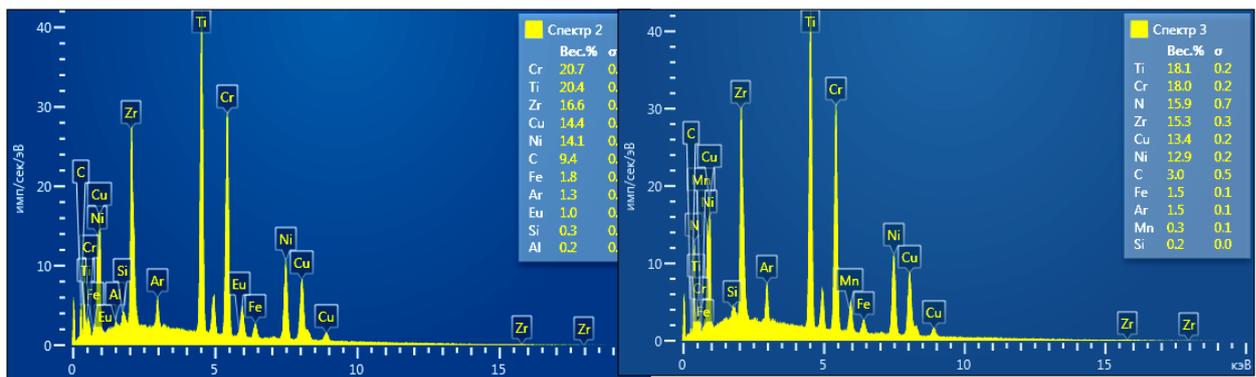


Рисунок 4 РФЭС CuTiZrCrNi в аргоне в 2-х точках

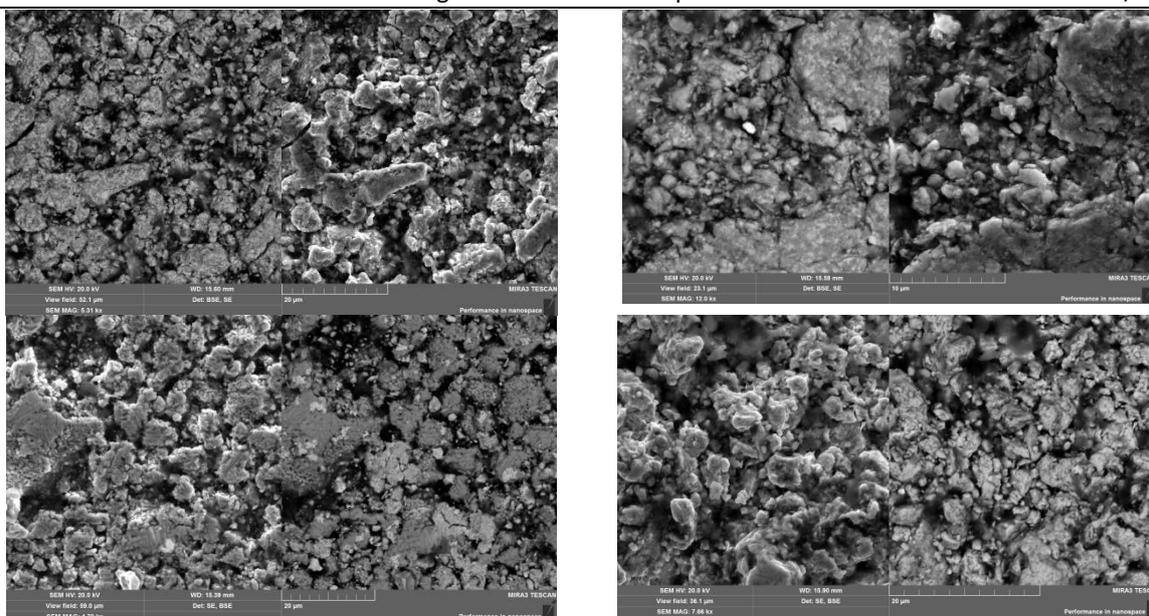


Рисунок 5 Микроструктура компонент сплава CuTiZrCrNi при разрешении 20 μm

Таблица 1

Количественный химический состав CuTiZrCrNi, ат. %

Элемент	Cu	Ti	Zr	Ni	Cr
Номинальный	20	20	20	20	20
в аргоне	6,8	19,9	17,1	21,2	23,2
в азоте	7,0	19,7	16,9	20,8	22,8

**Микротвердость покрытий.** Результаты измерений микротвердости покрытий CuTiZrCrNi даны в таблице 2.

Таблица 2

Микротвердость покрытия CuTiZrCrNi в среде аргона и азота

Микротвердость	1	2	3	4	5	6	7	8	Среднее
HV аргон	839	909	864	842	967	753	821	902	886
HV азот	897	899	899	863	879	887	966	962	888

Микротвердость покрытия CuTiZrCrNi в среде аргона и азота практически не изменились. Это означает, что азот не вступает в состав покрытия. Сравним данные таблицы 2 с данными высокоэнтропийным сплавам (таблица 3).

Таблица 3

Микротвердость высокоэнтропийных сплавов [2]

Сплавы	Твердость исходных литых сплавов, HV	Твердость сплавов после отжига, HV
CuTiVFeNiZr	590	600
AlTiVFeNiZr	800	790
MoTiVFeNiZr	740	760
CuTiVFeNiZrCo	630	620
AlTiVFeNiZrCo	790	800
MoTiVFeNiZrCo	790	790
CuTiVFeNiZrCoCr	680	680
AlTiVFeNiZrCoCr	780	
MoTiVFeNiZrCoCr	850	890
316 Нержавеющая сталь	189	155
17-4 PH Нержавеющая сталь	410	362
Хастеллой С (на основе Ni-Mo-Fe)	236	280
Стеллит 6 (на основе Co-Cr)	413	494
Микротвердость нашего покрытия CrNiTiZrCu	888	888

Микротвердость нашего покрытия CuTiZrCrNi не уступает высокоэнтропийных эквиатомных сплавов.

**Износостойкость покрытий.** Результаты исследований износостойкости покрытий CuTiZrCrNi показаны в таблице 4.

Таблица 4

Износостойкость покрытий CuTiZrCrNi						
Износ образца (масса в граммах) по 30 мин						
До	15,14852	15,14857	15,14859	15,14856	Среднее	15,148566
После	15,14745	15,14763	15,14759	15,14759	Раз- ность	0,000986

Таблица 4 показывает износостойкость покрытия CuTiZrCrNi  $\sim 3 \cdot 10^{-4}$  г/мин.

**Трибологические особенности покрытий CuTiZrCrNi.** Напыление CuTiZrCrNi производилось на неподвижный образец в течении часа с опорным напряжением 150 и 250 вольт в режиме постоянной мощности 1.5 кВт. Образец №25 в среде азота и образец №39 в среде аргона.

Таблица 5

Покрытие	по меди		по алюминию	
	коэффициент трения	погрешность	коэффициент трения	погрешность
CuTiZrCrNi аргон	0,041	0,006	0,066	0,002
CuTiZrCrNi азот	0,057	0,001	0,077	0,004

Высокоэнтропийные покрытия CuTiZrCrNi оказываются антифрикционными, что приводят к экономии энергоресурсов.

**Заключение.** В заключении можно сделать следующие выводы:

- для приготовления мишени CuTiZrCrNi брались микропорошки соответствующих металлов и смешивались в эквиатомных пропорциях в планетарной шаровой мельнице. Этот метод для получения ВЭСов намного экономичнее, чем метод металлургического литья;

- электронно-микроскопическое исследование CuTiZrCrNi показало, что сплавы и покрытия получаются однородными и практичными;

- микротвердость покрытия CuTiZrCrNi не уступает и в большинстве случаев превосходит твердость высокоэнтропийных эквиатомных сплавов;

- износостойкость покрытия CuTiZrCrNi составляет  $3 \cdot 10^{-4}$  г/мин, что также отвечает специальным сталям по износостойкости;

- высокоэнтропийное покрытие обладает низким коэффициентом трения. Оно оказываются антифрикционными, что со всей очевидностью приводят к экономии энергоресурсов.

Работа выполнена по программе Министерства образования и науки Республики Казахстан. Гранты №0118РК000063 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. Шайсултанов Д.Г. Структура и механические свойства высокоэнтропийных сплавов системы CoCrFeNiX (X=Mn, V, Mn, V, Al и Cu). - Дисс. канд. тех. наук, 2015, Белгород. – 142 с.

3. Zhang Y., Zhou Y.J., Lin J.P. 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.

6. 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.

7. Юров В.М., Гученко С.А., Ибраев Н.Х. Определение коэффициента трения скольжения. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010, №8. – С. 148-152.

# TECHNICAL SCIENCES

## COMPUTER-AIDED DESIGN OF MOLDS FOR CERAMIC PRODUCTS

**Batrshina G.**

*Candidate of pedagogics, Professor, Bashkir state University, Ufa*

## КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕСС-ФОРМЫ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ

**Батршина Г.С.**

*Канд.пед.наук, доцент*

*Башкирский государственный университет, г.Уфа*

### Abstract

Design and construction of the forming tool passes the main stages for creation and release of a qualitative ceramic product. We analyzed the methods and technologies of mold design, developed in the program Autocad 3d model of the mold for ceramic products.

### Аннотация

Проектирование и конструирование формующего инструмента проходит основные этапы для создания и выпуска качественного керамического изделия. Нами проанализированы способы, технологии проектирования пресс-форм, разработана в программе Автокад 3d модель пресс-формы для керамического изделия.

**Keywords:** Design, computer modeling, ceramic product, matrix, punch.

**Ключевые слова:** Проектирование, компьютерное моделирование, керамическое изделие, матрица, пуансон.

Период интенсивного развития многоотраслевой промышленности требует появления разнообразных инструментов и приборов для масштабного производства конструкторских деталей, мелких керамических изделий. Многообразие керамических изделий чрезвычайно велико, только в нашей стране их ассортимент включает в себя более миллиона наименований; их потребители – практически все отрасли промышленного производства и народного хозяйства. В связи с этим уже возникла, и еще долго будет сохраняться большая потребность в квалифицированных специалистах – конструкторах изделий и формующего инструмента для их изготовления. В коренном преобразовании и создании объемных и мелких изделий сложного геометрического плана применяют формующие инструменты – пресс-формы. При конструировании и изготовлении формующих инструментов задействованы большие умственные и физические ресурсы человеческого организма, так как данный процесс технологически сложный. Проектирование новых или модернизация существующих конструкций формующих инструментов для изготовления керамических изделий – сложный и многогранный творческий процесс. Его цель-достижение минимальных затрат труда, материалов, энергии, средств и при этом обеспечение максимальной разумной эффективности при эксплуатации созданной конструкции.

Формующие инструменты – основные рабочие части машин, перерабатывающих эластичные массы в керамические изделия, причем эти части автономны, их проектируют отдельно от технологической машины, но обязательно ориентируясь на

ее технические параметры и предельные возможности. Именно в рабочих частях проходят последовательно все стадии формования изделий, завершаясь образованием требуемого качества. Это обуславливает применение особых требований к проектированию и производству формующих инструментов [1, с.6.]. Процесс создания формующих инструментов для изготовления керамических изделий состоит из этапов прогнозирования, проектирования (или разработки конструкторской документации), подготовки производства и его освоения. Освоение производства проводится в соответствии с ГОСТ, в котором должны быть предусмотрены правила не только разработки, но и постановки продукции на производство, а также виды испытаний конструкций серийного и массового производства керамического изделия [3,4]. Процесс формования керамических изделий оказывает решающее влияние на качество и стоимость конечной продукции.

Актуальность работы вызвана тем, что в условиях глобализации рынка производство качественных керамических изделий пользуются на потребительском рынке достаточно большим спросом, поэтому только планирование серийного и массового производства керамических изделий методом пресования может быть конкурентоспособной.

В условиях конкурентоспособности и глобализации рынка, в условиях промышленного производства проектирование и конструирование формующего инструмента проходит основные этапы для создания и выпуска качественного керамического изделия.

Первый этап - проектирование изделия. Проектируя то или иное изделие, конструктор по ком-

плексу предъявляемых эксплуатационных требований назначает и указывает в чертежах наиболее подходящий для изготовления этого изделия материал.

Второй этап – размещение заказа на изготовление детали, то есть обсуждается вопрос о том, можно ли, в принципе, сконструировать инструмент для предложенной в чертежах конфигурации изделия. Если конструкция формующего инструмента принципиально возможна, то завершают организационный этап создания изделия.

Третий этап – конструирование формующего инструмента является самым ответственным.

Четвертый этап – изготовление инструмента.

Пятый этап – испытание формующего инструмента [1, с 6-7].

Как правило, такой формующий инструмент состоит из цветного металла или высококачественного железа. Чтобы формующий инструмент (далее пресс-форма) получил конечную форму, его дорабатывают токарными и фрезерными работами, так как данного вида оборудование в процессе своей деятельности подвергается воздействиям высокой температуры и давления, а материал, из которого изготовлена пресс-форма, должен соответствовать прочностным характеристикам и условиям жаропрочности. Также существуют такие пресс-формы, выполненные из поливинилхлоридного или деревянного материала. В обычном производстве, при эксплуатации, такое оборудование не подвергают большим нагрузкам. Основное предназначение пресс-формы – это формование пластмассовых, резиновых, металлических, керамических смесей, а также полистирольных элементов в промышленных механизмах. А состоят они из одной или нескольких частей [2, с.21].

#### **Основные конструкции пресс-формы:**

- Матрица – вогнутая составляющая, формирующая лицевую сторону пресс-формы.
- Пуансон – выпуклая составляющая внутренней стороны изделия.

Особое внимание конструкторы уделяют производству именно матрицы. Так, данная часть при изготовлении подвергается токарным, фрезерным и шлифовальным работам. А для увеличения износостойкости и прочности, вогнутая сторона обычно покрывается специализированным средством. В зависимости от того, из какого материала изготовлена пресс-форма, выбирают состав обрабатывающей жидкости. Если она деревянная, то покрывается поливинилхлоридными или жаропрочными смолами. В том случае, когда пресс-форма металлическая, ее поверхность обрабатывают специальным напылением. Для мелкосерийного производства керамических изделий удобно и экономически целесообразно изготовление пресс-формы из пластмасс холодного твердения методом свободной заливки. Пресс-формы, полученные указанным методом, имеют высокую механическую прочность, не подвержены короблению, разбуханию, коррозии, они обеспечивают достаточную точность получаемых изделий.

*Пресс-формами* называют приспособления для изготовления объемных изделий. Материалы таких изделий должны обладать способностью при высоких температурах и давлениях переходить в жидкотекучее или вязкое состояние, полностью заполнять формообразующую полость пресс-формы и сохранять приданную форму после охлаждения и сушки.

Матрицы, в которых образуется формующая полость – наиболее важные детали пресс-формы. В большинстве пресс-форм матрицы является составляющей двух элементов – собственно матрицы и загрузочной камеры. Конструкционно они могут быть выполнены как одно целое или составными, причем в последнем случае загрузочная камера и матрица являются неразъемной конструкцией; изготовление цельной матрицы не всегда технологически оправдано и для облегчения обработки иногда приходится делать матрицу на составные; наружные очертания матрицы обычно имеют цилиндрическую или прямоугольную форму; придавать матрицам другую форму нецелесообразно, так как это увеличит трудоемкость их изготовления; на рис. 1. приведены эскизы типичных составных матриц.

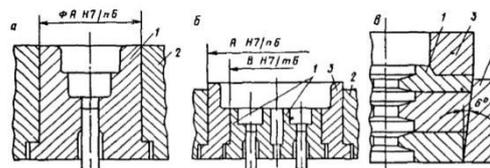


Рис. 1. Эскизы основных матриц:

*а-конструкция, выполненная заодно с индивидуальной загрузочной камерой;*

*б-основная конструкция с формующими вставками (чаще –при прямом прессовании пресс-материалов);*

*в- составная с накладной загрузочной камерой;*

*1-вставка формующая матрица;*

*2-обойма;*

*3-загрузочная камера*

Пуансоны применяют для передачи давления на пресс-массу. При прямом прессовании они оформляют наружные и внутренние поверхности детали (рис.2). Пуансоны, как и матрицы, могут выполняться сборными. Особое внимание должно уделяться фиксации пуансона – шпонками, штифтами, винтами. Правильное сопряжение пуансона с загрузочной камерой или с матрицей достигается при правильном зазоре между ними: величина его зависит от диаметра или сечения пуансона, но его минимальное значение равно 0,02- 0,03 мм на сторону; этому требованию отвечают посадки. Для уменьшения трения верхняя часть загрузочной камеры делается с уклоном 15-20° на сторону; высота уклона равна половине высоты загрузочной камеры.

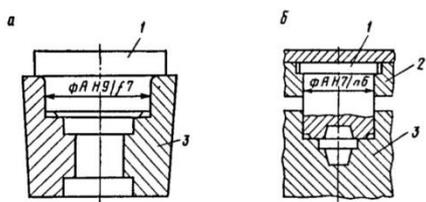


Рис.2. Эскизы пуансонов:

*а-цельного;*

*б-составного;*

*1-пуансон;*

*2- обойма пуансона (пуансонодержатель);*

*3 –матрица с загрузочной камерой*

Поскольку с увеличением площади проекции загрузочных камер в значительной степени увеличивается и необходимое усилие прессования: размеры камер в пресс-формах полузакрытого типа не должны превышать более чем на 10-12 мм размеры формующей полости, а полезная площадь прессования не должна быть меньше 60- 65% всей площади загрузочной камеры [1, с.82-83].

После определения размеров и конструкции пресс-формы необходимо выбрать материал основных деталей и провести расчеты на жесткость и прочность, разработать технологию изготовления пресс-формы, учитывать ее износостойкость в условиях абразивного износа прессуемым порошком, предел выносливости в условиях растяжения–сжатия или несимметричного сжатия, дефицитность и обрабатываемость. Проектирование пресс-формы выполняют с учетом особенностей технологических свойств материала изделия. При проектировании изделий следует стремиться к созданию таких геометрических форм, при которых возможности образования трещин, ореолов и расслоений были бы минимальными. Пресс-форма – как отмечалось выше, это инструмент для изготовления модели. От точности модели зависит точность размеров полости формы и соответственно размеров отливки. Поэтому главное требование к пресс-форме заключается в том, чтобы в ней можно было получить изделия с заданной точностью размеров и шероховатостью поверхности. Форма изделия имеет важное значение для выбора плоскости разреза формующего пресс-инструмента, которая должна быть расположена так, чтобы не было затруднений для извлечения изделий после формования. От положения плоскости разреза зависит точность элементов изделий. Точность размеров изделия и качество воспроизведения его конфигурации зависят от

точности размеров полости пресс-формы и ее конструкции; чем меньше разъемов имеет пресс-форма, тем выше точность изделий. Поэтому всегда при проектировании пресс-формы стремятся делать минимальное число разъемов. Однако для получения сложных деталей приходится делать несколько разъемов, чтобы изделие можно было извлечь из рабочей полости пресс-формы легко и быстро, без деформаций и повреждений. Очень важную роль играет материал пресс-формы, также она должна иметь такую конструкцию, чтобы ее можно было просто и быстро изготовить для более длительной эксплуатации[6].

По заявке для Башкирского государственного университета необходимо было спроектировать на компьютере пресс-форму для прессования керамического изделия «Электроизолятор для муфельной печи». Проектирование пресс-формы и получение прессуемого керамического изделия производилось нами при помощи программного обеспечения «Автокад».

**Автокад** - это самая полная и широко распространенная специализированная программная система автоматизированного проектирования (САПР) и черчения, предназначена для работы с проектами в трехмерном пространстве. В современной версии Автокада имеется полный набор инструментов для трехмерного моделирования, кроме этого система рендеринг позволяет получать высококачественную визуализацию моделей, а также в этой системе реализована печать на 3D принтере и поддержка облаков точек.

Использование Автокада в работе подразумевает получение следующих преимуществ:

Значительно сокращаются временные затраты на разработку проекта.

1. Намного улучшается качество производимого изделия за счет увеличения точности черчения.

2. Многократно можно использовать один чертеж в качестве базы для разработки подобных проектов.

3. Доступ к специфическому набору чертежных инструментов, которые объединяют в себе функционал более простых.

4. Повышается производительность трудовой деятельности.

Чертежи, созданные с ее помощью, должны удовлетворять стандартам, установленным давным-давно для своеобразных видов чертежной продукции, которые традиционно выполнялись вручную и зачастую создаются так и поныне [5].

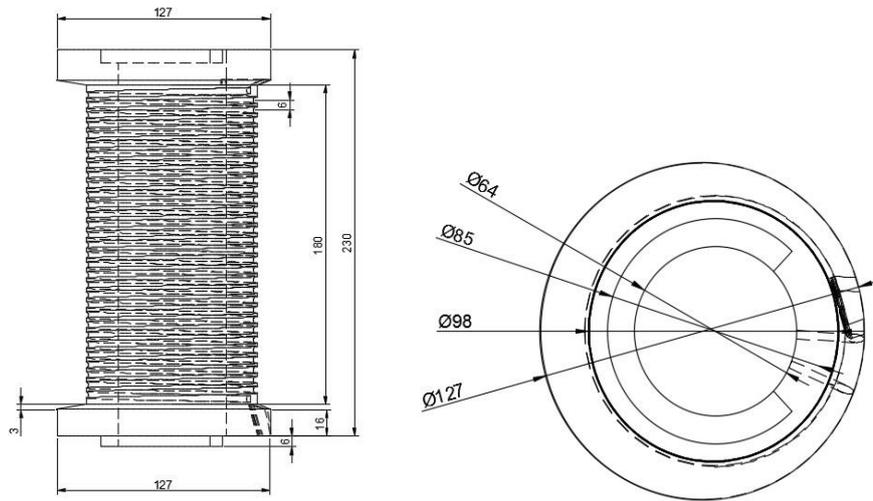


Рис.3. Общий вид прессуемого керамического изделия.

Для проектирования нашей пресс-формы в программе AutoCAD необходимо создать новый файл, в котором мы сможем построить 3D-модель. Для этого необходимо воспользоваться меню File | New, затем выбрать acad.dwt. 3D моделирование в Автокаде начинается со смены рабочего пространства и выбора подходящего вида (изометрии). По умолчанию в последних версиях программы стоит

рабочее пространство «2D рисование и аннотации», которое не подходит для трехмерного моделирования. Его следует изменить на 3D-моделирование. После смены рабочего пространства на ленте-панели появляются вкладки, панели и команды для работы с 3D объектами. Мы приступаем к моделированию отдельных компонентов детали пресс-формы. Ими являются:

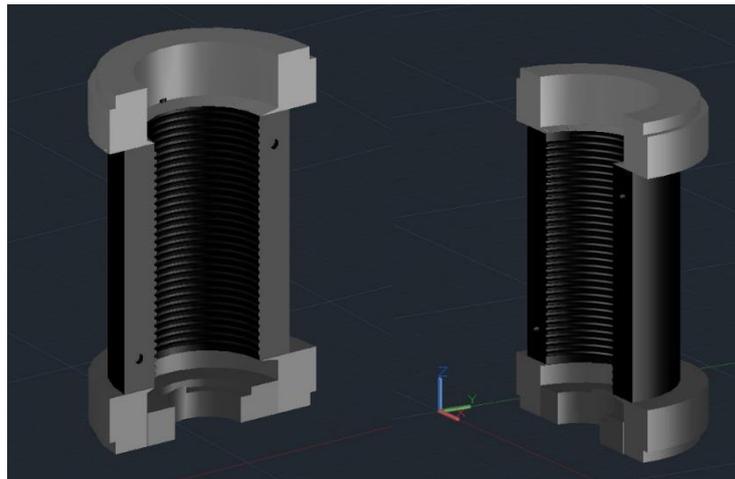
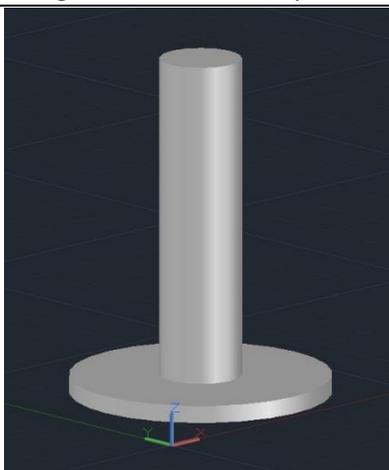


Рис.4. Матрица пресс-формы (левая и правая)

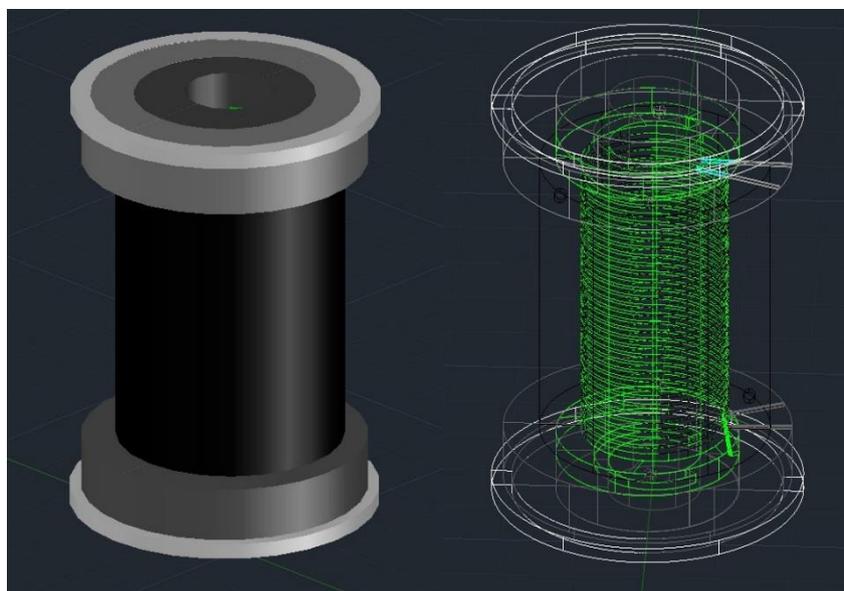


Рис.5. Верхний пуансон и кольцо стяжка



*Рис.6. Сердцевина*

При создании модели использовались команды выдавливание и вычитание. При помощи команд 3D виды и визуальные стили получили конечную модель детали.



*Рис.7. Сборка пресс-формы для керамического изделия*

После завершения изготовления пресс-формы по индивидуальному проекту, обязательно проводятся испытания. Проведение такого испытания позволяет удостовериться в высоком качестве произведенной конструкции: проверяется прочность изделия, сравниваются размеры трехмерной модели с реальным результатом. В результате 3D-моделирования мы точно знаем, как будет выглядеть изделие и какие элементы нам понадобятся для его изготовления. Поэтому переходим непосредственно к 3d печати пресс-формы.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Басов Н.И., Брагинский В.А., Казанков Ю.В./Расчет и конструирование формирующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов/учебное издание –Москва:Изд-во «Химия», 1991, - 350 с.

2. Вакутин А.П., Каченюк М.Н./ Оборудование и оснастка для формования металлических порошков: учебное пособие – Пермь: Изд-во Перм.Гос.Тех.Ун-та, 2010, - 107 с.

3. ГОСТ 7855-84 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования – Введ. 1984.29.12 – М.: Изд-во стандартов, 1984 – 9 с.

4. ГОСТ 28840-90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб – Введ. 1990.29.12 – М.: Изд-во стандартов, 1990 – 8 с.

5. Зуев С.А., Полещук Н.Н./САПР на базе AutoCAD –как это делается: учебное пособие. – Петербург: Изд-во: БХВ-Петербург, 2004.

6. Фетисова, Т.С. / Проектирование литьевых форм для изготовления пластмассовых изделий: учеб. пособие. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 102с.

**IDENTIFICATION OF DYNAMICS OF NONLINEAR INDUSTRIAL CONTROL OBJECTS****Adambaev M.D.***Ph.D, associate Professor of the Department «Automation and control»  
Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev  
Almaty, Kazakhstan***Bizhanova A.S.***Doctoral student, of the Department «Automation and control»  
Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev  
Almaty, Kazakhstan***ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИКИ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ  
УПРАВЛЕНИЯ****Адамбаев М.Д.***кандидат технических наук  
ассоциированный профессор кафедры «Автоматизация и управление»  
Казахская академия транспорта и коммуникации им.М.Тынышпаева  
г. Алматы, Казахстан***Бижанова А.С.***докторант кафедры «Автоматизация и управление»  
Казахская академия транспорта и коммуникации им.М.Тынышпаева  
г. Алматы, Казахстан***Abstract**

Many industrial control facilities almost always have inertia and a significant nonlinear statistical characteristic of the control channel. The latter is most often described by a parabolic dependence. The linear part of such objects is usually represented as an inertial link of the first order with a transfer function of the form:  $W(p)=K/Tr+1$  (where  $K$  is the transfer coefficient,  $T$  is the time constant). At the same time, its acceleration curve at the input of a non-step action causing the output variable  $Z(t)$  to decrease to zero is determined by the expression as follows:

$Z(t) = KU_0 e^{-\frac{t}{T}}$  (where  $U_0$  is the time constant of the initial value of the input variable before the input of the step perturbation).

The paper presents a transient function of a nonlinear object, the static characteristic of which is a parabola. The latter makes it possible to determine the dynamic parameters of a nonlinear object. A clear algorithm for calculating the parameters of a mathematical model of a nonlinear installation is given, which in a given range of grinding of the output value can be approximated as a linear object. The sequence of representation of mathematical models of industrial objects of management in the normal form is offered.

**Аннотация**

Многие промышленные объекты управления практически всегда обладают инерционностью и существенной нелинейной статической характеристикой по каналу управления. Последнее чаще всего описывается параболической зависимостью. Линейную часть таких объектов обычно представляю в виде инерционного звена первого порядка с передаточной функцией вида:  $W(p)=K/Tr+1$  (где  $K$  – коэффициент передачи,  $T$  – постоянная времени). При этом его кривая разгона при подаче на вход ступенчатого воздействия, вызывающего уменьшение выходной переменной  $Z(t)$  до нуля, определяется выражением

вида:  $Z(t) = KU_0 e^{-\frac{t}{T}}$  (где  $U_0$  - начальное значение входной переменной до подачи ступенчатого возмущения).

В работе дана переходная функция нелинейного объекта, статическая характеристика который представляет собой параболу. Последнее дает возможность определить динамические параметры нелинейного объекта. Дан четкий алгоритм вычисления параметров математической модели нелинейной установки, которые в заданном диапазоне изменения выходной величины можно приближенно представить как линейный объект. Предлагается последовательность представления математических моделей промышленных объектов управления в нормальной форме.

**Keywords:** nonlinear object, transient characteristic, identification, parabolic dependence, mathematical model, normal form.

**Ключевые слова:** нелинейный объект, переходная характеристика, идентификация, параболическая зависимость, математическая модель, нормальная форма.

Большинство объектов инерционны и имеют существенно нелинейные статические характеристики. Их структурная схема может быть представлена цепью последовательно соединенных линейного инерционного с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{z(p)}{u(p)} \quad (1)$$

и нелинейного безинерционного со статической характеристикой  $x = f(z)$  звеньев (рис.1). Примером существенно нелинейного инерционного объекта может служить барабанная

мельница, для которой  $u \rightarrow Q(m/ч)$  - производительность по углю,  $z \rightarrow \varphi_p(\%)$  - степень заполнения барабана измельчаемым материалом,  $x \rightarrow P_d(kВт)$  - активная мощность приводного двигателя мельницы. Подобную динамическую структуру имеют много других аппаратов [1-3].

Для большинства аппаратов нелинейное звено может быть описано уравнением параболы

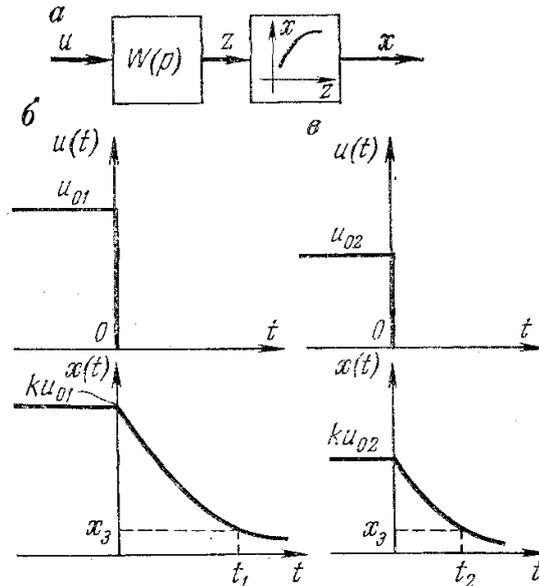


Рисунок 1. Структура динамических нелинейных объектов (а) и изменение выходной переменной таких объектов во времени при двух значениях ступенчатых возмущений на входе  $u_{01}$  (б) и  $u_{02}$  (в).

Приближенно линейное инерционное звено можно представить как аperiodическое звено первого порядка, тогда его переходная функция при подаче на вход ступенчатого возмущения, вызывающего уменьшение переменной  $z$  до нуля, выражается в виде [4-7]

$$z(t) = ku_0 e^{-\frac{t}{T}}, \quad (2)$$

где  $T, k$  - соответственно постоянная времени и коэффициент усиления звена;  $u_0$  - начальное значение входной переменной до подачи ступенчатого возмущения. Нелинейная часть поставлено с параболой:

$$x = az^2 + bz + c. \quad (3)$$

Тогда переходная функция объекта определится подстановкой значения  $z$  из (2) в (3)

$$x = ak^2 u_0^2 e^{-\frac{2t}{T}} + bku_0 e^{-\frac{t}{T}} + c, \quad (4)$$

а производная  $x$  по  $z$

$$\frac{dx}{dz} = 2az + b = 2aku_0 e^{-\frac{t}{T}} + b. \quad (5)$$

Из уравнений (3) и (5) следует, что каждому значению  $x$  соответствует одно определенное значение  $\frac{dx}{dz}$ . Поэтому для значения переменной  $x = x_3$  (рис.1, б, в), которое наступает в различные моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  при подаче на вход объекта различных ступеней воздействия  $u_{01}$  и  $u_{02}$ , можно написать равенство

$$u_{01} e^{-\frac{t_1}{T}} = u_{02} e^{-\frac{t_2}{T}}. \quad (6)$$

Решив уравнение (6) относительно  $T$ , окончательно получим

$$T = \frac{t_1 - t_2}{\ln u_{01} - \ln u_{02}}. \quad (7)$$

Формула (7) пригодна для расчета  $T$  и при наличии в объекте постоянного транспортного запаздывания  $\tau$ , так как в этом случае

$$t_1 = t'_1 - \tau; t_2 = t'_2 - \tau.$$

Числитель формулы (7) выражается равенством

$$t_1 - t_2 = t'_1 - t'_2,$$

из которого следует, что необходимости в специальном учете транспортного запаздывания нет.

Таким образом, последовательность определения постоянной времени  $T$  сводят к следующему:

- устанавливают определенный уровень  $u_{01}$  входной переменной;
- подают в некоторый момент времени ступенчатое возмущение в направлении уменьшения  $x$  и измеряют время  $t_1$ , в течение которого достигается заданный уровень выходной переменной  $x_3$ ;
- устанавливают новый уровень  $u_{02}$  и повторяют п. 2, в результате определяют время  $t_2$ .

Рассчитывают  $T$ , используя (7) и значения  $u_{01}, u_{02}, t_1, t_2$ .

Если в результате отключения питателей мельницы мокрого самоизмельчения, на которых предварительно устанавливалось два уровня производительности  $Q_{01} = 85$  т/ч и  $Q_{02} = 65$  т/ч, время достижения мощностью  $P_{д}$  заданного значения  $P_{д.з} = 1250$  кВт соответствует  $t_1 = 12,5$  мин и  $t_2 = 9$  мин, то постоянная времени мельницы  $T = 12,9$  мин.

Чистое запаздывание  $\tau$  можно определить непосредственно из осциллограмм переходных процессов.

Таким образом удается существенно нелинейный инерционный объект в определенном диапазоне изменения входной переменной  $u_{01} - u_{02}$  представить приближенно как линейный, т. е. описать дифференциальным уравнением вида

$$T \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = ku(t - \tau). \quad (8)$$

Любое дифференциальное уравнение можно представить эквивалентной записью относительно фазового пространства. Пусть имеется дифференциальное уравнение первого порядка, записанное в обычном виде

$$T \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = k(t), \quad (9)$$

тогда эквивалентное уравнение в нормальной форме имеет вид

$$\frac{dx(t)}{dt} = \frac{ku(t) - x(t)}{T}$$

или

$$\dot{x} = -x \frac{1}{T} + \frac{k}{T} u. \quad (10)$$

Дифференциальному уравнению апериодического звена второго порядка

$$T_1 T_2 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{dx(t)}{dt} + x(t) = ku(t)$$

соответствует система уравнений в нормальной форме [8-10]

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2; \\ \dot{x}_2 &= -\frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2} x_2 - \frac{1}{T_1 T_2} x_1 + \frac{k}{T_1 T_2} u, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где  $x = x_1$ .

Для дифференциального уравнения  $n$ -го порядка, записанного в обычном виде

$$\frac{d^n x(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} x(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dx(t)}{dt} + a_0 x(t) = b_0 u(t), \quad (12)$$

имеем следующую систему нормальных уравнений

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2; \\ \dot{x}_2 &= x_3; \\ &\dots\dots\dots \\ \dot{x}_{n-1} &= x_n; \\ \dot{x}_n &= -\frac{a_{n-1}}{a_n} x_n - \frac{a_{n-1}}{a_n} x_{n-1} + \dots - \frac{a_1}{a_n} x_2 - \frac{a_0}{a_n} x_1 + \frac{b_0}{a_n} u. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Составление системы нормальных уравнений усложняется, если дифференциальное уравнение объекта имеет производные от  $u$ , т. е.

$$\frac{d^n x(t)}{dt^n} + a_n \frac{d^{n-1} x(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 x(t) = b_m \frac{d^m u(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_0 u. \quad (14)$$

В этом случае систему нормальных уравнений ищут в виде



5. Иванов В.А. Математические основы теории автоматического регулирования. –Москва: «Высшая школа», 2007. -400 с.

6. Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства.– Москва: «Энергия», 2006. -400 с.

7. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. –Москва: «Энергия», 2006. -400с.

8. Смилянский Г.Л. Справочник проектировщика систем автоматизации управления производством. – Москва: «Машиностроение», 2013. -496 с.

9. Д.Гроп. Методы идентификации систем. перевод с английского Васильева В.А., Лопатина В.И. – Москва: «Мир», 2006. -500 с.

10. Андреев Н.И., Васильев С.К., Захаров В.Н., Коротенин М.М., Лепилов Н.С., Павлов С.Т., Шаталов А.С. Задачник по теории автоматического управления. – Москва: «Энергия», 2005. -496 с.

УДК 621.762.862

## COMPOSITE MATERIALS SUCH AS CARBON GRAPHITE-ALUMINUM ALLOY

**Gulevsky V.**

*Ph.D. assistant professor, Volgograd State Technical University*

**Markina N.**

*S. lecturer, Volgograd State Technical University*

**Zatyamin D.**

*Master, Volgograd State Technical University*

**Yudin A.**

*Master, Volgograd State Technical University*

**Novoseltsev A.**

*Master, Volgograd State Technical University*

**Erizhipov A.**

*Master, Volgograd State Technical University*

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ТИПА УГЛЕГРАФИТ - СПЛАВ АЛЮМИНИЯ

**Гулевский В.А.**

*Доцент к.т.н.*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Маркина Н.В.**

*Ст. преподаватель*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Затямин Д.А.**

*Магистр*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Юдин А.А.**

*Магистр*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Новосельцев А.В.**

*Магистр*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Ерижилов А.М.**

*Магистр*

*Волгоградский государственный технический университет*

### Abstract

The article discusses the production of composite products from carbon graphite impregnated with aluminum alloy. The kinetics of filling the open porosity of a graphite with a metal melt is described. The possibility of changing the solubility of the elements of the melt as a result of impregnation under pressure is considered.

### Аннотация

В статье рассматривается получение композиционных изделий из углеродистого сплава алюминия. Описывается кинетика заполнения открытой пористости углеродистого сплава металлом. Рассматривается возможность изменения растворимости элементов сплава в результате пропитки под давлением.

**Keywords:** impregnation, carbon-graphite, matrix alloys, solvability.

**Ключевые слова:** пропитка, углеродистый сплав, матричные сплавы, растворимость.

### Введение

Одним из чрезвычайно перспективных направлений в области создания высокоэффективных композитов функционального назначения является разработка композиционных материалов (КМ) на основе пористого углеграфитового каркаса, пропитанного сплавами металлов, обладающих повышенной химической стойкостью и хорошими антифрикционными свойствами. В таких КМ благоприятно сочетаются свойства каркаса, из углеграфита (повышенные антифрикционные характеристики, устойчивость при высоких температурах, химическая стойкость и т.д.) со свойствами металла (высокая прочность, хорошая электро- и теплопроводность) [1].

В то время как, углеграфитовый каркас обеспечивает повышенные антифрикционные свойства, матричный сплав заметно улучшает физические и механические характеристики материала. Среди прочих матричных сплавов весьма привлекательными с точки зрения технических и технологических возможностей являются алюминиевые сплавы.

Согласно экспертным оценкам композиционные материалы системы «пористый углеграфит – сплавы алюминия» весьма перспективны при использовании их в качестве вкладышей радиальных и упорных подшипников, направляющих втулок, пластин, поршневых колец, щеток токосъемных элементов, элементов торцевых уплотнений в изделиях машиностроения, приборостроения, а также в технологическом оборудовании для химической и нефтеперерабатывающей промышленности [2]

Ведущие производители композиционных материалов "Рингсдорф" (Германия), "Шунк" (Германия), "Морган" (Великобритания) "Мерсен" (Франция), не включают в номенклатуру своей продукции материалы, пропитанные сплавами на основе алюминия, что подтверждается таблицами и проспектами фирм. Однако, перспектива использования указанных композитов очевидна.

Целью данной работы является создание композиционных материалов, расширение функциональных возможностей метода получения композитов за счет увеличения номенклатуры сплавов, используемых в качестве матричных.

Данное исследование посвящено пропитке углеграфитовых каркасов расплавом на основе алюминия. Емкость для пропитки была выполнена в виде толстостенного стакана из Стали 45, для пропитки устанавливали пористую заготовку из углеграфита, накрывали его противосплывным приспособлением и нагревали емкость до 600<sup>0</sup>С. Одновременно в тигле расплавляли матричный сплав на основе алюминия, нагревая его до температуры 750<sup>0</sup>С. Затем расплав матричного сплава алюминия заливали в камеру для пропитки, закрывали крышкой и вакуумировали до давления разряжения 0,01 МПа с одновременным воздействием вибрацией (на вибростоле) с выдержкой 15-20 мин при 800<sup>0</sup>С. Затем доливали расплав матричного сплава с температурой 750<sup>0</sup>С до верхнего края стояка с появлением на этом обресе выпуклого мениска матричного расплава на основе алюминия, герметично притирали предварительно нагретую до 950 <sup>0</sup>С пробку. Заполнение камеры с алюминиевым расплавом позволяет создавать оптимальное давление для пропитки за счёт разницы коэффициентов термического расширения камеры для создания давления и расплава алюминия.

По предложенному способу [7] (был получен КМ углеграфит АГ-1500 - сплав алюминия. Образец углеграфита был выполнен в виде куба со стороной 30 мм, имеющего открытую пористость 15%. Объем углеграфитового каркаса составлял 900 мм<sup>3</sup>, объем пор в каркасе составлял 135 мм<sup>3</sup>.

Таким образом, пропитка имеет две стадии на первой происходит частичное заполнение открытых пор пористой заготовки из углеграфита, за счёт давления разряжения и вибрации сплав алюминия заходит в поры углеграфитового каркаса, во второй стадии пропитки за счет положительной разницы коэффициентов термического расширения расплава матричного сплава алюминия по отношению к материалу устройства.

Преимущество пропитки сплавами на основе алюминия: наилучшая возможность повысить прочность, твёрдость, улучшить износостойкость материала. Алюминий обладает высокой коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах, хорошими антифрикционными свойствами (рис. 1.).

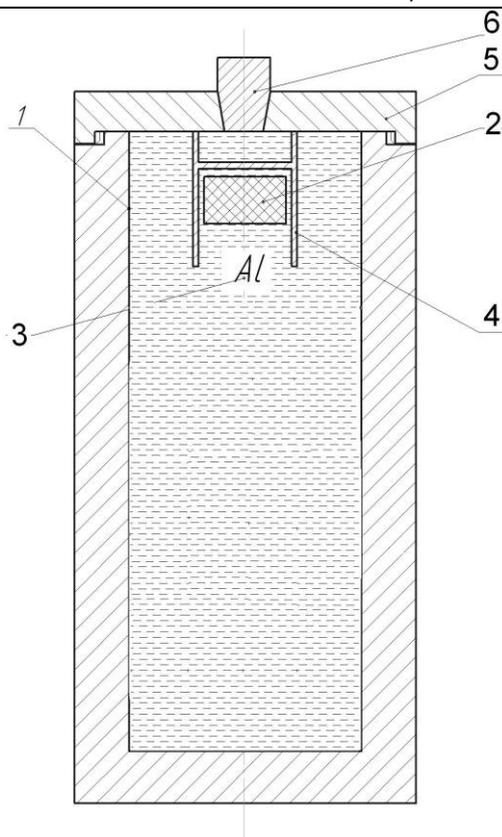


Рисунок 1 Емкость для изготовления композиционного материала с пробкой для герметизации ёмкости:  
1 – камера для пропитки, 2 - углеграфитовая заготовка, 3 – сплав алюминия,  
4 - противовсплывное приспособление, 5 – крышка, 6 – пробка.

Таблица 1

Коэффициент теплового расширения металлов ( $\alpha \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$ ) [3]

Металлы	Температура, C°											
	5	10	30	50	100	200	300	400	500	600	800	1000
Al [3]	0,11	0,5	1,04	3,62	12,3	20,2	23,3	24,5	26,2	28,1	32,6	-
Fe [3]	0,017	0,04	0,22	1	5,09	9,96	12	13,2	14,4	15,5	16,5	-
Сталь 45	-	-	-	-	12,4	13	13,4	13,8	14,2	14,6	12	13,8

Полученный КМ испытывался на прочность при сжатии, степень заполнения открытых пор, структура КМ оценивалась по результатам металлографических исследований.

Таблица 2

Результаты исследований

Измеряемый параметр	"АГ – 1500", Россия [4,5,7]			SIGRI [4,5,7]	
	графит	графит + Al*	графит + Al+Pb**	графит	графит + Al
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	$1,78 \cdot 10^3$	$2,15 \cdot 10^3$	$2,35 \cdot 10^3$	$2,10 \cdot 10^3$	$2,68 \cdot 10^3$
Прочность, МПа при сжатии при изгибе	80-100	150	150	30-90	115
	35-37	60-70	50-60	8-10	-
Твердость, НВ	104	200	200	110	220
Общая пористость, %	20	6	3-5	9-12	3-5
Эффективный радиус пор	0,84	-	-	1,73	-

\*- 40% заполнения пор; \*\*- 70% заполнения пор

В качестве сплава был выбран силумин АК12 и алюминиевый сплав АМ4.5Кд (аналог сплава 201 США) он по сравнению с чистым алюминием даже при 100° С имеет коэффициент теплового 25.

Использование в качестве пористого тела углеграфит или керамику позволяет получать композиционные материалы, широко применяемые в машиностроении для изготовления токоємников, вставок пантографов, электрических щеток,

уплотнителей, вкладышей подшипников скольжения, область использования которых очень разнообразна и включает не только выше перечисленные изделия, но и детали аэрокосмического назначения.

Кроме того, применение метода безгазостатной пропитки позволяет значительно снизить себестоимость композиционных материалов за счет использования оборудования из обычных конструкционных материалов. По причине невысокой

стоимости оснастки, можно изготовить большое количество емкостей для пропитки с целью организации серийного или массового производства композитов.

Было замечено, что теоретический выбор поверхностно-активных легирующих элементов позволяет создать пропитывающие сплавы с необходимой прочностью сцепления в межфазном слое, без нанесения барьерных покрытий на внутренние поверхности пор углеграфитового каркаса. При этом сплавы обладают более высокой проникающей способностью, например, жидкотекучесть силуминов высокая и обеспечивает удовлетворительную степень пропитки при невысоком давлении.

#### **Выводы**

Пропитка алюминием повышает прочность материалов в 1,6 раза, подобного рода исследования не показывают в ведущих фирмах мира, таких как "Рингсдорф" (Германия), "Шунк" (Германия), "Морган" (Великобритания) "Мерсен" (Франция), выпускающих подобные материалы. В целом, пропитанные углеграфитовые материалы с высокой жидкотекучестью, коррозионной стойкостью являются перспективными материалами для использования в качестве деталей, работающих в агрессивных средах.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

- 1 Костиков В.И., Варенков А.Н. Взаимодействие металлических расплавов с углеродными материалами. М.: Металлургия, 1981. 184 с.
- 2 Матричный сплав для пропитки углеграфитового каркаса / В.А. Гулевский [и др.] // Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении. – 2009. - № 11 (59). – С. 81-84.
- 3 Новикова, С.И. Тепловое расширение твердых тел / С.И. Новикова. - Москва : Наука, 1974. - 289 с.
- 4 Применение давления для получения литых композиционных материалов методом пропитки / В. А. Гулевский [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении.- 2010. – №6. – С. 3-8.
- 5 Гулевский В. А., Мухин Ю. А., Загребин А. Н., Пожарский А. В. Влияние легирующих элементов на смачивание углеграфита медными сплавами // Заготовительные производства в машиностроении, 2009. – №6. – С. 45-48.
- 6 Зубченко А. С., Колосков М. М., Каширский Ю. В. и др. Марочник сталей и сплавов. — Машиностроение, 2003. — С. 585. — 784 с.
- 7 П. м. 135555 РФ, МПК В22F3/26, С22С47/12. Устройство для изготовления композиционного материала / В.А. Гулевский, С.Э. Власов, Н.А. Кидалов, В.И. Антипов, А.Г. Колмаков, Л.В. Виноградов; ВолгГТУ. – 2013.

#### **ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF CONSTRUCTING A SUBMARINE GAS PIPELINE BETWEEN WEIHAI (CHINA) AND BAENGYEONGDO ISLAND (REPUBLIC OF KOREA)**

**Schipachev A.**

*Professor, Doctor of Engineering,  
Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

**Lee Donghee**

*PhD candidate of Engineering,  
Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg*

#### **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СООРУЖЕНИЯ ГАЗОПРОВОДА МЕЖДУ Г.ВЭЙХАЙ (КНР) И ОСТРОВОМ ПЭННЭНДО (РЕСПУБЛИКА КОРЕЯ)**

**Щипачёв А.М.**

*Доктор технических наук,  
Заведующий кафедрой «Транспорта и хранения нефти, и газа»  
Санкт-Петербургский Горный университет*

**Ли Донхи**

*Аспирант, Кафедра «Транспорта и хранения нефти, и газа»  
Санкт-Петербургский Горный университет*

#### **Abstract**

This article discusses questions about the analysis of the possibility of constructing a submarine gas pipeline weihai(republic of china) – baengnyeongdo island(republic of korea) through the yellow sea.

The technical proposals for the construction of the gas pipeline adopted in the article comply with the requirements of geological analyzes.

#### **Аннотация**

В данной статье рассматриваются вопросы об анализе возможности сооружения подводного перехода через желтое море магистрального газопровода г.вэйхай (кнр) – остров пэннэндо (республика корея).

Технические предложения сооружения газопровода, принятые в статье, соответствует требованиям геологического анализа.

**Keywords:** yellow sea, submarine topgraphy, baengnyeongdo, submarine gas pipeline, pulling method of construction.

**Ключевые слова:** желтое море, морские рельефы, пэннэндо, морской газопровод, укладка методом протягивания.



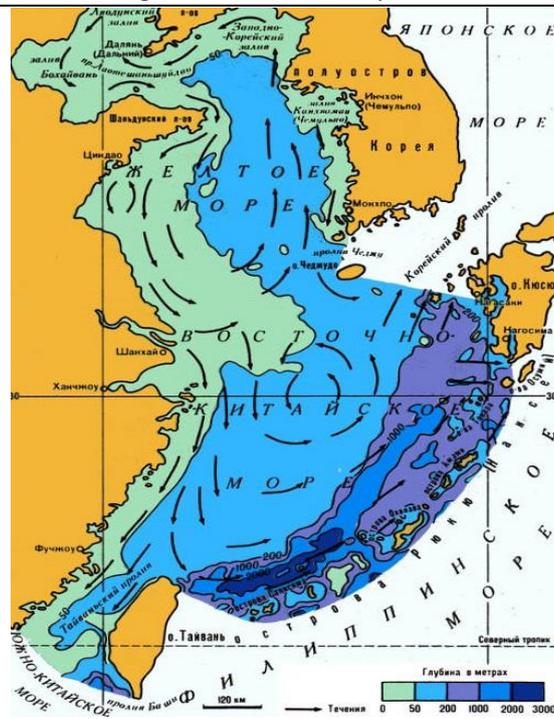


Рис. 2. Рельеф дна и течения Желтого моря

Таблица 1

**Сравнение морских условий Японского и Желтого морей для сооружения газопровода**

	Желтое море	Японское море
Средняя глубина	44 м	1752 м
Максимальная глубина	152 м	3742 м
Средний уровень волны	2-3 м	3-6 м
Средняя скорость течения	1 м/сек	0,2 м/сек
Максимальная скорость течения	2 м/сек	0.67 м/сек
Тип почвы	глина и песок	каменная порода

Согласно вышеприведенным данным, Желтое море имеет лучшие условия для прокладки морского газопровода.

Прокладка морского газопровода стоит в несколько раз дороже, чем строительство сухопутного газопровода. Более того, чем дольше период строительства, тем больше астрономические затраты. Поскольку, состояние Желтого моря время

от времени сильно меняется в зависимости от погоды, имеется высокая вероятность увеличения предполагаемых сроков строительства. Следовательно, предлагается выбрать самый короткий возможный прямой путь. Самый короткий маршрут – прямой участок от города Вэйхай до острова Пэннэндо. Перспективная длина газопровода 223 км.

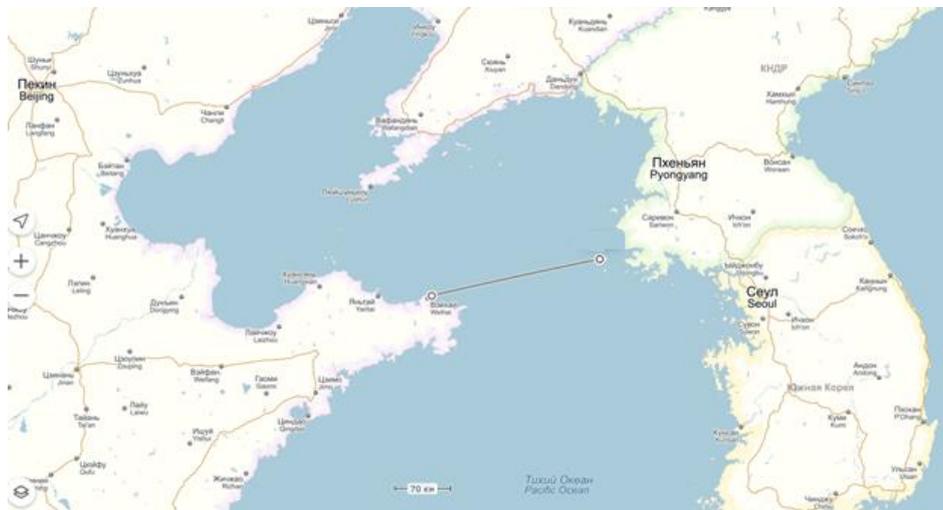


Рис. 3. Самый короткий перспективный маршрут морского газопровода от города Вэйхай до острова Пэннэндо.

В маршруте морского газопровода должно учитываться наличие портовых сооружений, интенсивность судоходства и условия использования поверхности моря. Также требуется тщательное изучение и исследование морских топографий и природных условий. Главные факторы, влияющие на выбор маршрута газопровода:

- 1)природные условия;
- 2)наличие портовых сооружений;
- 3)интенсивность судоходства и использования поверхности моря.

Исследование природных условий, где будет проходить морской газопровод очень важно для

определения типа укладки, для обеспечения устойчивости после укладки и для оптимизации рабочей обстановки. Для получения точной информации необходимо провести максимально тщательное исследование природных условий. Рекомендуется проводить исследования по следующим пунктам:

- а) подводный рельеф (глубина моря, рельеф, наносимый и смываемый волнами);
- б) грунт морского дна (грунт поверхностного слоя, пласты и т.д.);
- в) морское течение (волны, скорость течения, ветер и т.д.);
- г) морские препятствия (морские мины, подводные рифы и т.д.).

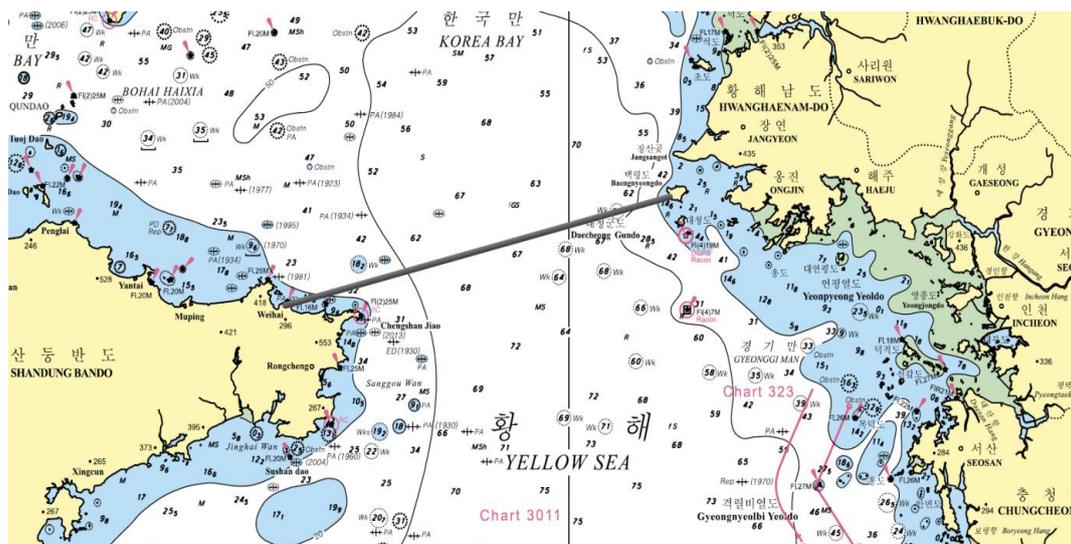


Рис. 3. Участок прямого прохождения морского газопровода на морской топографической карте Жёлтого моря

Согласно РИС. 3 перспективный маршрут газопровода проходит прибрежную территорию глубиной 14,6 -19,5 м и мелководные территории глубиной 28,5-32 м, а также участки глубиной 62-69 м.

Морское дно Желтого моря состоит из песка и глины. Общие значения морских течений не больше 1,5 м/сек. На участке предполагаемого маршрута отсутствуют опасные рифы.

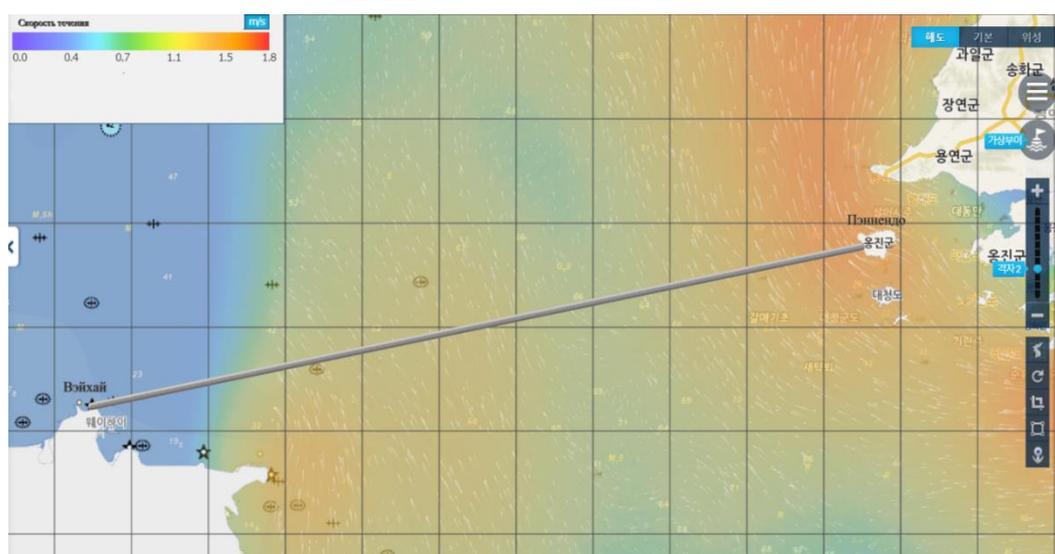


Рис. 4. Карта состояния средних морских течений на участке прямого прохождения морского газопровода (Корейское гидрографическое и океанографическое агентство)

Возле острова Пэннендо наблюдается большая скорость морского течения 1.5 м/сек, так как вблизи острова располагаются зоны быстрого течения (РИС. 5.). В зависимости от погоды, скорость морского течения может превышать 2 м/сек. Более того, в этой зоне расположены морские мины. Министерство национальной обороны Республики Корея регулярно проводит разминирование, тем не менее, немалое количество морских мин КНДР и Республики Корея до сих пор размещено на дне Желтого моря. Следовательно, до начала строительства морского газопровода возле острова Пэннендо, необходимо провести тщательный поиск и разминирование морских мин.

Морской трубопровод не должен нарушать границы существующих морских сооружений, природных заповедников, зон подводной добычи полезных ископаемых и территорий застроек. На прямой линии от города Вэйхай до острова Пэннендо отсутствуют морские сооружения и природные заповедники.

Во избежание опасностей при перетаскивании якорей и постановки на якорь кораблей, необходимо изучить модели кораблей, фарватеров кораблей и веса якорей, которые проходят в области проектируемого морского газопровода. Также провести исследования способов эвакуации маршрутных кораблей при чрезвычайных ситуациях и плохих метеорологических условиях. Если транспортный поток большой, то продумать пути обхода маршрута газопровода или предусмотреть прокладку газопровода в траншее. Наличие морской военной демаркационной линии между Республикой Корея и КНДР в Желтом море на участке укладки газопровода обеспечивает отсутствие движения больших тоннажных кораблей, которые могут повлиять на состояние морского газопровода при перетаскивании якорей и постановки на якорь. Перевозки проходят на рейсовых средне-малотоннажных пассажирских судах, проходящих по шести маршрутам.



Рис. 5. Морские пути перевозок, проходящие перспективный трасс газопровода

Анализируя результаты исследований предыдущих факторов, можно сказать, что окружающая среда перспективного маршрута подходит для сооружения морского газопровода. От берега до мелководной территории города Вэйхай отсутствуют возможные препятствия при процессе укладки газопровода. Удар от перетаскивания и постановки на якорь можно предотвратить покрытием морского газопровода бетоном и необязательно прокладывать газопровод в траншее. По данной территории проходят регулярные перевозки. Авторы считают, что укладка трубопровода S-методом на этой территории может сократить срок строительства.

Особое внимание требуется при укладке газопровода в прибрежной территории возле острова Пэннендо. Береговая территория острова имеет отлогие склоны. Также уровень воды сильно изменяется во время приливов и отливов. Как описано ранее, дно Жёлтого моря состоит из глины и песка. Сложившиеся природные условия являются очень неудобными для прохождения строительного корабля на береговых участках. Следовательно, укладка трубопровода на береговых участках требует иного способа строительства газопровода.



Рис. 6. Во время отлива на берегу Енхвари на острове Пэннендо.

Метод протягивания используется для укладки газопровода на коротких участках и берегах с большой разницей в уровне воды во время приливов и отливов. Данный метод не подходит для укладки трубопровода на большие расстояния, но для

участка от острова Пэннендо до мелководья метод применим.

Общие сведения о методе протягивания следующие:

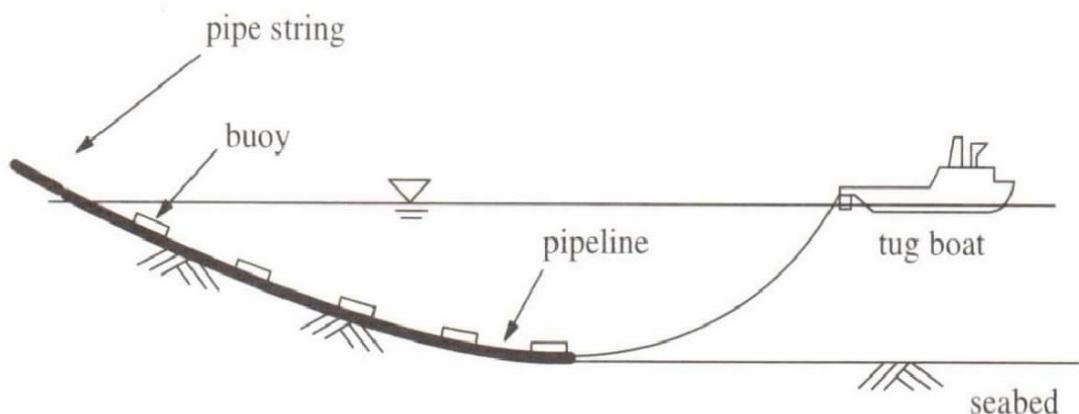


Рис. 7. Укладка трубопровода методом протягивания

На прибрежном посту производится сварка отдельных труб в непрерывную линию. Протягивание сваренного трубопровода к воде (до границ мелководных участков) осуществляется прямо с прибрежного поста при помощи крановой баржи, лебедок и другого специализированного протягивающего оборудования.

Ход строительства:

- проверка сварки первой секции трубопровода методом неразрушающего контроля;
- проведение гидростатического испытания;
- покрытие бетоном сварных стыков;
- установка буя;
- на первую секцию трубопровода устанавливается вытягивающая голова (Pulling head);

- прицепка вытягивающей головы к вытягивающему судну с помощью металлических канатов;
- пробный запуск процесса протягивания трубопровода;

ж) во время сварки последней секции трубопровода, останавливается процесс протягивания.

После полной установки трубопровода на прибрежном участке, профессиональные дайверы могут убрать буи с мест установки.

В процессе укладки трубопровода по данному методу важна командная работа. Такие важные процессы, как укладка и извлечение буюв, подводная сварка, проверка состояния трубопровода и другие работы осуществляются дайверами. Как упоминалось ранее, на территории береговых участках острова Пэннендо наблюдаются большое

значение скорости морского течения и большая мутность воды. Риск несчастных случаев при выполнении работ очень высок. Следовательно, очень важны навыки и опыт профессиональных дайверов.

Компании Республики Корея имеют богатый опыт строительства морских трубопроводов по методу протягивания на береговых участках Желтого моря. Также в Корее работают большое количество опытных профессиональных дайверов. Следовательно, суровые условия береговых участков острова Пэннендо не будут сильно влиять на проект укладки сооружения газопровода через Желтое море.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. MinHee Cho, Eunil Lee, HakYoel You, Nyen-Gun Kang, and Dong-Geun Yoo. Late Quaternary Sedimentation in the Yellow Sea off Baegryeong Island,

Korea / Jigu-Mulli-wa-Mulli-Tamsa, Vol 16, No 3, 2013, p. 145-153 – 2013.

2. RaeHyung Hong. Study of Korea's Marine/ Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, p. 166-183 – 2006.

3. Byeong-Nam Choi. The National Atlas of Korea, Vol 2 / National Geographic Information Institute, 2013, p. 166-183 – 2013.

4. Cheol-Hee Cho. Offshore Pipeline/ Daesun/ ISBN 978-89-88944-24-0 (93500) p.187-192 – 2001.

5. Японское Море/ База знаний / URL: [http://proznania.ru/?page\\_id=2390](http://proznania.ru/?page_id=2390).

6. Желтое Море/ База знаний / URL: [http://proznania.ru/?page\\_id=2396](http://proznania.ru/?page_id=2396).

7. Крапивский Е.И., Ли Донхи, Красников А.А. / Анализ сейсмической активности в Японском море для строительства газопровода / Булатовские чтения, УДК 622.692.4:550.344 с.79-81 – 2018.

УДК 677.016.41

#### INVESTIGATION OF DENTAL POLYMERIZED SAMPLES OF RGB NANOCOMPOSITE BY COLORIMETER WITH TWO-BAND INTEGRATING SPHERE

**Maierov E.**

*Candidate of technical sciences, associate professor*

*Head of the department of mathematics and information technology*

*University at the inter-parliamentary Assembly of EurAsEC, Saint Petersburg*

**Guliyev R.**

*Candidate of technical sciences*

*Associate professor at the department of mathematics and information technology,*

*University at the inter-parliamentary Assembly of EurAsEC, Saint Petersburg*

**Arefiev A.**

*Candidate of physical and mathematical sciences*

*Associate professor at the department of mathematics and information technology,*

*University at the inter-parliamentary Assembly of EurAsEC, Saint Petersburg*

**Chernya T.**

*Candidate of economic sciences*

*Associate professor at the department of higher mathematics and mechanics,*

*Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation (GUAP), Saint Petersburg*

**Khokhlova M.**

*Candidate of pedagogical sciences, associate professor at the department of physics,*

*Military space Academy named after A. F. Mozhaisky, Saint Petersburg*

**Shalamay L.**

*Candidate of medical sciences*

*Associate professor at the department of therapeutic dentistry and periodontology*

*Academician I.P. Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University, Saint Petersburg*

**Dagaev A.**

*Candidate of technical sciences, associate professor at the department of applied mathematics*

*Informatics and information customs technologies, Ivangorodskii Humanitarian-Technical*

*Institute (branch of) State educational institution for higher professional education*

*«Saint-Petersburg University of Aerospace Instrumentation», Ivangorod*

**Pisareva E.**

*Senior lecturer at the department of mathematical*

*natural science and general professional disciplines*

*Mikhailovsky military artillery academy, Saint Petersburg*

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРИЗОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ  
НАНОКОМПОЗИТА RGB КОЛОРИМЕТРОМ С ДВУХПОЛОСНОЙ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ  
СФЕРОЙ**

**Майоров Е.Е.**

*Кандидат технических наук, доцент  
Заведующий кафедрой математики и информационных технологий  
Университет при Межпарламентской Ассамблее ЕвразЭС, г. Санкт-Петербург*

**Гулиев Р.Б.**

*Кандидат технических наук, доцент кафедры математики и информационных технологий  
Университет при Межпарламентской Ассамблее ЕвразЭС, г. Санкт-Петербург*

**Арефьев А.В.**

*Кандидат физико-математических наук  
Доцент кафедры математики и информационных технологий  
Университет при Межпарламентской Ассамблее ЕвразЭС, г. Санкт-Петербург*

**Черняк Т.А.**

*Кандидат экономических наук, доцент кафедры высшей математики и механики  
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического  
приборостроения (ГУАП), г. Санкт-Петербург*

**Хохлова М.В.**

*Кандидат педагогических наук, доцент кафедры физики  
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург*

**Шаламай Л.И.**

*Кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии терапевтической и пародонтологии  
Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет  
имени академика И.П.Павлова, г. Санкт-Петербург*

**Дагаев А.В.**

*Кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики  
информатики и информационных таможенных технологий  
Ивангородский гуманитарно - технический институт (филиал) федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
"Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения"  
г. Ивангород*

**Писарева Е.А.**

*Старший преподаватель кафедры математических,  
естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин  
Михайловская военная артиллерийская академия, г. Санкт-Петербург*

### **Abstract**

This article RGB colorimeter with two-band integrating sphere for the study of dental polymerized samples of nanocomposite is presented. The distribution of illumination inside the two-cavity integrating sphere, as well as on the surface of the sample is given. The appearance of a two-beam polychromator with an electronic unit and its block diagram, which is part of the above device, are shown. Experimental studies of polymerized samples of nanocomposite Filtek Supreme XT transparent shade YT, which had a cylindrical shape, a diameter of 17...20 mm and a height of 1.05...3.15 mm. are conducted. The huge prospect of using RGB colorimeter with two-band integrating sphere in the study of not only nanocomposites, but also the color of the enamel of human teeth is shown.

### **Аннотация**

В настоящей статье представлен RGB колориметр с двухполосной интегрирующей сферой для исследования стоматологических полимеризованных образцов нанокompозита. Приведено распределение освещенности внутри двухполостной интегрирующей сферы, а также на поверхности образца. Показан внешний вид двухлучевого полихроматора с электронным блоком и его структурная схема, который входит в состав приведенного прибора. Проведены экспериментальные исследования полимеризованных образцов нанокompозита Filtek Supreme XT прозрачного оттенка YT, которые имели цилиндрическую форму, диаметр 17...20 мм и высоту 1,05...3,15 мм. Показана огромная перспектива использования RGB колориметр с двухполосной интегрирующей сферой в исследовании не только нанокompозитов, но и цветности эмали зубов человека.

**Keywords:** colorimeter, sphere, nanocomposite, collector, reflection coefficient, transmission coefficient, polychromator.

**Ключевые слова:** колориметр, сфера, нанокompозит, коллектор, коэффициент отражения, коэффициент пропускание, полихроматор.

Колориметрия представляет значительный интерес для различных областей науки и техники, таких как химия, экология, медицина и биология и т.д. [1, 3]. В настоящее время колориметрические приборы все большую востребованность приобретают в медицине, в частности, стоматологии терапевтической [2, 4, 7]. Большинство колориметрических методов и средств основываются на измерениях оптических спектров пропускания или (и) отражения в области длин волн  $\lambda = 380 \dots 760$  нм и расчете на основе спектральных данных координат цвета объекта в интересующей колориметрической системе. Включение в состав колориметров спектрофотометрических датчиков усложняет их конструкцию и необходимое регламентное техническое обслуживание, увеличивает массогабаритные характеристики прибора или системы, а также приводит к возрастанию общей стоимости изделия [5, 6], которая зачастую становится недоступной отечественному пользователю. Современные колориметрические приборы, удовлетворяющие требованиям МКО, как правило используют интегрирующую фотометрическую сферу, где излучатель и фотодетектор расположены за пределами ее полости. В целом применение такой сферы в спектроко-

лориметрических приборах приводит как к усложнению конструкции, так и возрастанию их общей стоимости [7].

В настоящей работе представлять интерес колориметр с RGB фотодетекторами и световыми излучателями и двухполостной интегрирующей сферой, который по своим техническим характеристикам может обеспечить измерения параметров цвета различных объектов.

Поэтому целью работы явилось исследование стоматологического полимеризованного образца RGB колориметром.

**RGB колориметр с двухполостной интегрирующей сферой.** Двухполостная интегрирующая сфера представляет особый интерес, так как позволяет одновременно получить данные по диффузному отражению и пропусканию исследуемого объекта. В работе рассчитано распределение освещенности для двухполостной интегрирующей сферы без экрана схематически изображенная на рис. 1. В этой конфигурации использовался внешний осветитель. В этой конструкции коллекторы на основе оптического волокна передавали отраженное и прошедшее излучение в электронную систему сбора и обработки данных. Оба коллектора располагались горизонтально и были закрыты диафрагмами.

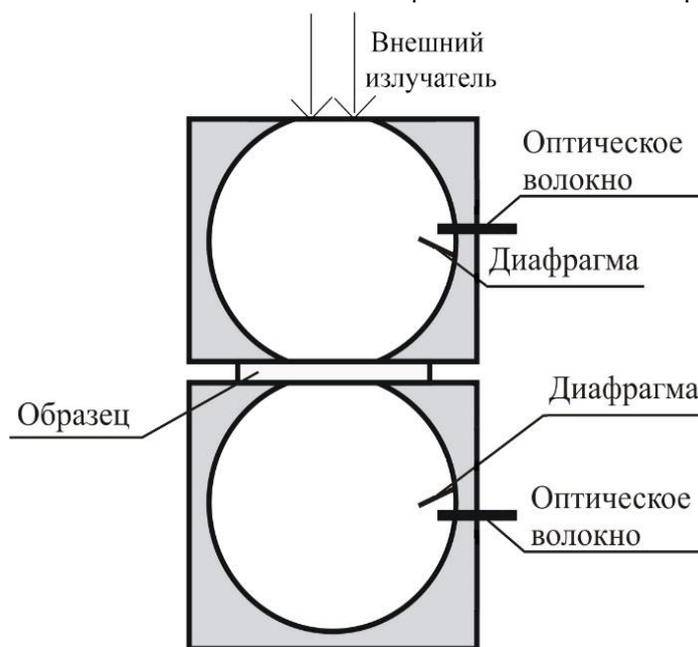


Рис. 1 Конструкция двухполостной интегрирующей сферы без экрана

Интегрирующая сфера имела следующие оптико-геометрические характеристики: диаметр полостей 70 мм, диаметры входного (первая конфигурация) и выходных портов – 8 мм, коэффициент отражения внутренней поверхности сфер и экрана – 97 %. Измерения спектров отражения  $R(\lambda)$  и пропускания  $T(\lambda)$  исследуемых объектов посредством двухполостной интегрирующей сферы предполагали установку образца между обеими сферами. Каналы отражения и пропускания могли также быть разделены и использоваться независимо.

Распределение освещенности внутри двухполостной интегрирующей сферы, а также на поверхности образца рассчитывалось также матричным

методом [8, 9]. На внутренней поверхности сферы, на поверхностях экрана и образца выделялись кольцевые зоны. Обмен излучением между элементами зон определялся конфигурационными факторами, которые задавали направление на соответствующие элементы зон. Поверхности, участвующие в обмене излучением, были разделены на верхнюю и нижнюю поверхности образца, верхнюю и нижнюю части первой и второй сфер, верхнюю и нижнюю поверхности экрана. Если обмена излучением между зонами не происходило, то соответствующие зонам конфигурационные факторы приравнивались нулю. Результаты расчетов показаны на рис. 2.

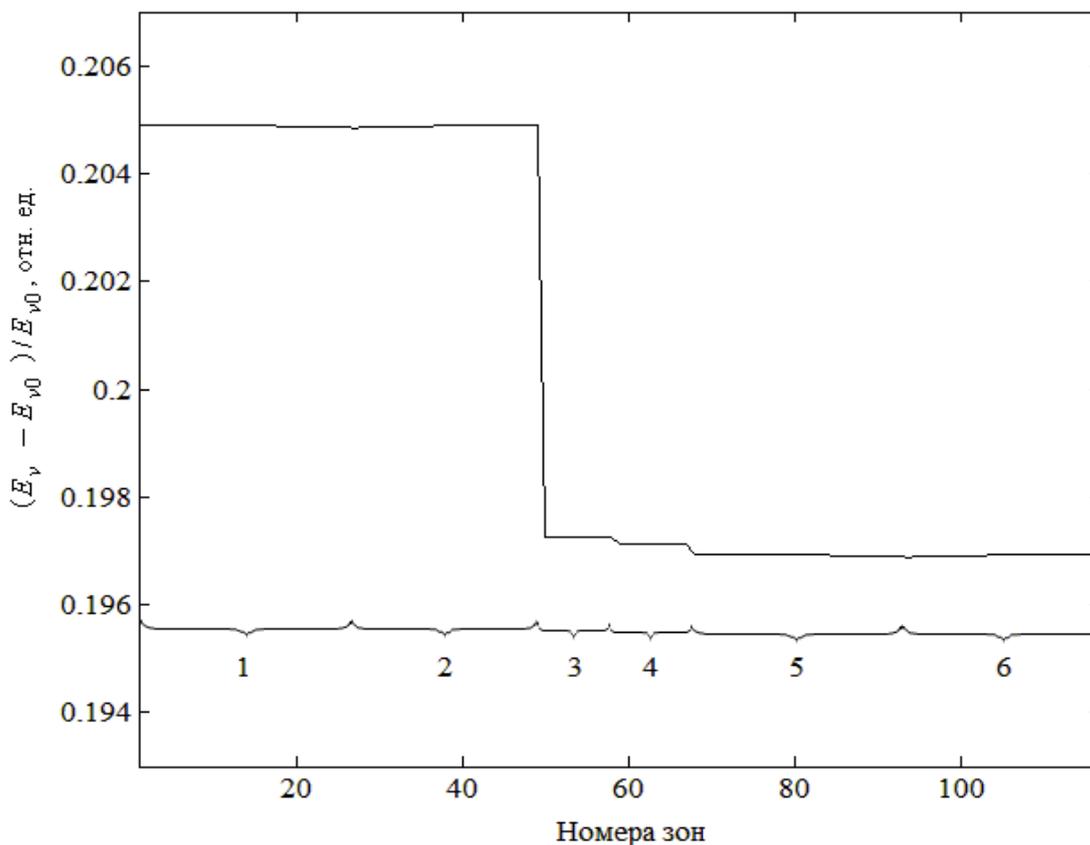


Рис. 2 Относительная разность освещенностей для двухполостной интегрирующей сферы без экрана; 1 – верхней части первой сферы, 2 – нижней части первой сферы, 3 – верхней поверхности образца, 4 – нижней поверхности образца, 5 – верхней части второй сферы, 6 – нижней части второй сферы. ( $E_{v0}$  – начальная освещенность)

Расчеты показали, что освещенность верхних и нижних частей сферы, и поверхности образца в представленной конфигурации оставалась практически равномерной.

RGB колориметр с двухполостной интегрирующей сферой может представлять интерес при исследовании «опаковыми» объективами, которые характеризуются одновременно коэффициентами отражения, пропускания и рассеяния света [7, 9].

В осветителе прибора использовался RGB светодиода. В состав прибора входил двухлучевой спектрофотометр на основе полихроматора и оптоволоконные коллекторы для передачи отраженного

и проходящего через объект в полихроматор. В полихроматоре применялись вогнутые дифракционные решетки (постоянная  $N = 300$  штр./мм и радиусом кривизны  $r = 12.5$  мм). Особенность полихроматора заключалась в установке дифракционных решеток со смещением с кругом Роуланда и использовании одной ПЗС линейки SONY ILX 511 на оба канала измерений. Внешний вид двухлучевого полихроматора с электронным блоком и его структурная схема показаны на рис. 3 а и б.

Результирующие коэффициенты отражения и пропускания определялись по формулам:

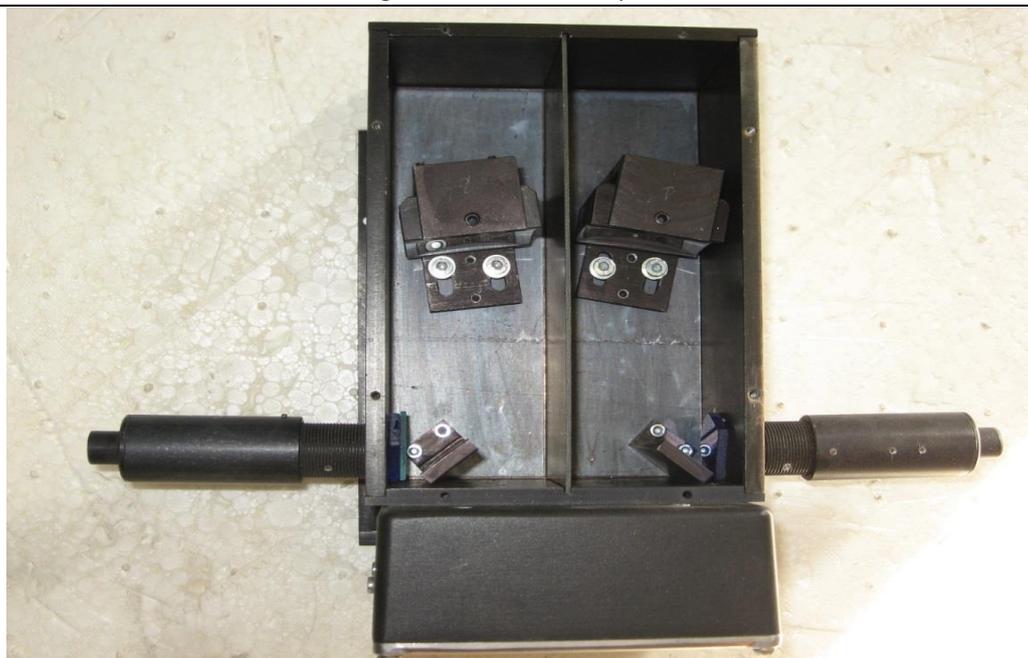
$$R = r_{std} \cdot \frac{R(r_s^{direct}, r_s, t_s^{direct}, t_s) - R(0,0,0,0)}{R(r_{std}, r_{std}, 0,0) - R(0,0,0,0)}; \tag{1}$$

$$T = \frac{T(r_s^{direct}, r_s, t_s^{direct}, t_s) - T(0,0,0,0)}{T(0,0,1,1) - T(0,0,0,0)}. \tag{2}$$

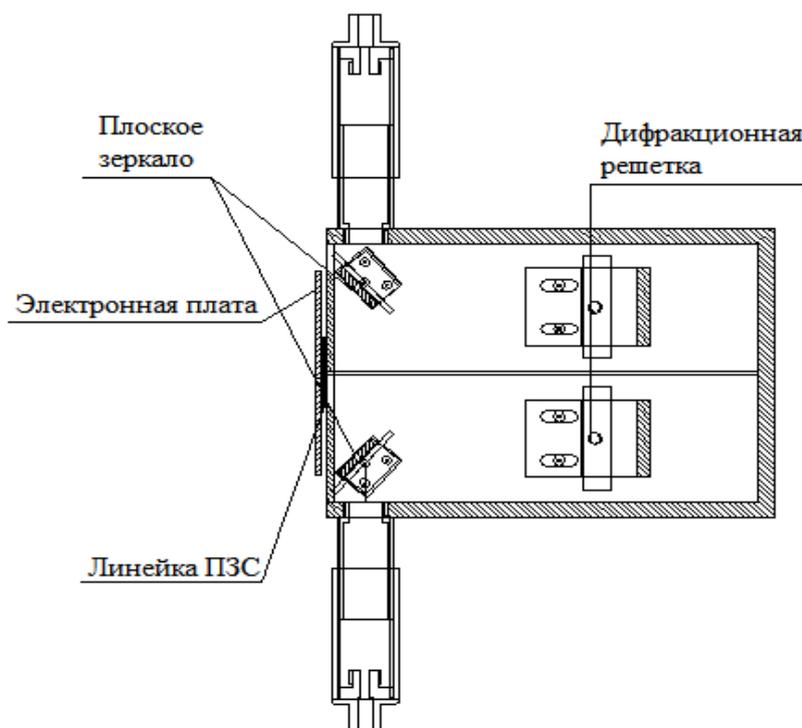
Определение оптических характеристик (коэффициент рассеяния, коэффициент поглощения, анизотропия) осуществлялось с помощью программы IAD (Inverse adding-doubling) [10].

Работа программы основана на методе Монте-Карло [11-14]. При вычислениях начальные приближения оптических характеристик сравнивались

с результатами вычислений этих характеристик по данным измерений  $R$  и  $T$ . Если они не совпадали, то предполагались новые приближения, и процесс повторялся. Если же они совпадали, то приближения принимались за действительные оптические характеристики объектов.



a



б

Рис. 3 Двухлучевой полихроматор с электронным блоком:  
а – внешний вид, б - структурная схема

**Экспериментальное исследование.** Представленный прибор с двухполостной интегрирующей сферой [15-17] был использован в ООО «Центр имплантации и комплексного лечения» при исследовании стоматологического полимеризованного образца нанокompозита Filtek Supreme XT.

Были исследованы полимеризованные об-

разцы нанокompозита Filtek Supreme XT прозрачного оттенка УТ. Образцы имели цилиндрическую форму, диаметр 17...20 мм, высоту 1,05...3,15 мм. При измерениях отражения использовались белая, черная и серая подложки.

На рис. 4 показаны спектры отражения образцов оттенков УТ.

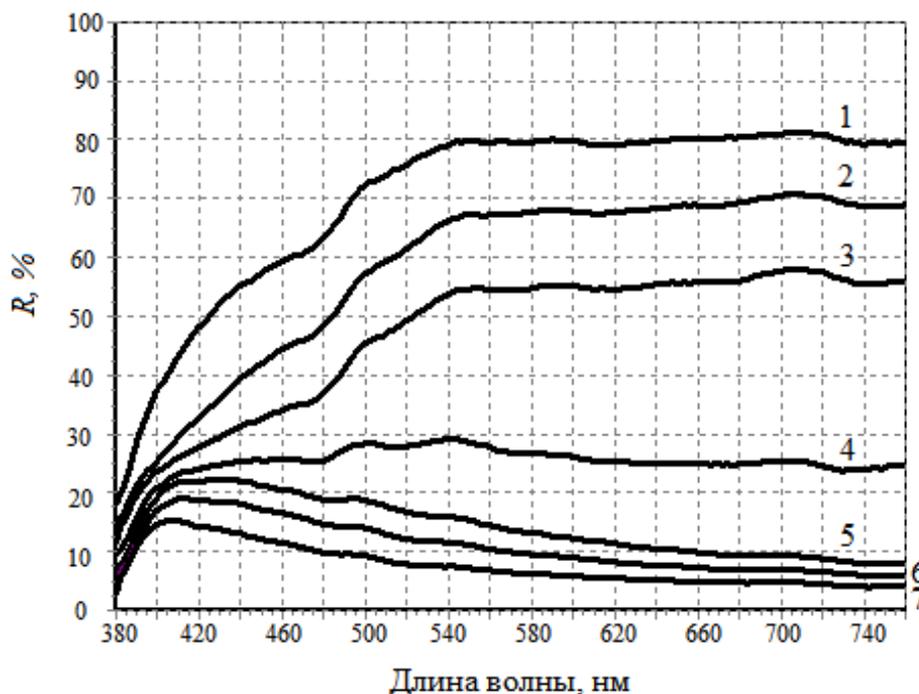


Рис. 4. Спектры отражения образцов стоматологического материала оттенка УТ:

- 1 – образец толщиной 1,05 мм на белой подложке, 2 – образец толщиной 2,10 мм на белой подложке, 3 – образец толщиной 3,15 мм на белой подложке, 4 – образец толщиной 3,15 мм на серой подложке, 5 – образец толщиной 3,15 мм на черной подложке, 6 – образец толщиной 2,1 мм на черной подложке, 7 – образец толщиной 1,05 мм на черной

В целом полученные результаты удовлетворяли требованиям практического использования.

**Заключение.** В работе предложен RGB колориметр с двухполосной интегрирующей сферой для измерения цветности стоматологических материалов на соответствие. Экспериментальные результаты исследования показали, что полимеризованные образцы нанокompозита Filtek Supreme XT прозрачного оттенка УТ соответствуют практическому использованию в стоматологии терапевтической. Полученные результаты имеют огромную перспективу в исследовании не только нанокompозитов, но и цветности эмали зубов человека.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гуревич М. М. Цвет и его измерение. – М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1950. 268 с.
2. Цвет в науке и технике / Д. Джадд, Г. Вышецкий. М.: Мир, 1978. 592 с.
3. Белов Н.П., Грисимов В.Н., Майоров Е.Е., Смирнов Ю.Ю., Шерстобитова А.С., Яськов А.Д. Колориметрический датчик на основе трехэлементного RGB-фотодиода для определения параметров цвета диффузно отражающих объектов. *Materialy VII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania sa nauka I technikami – 2011»* 2011. Vol. 50. P. 64-66.
4. Майоров Е.Е., Машек А.Ч., Цыганкова Г.А., Хохлова М.В., Курлов А.В., Черняк Т.А., Дагаев А.В., Фадеев А.О. Возможность использования колориметра с RGB-компонентами для исследований фотооптического отбеливания, тонирования и

окрашивания бумаги // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2017. № 3. С. 22-29.

5. Юстова Е. Н. Цветовые измерения (Колориметрия). – СПб: Издательство СПбГУ, 2000. 397 с.

6. Malacara-Hernandez D. Color vision and colorimetry: theory and applications // *Proc. of SPIE*. 2011. Pp. 410

7. Майоров Е.Е., Шаламай Л.И., Туровская М.С., Литвиненко А.Н., Черняк Т.А., Дагаев А.В., Пушкина В.П., Пономарев С.Е. Применение разработанного колориметрического прибора для измерения геометрических параметров цвета стоматологических отбеливателей и его технико-экономическое обоснование // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018. №1. С. 54-59.

8. Tardy H. L. Matrix method for integrating-sphere calculations // *Optical Society of America*. 1991. Vol. 8. No. 9. Pp. 1411-1418.

9. Clare J. F. Comparison of four analytic methods for the calculation of irradiance in integrating spheres // *Optical Society of America*. 1998. Vol. 15. No. 12. Pp. 3086-3096.

10. Inverse Radiative Transport Calculator [Electronic program]: on-line calculator / S. Prahil // Oregon medical laser center. – Electronic data. – Mode of access: [http://omlc.ogi.edu/calcul/iad\\_calc.html/](http://omlc.ogi.edu/calcul/iad_calc.html/) (date of access: 15.09.2018)

11. Wilson B.C., Adam G. A Monte Carlo model for the absorption and flux distributions of light in tissue // *Med. Phys.* 1983. Vol. 10. Pp. 824-830.

12. . Prahl A., Keijzer M., Jacques S.L., Welch A.J. A Monte Carlo model of light propagation in tissue // SPIE Institute Series. 1989. Vol. 5. Pp. 102-111.
13. Flock S.T., Patterson M.S., Wilson B.C., Wyman D.R. Monte Carlo modeling of light propagation in high scattering tissue. I: Model predictions and comparison with diffusion theory // IEEE Transactions of Biomedical Engineering. 1989. Vol. BME-36. Pp. 1162-1168.
14. Prokhorov A.V., Mekhontsev S.N., Hanssen L.M. Monte Carlo modeling of an integrating sphere reflectometer // Appl. Opt. 2003. Vol. 42. No. 19. Pp. 3832-3842.
15. Wright W. D. The measurement of colour. London, 1964. 291 p.
16. Wyszecky G., Stiles W. S. Color science. New York, 1967/ 63 p.
17. Майоров Е.Е., В. Т. Прокопенко, Е. Е. Майоров, Л. И. Шаламай, Н.Э. Попова, Т.А. Черняк, А.В. Курлов, А.В. Дагаев, Г.А. Цыганкова Исследование in vivo зубной эмали человека колориметрическим прибором // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 2. С. 373-379 DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-2-373-379

№36/2019

**Norwegian Journal of development of the International Science**

ISSN 3453-9875

VOL.1

It was established in November 2016 with support from the Norwegian Academy of Science.

**DESCRIPTION**

The Scientific journal “Norwegian Journal of development of the International Science” is issued 12 times a year and is a scientific publication on topical problems of science.

Editor in chief – Karin Kristiansen (University of Oslo, Norway)

The assistant of the editor in chief – Olof Hansen

- James Smith (University of Birmingham, UK)
  - Kristian Nilsen (University Centre in Svalbard, Norway)
  - Arne Jensen (Norwegian University of Science and Technology, Norway)
  - Sander Svein (University of Tromsø, Norway)
  - Lena Meyer (University of Gothenburg, Sweden)
  - Hans Rasmussen (University of Southern Denmark, Denmark)
  - Chantal Girard (ESC Rennes School of Business, France)
  - Ann Claes (University of Groningen, Netherlands)
  - Ingrid Karlsen (University of Oslo, Norway)
  - Terje Gruterson (Norwegian Institute of Public Health, Norway)
  - Sander Langfjord (University Hospital, Norway)
  - Fredrik Mardosas (Oslo and Akershus University College, Norway)
  - Emil Berger (Ministry of Agriculture and Food, Norway)
  - Sofie Olsen (BioFokus, Norway)
  - Rolf Ulrich Becker (University of Duisburg-Essen, Germany)
  - Lutz Jäncke (University of Zürich, Switzerland)
  - Elizabeth Davies (University of Glasgow, UK)
  - Chan Jiang (Peking University, China)
- and other independent experts

1000 copies

Norwegian Journal of development of the International Science

Iduns gate 4A, 0178, Oslo, Norway

email: [publish@njd-iscience.com](mailto:publish@njd-iscience.com)

site: <http://www.njd-iscience.com>