

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



2026
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 2 (605) / 2026

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хуснурин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)

Алиева Таира Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Курпаяни Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максутович, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображен *Дмитрий Николаевич Узнадзе* (1886–1950), грузинский и советский психолог и философ.

Дмитрий Николаевич родился в простой крестьянской семье в Кутаисской губернии, в селе Сакара (Грузия). Из-за участия в революции 1905 года его исключили из последнего класса гимназии, и он сбежал в Швейцарию, а потом переехал в Германию, где учился вместе с Вильгельмом Вундтом в Лейпцигском университете. Степень доктора философии он получил, написав диссертацию на тему «*Владимир Соловьев: эпистемология и метафизика*».

По возвращении в свой родной город Дмитрий Николаевич начал преподавать историю, психологию и логику в старших классах гимназии, из которой когда-то был исключен. Он настаивал на пользе совместного обучения мальчиков и девочек, а также инициировал создание школы для девочек с облегченной программой. В 1915 году Узнадзе стал директором этой школы.

Переехав в Тбилиси в 1917 году, Узнадзе начал работать вместе с другими грузинскими учеными и философами над основанием Тбилисского государственного университета (ТГУ). Ученый возглавлял кафедру психологии в ТГУ более 40 лет, до самой своей смерти. Также он стал членом-учредителем Национальной академии наук Грузии и почти девять лет был директором Института психологии. В 1946 году он получил звание заслуженного деятеля науки Грузии за свои достижения в этой области знаний.

Узнадзе был философом и специалистом в области экспериментальной психологии, и повлиял не только на грузинскую и российскую психологию и философию. Влияние его трудов прослеживается также в европейских и американских научных школах. Узнадзе внес значительный вклад в развитие теории установки — поведенческой теории, характерной для восточноевропейской психологической школы, согласно которой каждый психологический процесс строится на специфическом наборе условий. Этот набор называется системой установок, и он обуславливает определенную реакцию человека на ту или иную ситуацию. Речь идет не только о действиях, но и о моделях поведения и личностных проявлениях. Влияние этого набора установок распространяется как на сознание, так и на подсознание. Этой теме Узнадзе посвятил две свои публикации: «*Теория отношения и установки*» и «*Психология установки*». Эти работы были переведены с грузинского только в 1960-х годах.

Исследования Узнадзе в области человеческого поведения и психологических аспектов подсознания проложили путь для изучения, понимания и инноваций в сфере психических процессов, связанных с обработкой жизненного опыта. В теории установки подсознание играет цен-

тральную роль, и из-за этого взгляды Узнадзе часто сравнивали с идеями Зигмунда Фрейда, который тоже делал особый акцент на человеческом подсознании. Однако многие эксперты считают, что довольно трудно провести аналогию между экспериментальной психологией Узнадзе и стандартным психоанализом Фрейда.

Узнадзе не только активно изучал психические процессы, но и внес значительный вклад в сферу образования, применив в ней результаты своих психологических исследований. Во время своей преподавательской деятельности в Тбилиси он сформулировал теоретические принципы образовательной философии, основанной на вере в то, что мудрость представляет собой результат достижения высшего уровня интеллектуального и духовного осознания, на котором человек может оперировать минимальными исходными данными. Он изучал влияние возраста на механизмы мышления и воздействие этих механизмов на различные психологические характеристики. Узнадзе твердо верил в то, что детям нужно предоставлять возможность участия в активных и креативных дискуссиях, в ходе которых они смогут овладеть искусством обучения и получения новых знаний.

В рамках своего гуманистического подхода ученый уделял много внимания поискам цели и смысла, особо подчеркивая важность наличия смысла в жизни. Он считал, что каждый человек без исключения способен найти свою личную цель и свой персональный смысл.

Дмитрий Узнадзе верил в то, что для обретения счастья и удовлетворения от жизни человек должен стремиться к реализации в рамках культуры, посвятив себя достижению высшей цели, — только в этом случае его жизнь будет значимой и осмысленной.

Узнадзе не одобрял любые попытки группы полностью ассимилировать своих членов, растворить их в групповом единстве. Он считал, что каждый человек должен иметь право выбирать персональные культурные склонности и устремления и самостоятельно строить свою судьбу так, как он сам пожелает. Узнадзе также был преданным любителем поэзии; он верил, что многие философские понятия и концепции находят наилучшее выражение именно в стихах.

На протяжении всей своей карьеры Дмитрий Николаевич был знаменит, его считали выдающимся академическим деятелем и часто приглашали для выступлений, произнесения речей и чтения лекций. Он умер в 1950 году и был похоронен в саду Тбилисского государственного университета.

Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Bui Thi Hoan

Fluorescent properties of carbon nanodots prepared from passion fruit in alcohol 1

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ворона А. А., Севастей Е. А.

Архитектурные и эксплуатационные факторы уязвимости плоскости управления в SDN/NFV телекомсетях и современные подходы к её защите 5

Мишагина В. Ю.

Дистилляция знаний для малых языковых моделей: алгоритм с обратной связью 9

Трифонов М. А.

Угрозы фальсификации в системах биометрической аутентификации 12

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ибатуллин А. Р.

Перспективы применения электрических ракетных двигателей в космических аппаратах 15

Morozova Y. V.

Safety Innovations in UV/LED Nail Systems: Sensors, Adaptive Control, and Light Management 17

Полетаева П. Ф.

Трансформация планирования перевозок: роль автоматизированной системы ведения графика исполненного движения нового поколения в модернизации железных дорог 21

Юдин А. В., Самиков Р. Ф.

Современное состояние и перспективы разработки термоэлектрических генераторов для преобразования тепловой энергии выхлопных газов ДВС 23

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Грачёв В. М.

Инновационные угловые соединения в деревянном строительстве: метод с шипом и пазом 28

Конотобскова А. П., Бирюкова А. А.

Зеркало: символ отражения и пространства 29

МЕДИЦИНА

Denisenko A. G., Berezova V. D.,

Jeyasingam A. S., Sultan K. A.,

Kaluarachchi S. C., Ahangama G. S.

Some features of fractures of long tubular bones in children younger and older age groups 34

ГЕОЛОГИЯ

Arbaoui A. I.

Advanced drilling fluid technology in shale oil and gas wells 36

Мухаметьянов И. С.

Инженерногеологические изыскания для строительства солнечной электростанции в Хабаровском крае: гидрологические аспекты и особенности крупномасштабного объекта строительства 39

Mukhtarova K. Z., Mammadli M. A., Rahimov K. Z.

Geochemical properties of eruption products of mud volcanoes of the northern part of the Baku archipelago 44

ИСТОРИЯ

Зубкова Д. А.

Конструктивные особенности и вопросы интерпретации жилищ Елшанской культуры 50

Недобежкин С. В.

Ремесленная и промысловая деятельность крестьян Поволжья в XIX веке 54

Попов А. Д.

Церковное краеведение на примере обзорной истории прихода Троицкого храма деревни Новая Шурма Московской области 55

Сурдышкина С. А.

Революция 1905–1907 годов как проявление системного кризиса в Российской империи 62

ФИЗИКА

Fluorescent properties of carbon nanodots prepared from passion fruit in alcohol

Bui Thi Hoan, doctor of science, senior lecturer
Thuyloi University (Hanoi, Vietnam)

In this report, we developed a simple method to prepare carbon nanodots (CDs) from passion fruit juice. The resulting material is a brown liquid that emits green light when irradiated by ultraviolet light. CDs are well dispersed in polar solvents such as ethanol. The dilution ratio affects the emission intensity of the material. When diluted by alcohol at a ratio of 1:5, the emission intensity of CDs is the largest.

Keywords: carbon nanodots, passion fruit juice, green light, polar solvent, alcohol.

Introduction

Quantum dots (QDs) or semiconductor nanocrystals are a type of semiconductor nanoparticles with sizes ranging from 2 to 10 nm. QDs have unique fluorescent properties such as good fluorescence stability, broad spectrum light absorption, and narrow emission spectrum. Therefore, QDs have potential applications in many fields such as electronic engineering, solar cells, biological imaging techniques... However, they are often made from materials such as cadmium selenide (CdSe) [1] [2], [3] cadmium sulfide (CdS) [4], zinc sulfide (ZnS) [5], zinc selenide (ZnSe) [6]. This raises concerns about toxicity and high cost. Finding materials with optical properties similar to QDs but environmentally friendly is a matter of special interest and priority for scientists.

Conventional carbon is a black material that is poorly soluble in water and has no fluorescence. Nanoscience creates great opportunities to expand science and technology, such as synthesized carbon nanostructures that have properties completely different from macro-materials. Carbon nanodots (CDs) are a new generation of nanomaterials. CDs have broad emission spectra, controllable fluorescence, excitation wavelength-dependent emission, and up-conversion [7]. Compared with commercial quantum dots, CDs have the outstanding advantages of low toxicity and easy fabrication. They are promising as fluorescent labeling agents in cell imaging, bioimaging, and also find applications in photocatalysis, energy storage, optoelectronics, and drug delivery [7].

Raw materials for making CDs include artificial carbon sources such as graphite [8], candle soot [9], ammonium citrate [10],... Recently, scientists have focused on researching and manufacturing carbon nanodots from natural sources. Natural materials have advantages such as being abundant, low cost, renewable and having good biocompatibility. In fact, CDs have been successfully made from orange juice [11], coffee grounds [12], soy milk [13], carrot juice [14],...

CDs can be manufactured by different methods such as electrochemistry, chemical oxidation, hydrothermal... Hydrothermal method is considered a method of manufacturing materials with low cost, environmentally friendly, and easy to control the size of the material.

This paper presents a method for preparing CDs from passion fruit juice. The obtained material is well dispersed in alcohol. In particular, in this solvent, the fluorescence intensity of CDs increases significantly compared to the pure material.

Materials and methods

Passion fruit was purchased from a supermarket. The passion fruit juice after removing the seeds was diluted with distilled water in a 1:1 ratio. The diluted passion fruit juice was poured into a thermowell, placed in an oven and heated at 200 °C for 12 h. After being removed from the oven, the thermowell was allowed to cool naturally. The product was filtered through a 2-micrometer filter membrane to remove any mixed carbon.

The material properties were analyzed by infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD). The fluorescence spectrum of the sample was recorded by a Nano Log fluorescence spectrometer (Horiba, Edison, USA).

Results and discussions

The main components of passion fruit juice are carbohydrates (23 %) and water (75 %). Carbohydrates in lemons usually include fiber and simple sugars sucrose, fructose, glucose. In addition, passion fruit juice also contains ascorbic acid. The formation of carbon nanodots from passion fruit juice can be described as follows: (i) carbohydrates are hydrolyzed, dehydrated and decomposed in the presence of ascorbic acid to form soluble compounds as furfural compounds (for ex: 5- hydroxymethyl furfural, furfural, 5-methyl furfural,...), several organic acids such as acetic, lactic, propionic, lactic and formic acids, aldehydes and phenols (ii) in the next stage, polymerization and condensation of the above compounds take place to form soluble polymers. Aromatization and formation of aromatic clusters take place through aldol condensation, ring addition, and indirect hydroxymethyl condensation via furan. (iii) When the concentration of aromatic clusters reaches the standard supersaturation point, carbon nucleation occurs [11]. The growth of carbon clusters is assisted by the diffusion of other molecules towards the particle surface. The result is the formation of C-dots which are self-passivated by the H and O containing groups.

Figure 1 shows the HRTEM image of CDs fabricated at 200°C for 12 h. Due to the low contrast between the CDs and the carbon-coated copper grid, the images of the CDs samples are difficult to distinguish. However, the distinct black spots observed in the image demonstrate the formation of isolated CDs. These clusters appear to be spherical in shape with sizes ranging from 15 to 20 nm.

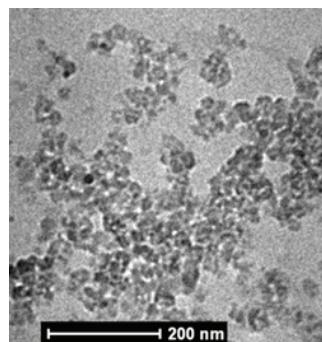


Fig. 1. High-resolution transmission electron micrograph of CDs

The degree of crystallinity of the material is shown through the X-ray diffraction pattern in Figure 2. In this pattern, only a low broad diffraction peak at about 22° is observed, indicating the disordered arrangement in the core of CDs [11]. Although many scientists have demonstrated the existence of crystalline sp^2 carbon regions, most of CDs extracted from natural products have poor crystallinity.

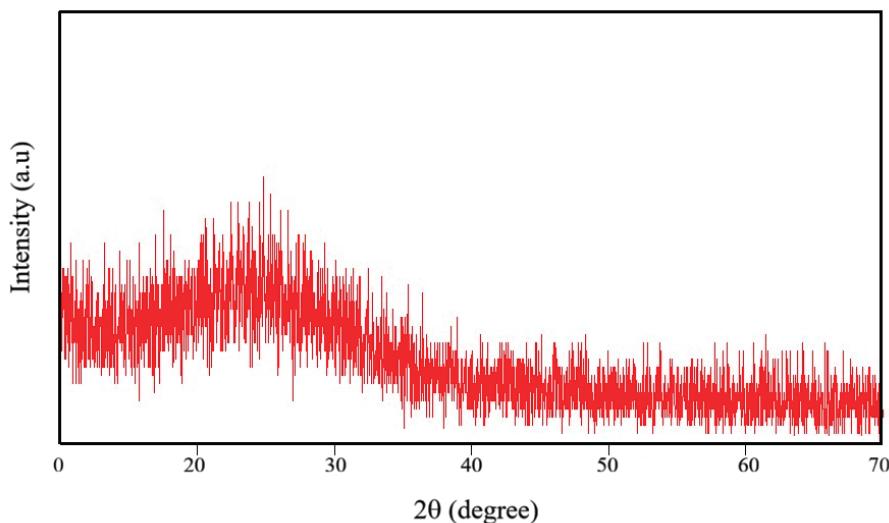


Fig. 2. X-ray diffraction pattern of carbon nanodots

Passion fruit juice after hydrothermal treatment gives a clear dark brown solution. When the solution is irradiated with ultraviolet rays, CDs emit green light (Figure 3).

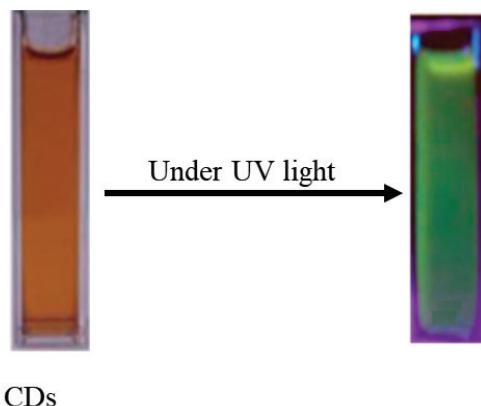


Fig. 3. Images of carbon nano dots under normal light and ultraviolet light

The fluorescence spectrum of CDs has a broad emission band extending from violet to yellow (Figure 4). The maximum emission wavelength is in the range of 530–540 nm. In addition, the emission spectrum is asymmetric with a small tail extending into the longer wavelength region. These phenomena suggest that the fluorescence properties of CDs are related to diverse surface states [15].

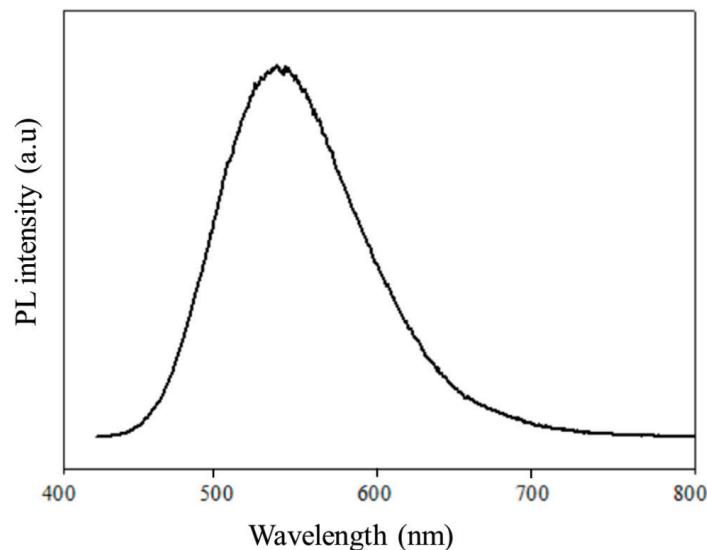


Fig. 4. Fluorescence spectrum of carbon dots

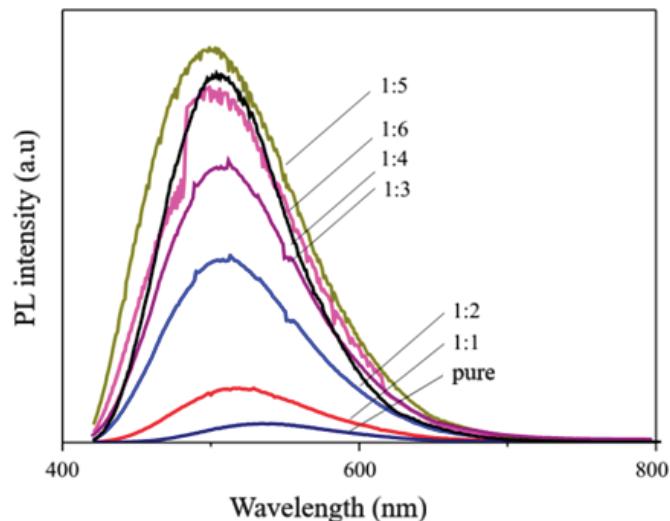


Fig. 5. Fluorescence spectra of CDs diluted with alcohol

The fluorescence properties of CDs have also been studied in alcohol. Figure 5 shows the emission spectrum of CDs when diluted with alcohol at varying volume ratios from 1:1 to 1:6. It was observed that the emission intensity of CDs in alcohol increased significantly compared to pure CDs. As the volume ratio of CDs to alcohol decreased from 1:1; 1:2; 1:3; 1:4; 1:5 (CDs concentration in water decreased), the emission intensity gradually increased. The greater the amount of alcohol added, the lower the probability of collisions between CDs dots. Therefore, the energy loss of CDs due to collisions decreased. In addition, diluting CDs also reduced self-absorption in high-concentration solutions. As a result, the lower the concentration of CDs in the solution, the higher the emission intensity. However, when the concentration of CDs is too low (ratio of 1:6 or higher), the number of emission centers in the solution is reduced, and therefore the emission intensity decreases. This result was also observed in CDs fabricated from onion peels [16].

Conclusion

Carbon nanodots were fabricated from passion fruit juice using a hydrothermal method. The CDs readily disperse in alcohol and emit green light. The emission intensity of the CDs was highest when diluted with alcohol at a volume ratio of 1:5.

References:

1. Karan Surana, Pramod K. Singh, Hee-Woo Rhee, Bhaskar Bhattacharya. Synthesis, characterization and application of CdSe quantum dots. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2014, Vol. 20, No. 6, pp. 4188–4193
2. A. K. Jigyasu, S. Siddiqui, M. Lohani, I. A. Khan, and M. Arshad (2016). Chemically synthesized CDSE quantum dots inhibit growth of human lung carcinoma cells via ros generation. *EXCLI J*, Vol. 15, pp. 54–63
3. Anna Kiczor and Paweł Mergo (2024). Synthesis of CdSe Quantum Dots in Two Solvents of Different Boiling Points for Polymer Optical Fiber Technology. *Materials*, Vol. 17, No. 227
4. Srivani Veeranarayanan et al (2012). Synthesis and application of luminescent single CdS quantum dot encapsulated silica nanoparticles directed for precision optical bioimaging. *International Journal of Nanomedicine*, Vol. 7, pp. 3769–3786
5. Weiquan Yuan et al (2022). Facile synthesis and characterization of ZnS polymorphs/Halloysite composite for efficiently selective adsorption of Al(III) from acidic rare earth ions solution. *Sep Purif Technol*, Vol. 291, p. 120849,
6. S. H. Duy Hoang Nguyen et al (2024). Reaction-dependent optical behavior and theoretical perspectives of colloidal ZnSe quantum dots. *Sci Rep*, Vol. 14, p. 13982
7. D. P. Mychele Jorns (2021). A Review of Fluorescent Carbon Dots, Their Synthesis, Physical and Chemical Characteristics, and Applications. *Nanomaterials (Basel)*, Vol. 11, No. 6, p. 1448
8. Qinlong Wang et al (2012). Microwave–hydrothermal synthesis of fluorescent carbon dots from graphite oxide. *Carbon N Y*, Vol. 49, No. 9, pp. 3134–3140
9. B. K. Ganesan et al (2024). Candle soot derived carbon dots as potential corrosion inhibitor for stainless steel in HCl medium. *J Appl Electrochem*, Vol. 54, pp. 89–102
10. W. Jiayue Geng et al (2022). Intrinsic specificity of plain ammonium citrate carbon dots for Helicobacter pylori: Interfacial mechanism, diagnostic translation and general revelation. *Mater Today Bio*, Vol. 15, p. 100282
11. B. B. Swagatika Sahu et al (2012). Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: application as excellent bio-imaging agents. *Chem Commun*, Vol. 48, pp. 8835–8837
12. Z.-Y. Pin-Che Hsu et al (2012). Synthesis and analytical applications of photoluminescent carbon nanodots. *Green Chemistry*, vol. 14, p. 917
13. J. Z. Chengzhou Zhu et al (2012). Bifunctional fluorescent carbon nanodots: Green synthesis via soy milk and application as metal-free electrocatalysts for oxygen reduction. *Chemical Communications*, DOI: 10.1039/c2cc33844k
14. Y. L. Yang Liu et al (2017). Green synthesis of fluorescent carbon dots from carrot juice for in vitro cellular imaging Original Articles Article Info. *Carbon Letters*, Vol. 21, pp. 61–67
15. Carb Zhang S X et al (2014). Carbon dots with continuously tunable full-color emission and their application in ratio-metric pH sensing. *Chem. Mater.*, Vol. 26, pp. 3104–3122
16. G. B. Bandi R et al (2016). Facile and green synthesis of fluorescent carbon dots from onion waste and their potential applications as sensor and multicolour imaging agents. *RSC. Adv.*, Vol. 6, pp. 28633–28639.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Архитектурные и эксплуатационные факторы уязвимости плоскости управления в SDN/NFVтелеомсетях и современные подходы к её защите

Ворона Ангелина Алексеевна, студент магистратуры;

Севастей Егор Александрович, студент магистратуры

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В статье проведено исследование архитектурных и эксплуатационных факторов уязвимости плоскости управления в SDN/NFVтелеомсетях, функционирующих в контексте сетей пятого и шестого поколения. На основе анализа отечественных и зарубежных публикаций рассмотрены особенности организации плоскости управления, выделены ключевые источники уязвимостей, связанные с централизацией управления, использованием открытых интерфейсов и динамической оркестрацией виртуализированных сетевых функций. Систематизированы основные классы угроз и типовых атак на плоскость управления, а также обобщены современные подходы к её защите, включающие механизмы аутентификации и авторизации, изоляции, резервирования и мониторинга. Особое внимание уделено влиянию мультивендорности, высокой нагрузки и эксплуатационных практик операторов связи на эффективность применяемых механизмов безопасности и формулировке направлений дальнейших исследований.

Ключевые слова: програмноопределяемые сети (SDN), виртуализация сетевых функций (NFV), плоскость управления (control plane), телекоммуникационные сети пятого и шестого поколения (5G/6G), архитектура сети оператора связи, протоколы плоскости управления, SDNконтроллер, NFVMANO (управление и оркестрация виртуальных функций), сетевые сервисные цепочки (service function chaining), уязвимости архитектуры SDN/NFV, эксплуатационные факторы уязвимости, атаки на плоскость управления, отказ в обслуживании (DoS/DDoS) в SDN/NFV, безопасность виртуализированных сетевых функций, управление доступом и аутентификация в плоскости управления, мониторинг и обнаружение аномалий, модели угроз для SDN/NFVсетей, телекоминфраструктура нового поколения, подходы и механизмы защиты плоскости управления, обеспечение целостности и надёжности управления сетью.

Сетевые инфраструктуры операторов связи в условиях внедрения сетей пятого и шестого поколений характеризуются возрастающей степенью программируемости и виртуализации, что приводит к существенному усложнению архитектуры плоскости управления и повышению её значимости для обеспечения информационной безопасности. Ключевыми технологическими драйверами данного процесса выступают програмноопределяемые сети (SoftwareDefined Networking, SDN) и виртуализация сетевых функций (Network Functions Virtualisation, NFV), позволяющие выделить централизованно управляемую плоскость управления и реализовать сетевые функции в виде программных модулей, развертываемых на типовом вычислительном оборудовании. В отечественных исследованиях и учебной литературе подчёркивается, что программноуправляемые сети рассматриваются как новый этап развития сетей передачи данных и основа для построения гибких телекоммуникационных инфраструктур операторов связи [1–5].

В рамках SDN архитектура сети строится на принципе логического разделения плоскостей управления и передачи, при котором функции принятия решений концентрируются в одном или нескольких SDNконтроллерах, взаимодействующих с сетевыми коммутаторами по специализированным протоколам, таким как OpenFlow. NFV, в свою очередь, предполагает перенос традиционных аппаратных сетевых функций (маршрутизаторов, брандмауэров, балансировщиков нагрузки и др.) в виртуализированную среду с управлением и оркестрацией посредством подсистемы NFVMANO, что позволяет динамически размещать и масштабировать сетевые функции, включая функции безопасности. Подобный переход, с одной стороны, расширяет возможности операторов по управлению качеством обслуживания и внедрению новых сервисов, с другой стороны — формирует новые классы архитектурных и эксплуатационных уязвимостей, связанных с концентрацией логики управления и открытостью интерфейсов программирования сети [1–5].

В современной научной литературе зарубежные авторы отмечают широкий спектр угроз для архитектуры SDN, включая атаки на SDNконтроллер, подмену правил обработки трафика и злоупотребление открытыми интерфейсами, и предлагают различные таксономии угроз и подходы к их смягчению. Аналогично, исследования по безопасности NFV в контексте сетей пятого поколения демонстрируют необходимость учёта многоуровневой структуры угроз, охватывающей виртуализированную инфраструктуру, уровень управления и оркестрации, а также взаимодействие виртуальных сетевых функций между собой. В российской научной и учебной базе уже накоплен опыт описания преимуществ виртуализации сетевых функций и программноконфигурируемых сетей, включая вопросы внедрения средств безопасности в виртуализированной среде и особенности моделирования поведения SDNкомпонентов, что создаёт основу для более детального анализа факторов уязвимости плоскости управления [1, 3–6].

При этом остаётся недостаточно проработанным комплексный взгляд на архитектурные и эксплуатационные факторы уязвимости именно плоскости управления в SDN/NFVтелефонетах, функционирующих в масштабах операторской инфраструктуры и интегрированных с ядром 5G/6G. Учитывая, что плоскость управления в таких сетях выступает «мозгом» системы и определяет правила маршрутизации, политики безопасности и цепочки сервисов, её компрометация или нарушение работоспособности потенциально приводит к массовым отказам и серьёзным инцидентам в критически важных сервисах связи. В этой связи актуальной научной задачей является систематизация и анализ архитектурных решений и эксплуатационных практик, определяющих уязвимость плоскости управления, а также обзор современных подходов к её защите с позиций телекоммуникационных сетей нового поколения [1, 2, 4, 7].

В программноопределяемых сетях (SDN) плоскость управления выделяется в отдельный логический слой, представленный одним или несколькими SDNконтроллерами, которые принимают решения о маршрутизации и политике обработки трафика, а также формируют соответствующие правила для сетевых коммутаторов. В специализированной литературе подчёркивается, что именно наличие централизованного или иерархического контроллера, управляющего «глупыми» коммутаторами, является ключевой характеристикой SDNподхода и отличает его от традиционных распределённых протоколов маршрутизации. В учебных пособиях по программно-конфигурируемым сетям и протоколу OpenFlow детально описывается структура взаимодействия между контроллером и коммутаторами, а также особенности формирования и обновления таблиц потоков на основе политик, заданных на уровне приложений [1, 2].

Виртуализация сетевых функций (NFV) дополняет SDN, предлагая перенос сетевых функций, ранее реализуемых на специализированном аппаратном обес-

печении, в программную среду на основе виртуальных машин или контейнеров, управляемых подсистемой NFVMANO (Management and Orchestration). В отчётах профильных организаций и научных обзорах NFVархитектура описывается как многоуровневая система, включающая виртуализированную инфраструктуру, уровень виртуальных сетевых функций и уровень управления и оркестрации, на котором принимаются решения о размещении, масштабировании и связности сетевых сервисов. В отечественных публикациях подчёркивается, что использование NFV позволяет создавать динамические цепочки сервисов безопасности (service function chaining), включающие виртуальные межсетевые экраны, системы обнаружения вторжений и другие элементы, что расширяет возможности по адаптивному реагированию на угрозы [2–5].

В телекоммуникационных сетях нового поколения плоскость управления формируется на пересечении SDNконтроллеров, NFVMANO и специфических компонент ядра сетей пятого и шестого поколений (5G/6G), включающих функции управления доступом, срезами сети и качеством обслуживания. В аналитических работах по безопасности 5GNFV подчёркивается, что именно интеграция этих подсистем, объединённых через множество открытых интерфейсов и API, формирует сложную совокупную плоскость управления, от корректной и защищённой работы которой зависит функционирование критически важных телекомсервисов [5–7].

Анализ архитектуры SDN/NFVтелефонетах показывает, что ряд принципиальных решений, обеспечивающих гибкость и расширяемость, одновременно создаёт специфические уязвимости плоскости управления. Одним из ключевых факторов является централизация логики управления в контроллерах и оркестраторах, которые становятся высокоценными целями для злоумышленников: успешная атака на такой компонент может привести к глобальному нарушению маршрутизации, изменению политик безопасности или полному отказу сети. В обзорах безопасности SDN подчёркивается, что компрометация контроллера позволяет атакующему манипулировать правилами обработки трафика, перенаправляя потоки через подконтрольные узлы или создавая условия для скрытого перехвата данных [1, 6, 8].

Вторым значимым архитектурным фактором выступает широкое использование открытых интерфейсов и прикладных программных интерфейсов (API) для взаимодействия между компонентами плоскости управления и приложениями. В ряде работ отмечается, что наличие API само по себе не делает сеть программноопределяемой, однако существенно повышает её управляемость и одновременно открывает дополнительные векторы атак, связанные с подделкой или злоупотреблением запросами к интерфейсам управления. Разнообразие реализаций северных (northbound) и южных (southbound) интерфейсов, а также взаимодействие между контроллерами разных доменов (east-west) создают сложную поверхность атаки, за-

труднящую формализацию и верификацию политик безопасности [2, 3, 5, 6, 8].

Третим архитектурным фактором уязвимости является динамическая природа размещения и цепочек виртуализированных сетевых функций, особенно в контексте многоарендных и мультидоменных сред. В отчётах и обзорах по безопасности NFV подчёркивается, что миграция виртуальных функций, автоматическое масштабирование и построение динамических сервисных цепочек приводят к постоянным изменениям конфигурации плоскости управления, повышая вероятность ошибок и некорректных состояний, которые могут быть использованы злоумышленником. При этом в отечественных работах, посвящённых виртуализации сетевых функций и моделированию поведения SDN-компонентов, отмечается, что подобная гибкость требует тщательной проработки моделей угроз и процедур контроля целостности конфигураций на уровне операторской сети [2, 3, 5].

Помимо архитектурных особенностей, существенную роль в формировании уязвимости плоскости управления играют эксплуатационные факторы, связанные с практикой внедрения и сопровождения SDN/NFV решений у операторов связи. Аналитические отчёты по безопасности мобильных сетей указывают на высокую сложность конфигурации и обновления программных компонентов плоскости управления, а также на необходимость строгого разграничения прав доступа к системам управления и оркестрации, что далеко не всегда реализуется в полной мере. Недостаточная зрелость процессов управления уязвимостями, отсутствия регулярной проверки настроек и слабые процедуры журналирования действий администраторов усиливают риск успешной эксплуатации ошибок конфигурации и учётных записей [3, 7].

Отдельное место среди эксплуатационных факторов занимает нагрузка на плоскость управления, обусловленная высокой интенсивностью событий и запросов в крупных SDN/NFV телекомсетях. В работах, посвящённых анализу очередей в программно-конфигурируемых сетях, демонстрируется, что характеристики очередей типа G/G/1 на критических компонентах, таких как контроллеры и инструменты управления, напрямую влияют на задержки принятия решений и устойчивость системы к перегрузкам. Эти результаты позволяют утверждать, что атаки отказа в обслуживании (DoS/DDoS), направленные на плоскость управления, могут использовать не только сетевые, но и ресурсные особенности SDN/NFV архитектуры, вызывая деградацию качества обслуживания и потерю управляемости сетью [2, 5, 8, 9].

Дополнительными эксплуатационными факторами выступают мультивендорный характер телекоминфраструктуры, необходимость интеграции решений различных производителей и ограниченный уровень автоматизации процедур безопасности. В международных исследованиях подчёркивается, что неоднородность программно-аппаратной среды и различия в реализации интерфейсов управления усложняют единообразное внедрение ме-

ханизмов аутентификации, авторизации и контроля целостности на уровне плоскости управления. В результате операторам связи приходится сочетать различные подходы и инструменты, что повышает вероятность конфигурационных ошибок и появления «серых зон» безопасности в комплексной SDN/NFV инфраструктуре [3, 5–7].

Синтез архитектурных и эксплуатационных факторов позволяет выделить несколько основных классов угроз, нацеленных непосредственно на плоскость управления в SDN/NFV телекомсетях. К числу ключевых относятся атаки на SDN-контроллер, включающие попытки его компрометации, внедрение вредоносных приложений управления, эксплуатацию уязвимостей в программном обеспечении и организованные перегрузки информационными событиями. Обзоры по безопасности SDN классифицируют подобные атаки по целям (нарушение целостности, конфиденциальности или доступности), а также по уровню воздействия (локальное вмешательство в отдельные правила или глобальное изменение политики маршрутизации) [1, 5, 8].

Следующей группой выступают атаки через уязвимые программные интерфейсы, используемые для взаимодействия приложений с контроллерами и оркестраторами, а также для связи между компонентами NFV MANO и виртуальными сетевыми функциями. В ряде исследований показано, что недостаточная аутентификация и авторизация запросов к API, отсутствие строгих моделей контроля доступа и отсутствие валидации входных данных приводят к возможности несанкционированного изменения конфигурации сети, создания обходных путей и скрытых каналов управления. В контексте телекомсетей нового поколения отдельное внимание уделяется атакам на механизмы управления сетевыми срезами (network slicing), при которых нарушитель может воздействовать на логически выделенные сегменты сети через общую плоскость управления и виртуализированную инфраструктуру [3, 5, 6].

Таким образом, совокупность архитектурных и эксплуатационных факторов формирует сложный ландшафт угроз для плоскости управления в SDN/NFV телекомсетях, требующий комплексного подхода к разработке и внедрению механизмов защиты как на уровне проектирования архитектуры, так и на уровне практики эксплуатации. На этом фоне особую актуальность приобретает анализ современных подходов к защите плоскости управления, включающих механизмы аутентификации и авторизации, изоляции и сегментации, повышения устойчивости и автоматизированного мониторинга.

Связь основных архитектурных и эксплуатационных факторов уязвимости плоскости управления с соответствующими подходами к их защите представлена в таблице 1.

Проведённый обзор архитектуры и практики эксплуатации SDN/NFV телекомсетей показывает, что плоскость управления выступает критическим элементом, определяющим устойчивость и безопасность операторской инфра-

Таблица 1. Факторы уязвимости и подходы к защите

Фактор / целевой компонент плоскости управления	Краткое описание уязвимости	Типичные последствия для телекомсети	Примеры подходов к защите
Централизация SD-Nконтроллера	Логика управления сосредоточена в одном или ограниченном числе контроллеров; компрометация или отказ ведут к потере управляемости сети	Массовые сбои маршрутизации, нарушение политик безопасности, потеря доступа к сервисам	Резервирование и кластеризация контроллеров, геораспределённое развертывание, механизмы контроля целостности и отказоустойчивости ПО контроллера
NFVMANO и оркестрация VNF	Ошибки в логике оркестрации и защите интерфейсов управления виртуальными функциями позволяют изменять состав и порядок сервисных цепочек	Отключение или обход функций безопасности, создание «дыр» в политике фильтрации и мониторинга	Жёсткая аутентификация и авторизация доступов к MANO, разграничение ролей, журналирование действий, периодическая верификация конфигураций и цепочек сервисов
Открытые API и межкомпонентные интерфейсы	Недостаточная аутентификация/авторизация, отсутствие строгих моделей доступа и валидации входных данных в API плоскости управления	Несанкционированные изменения конфигурации, создание скрытых туннелей и обходных маршрутов, внедрение вредоносных приложений	Применение принципов минимально необходимых привилегий, Zero Trust подходов, шифрование и аутентификация API вызовов, Web-application firewall и мониторинг обращений к API
Динамическая миграция и масштабирование VNF	Постоянные изменения топологии и состояния сервисных цепочек создают риск неконсистентных конфигураций и «забытых» правил	Непредсказуемое поведение сети, несогласованность маршрутизации и политик безопасности, окна уязвимости при миграции	Использование декларативных моделей описания сервисных цепочек, автоматическая проверка консистентности, инструменты непрерывного аудита политик безопасности
Высокая нагрузка на компоненты управления	Ограниченные ресурсы контроллеров и оркестраторов, переди запросов и событий управления легко становятся целью DoS/DDoS	Рост задержек принятия решений, потеря или задержка управляющих сообщений, деградация качества обслуживания	Планирование ресурсов с учётом нагрузочных моделей (очереди G/G/1 и др.), масштабирование по нагрузке, выделенные каналы для трафика управления, фильтрация и rate limiting управляющих запросов
Мультивендорная и мультидоменная среда	Различия в реализации протоколов и интерфейсов затрудняют единообразное применение механизмов защиты и политику контроля	«Разрывы» в защите при стыке доменов и вендоров, сложность централизованного мониторинга и управления инцидентами	Стандартизация интерфейсов, использование открытых спецификаций, внедрение единых требований к безопасности в договорах с поставщиками, междоменные политики и согласованные процедуры реагирования

структурь в условиях перехода к сетям пятого и шестого поколения. Централизация логики принятия решений в SDNконтроллерах и подсистемах NFVMANO, широкое использование открытых программных интерфейсов и динамическая оркестрация виртуализированных сетевых функций одновременно обеспечивают высокую гибкость управления и формируют новые классы уязвимостей, которые отсутствовали в традиционных телекоммуникационных архитектурах [1–4].

Анализ архитектурных факторов уязвимости показал, что именно организация централизованного или иерархического управления, мультидоменные сценарии взаимодействия и сложность конфигураций цепочек сервисов безопасности создают условия для атак на плоскость управления, способных приводить к массовым отказам,

нарушению маршрутизации и компрометации политик безопасности. Эксплуатационные факторы, включая высокую нагрузку на управляющие компоненты, мультивендорный характер инфраструктуры и недостаточную зрелость процессов управления доступом и уязвимостями, усиливают риск успешной эксплуатации ошибок конфигурации и программных уязвимостей в SDN/NFVсреде.

Систематизация угроз и типовых атак показала, что наибольшую опасность для плоскости управления представляют компрометация контроллеров и оркестраторов, злоупотребление уязвимыми API и воздействие на механизмы управления виртуализированными сетевыми функциями и сетевыми срезами, особенно в контексте 5G/6Gсетей. Современные подходы к защите плоскости управления, включающие механизмы аутентификации

и авторизации, логическую изоляцию и сегментацию, резервирование и верификацию политик, а также применение методов мониторинга и обнаружения аномалий, позволяют существенно снизить уровень риска, однако не устраняют фундаментальных проблем, связанных со сложностью архитектуры и неоднородностью реализаций.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований, направленных на разработку формальных моделей угроз для комплексных SDN/NFVтелекомархитектур, методов верификации и согласования политик безопасности в мультидоменных средах,

а также интеграции средств автоматизированного анализа и мониторинга плоскости управления на основе современных методов обработки данных и искусственного интеллекта. Особый интерес представляют работы, ориентированные на практическую применимость в условиях операторских сетей, учёт требований нормативных документов и стандартизирующих организаций, а также адаптацию предложенных подходов к реальным эксплуатационным ограничениям, выявленным в отечественных и зарубежных исследованиях по безопасности SDN и виртуализации сетевых функций.

Литература:

1. Никитин С. В., Лоборчук А. А. Программно-конфигурируемые сети как новый этап развития сетей передачи данных // Техника средств связи. — 2023. — № 1 (161).
2. Довгаль В. А., Довгаль Д. В. Обеспечение безопасности с помощью виртуализации сетевых функций // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. — 2018. — № 2 (221).
3. Программно-конфигурируемые сети SDN. Протокол OPENFLOW: учебное пособие / Б. С. Гольдштейн, В. С. Елагин, А. А. Зарубин, А. Е. Селиванов. — СанктПетербург: СПбГУТ им. М. А. БончБруевича, 2018. — 47 с.
4. Эделман Д., Лоу С. С., Осуолт М. Автоматизация программируемых сетей: руководство / пер. с англ. А. В. Снастина. — Москва: ДМК Пресс, 2019. — 616 с. — ISBN 9785970606995.
5. Kreutz D., Ramos F., Verissimo P. et al. A Survey of the Main Security Issues and Solutions for the SDN Architecture // IEEE Communications Surveys & Tutorials. — 2015.
6. Taleb T., Ksentini A., Bagaa M. NFV Security Survey in 5G Networks: A Three-Dimensional Threat Taxonomy // Computer Networks. — 2021.
7. ENISA. NFV Security in 5G: Challenges and Best Practices. — ENISA Report. — 2020.
8. Yeganeh S., Tootoonchian A., Ganjali Y. SDN Control Plane Security: Attacks and Mitigation Techniques // Proc. ACM conference. — 2021.
9. Буранова М. А., Карташевский В. Г. Анализ очереди типа G/G/1 для программно-конфигурируемых сетей на основе OpenFlow // TComm. — 2022. — № 4.

Дистилляция знаний для малых языковых моделей: алгоритм с обратной связью

Мишагина Валерия Юрьевна, студент магистратуры

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва

*Работа посвящена разработке и реализации алгоритма дистилляции с обратной связью промежуточных шагов рас-
суждений для малых языковых моделей.*

Ключевые слова: языковые модели, дистилляция знаний, глубокое обучение, обучение с подкреплением.

Одним из ключевых направлений в развитии искусственного интеллекта в последнее время становятся большие языковые модели (large language models, LLM) — нейронные сети, разрабатываемые для понимания и генерации текста, похожего на человеческий. Ставшие прорывом в области генеративного ИИ, LLM используются для широкого спектра NLP-задач. Наибольшую популярность приобрели основанные на LLM интеллектуальные помощники (агенты), способные заменять человека в задачах коммуникации с клиентами, сбора информации и предоставления типовых консультаций. Такие агенты сейчас активно внедряются во многие информационные системы.

LLM модели обладают внушительными размерами, имеют более миллиарда параметров, обучаются на огромных массивах данных и требует больших вычислительных затрат и ресурсов. Создание полноценной LLM — это трудоемкий, дорогостоящий и ресурсоемкий процесс, который обычно требует значительных усилий целой команды людей.

В связи с трудностью обучения LLM популярность стали набирать малые языковые модели (small language models, SLM). Они имеют на порядок меньше параметров, что делает возможным их обучение и использование в ситуации огра-

ниченности ресурсов для решения узкоспециализированных задач, связанных с обработкой естественного языка. Однако снижение размерности параметров модели ведет к значительным потерям в точности, особенно в части задач, требующих обобщения информации и сложных многоступенчатых рассуждений.

Одним из перспективных подходов к преодолению данного ограничения является дистилляция знаний — процесс передачи знаний от большой модели-учителя к компактной модели-ученику [1]. Схема дистилляции знаний приведена на Рисунке 1.

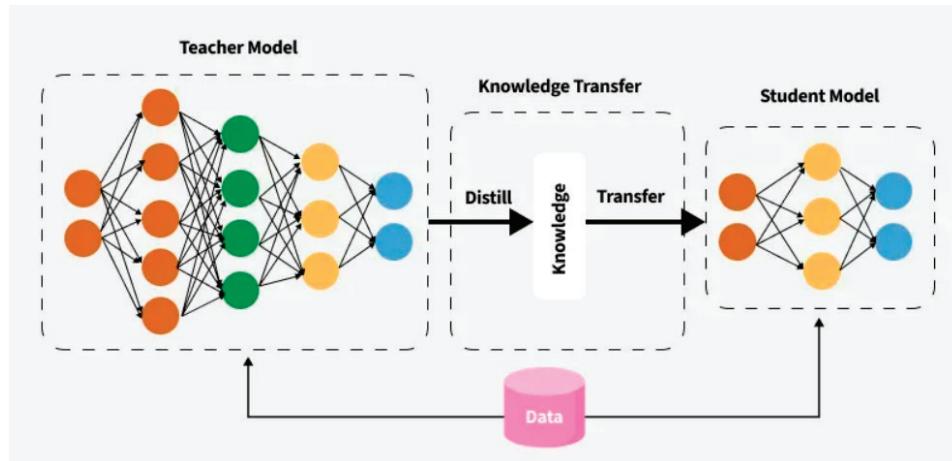


Рис. 1. Дистилляция знаний при обучении моделей [2]

Классическая дистилляция знаний предполагает обучение модели-ученика на выходных данных модели-учителя. В простейшем варианте ученик обучается воспроизводить конечный ответ учителя, что эффективно для задач классификации, но недостаточно для генеративных задач. В более общем случае используется soft-дистилляция, при которой минимизируется расхождение между распределениями вероятностей, генерируемыми учителем и учеником, например, с помощью KL-дивергенции.

Дальнейшее развитие получили методы Chain-of-Thought (CoT) [3] дистилляции, в которых в обучающую выборку включаются промежуточные шаги рассуждений, сформированные моделью-учителем. Такой подход позволяет ученику усваивать структуру логического вывода и улучшает качество решения сложных задач. Вместе с тем классическая CoT-дистилляция обладает существенным недостатком — ошибки и неточности, допущенные моделью-учителем на промежуточных этапах, переносятся в обучающую выборку, что негативно сказывается на итоговом качестве малой модели.

В рамках данной работы предлагается и описывается метод дистилляции, ориентированный на передачу не только конечных ответов, но и промежуточных шагов рассуждений с использованием модуля обратной связи. Подробная схема подхода обучения SLM модели для алгоритма дистилляции с обратной связью представлена на Рисунке 2.

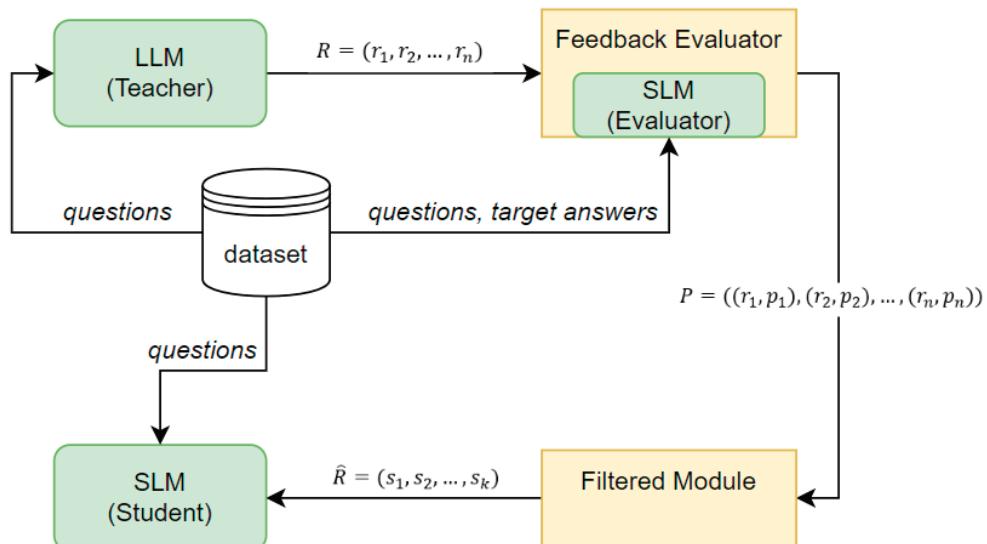


Рис. 2. Алгоритм обучения малой языковой модели методом дистилляции с обратной связью

Эксперименты проводились на наборе данных GSM8K [4], содержащем 8500 текстовых математических задач для учеников начальной школы с ответами в несколько этапов рассуждений. Датасет был предварительно предобработан, очищен и разбит на тренировочную, валидационную и тестовую выборки с учётом сложности задач для избежания дисбаланса классов.

В качестве модели-учителя для исследования была выбрана предобученная LLM — google/flan-t5-large, в качестве модели-ученика google/flan-t5-small. Flan-T5 отличаются хорошей точностью в сочетании с небольшим количеством параметров и простотой архитектуры, что делает их удобными для использования в алгоритме дистилляции знаний.

В рамках исследования были реализованы и сравнены три подхода: baseline-дистилляция, СоT-дистилляция и предложенный метод дистилляции с обратной связью. Все алгоритмы были реализованы на языке программирования Python, в качестве фреймворков для работы с нейросетевыми моделями использовались PyTorch и Transformers.

Графики функций потерь, полученных во время обучения, приведены на Рисунке 4.

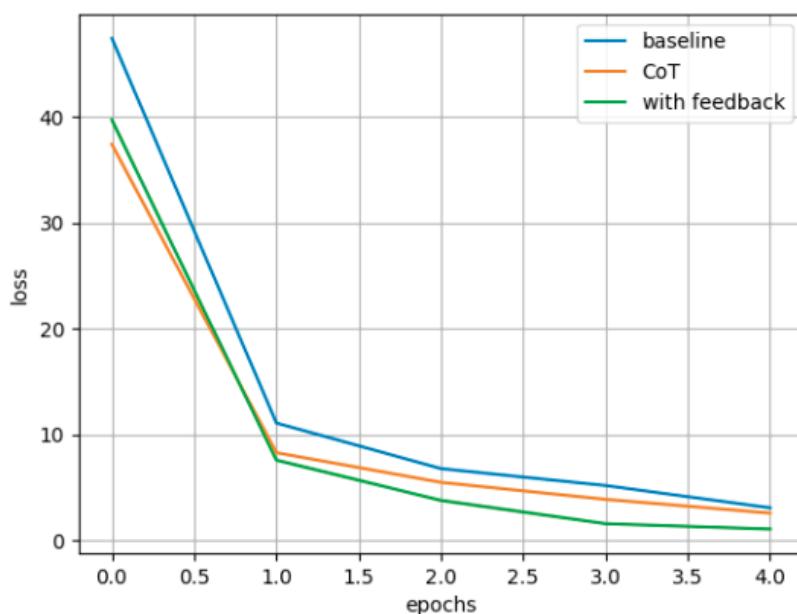


Рис. 4. Графики функций потерь на валидационной выборке

Результатирующие значения точности для алгоритмов представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Метрика качества работы моделей нейронной сети, обученных с помощью различных алгоритмов дистилляции

	Точность (accuracy)		
	Тренировочная выборка	Валидационная выборка	Тестовая выборка
Baseline	0,62	0,58	0,59
CoT	0,70	0,66	0,71
С обратной связью	0,81	0,72	0,75

Полученные в ходе эксперимента результаты показали, что предложенный метод дистилляции с обратной связью превосходит классические подходы по показателям точности на всех выборках. Существенным преимуществом является также сокращение средней длины цепочек рассуждений, что свидетельствует о том, что некоторые шаги, генерируемые моделью-учителем, являются избыточными или некорректными и могут быть опущены при обучении SML.

Анализ результатов подтверждает, что дистилляция промежуточных шагов с обратной связью позволяет снизить шум обучающей выборки и повысить устойчивость обучения малой языковой модели. Однако существуют и минусы в этом подходе, например, использование дополнительных модулей увеличивает вычислительную сложность алгоритма и значительно влияет на скорость обучения. Поэтому выбор оптимального алгоритма дистилляции для обучения малой языковой модели должен исходить из компромисса между качеством и затратами ресурсов.

Литература:

1. Hinton, G. Distilling the Knowledge in a Neural Network / G. Hinton, O. Vinyals, J. Dean. — DOI: arXiv:1503.02531 // ArXiv. — 2015. — Vol. abs/1503.02531.
2. What is LLM Distillation? // GeeksForGeeks. — [Б. м.], 2025. — URL: <https://www.geeksforgeeks.org/nlp/what-is-llm-distillation/> (дата обращения: 08.01.2026).
3. Ho, N. Large language models are reasoning teachers / N. Ho, L. Schmid, SY. Yun. // In Proceedings of the 61st annual meeting of the association for computational linguistics. — 2023. — Vol. 1. — P. 14852–14882.
4. Dataset Card for GSM8K // Hugging Face. — [Б. м.], 2025. — URL: <https://huggingface.co/datasets/openai/gsm8k/> (дата обращения: 08.01.2026).

Угрозы фальсификации в системах биометрической аутентификации

Трифонов Максим Александрович, студент
Уфимский государственный нефтяной технический университет

В статье анализируются современные биометрические технологии, включая отпечатки пальцев и распознавание лиц. Рассматриваются угрозы фальсификации с применением нейросетей, правовые и этические последствия массового внедрения биометрии, а также программные решения для защиты данных. Особое внимание уделено перспективам мультимодальной аутентификации и применению искусственного интеллекта.

Ключевые слова: биометрия, отпечатки пальцев, распознавание лиц, фальшивые данные, генеративные сети, информационная безопасность, мультифакторная аутентификация, уязвимости, защита данных, искусственный интеллект.

Биометрия стала фундаментом современной цифровой безопасности, и её внедрение обусловлено двумя ключевыми факторами — удобством использования и высокой скоростью проверки личности. Первые попытки научного осмыслиения уникальных признаков человека относятся к концу XIX века, когда криминалисты начали систематизировать дактилоскопические карты для учёта преступников. Тогда же стало очевидно, что отпечаток пальца обладает уникальностью, которую практически невозможно повторить случайным образом. В XX веке дактилоскопия окончательно закрепилась в следственной практике, а в XXI веке превратилась в инструмент повседневного доступа: от разблокировки смартфонов до авторизации банковских операций. Масштабы распространения иллюстрируют прогнозы аналитиков: мировой рынок биометрии оценивается в десятки миллиардов долларов, и ежегодный прирост составляет более 15 %. Особое внимание уделяется отпечаткам пальцев и лицевой биометрии, которые доминируют в потребительских устройствах [1].

Однако исторический прогресс в этой области не всегда совпадал с реальными задачами обеспечения безопасности. Примерно с середины 2010-х годов на рынке начали доминировать смартфоны с сенсорами отпечатков пальцев. Уже через несколько лет многие производители перешли к бесконтактным методам — технологии распознавания лиц и сканированию сетчатки глаза. Как показывает анализ Куликова, переход объяснялся не только удобством пользователей, но и ростом числа случаев ком-

прометации традиционных сенсоров, которые можно было обмануть физическими копиями [4]. Амеличев и коллеги в свою очередь указывают на то, что развитие алгоритмов анализа изображений лица позволило значительно повысить точность идентификации, однако полностью устранить риск подделки не удалось [1, с. 6].

Показательно, что внедрение биометрии происходило параллельно с усилением интереса к персональным данным. Законодательные инициативы в разных странах фиксировали необходимость охраны информации, однако сами данные становились объектом коммерческого и криминального интереса. Карцан подчеркивает, что утечка биометрических шаблонов в отличие от паролей необратима: человек не может изменить отпечатки пальцев или лицо, поэтому компрометация биометрии имеет необратимые последствия [4]. Этот аспект существенно усиливает ценность анализа уязвимостей биометрических систем, так как каждая успешная атака подрывает доверие к технологиям в целом.

Несмотря на широкое распространение дактилоскопических систем, их уязвимости оказались очевидными для специалистов. Наиболее примитивный способ фальсификации заключается в копировании отпечатка, оставленного на стекле или поверхности сенсора, с последующим созданием слепка из желатина, силикона или латекса. Иванова с коллегами показывают, что такие атаки были зафиксированы ещё в 2000-х годах и до сих пор остаются актуальными, особенно против оптических сканеров [3]. Ключевая проблема здесь заключается в том, что сенсор

фиксирует лишь двумерный рисунок линий, не анализируя структуру ткани. Это делает возможным использование «муляжа пальца» с минимальными затратами.

Развитие технологий 3D-печати вывело эти атаки на новый уровень. Сегодня злоумышленники могут оцифровать отпечаток, восстановить трёхмерный рельеф папиллярных линий и воспроизвести его с высокой точностью. В результате под угрозой оказываются даже ёмкостные сенсоры, которые анализируют электрическую проводимость кожи. Подобные атаки требуют определённой подготовки и оборудования, но они уже перестали быть уделом исследовательских лабораторий. В международной практике есть примеры, когда журналисты с помощью 3D-принтера обходили защиту смартфонов известных брендов, демонстрируя недостаточную устойчивость технологий.

Более того, фальсификация отпечатков может строиться на базе утечек данных. В 2019 году стало известно о взломе базы данных, содержащей миллионы биометрических шаблонов сотрудников частных компаний. Если такие шаблоны попадают в руки злоумышленников, то их использование для изготовления копий становится вопросом техники. Ворожейкина обращает внимание на то, что с появлением генеративных нейросетей возможности по синтезу биометрических образов значительно возросли: искусственный интеллект способен создавать искусственные отпечатки, близкие к реальным по статистическим параметрам [2].

Важно учитывать и различие в типах датчиков. Ультразвуковые сенсоры, появившиеся в смартфонах после 2018 года, существенно повышают уровень защиты, так как считывают структуру кожи на глубину до нескольких сотен микронов. Однако исследования показывают, что и эти системы подвержены атакам при условии точного воспроизведения трёхмерной структуры. Это подтверждает вывод Ивановой о том, что ни один из существующих типов сенсоров не является абсолютно устойчивым, если отсутствуют дополнительные алгоритмы проверки «живости» [3, с. 70].

Мой вывод заключается в том, что дактилоскопическая идентификация остаётся уязвимой перед атаками с физическим контактом. Несмотря на прогресс в аппаратной части, для эффективной защиты требуется программное дополнение: анализ текстуры кожи, температурного профиля и динамических характеристик касания. Без этих факторов даже ультразвуковые системы могут быть обойдены. В этом смысле отпечатки пальцев уступают лицевой биометрии, где подделки чаще носят цифровой характер и требуют иного подхода к защите.

Фальсификация лицевой биометрии имеет свою специфику, отличающую её от атак на отпечатки пальцев. Если при дактилоскопии злоумышленнику необходим физический контакт с поверхностью, где остался след, то для обхода распознавания лица достаточно цифрового изображения или видеопотока. На начальном этапе развития такие системы можно было обмануть обычной фотографией, напечатанной на бумаге. Подобные уязвимости мас-

сово фиксировались в экспериментах исследователей ещё в 2010-х годах. Куликов прямо указывает, что ранние алгоритмы не умели отличать реальное лицо от его статичного изображения [5, с. 10].

Ситуация усложнилась с появлением технологий генеративного моделирования. Современные нейросети позволяют создавать динамичные изображения лиц, в которых имитируются движения глаз, мимика и даже синхронизация с голосом. Ворожейкина описывает, как использование генеративно-состязательных сетей (GAN) дало возможность создавать реалистичные «живые» лица, которые способны обмануть стандартные алгоритмы [2, с. 20]. Это делает атаку потенциально доступной не только техническим специалистам, но и широкому кругу пользователей, так как многие инструменты генерации находятся в открытом доступе.

Практика правоохранительных органов подтверждает серьёзность этой угрозы. Чаплыгина и Москвичев отмечают, что в розыскных мероприятиях системы лицевой биометрии могут давать сбои при обработке видео, и это создаёт почву для манипуляций [6]. Например, подделанное видео может использоваться для создания ложных доказательств или для обхода систем контроля в местах повышенной безопасности. В отличие от отпечатков пальцев, где атака требует материальных ресурсов и лабораторных условий, подделка лица может быть произведена исключительно цифровыми методами, что снижает порог входа для злоумышленников.

Сравнение дактилоскопии и лицевой биометрии выявляет принципиальное различие в характере атак. Подделка отпечатков требует материального носителя и взаимодействия с сенсором, но результат обычно ограничен одним устройством или системой. В то время как цифровая фальсификация лица обладает высокой масштабируемостью: один и тот же deepfake можно использовать для обхода разных систем, от социальных сетей до банковских сервисов. Карцан подчёркивает, что риск неконтролируемого распространения фальшивых биометрических данных особенно высок именно в цифровом формате, поскольку они могут многократно копироваться и использоваться без потери качества [4, с. 208].

Мой вывод состоит в том, что угроза для лицевой биометрии является более массовой и трудноотслеживаемой, чем для отпечатков пальцев. Если подделка дактилоскопии — это точечная атака, требующая физического следа, то подделка лица может превратиться в инструмент масштабных кибератак.

Технологические вызовы стимулируют разработку программных решений, способных противостоять как физическим, так и цифровым фальсификациям. Одним из ключевых направлений стала технология *liveness detection* — проверка признаков «живости» объекта. В системах распознавания лица она реализуется через анализ микродвижений глаз, моргания, изменения выражения, а также через инфракрасное освещение, позволяющее выявить двумерность фотографии или экрана. Амеличев

указывает, что наиболее перспективными являются гибридные методы, сочетающие локальный и глобальный анализ изображения, что позволяет выявлять искусственно генерированные фрагменты [1, с. 7].

Для дактилоскопии аналогичные подходы включают проверку текстуры кожи, измерение температуры и даже анализ электропроводности тканей. Иванова отмечает, что внедрение этих методов значительно усложняет использование поддельных отпечатков, однако увеличивает стоимость устройств [3, с. 71]. Проблема здесь заключается в балансе: чем выше уровень защиты, тем дороже устройство, что ограничивает массовое внедрение.

Отдельное направление связано с применением **мультимодальной аутентификации**, где биометрия сочетается с другими факторами: паролем, токеном или геолокацией. Куликов подчеркивает, что именно комбинированные схемы обеспечивают максимальную устойчивость, так как атака должна преодолеть сразу несколько барьеров [5, с.13]. В банковской сфере уже применяются решения, где клиент подтверждает транзакцию не только отпечатком, но и анализом голоса, что значительно снижает вероятность успешной подделки.

Литература:

1. Амеличев, Г. Э. Использование биометрических данных в системах распознавания лиц / Г. Э. Амеличев, В. С. Панина, Ю. С. Белов // Научное обозрение. Технические науки. — 2021. — № 5. — С. 5–9. — EDN UCCTKR.
2. Ворожейкина, А. Д. Биометрическая аутентификация в защите информации / А. Д. Ворожейкина // Тенденции развития науки и образования. — 2024. — № 108–12. — С. 18–21. — DOI 10.18411/trnio-04-2024-639. — EDN SDEHGJ.
3. Иванова, А. В. Уязвимости биометрической защиты / А. В. Иванова, У. В. Михайлова, И. И. Баранкова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. — 2020. — Т. 11, № 1. — С. 68–72. — EDN ZLGYKP.
4. Карцан, И. Н. Биометрические данные: новые возможности и риски / И. Н. Карцан // Современные инновации, системы и технологии. — 2023. — Т. 3, № 3. — С. 201–211. — DOI 10.47813/2782–2818–2023–3–3–0201–0211. — EDN PPNFZH.
5. Куликов, А. А. Применение биометрических систем в технологиях идентификации лиц / А. А. Куликов // Российский технологический журнал. — 2021. — Т. 9, № 3(41). — С. 7–14. — DOI 10.32362/2500–316X–2021–9–3–7–14. — EDN VZKKJL.
6. Чаплыгина, В. Н. Применение лицевой биометрии для информационно-аналитической поддержки розыскных мероприятий / В. Н. Чаплыгина, А. А. Москвичев // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра. — 2022. — № 1(21). — С. 177–187. — DOI 10.55001/2587–9820.2022.29.81.016. — EDN HMWVVA

Значительное внимание уделяется и правовой сфере. Карцан пишет о рисках централизованного хранения биометрических данных, предлагая переход к децентрализованным системам, где шаблоны пользователей находятся только на их устройствах [4, с. 207]. Такая мера снижает вероятность масштабных утечек и делает атаку экономически менее оправданной. Здесь важно развивать стандарты тестирования биометрических систем, которые обязывали бы производителей проверять устойчивость своих решений к различным видам атак перед коммерческим внедрением.

Мои предложения заключаются в трёх направлениях. Первое — развитие национальной программы сертификации биометрических решений с обязательной проверкой на устойчивость к атакам deepfake и 3D-копиям отпечатков. Второе — внедрение обязательного многофакторного подхода в критически важных сферах: банковском секторе, здравоохранении, госуслугах. Третье — просвещение пользователей о рисках биометрической аутентификации и необходимость дополнительной защиты. Без этих шагов даже самые совершенные алгоритмы окажутся уязвимыми.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Перспективы применения электрических ракетных двигателей в космических аппаратах

Ибатуллин Артур Ришатович, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В статье рассмотрены перспективы применения электрических ракетных двигателей в космических аппаратах. Цель исследования заключается в систематизации определения электрического ракетного двигателя, исторического контекста их создания и классификации. Проводится сравнение характеристик и принципов работы электрических ракетных двигателей и жидкостных ракетных двигателей. Результат работы заключается в демонстрации эффективности и целесообразности использования электрических ракетных двигателей в двигательных установках космических аппаратов и для решения задач поддержания профиля орбиты космических станций. Высокий удельный импульс, экономичность расхода рабочего тела делают электрические ракетные двигатели оптимальным решением для продолжительных миссий, открывая новые возможности для проектирования космических аппаратов.

Ключевые слова: электрический ракетный двигатель, холловский двигатель, стационарный плазменный двигатель, космический аппарат, технико-экономическая эффективность, ракетно-космическая техника.

Введение

В настоящее время электрические ракетные двигатели (ЭРД) широко применяются в двигательных установках космических аппаратов (КА), выполняя важную роль в управлении положением КА в условиях космического пространства. Актуальность работы обусловлена большим числом КА, снабженных ЭРД. Например, 676 КА по состоянию на 22 марта 2023 года эксплуатировались в космосе с продукцией АО «ОКБ «Факел», основной производством которого являются ЭРД [1].

Постановка задачи. Таким образом, цель данной работы заключается в анализе и систематизации знаний о перспективах применения ЭРД в современных КА. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- провести систематизацию определения ЭРД, рассмотреть историю их создания и классификацию;
- выявить преимущества и недостатки ЭРД по сравнению с ЖРД;
- обосновать целесообразность и эффективность использования ЭРД в космических аппаратах и модулях орбитальных станций.

Основная часть

Электрический ракетный двигатель (ЭРД) — это ракетный двигатель, использующий электрическую энергию, полученную от бортовой энергостанции (солнечные ба-

тареи и аккумуляторные батареи), в качестве внешнего источника энергии для ускорения выбрасываемого рабочего тела.

В 1911 году Константин Эдуардович Циолковский впервые сформулировал идею применения ЭРД. Он писал об использовании электрических сил для создания реактивной тяги [2, 3]. В 1916–17 годах Роберт Годдард проводил опыты, подтвердив возможность использования электрической энергии для получения реактивной тяги [4]. В 1929 году Герман Оберт в своей книге писал про характеристики работы ЭРД [2]. В 1929–33 годах Валентин Петрович Глушко создал первый экспериментальный электротермический ракетный двигатель [4, 2]. В 1964 году впервые в полете был использован электромагнитный импульсный ракетный двигатель, установленный на советском КА «Зонд-2» [4, 3]. В 1964–65 годах в США были испытаны электростатический и электротермический ракетные двигатели, соответственно [4]. В 1966 году в СССР были проведены космические испытания ионных двигателей [2]. Практическое применение стационарных плазменных двигателей (СПД) в космических аппаратах (КА) началось в СССР с запущенного в 1971 году спутника «Метеор-1-10» с плазменным двигателем «Эол-1» (СПД-60) [5, 3]. С тех пор множество ЭРД были установлены на КА.

Главным отличием ЭРД от ЖРД является использование внешнего источника энергии — электрической энергии — для создания тяги [6].

Рабочее тело (ускоряемое вещество) в ЖРД — это продукты сгорания компонентов ракетного топлива (высоко-калорийных смесей), а **источник энергии** для ускорения выбрасываемого рабочего тела — химическая энергия компонентов ракетного топлива [2]. В ЖРД разгон рабочего тела осуществляется за счет химической энергии, запасенной в компонентах ракетного топлива и выделяющейся при их сгорании [6].

В ЭРД рабочее тело и источник энергии разделены. Рабочим телом является инертный газ (для СПД), а источником энергии служит электрическая энергия, полученная от солнечных батарей КА. Электрическая энергия необходима для ионизации газа и ускорения ионов газа.

Главное преимущество ЭРД перед ЖРД заключается в высоком удельном импульсе истечения рабочего тела. Например, удельный импульс топливной пары ЖРД кислород-керосин составляет 3300 м/с, а удельный импульс ЭРД может превышать этот показатель на порядок [7, 6]. Второе преимущество ЭРД заключается в том, что высокий удельный импульс ведет к значительному сокращению требуемых запасов рабочего тела. В-третьих, время работы ЭРД достигает десятков тысяч часов. Например, время работы двигателя СПД-140Д составляет свыше 19000 часов [1]. Двигатель СПД-140Д представлен на рисунке 1.

Основной недостаток, присущий ЭРД, включает в себя низкую тягу (5–500 мН) из-за ограничения генерируемой электроэнергии СБ [3]. Например, тяга, развиваемая двигателем СПД-140Д, составляет 271 мН. Второй недостаток — это эрозия разрядного канала. Причина заключается в том, что высокоэнергетические ионы рабочего тела бомбардируют стенки канала, выбивая частицы материала [10].

По принципу действия ЭРД делятся на четыре основных класса [11, 3]. Из всех типов ЭРД наиболее отработаны и часто используются в КА ионные и холловские благодаря своим относительно высоким эксплуатационным характеристикам. Таким, как удельный импульс, КПД и ресурс. Реже используются электротермические

и импульсные плазменные двигатели, в основном на малых КА [14].

Существует три типа КА: автоматические КА, космические корабли и орбитальные станции [12]. Как видно из истории, ЭРД широко применяются в автоматических КА, не применяются на пилотируемых космических кораблях и единожды были применены в модуле орбитальной станции.

Первый в мире случай применения ЭРД для поддержания орбиты космической станции относится к Китайской космической станции «Тяньгун». ЭРДУ базового модуля «Тяньхэ» состоит из четырех холловских двигателей. В случае непрерывной работы ЭРД высота орбиты станции «Тяньгун» уменьшается на 7 км в течение 100 дней. Без использования ЭРД высота орбиты уменьшается на 30 км за 100 дней. Использование ЭРД помогает заметно замедлить орбитальный спад станции. Также ЭРД экономит не менее 800 кг химического топлива в год для ЖРД, снизив давление на транспортный грузовой корабль «Тяньчжоу» [13]. Это доказывает актуальность внедрения ЭРД для модуля станции.

Заключение

Таким образом, в результате работы были рассмотрены перспективы применения электрических ракетных двигателей в космических аппаратах. Систематизированы определение ЭРД, исторический контекст их разработки и классификации. Сравнение характеристик и принципов работы ЭРД и ЖРД продемонстрировал высокую эффективность и целесообразность использования ЭРД. Благодаря высокому удельному импульсу и экономичному расходу рабочего тела, ЭРД являются оптимальным решением для продолжительных миссий, открывая новые возможности для проектирования космических аппаратов и реализации амбициозных космических проектов. В будущем стоит ожидать более широкого применения ЭРД в самых разнообразных областях космонавтики. Например, использование ЭРД в модулях орбитальных станций для поддержания орбиты станции.

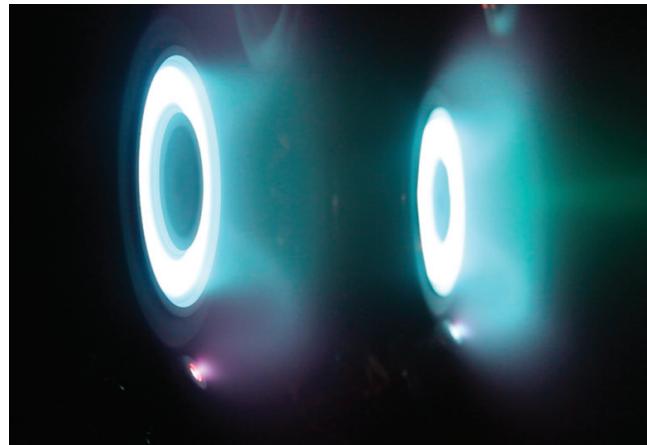


Рис. 1. Слева — СПД-140Д [8], справа — СПД-140Д в процессе работы [9]

Литература:

1. Абраменков Г. В., Вертаков Н. М., Дронов П. А., Каплин М. А., Приданников С. Ю. Ракетные двигатели АО «ОКБ Факел» для космических аппаратов опыт летного применения и новые разработки // Космическая техника и технологии. 2023. № 4 (43). С. 36–55.
2. Морозов, А. И.. Космические электрореактивные двигатели / А. И. Морозов, А. П. Шубин. М.: Знание, 1975. 61, [3] с.: ил.; 20 см.
3. М. В. Ковальчук, В. И. Ильгисонис, В. М. Кулыгин. Плазменные двигатели и будущее космонавтики // Природа: журнал. — 2017. — № 12 (1228). — С. 33–44.
4. Космонавтика: Энциклопедия / Гл. ред. В. П. Глушко; Редколлегия: В. П. Бармин, К. Д. Бушуев, В. С. Верещетин и др. — М.: Сов. Энциклопедия, 1985. — 528 с., ил., 29 л. ил.
5. Горшков О. А. Отечественные электроракетные двигатели сегодня // «Новости космонавтики»: журнал. — 1999. — Вып. 7. — С. 56–58.
6. Горшков О. А. и др. Холловские и ионные плазменные двигатели для космических аппаратов / О. А. Горшков, В. А. Муравлев, А. А. Шайгайда; под. ред. академика РАН А. С. Коротеева. М.: Машиностроение, 2008. 280 с.: ил.
7. Мухамедов Л. П. Основы проектирования транспортных космических систем: учебное пособие. — 2-е изд., испр. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. — 265, с.: ил.
8. Гусев Ю. Г., Пильников А. В., Суворов С. Е. Сравнительный анализ выбора ЭРДУ большой мощности на основе отечественных ЭРД и перспективы их применения в системах межорбитальной транспортировки и для исследования дальнего космоса // Космическая техника и технологии. — 2019. — № 4, с. 45–55.
9. Новые возможности двигателя СПД-140Д // АО «ОКБ Факел» — URL: <https://fakel-russia.com/archives/2319> (дата обращения: 09.12.2025).
10. Комаров А. А., Румянцев А. В. Разработка модели эрозии разрядной камеры стационарного плазменного двигателя // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2017. № 2. С 53–58.
11. Коваленко Н. Э., Внуков А. А. Применение электрореактивных двигателей в системе коррекции космического аппарата // Космические аппараты и технологии. 2022. № 2 (40). С. 83–89.
12. Пугаченко С. Е. Проектирование орбитальных станций: учеб. пособие: в 3 ч. — Ч. 1: Общие вопросы проектирования орбитальных станций. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. 92 [4] с.: ил.
13. Wang X, Zhang Q, Wang W, Design and Application Prospect of China's Tiangong Space Station. Space Sci. Technol. 2023;3: Article 0035. <https://doi.org/10.34133/space.0035>.
14. Гусев Ю. Г., Пильников А. В. Роль и место электроракетных двигателей в Российской космической программе // Электронный журнал «Труды МАИ». 2012. № 60.

Safety Innovations in UV/LED Nail Systems: Sensors, Adaptive Control, and Light Management

Morozova Yelena Valentinovna, PhD (Engineering Sciences), associate professor
Moscow Polytechnic University

The widespread adoption of UV and LED curing systems in professional and home nail services has significantly accelerated polymerization processes but has also raised persistent concerns regarding photobiological safety, thermal effects, and cumulative exposure risks. This paper examines recent safety innovations in UV, LED, and hybrid UV/LED nail systems with a specific focus on sensor integration, adaptive process control, and optical light management. The study synthesizes contemporary academic and technical literature on radiation safety, photopolymerization kinetics, and smart control architectures used in cosmetic devices. Particular attention is paid to emerging concepts of intelligent nail lamps equipped with proximity sensors, narrow illumination zones, automated curing control, and reduced exposure times approaching 20 seconds. A comparative analysis of lamp technologies is presented, along with a review of current international regulatory standards governing non-medical UV-emitting consumer devices. The results demonstrate that the latest generation of intelligent UV/LED systems can reduce cumulative UV dose by an order of magnitude compared with legacy fluorescent UV lamps while maintaining or improving curing efficiency. The findings indicate that sensor-based adaptive control, spectral optimization, and physical light confinement represent the key technological directions shaping the future of safe photopolymer curing in the nail industry.

Keywords: UV nail lamps, LED curing, adaptive control, photopolymerization safety, UV exposure management, smart cosmetic devices.

1. Introduction

Photopolymer-based nail coatings have become a dominant technology in professional manicure and pedicure services over the past two decades. The transition from air-dried lacquers to UV- and LED-curable gel systems fundamentally altered both the workflow and the physical exposure environment of nail technicians and clients. Early ultraviolet curing units relied on low-pressure fluorescent UV tubes emitting broad-spectrum ultraviolet radiation with relatively low irradiance and long exposure requirements, often exceeding two minutes per layer. While highly effective in initiating polymer cross-linking, these systems exposed the entire hand to significant doses of UVA and, in some designs, residual UVB radiation, which is known to contribute to photoaging, DNA damage, and potential carcinogenic risk under repeated exposure conditions (Diffey, 2012; Curtis et al., 2013).

The subsequent introduction of LED-based curing lamps marked a major technological shift. High-power light-emitting diodes emitting in narrow UVA bands centered around 365 and 405 nm enabled faster and more energy-efficient curing while eliminating most UVB output. This transition substantially reduced both exposure time and the spectral range of emitted radiation (Stern et al., 2017). Nevertheless, even modern LED systems continue to irradiate relatively large skin areas, and they typically employ fixed timers without real-time feedback on the polymerization state. As gel formulations evolved toward higher photoinitiator sensitivity and thicker builder structures, new challenges emerged involving localized overheating, incomplete curing in shaded geometries, and persistent concerns about cumulative UVA dose.

In parallel with developments in industrial automation and the Internet of Things, cosmetic devices have increasingly adopted embedded sensors, microcontrollers, and adaptive algorithms. Intelligent UV/LED nail systems represent the convergence of photopolymer chemistry, optoelectronics, ergonomics, and real-time control. These systems aim not only to increase curing speed but also to minimize biological risk by constraining radiation to the nail plate, dynamically regulating irradiance, and terminating exposure automatically when polymerization is complete.

Against this backdrop, the present study analyzes recent safety-oriented innovations in UV/LED nail curing systems, situating them within the broader framework of radiation protection standards, optical engineering, and smart device design.

2. Method

This study adopts a qualitative-quantitative analytical approach based on systematic review and comparative technical evaluation. Peer-reviewed articles on UV radiation safety, LED photopolymerization, and cosmetic device engineering published between 2012 and 2024 were examined. Databases including Scopus, Web of Science, PubMed, and IEEE Xplore were used to identify relevant sources using combinations of **keywords** such as “UV nail lamp safety,” “LED curing photopolymer,” “UVA exposure cosmetics,” and “adaptive control

UV devices.” Regulatory documents from international standardization bodies were also analyzed, including guidance from the International Electrotechnical Commission, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, and the U. S. Food and Drug Administration.

In parallel, engineering design principles underlying intelligent nail lamp prototypes were evaluated using publicly available patent by Julia Gorbacheva disclosures and technical descriptions of sensor-driven UV/LED systems (Gorbacheva, 2025). Performance metrics extracted from these sources included spectral emission ranges, irradiance levels at the nail surface, curing times, thermal characteristics, and exposure management strategies. A comparative safety table was constructed to synthesize differences between traditional fluorescent UV lamps, standard LED lamps, and intelligent UV/LED systems with adaptive control.

The methodological framework also incorporated established radiometric risk models for UVA exposure, allowing relative UV dose per manicure session to be estimated as a function of irradiance, exposure time, and exposed skin area. While absolute dosimetric precision requires controlled laboratory measurements, the comparative approach used here provides a robust basis for evaluating relative safety performance across lamp types.

3. Results

Traditional ultraviolet nail lamps employ mercury-based fluorescent tubes emitting a broad spectrum dominated by UVA between approximately 320 and 400 nm with a non-negligible UVB component. Their relatively low radiant intensity necessitates long exposure times to achieve sufficient photoinitiator activation within gel matrices. Standard curing cycles of 120 seconds per layer were historically common, leading to cumulative exposures of 8 to 10 minutes per manicure session. Fluorescent lamps also exhibit significant thermal inertia, progressive output degradation, and limited bulb life, typically below 500 operational hours (Diffey, 2012).

LED nail lamps replaced fluorescent tubes with solid-state UVA emitters characterized by narrow spectral bands and much higher irradiance (Gorbacheva, 2025). Modern LED arrays typically operate at peak wavelengths near 405 nm or dual combinations of 365 and 405 nm to accommodate diverse photoinitiator systems. As a consequence, curing times per coat dropped to 30 to 60 seconds, and overall UV dose per session decreased accordingly (Stern et al., 2017; Schoon, 2018). However, most commercially available LED lamps remain open-chamber designs that irradiate the entire dorsal hand surface without active confinement of the light field.

Hybrid UV/LED lamps integrate both fluorescent and LED sources or employ multi-spectral LED arrays designed to emulate the broader excitation profile of UV tubes while maintaining the efficiency of LEDs. These hybrid systems extend compatibility with legacy gel formulations but do not inherently resolve the exposure management challenges associated with large irradiated surface areas and fixed-timer operation.

Intelligent UV/LED nail systems constitute a distinct technological class. They are defined by three core features: the

presence of proximity or optical sensors that detect hand placement, adaptive control algorithms that regulate irradiance and exposure duration in real time, and optical designs that confine high-intensity radiation to a narrow, nail-focused treatment zone. In these systems, curing times approaching 20 seconds per layer are achievable through concentrated irradiance and optimized spectral matching, while surrounding skin remains largely shielded from direct UV flux.

Photobiological safety of UV-emitting devices is governed primarily by limits on effective radiant exposure to skin and eyes. According to IECNIRP guidelines, occupational exposure limits for UVA are significantly higher than those for UVB, reflecting the lower erythema and DNA-damage efficiency of longer wavelengths (IECNIRP, 2013). Nevertheless, repeated low-dose UVA exposure has been implicated in photoaging and indirect genotoxic mechanisms mediated by reactive oxygen species (Cadet et al., 2015).

For consumer cosmetic devices, safety requirements involve not only wavelength selection but also control of irradiance, exposure time, and exposed surface area. The combination of these parameters determines the cumulative radiant dose per session. Power ratings alone are insufficient indicators of risk, as high-power systems can be safer than low-power devices if exposure is brief and spatially confined. Current safety engineering therefore emphasizes reduction of unnecessary exposure through physical shielding, automatic shutoff mechanisms, and task-specific radiation targeting.

Thermal safety represents an additional requirement. Exothermic polymerization reactions combined with high irradiance can produce acute heat spikes at the nail surface, leading to discomfort or, in rare cases, thermal injury. Adaptive power modulation and low-heat curing modes are increasingly incorporated into intelligent systems to mitigate this effect without sacrificing polymerization completeness.

Recent intelligent lamp designs integrate infrared proximity sensors or optical detectors that activate the radiation source only when the user's hand is present within the curing chamber (Gorbacheva, 2025). This eliminates idle emission and prevents accidental exposure during insertion or withdrawal. Microcontroller-based timing units coordinate LED drive currents with sensor input, enabling automatic termination of exposure once the programmed or inferred curing endpoint is reached.

Advanced systems further employ adaptive algorithms that modulate irradiance dynamically. Low-heat modes gradually ramp LED power during the first seconds of exposure, limiting the rate of temperature increase at the gel interface. Some designs infer curing progress indirectly through analysis of reflected UV intensity or changes in electrical characteristics of the LED-gel system, enabling early termination of the curing cycle when polymerization is complete.

Optical light management is achieved through architectural confinement of the radiation field. Instead of illuminating a flat platform beneath the entire hand, intelligent lamps typically use arched chambers with reflective interiors and raised hand rests that position only the nail plates within the zone of peak irradiance. Opaque, UV-absorbing housing materials suppress lateral leakage and protect both the user's eyes and the periungual skin. This concept of a narrow directional illumination zone represents a fundamental shift from area-based to target-based radiation delivery.

A synthesis of key safety and performance metrics across lamp technologies is presented in Table 1. This comparison highlights both the dramatic reduction in curing time and the corresponding decrease in cumulative UV exposure achieved by intelligent UV/LED systems.

These data demonstrate that intelligent systems achieve not only faster curing but also a qualitative shift in exposure manage-

Table 1. Comparative characteristics of nail lamp technologies with respect to safety and curing performance

Parameter	Traditional UV Lamp	Standard LED Lamp	Intelligent UV/LED System	Parameter
Dominant emission spectrum	Broad UVA with residual UVB	Narrow-band UVA (~405 nm)	Dual-band UVA (365/405 nm), no UVB	Dominant emission spectrum
Typical power rating	~36 W	~48 W	~54 W	Typical power rating
Average curing time per layer	~120 s	~30 s	~20 s	Average curing time per layer
Estimated total exposure per manicure	8–10 min	2–3 min	~1 min	Estimated total exposure per manicure
Spatial confinement of radiation	None, entire hand irradiated	Partial, open chamber	High, nails-only zone	Spatial confinement of radiation
Sensor-based auto activation	Absent	Optional	Standard	Sensor-based auto activation
Adaptive power modulation	Absent	Rare	Standard	Adaptive power modulation
Thermal management	Limited	Moderate	Active cooling and low-heat mode	Thermal management
Bulb or emitter lifetime	~500 h	>50,000 h	>50,000 h	Bulb or emitter lifetime
Relative cumulative UV dose	High	Moderate	Very low	Relative cumulative UV dose

ment. By integrating optical confinement with adaptive timing, they decouple curing efficacy from unnecessary skin irradiation. Relative UV dose per session may be reduced by up to an order of magnitude compared with legacy fluorescent UV lamps, a result consistent with dermatological risk modeling under conservative exposure assumptions (Curtis et al., 2013; Diffey, 2012).

International regulation of UV-emitting cosmetic devices falls at the intersection of photobiological safety and consumer product safety. The IEC 62471 standard classifies lamps and lamp systems according to photobiological risk to eyes and skin and establishes exposure limits based on spectral weighting functions (IEC, 2006). Most LED nail lamps fall within the exempt or low-risk groups under normal operating conditions, provided exposure durations are consistent with manufacturer instructions.

In the United States, the FDA regulates nail curing lamps as non-medical radiation-emitting electronic products under the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act. While premarket approval is not required, manufacturers are responsible for compliance with performance standards and for providing adequate user warnings. In the European Union, conformity with the Low Voltage Directive and the General Product Safety Directive is mandatory, and CE marking is contingent upon risk assessment that includes photobiological evaluation.

Recent regulatory trends emphasize not only compliance with spectral and irradiance limits but also the implementation of engineering controls that reduce foreseeable misuse. Automatic shutoff functions, sensor-based activation, and shielding against stray radiation are increasingly regarded as elements of best practice rather than optional enhancements. This shift parallels regulatory developments in other consumer UV devices, such as tanning equipment, where engineering controls have become central to risk mitigation frameworks (WHO, 2016).

4. Discussion

The results indicate that safety innovation in UV/LED nail systems is driven primarily by three converging technological trajectories. The first is spectral optimization, whereby dual-band UVA emission precisely matches photoinitiator absorption peaks while eliminating unnecessary short-wavelength components (Gorbacheva, 2025). This approach maximizes curing efficiency per unit dose and minimizes collateral biological effect. The second trajectory is adaptive exposure control through sensors and microcontrollers. By synchronizing radiation output with real-time user interaction and curing progress, intelligent systems remove dependence on fixed timers and human vigilance as the primary safeguards against overexposure. The third trajectory is optical and ergonomic light management, which fundamentally reconfigures the geometry of irradiation from area-wide to target-specific.

The concept of a narrow directional illumination zone is particularly significant from a radiation protection standpoint. Traditional open-chamber designs irradiate anatomical regions that have no functional need for exposure but nevertheless receive a biologically relevant UVA dose. By confining high-intensity radiation to the nail plate and simultaneously shielding non-target tissue with UV-absorbing housings, intelligent lamps apply principles long established in medical phototherapy and industrial laser safety to the cosmetic domain.

Thermal management further reinforces the safety profile. Exothermic polymerization reactions are unavoidable in gel curing, but adaptive power modulation prevents rapid temperature gradients that cause discomfort. From a materials science perspective, this also improves polymer network homogeneity and reduces internal stress accumulation, potentially enhancing coating durability.

The integration of smart control architectures in cosmetic devices reflects a broader trend toward cyber-physical systems in consumer products (Gorbacheva, 2025). Sensor-driven automatic operation not only enhances safety but also standardizes curing outcomes by reducing operator-dependent variability. This is particularly relevant in high-throughput salon environments where human timing errors and inconsistent hand positioning can compromise both safety and quality.

5. Conclusion

The evolution of UV and LED nail curing technology illustrates a clear transition from simple radiation sources to intelligent, safety-oriented photopolymerization systems. Traditional fluorescent UV lamps, while historically effective, present inherent limitations in exposure control, spectral selectivity, and thermal management. Standard LED lamps substantially improve upon these parameters, yet still rely largely on fixed-timer logic and open irradiation geometries. The latest generation of intelligent UV/LED systems incorporates sensor-based activation, adaptive power regulation, and precise optical confinement to minimize unnecessary UVA exposure while achieving curing times as short as 20 seconds per layer.

These technologies collectively redefine safety in cosmetic photopolymerization by shifting from passive risk limitation to active exposure governance. Current international standards increasingly align with this paradigm by emphasizing engineering controls and predictable exposure reduction. Looking forward, further integration of real-time optical feedback, machine-learning-based curing optimization, and advanced ergonomic design is likely to shape the next phase of development. Intelligent nail systems thus represent not merely incremental improvements but a structural transformation in how radiation-based cosmetic devices balance performance with photobiological safety.

References:

1. Brenner, M., & Hearing, V. J. (2008). The protective role of melanin against UV damage in human skin. *Photochemistry and Photobiology*, 84(3), 539–549.

2. Cadet, J., Davies, K. J. A., Medeiros, M. H. G., Di Mascio, P., & Wagner, J. R. (2015). Formation and repair of oxidatively generated damage in cellular DNA. *Free Radical Biology and Medicine*, 107, 13–34.
3. Curtis, J. W., Tanner, P. R., & Lin, A. N. (2013). Risk of ultraviolet radiation from gel nail lamps: A review. *JAMA Dermatology*, 149(9), 1171–1172.
4. Diffey, B. L. (2012). Ultraviolet radiation physics and the skin. *Physics in Medicine and Biology*, 57(13), R1–R25.
5. Gorbacheva, Y. (2025). Intellektaulnye UV/LED-sistemy dlya bezopasnogo modelirovaniya nogtei. Lambert Academic Publishing. ISBN 978–620–9–08998–5.
6. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (2013). Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation. *Health Physics*, 104(1), 74–99.
7. International Electrotechnical Commission. (2006). IEC 62471: Photobiological safety of lamps and lamp systems. IEC.
8. Kwon, S. H., Na, J. I., Huh, C. H., Park, K. C., & Youn, S. W. (2019). Ultraviolet radiation and skin aging. *Dermatologic Surgery*, 45(4), 1018–1026.
9. Schoon, D. (2018). Gel curing technology and photoinitiator chemistry. *Journal of Cosmetic Science*, 69(4), 211–223.
10. Stern, R. S., Weinstein, M. C., & Baker, S. G. (2017). Risk assessment of ultraviolet nail lamp exposure. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 33(4), 194–200.
11. Wondrak, G. T., Roberts, M. J., Jacobson, M. K., & Jacobson, E. L. (2005). Photosensitization of oxidant production by UVA. *Photochemistry and Photobiology*, 81(3), 488–495.
12. World Health Organization. (2016). Artificial tanning devices: Public health interventions to manage sunbeds. WHO Press.
13. Zastrow, L., Lademann, J., & Darvin, M. E. (2014). UVA-induced oxidative stress in human skin: Mechanisms and prevention. *Skin Pharmacology and Physiology*, 27(2), 70–78.

Трансформация планирования перевозок: роль автоматизированной системы ведения графика исполненного движения нового поколения в модернизации железных дорог

Полетаева Полина Федоровна, студент

Научный руководитель: Самойлова Ирина Михайловна, старший преподаватель

Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

В статье рассматривается внедрение Автоматизированной системы ведения графика исполненного движения нового поколения (АС ГИД НП) как ключевого инструмента цифровизации железнодорожного транспорта, анализируются её функциональные возможности, преимущества интеграции в полигонную модель управления и ожидаемые эффекты для повышения эффективности перевозок.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, цифровизация, АС ГИД НП, управление движением поездов, планирование перевозок, полигонное управление, сквозной график, автоматизация процессов, оптимизация ресурсов, операционная эффективность, цифровая трансформация, прогнозная аналитика, диспетчерское управление, транспортная логистика.

В современных условиях развития транспортной системы России железнодорожный сектор выступает важнейшим звеном национальной логистики, обеспечивающим не только внутренние грузоперевозки, но и транзит между Европой и Азиатско-Тихоокеанским регионом. Растущие объёмы перевозок, повышение требований к срокам доставки и необходимость снижения операционных издержек ставят перед отраслью задачу кардинального переосмыслиния подходов к управлению движением поездов. Традиционные методы, основанные на локальном планировании и ручном регулировании, всё менее соответствуют вызовам времени — требуется переход к интегрированным цифровым решениям, способным обеспечить сквозную координацию на всей сети железных дорог.

В этом контексте особое значение приобретает внедрение Автоматизированной системы ведения графика исполненного движения нового поколения (АС ГИД НП) — проекта, призванного стать технологической основой модернизации управления железнодорожным транспортом. В отличие от ранее действовавших разрозненных систем, работавших в границах отдельных дорог, АС ГИД НП создаёт единую информационную среду, где в режиме реального времени отражается фактическое исполнение графика, состояние инфраструктуры и текущие операционные задачи.

Ключевое преимущество системы заключается в её адаптивности: алгоритмы способны мгновенно реагировать на изменения ситуации, предлагая оптимальные варианты корректировки графика при возникновении не-

штатных ситуаций. Например, в случае задержки на одном из участков система автоматически пересчитывает расписание, минимизируя каскадный эффект на последующих перегонах. Такой уровень оперативности недостижим при ручном управлении, где решения принимаются на основе ограниченной информации и субъективной оценки диспетчера. Кроме того, интеграция с другими цифровыми платформами — такими как ЕМД ПП и АС АПВО-2 — обеспечивает синергию технологических решений, позволяя согласованно планировать «окна» для ремонтных работ и учитывать их влияние на движение поездов.

Особую актуальность внедрение АС ГИД НП имеет для полигонов с высокой интенсивностью движения, к которым относится Юго-Восточная железная дорога. Здесь плотность графика, концентрация грузопотоков и сложность инфраструктуры требуют максимальной точности

планирования и скорости реагирования. Анализ показателей за 10 месяцев 2025 года демонстрирует положительные сдвиги: участковая скорость увеличилась на 2,6 км/ч (с 39,4 до 42,0 км/ч), средняя масса поезда выросла на 32 тонны, а производительность рабочего парка возросла на 78 тыс. тонно-км брутто. Эти результаты стали возможны благодаря комплексному подходу, включающему не только технологические инновации, но и оптимизацию бизнес-процессов.

Важным элементом преобразований стало внедрение системы планирования локомотивных бригад АС ПЛАН ЛБ 3, позволившей сократить непроизводительные потери рабочего времени на 26,9 %.

Параллельно наблюдается устойчивый рост уровня маршрутизации перевозок: с 59,5 % в 2020 году до 64,2 % в 2024 году.

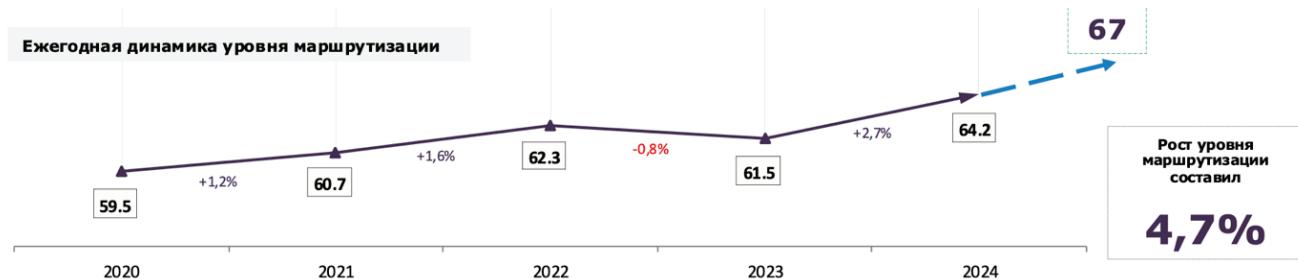


Рис. 1. Динамика уровня маршрутизации

Активное использование «договорных ниток графика» обеспечило ускорение доставки грузов на 30 % и снижение оборота вагона на 3 суток. Эти достижения создают благоприятный контекст для интеграции АС ГИД НП, поскольку демонстрируют готовность инфраструктуры и персонала к работе в условиях цифровой трансформации.

На фоне этих изменений продолжается масштабная цифровизация операционных процессов. Внедрение «Цифрового приёмосдатчика» (ЦПС) позволило автоматизировать приём вагонов, сократив время оформления и минимизировав человеческий фактор. Развитие

«Цифровых железнодорожных станций» (ЦЖС) охватило ключевые узлы сети, где теперь автоматизированы операции от маневровой работы до ведения отчётности. Автоматизированная система управления станцией нового поколения (АСУ СТ НП) стала цифровым двойником станции, обеспечивая прозрачность и предсказуемость всех технологических процессов. Например, на Горьковской магистрали к концу ноября 2024 года на новую систему перешло 97 % станций, что подтверждает её работоспособность и эффективность.

Эффективность АС ГИД НП многократно возрастает при её интеграции в систему полигонного управления. Этот подход предполагает координацию тактических решений на укрупнённых полигонах, выходящих за границы отдельных дорог. Его преимущества включают минимизацию влияния междорожных стыков, оптимизацию

использования тяговых ресурсов и возможность дальнего прогнозирования подвода поездов к портам и межгосударственным стыкам. Однако реализация этой модели сталкивается с рядом вызовов: дублированием функций между сетевыми и региональными дирекциями, недостаточной проработанностью роли Центральной дирекции (ЦУП ЦД) и размытостью регламентов взаимодействия.

АС ГИД НП способна стать тем самым связующим звеном, которое устранит информационные разрывы и обеспечит единую оперативную модель движения. Для Центров управления перевозками (ЦУП) это означает возможность координировать работу на основе актуальных данных, оперативно разрешать конфликтные ситуации и внедрять регулировочные меры. Региональные дирекции получают инструменты для совершенствования процессов управления, включая оптимизацию пропуска поездопотоков и гарантированное обеспечение тяговыми ресурсами. На всех уровнях становится возможным планирование «окон» с минимальным влиянием на график движения благодаря интеграции с системой АС АПВО-2.

Внедрение АС ГИД НП в контуре полигонного управления на Юго-Восточной железной дороге позволит закрепить и преумножить уже достигнутые успехи: система позволит существенно повысить точность планирования благодаря внедрению сквозного вариантного графика, который будет учитывать не только плановые задания, но и фактическое исполнение, одновременно снизив

влияние человеческого фактора за счёт автоматизации рутинных операций и предоставления диспетчерам интеллектуальных инструментов поддержки принятия решений; кроме того, благодаря адаптивным алгоритмам и мгновенным оповещениям удастся значительно увеличить устойчивость графика к нештатным ситуациям, а применение прогнозной аналитики обеспечит оптимизацию использования всех ключевых ресурсов — подвижного состава, локомотивов и инфраструктуры; в итоге это приведёт к росту удовлетворённости клиентов, так как система гарантирует прозрачность отслеживания перевозок, ритмичность доставки грузов и неукоснительное выполнение договорных обязательств

Таким образом, АС ГИД НП представляет собой не просто ИТ-решение, а стратегический инструмент трансформации железнодорожной отрасли. Её внедрение на Юго-Восточном полигоне станет важным шагом к созданию клиентоориентированной логистической системы, сочетающей технологическую продвинутость и операционную эффективность. В перспективе это позволит не только решить текущие задачи (сокращение задержек, оптимизация ресурсов), но и заложить основу для интеграции в глобальные транспортные коридоры, перехода к «умной» логистике и повышения конкурентоспособности российских железных дорог на международном рынке.

Литература:

- Совет директоров ОАО «РЖД» утвердил стратегию цифровой трансформации // ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.rzd.ru/ru/9284/page/3102?id=184629>
- Инновационное развитие и цифровая трансформация РЖД [Электронный ресурс] // Sustainable Development Report 2023. — URL: <https://sr2023.rzd.ru/ru/managerial-aspect/efficiency-improvement>
- Концерн «Телематика» — инновационные ИТ-системы в транспортной отрасли [Электронный ресурс] // [telematika.com.](https://telematika.com/) — URL: <https://telematika.com/>
- Российские железные дороги. Отчёты о результатах эксплуатационной деятельности [Электронный ресурс]. — URL: <https://company.rzd.ru/ru/9387>
- Евдокимова О. Г. Основные направления цифровизации на железнодорожном транспорте / О. Г. Евдокимова, А. В. Хайсов // Научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А. С. Попова, посвященная Дню радио. 2024. № 1 (79). С. 269–271. — URL: <https://conf-ntores.etu.ru/assets/files/2024/sbornik/273-275.pdf>
- Никищенков С. А., Таранин А. В. Технология автоматизированной корректировки нормативных графиков движения поездов с применением программных роботов // Автоматика на транспорте. 2024. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-avtomatizirovannoy-korrektirovki-normativnyh-grafikov-dvizheniya-poezdov-s-primeneniem-programmnyh-robotov>
- Сеть РЖД тормозит не профицит вагонов, а ПО? Программные продукты «нового поколения» для железнодорожной дороги [Электронный ресурс] // Vgudok.com. — 13.04.2025. — URL: <https://vgudok.com/rassledovaniya/set-rzhd-tormozit-ne-profit-vagonov-po-programmnye-produkty-novogo-pokoleniya-dlya>

Современное состояние и перспективы разработки термоэлектрических генераторов для преобразования тепловой энергии выхлопных газов ДВС

Юдин Александр Викторович, студент магистратуры
Башкирский государственный аграрный университет (г. Уфа)

Самиков Руслан Фанзилович, кандидат технических наук (г. Уфа)
Научный руководитель: Нигматуллин Шамиль Файзрахманович, кандидат технических наук, доцент
Башкирский государственный аграрный университет (г. Уфа)

В статье авторы рассматривают существующие исследования и разработки вариантов исполнения термоэлектрического генератора в выпускной системе ДВС в России и за рубежом.

Ключевые слова: термоэлектрический генератор, ДВС, выхлопные газы, тепло, электрическая мощность, термоэлемент, автомобиль.

В настоящее время лидирующими производителями автомобильной техники и компонентов для системы выпуска отработавших газов являются General Motors [1], BMW [2], Hyundai [3, 4] и Toyota [5]. Ими запатентованы различные варианты конструкции термоэлектрического генератора (ТЭГ), отличающиеся формой, исполнением и взаимным расположением его важнейших составных элементов.

В России исследованиями в данной области занимаются в Московском государственном машиностроительном университете (МАМИ), Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана, Институте теплофизики экстремальных состояний ОИВТ РАН и в Московском физико-техническом институте (МФТИ).

Рассмотрим существующие разработки и исследования термоэлектрического генератора в России и за рубежом.

Термоэлектрический генератор для автомобильного двигателя внутреннего сгорания (МАМИ). Экспериментальный ТЭГ, внешний вид которого показан на рисунке 1, упрощенно состоит из четырехгранного теплообменника, на гранях которого располагаются термоэлектрические преобразователи энергии. Вторая сторона термоэлектрических элементов контактирует с радиатором, охлаждаемым протекающей по нему охлаждающей жидкостью. Внутренняя конструкция теплообменника рассчитана таким образом, что должна обеспечивать оптимальное распределение температуры по длине ТЭГ [6].

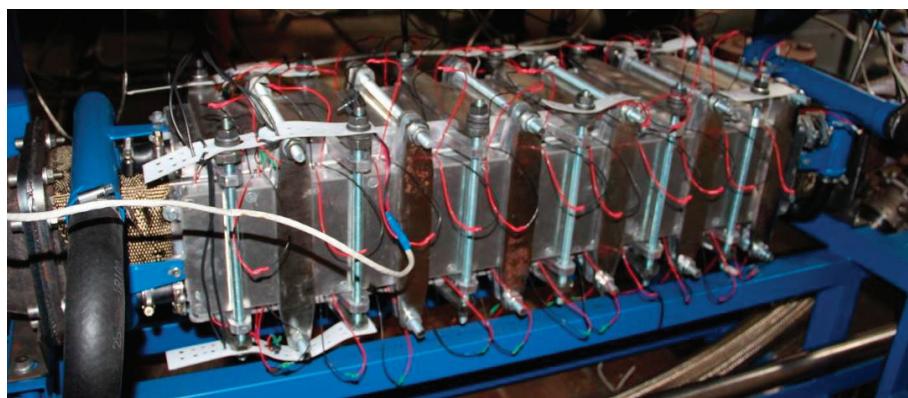


Рис. 1. Термоэлектрический генератор (МАМИ) [6]

Максимальная мощность достигнута 1079,8 Вт при 6000 оборотах коленчатого вала ДВС.

Также в Московском государственном машиностроительном университете была предложена конструкция термоэлектрического генератора в системе охлаждения ДВС, которая показана на рисунке 2.

Авторами было предложено установить термоэлектрический генератор в систему охлаждения ДВС непосредственно на радиатор охлаждения. Данный термоэлектрический генератор состоит из двух теплообменных аппаратов, жидкостного и воздушного, соединенных тепловыми трубками [7].

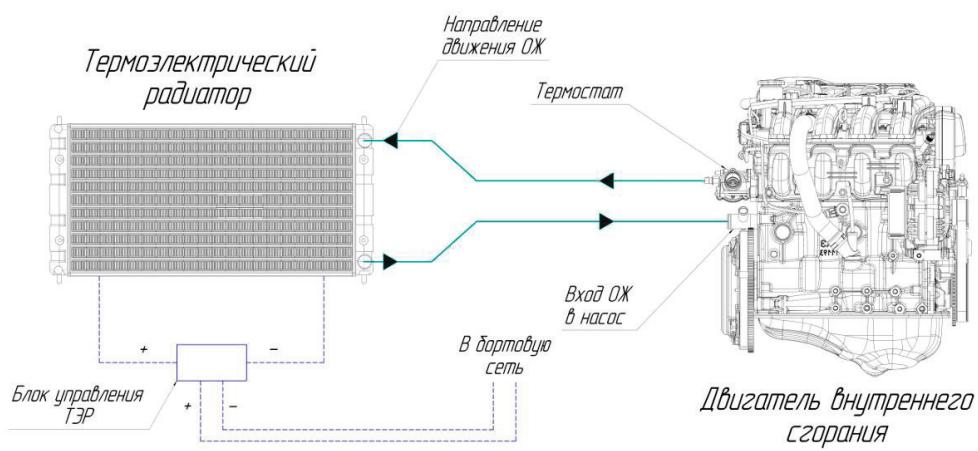


Рис. 2. Принципиальная схема термоэлектрического генератора системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания [7]

В ходе лабораторных испытаний, при имитации движения транспортного средства со скоростью 80 км/ч, была осуществлена рекуперация 0,4 % тепловой энергии, отводимой системой охлаждения двигателя внутреннего сгорания. При этом максимальная выходная электрическая мощность генератора составила всего 75 Вт.

В МГТУ им. Н. Э. Баумана авторами Д. О. Онищенко, Р. А. Сафонов, Г. А. Арутюнян был собран экспериментальный образец термоэлектрического генератора в выпускной системе двигателя ВАЗ 21127 (рисунок 3) [8].

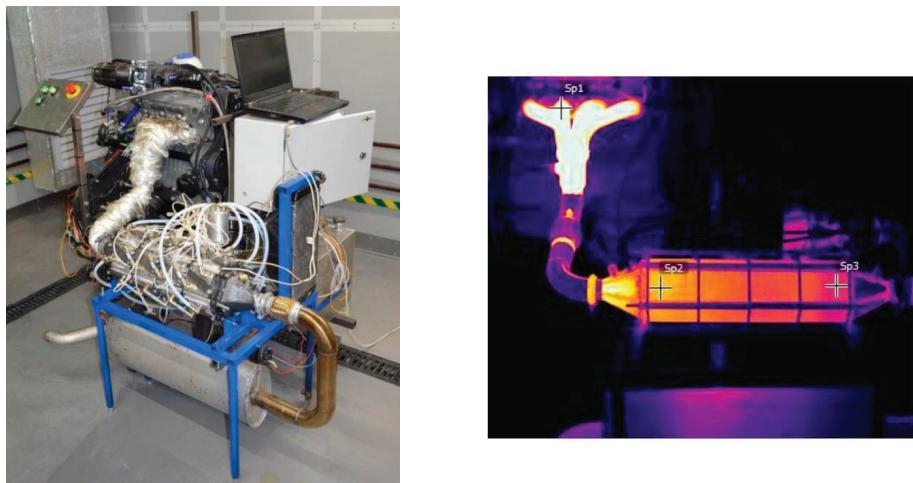


Рис. 3. ТЭГ, установленный на испытательный стенд [8]

По результатам исследования был получен прототип и испытан термоэлектрический генератор в выпускной системе двигателя ВАЗ 21127, по экспериментальным данным которой генерируемая мощность составила 216 Вт.

В университете Брунеля, Англия был разработан прототип термоэлектрического генератора с применением 16 термоэлектрических генераторных модулей [9]. Ниже на рисунке 4 представлена фотография экспериментальной установки.

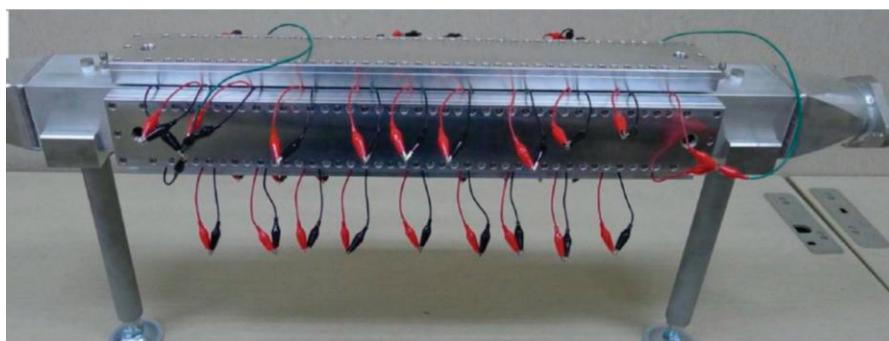


Рис. 4. Экспериментальный прототип термоэлектрического генератора [9]

Максимальная генерируемая мощность на разработанном прототипе составила 43 Вт.

За рубежом компанией Termonamik, специализирующейся на производстве термоэлектрических устройств (элементов Пельтье) для охлаждения и нагрева, выпускаются промышленные генераторы TEG-HL350-48 V, представляющие собой термоэлектрический генератор горячего газожидкостного типа, который состоит из теплового коллектора горячего газа, 36 термоэлектрических модулей и системы жидкостного охлаждения который показан на рисунке 5.



Рис. 5. Термоэлектрический генератор с рекуперацией тепла от горячего газа TEG-HL350-48 V

Если на горячей стороне термоэлектрических генераторных модулей температура будет 300 °С или выше, то генерируемая электрическая мощность составит 350 Вт. Максимальное генерируемое напряжение 96 В, масса генератора 27,8 кг.

Также за рубежом в инженерном центре в Пекине (Китай) был спроектирован новый тип термоэлектрического генератора с использованием тепловых трубок для утилизации отработанного тепла автомобилей (рисунок 6) [10].

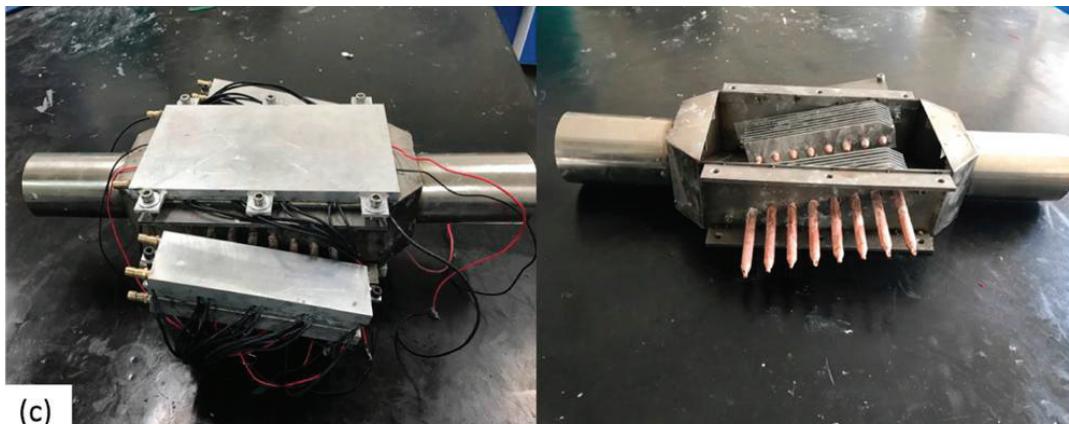


Рис. 6. Экспериментальная модель ТЭГ с тепловыми трубками [10]

В этом термоэлектрическом генераторе использовались тепловые трубы, состоящие из испарительной, адиабатической и конденсирующей секций. Во внутренней полости тепловой трубы давление равно приблизительно вакууму. Когда тепловая энергия разогревает испарительную секцию тепловой трубы, жидкость испаряется и перемещается к более холодной секции тепловой трубы, где конденсируется в жидкость, затем сконденсированная жидкость возвращается под действием капиллярности к испарительной секции тепловой трубы, тем самым создается замкнутый цикл эффективной теплопередачи.

В этом устройстве использовалось 112 термоэлектрических генераторных модуля. Максимальная генерируемая мощность в этой системе составила 350 Вт. Общий вес устройства составляет около 4,31 кг.

Исследования и разработки в области термоэлектрических генераторов для автомобиля является актуальной темой, выбор оптимальных термоэлектрических материалов и способа их интеграции в выхлопную систему автомобиля может значительно повысить его КПД.

Литература:

1. Патент US20130000285, 03.01.2013, GM Global Technology Operations LLC, Internal combustion engine exhaust thermoelectric generator and methods of making and using the same.
2. Патент US20120174567, 12.06.2012, Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft, Emitec Gesellschaft Fur Emissionstechnologie Mbh, Thermoelectric device with tube bundles, method for operating a thermoelectric device and motor vehicle having a thermoelectric device.
3. Патент US20130152561, 29.09.2015, Hyundai Motor Company, Thermoelectric generator of vehicle.
4. Патент US20130152562, 20.06.2013, Hyundai Motor Company, Thermoelectric generator of vehicle.
5. Патент US20050072142, 23.12.2008, Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Exhaust emission control system.
6. Проверка адекватности разработанной математической модели термоэлектрического генератора для автомобильного двигателя внутреннего сгорания на основании результатов экспериментальных исследований / Н. А. Хрипач, Б. А. Папкин, В. С. Коротков, Д. В. Залетов // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 9–2(51). — С. 94–98. — DOI 10.18454/IRJ.2016.51.064
7. Особенности конструкции термоэлектрического генератора / Б. А. Папкин, В. С. Коротков, А. П. Татарников // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — № 10–2(41). — С. 94–96. — DOI 10.18454/IRJ.2015.41.045
8. Верификация расчётной модели термоэлектрического генератора для перспективного применения в составе ДВС / Д. О. Онищенко, Р. А. Сафонов, Г. А. Арутюнян. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия.
9. Jouhara H., Źabnieńska-Góra A., Khordehgah N., Doraghi Q., Ahmad L., Norman L., Axcell B., Wrobel L. C., Dai S. Thermoelectric generator (TEG) technologies and applications // International Journal of Thermofluids. 2021. Vol. 9. p. 100063.]

10. Cao, Q., Luan, W. and Wang, T. (2017) Performance Enhancement of Heat Pipes Assisted Thermoelectric Generator for Automobile Exhaust Heat Recovery. *Applied Thermal Engineering*, in Press. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.09.134>

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Инновационные угловые соединения в деревянном строительстве: метод с шипом и пазом

Грачёв Владимир Михайлович, студент магистратуры

Мытищинский филиал Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана

Изучение различных типов угловых соединений является важным этапом в освоении методов соединения клееного бруса. Такие соединения играют ключевую роль в обеспечении прочности, жесткости и теплозащитных характеристик конструкций. Особенности угловых соединений определяются требованиями к конструкции, условиями эксплуатации и желаемыми свойствами. Колебания температуры и влажности древесины могут ослабить соединения, что особенно критично в районах с переменным климатом [1].

Теплоизоляция играет ключевую роль в строительстве, влияя на энергопотребление и комфорт в зданиях. Качество угловых соединений значительно влияет на теплозащитные свойства. Древесина обладает хорошими теплоизоляционными характеристиками, но негерметичные соединения могут существенно снизить эффективность сруба, особенно в холодное время года, когда такие дефекты приводят к значительным теплопотерям. При изготовлении сруба важно выбирать правильный тип соединения и тщательно обрабатывать все элементы для их плотного прилегания, уделяя особое внимание угловым соединениям профилированного бруса, которые являются наиболее уязвимыми местами. Различные типы угловых соединений по-разному влияют на теплозащитные свойства конструкций [2].

Выбор типа углового соединения для клееного бруса имеет большое значение для повышения энергетической эффективности зданий. Одним из перспективных направлений в инновациях с угловым соединением клееного бруса является улучшение геометрии соединений. Новые профили для угловых соединений позволяют достичь более плотного и надежного соединения. Создание нестандартных форм профилей, которые более эффективно распределяют нагрузки и снижают концентрацию напряжений, может увеличить общую устойчивость конструкции [3].

В связи с этим была поставлена задача: создать простую и энергоэффективную конструкцию углового соединения деревянных брусьев, а также снизить трудоёмкость его изготовления.

Для решения этой задачи угловое соединение было выполнено с использованием двух брусьев с диагональными спилами под одинаковым углом. Это позволило достичь технического результата и успешно решить поставленную задачу (рис.1).

Одним из наиболее эффективных методов таких соединений является использование шипа и паза.

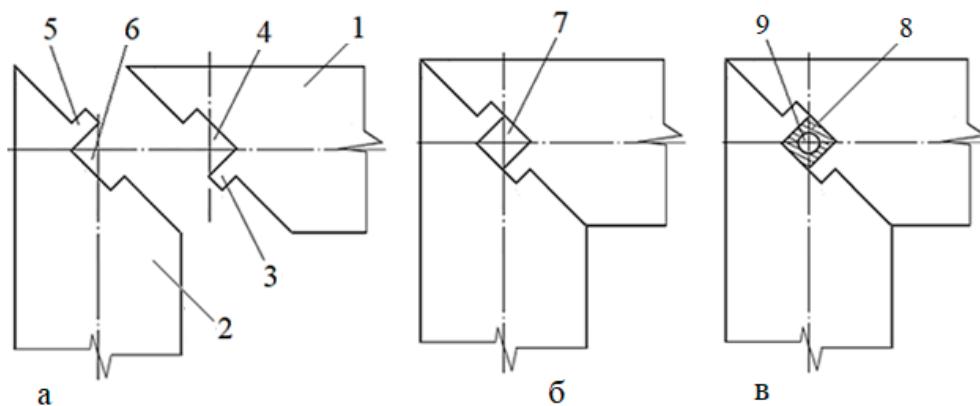


Рис. 1. Угловое соединение деревянных брусьев 1 — первый брус; 2 — второй брус; 3 — шип первого бруса; 4 — паз первого бруса; 5 — шип второго бруса; 6 — паз второго бруса; 7 — вертикальный закрытый технологический паз; 8 — деревянный нагель; 9 — деревянный стержень

Принцип работы метода

Суть метода заключается в создании шипа и паза на каждом из соединяемых брусьев. На первом брусе шип должен быть шире паза минимум в три раза, и его ось смещена вправо от вертикальной оси на расстояние, равное ширине шипа. На втором брусе шип и паз аналогичны, но смещены влево на то же расстояние.

При соединении двух таких брусьев под углом шип одного входит в паз другого, образуя закрытый технологический паз по всей высоте конструкции. В этот паз вставляется деревянный прямоугольный нагель, который играет роль герметизирующего элемента и защищает соединение от влаги и загрязнений. Нагель имеет сквозное отверстие, через которое проходит цилиндрический деревянный стержень. Длина стержня соответствует высоте бруса, а его нижняя часть погружается в отверстие нижерасположенного нагеля в аналогичных соединениях.

Преимущества метода

Использование метода с шипом и пазом обеспечивает ряд важных преимуществ:

Простота и надёжность соединения: конструкция становится устойчивой к смещению брусьев относительно друг друга, что исключает проникновение холодного воз-

духа через стыки и повышает общую целостность сооружения.

Шумоизоляция: угловое соединение снижает уровень шума, создавая более комфортные условия в помещении.

Удобство монтажа: процесс сборки не требует сложного инструмента и специальных навыков, что ускоряет выполнение работ и делает их доступными для широкого круга специалистов.

Равномерное распределение нагрузки: метод обеспечивает равномерное распределение нагрузки, что значительно повышает прочность и устойчивость конструкции к внешним воздействиям.

Применение в различных отраслях

Благодаря своим уникальным характеристикам, угловое соединение с шипом и пазом находит применение в различных отраслях промышленности и строительства. Оно используется при возведении жилых домов, коммерческих объектов, а также в производстве мебели и других деревянных конструкций.

Метод с шипом и пазом позволяет создавать прочные и долговечные сооружения, которые обладают высокой герметичностью, устойчивостью к внешним воздействиям и комфортом в эксплуатации. Это делает его идеальным выбором для современных строительных проектов.

Литература:

- Что такое «брус шип-паз», его соединение в срубе и строительство домов из него? [Электронный ресурс]. URL: <https://44srub.ru/blog/brus-ship-paz> (дата обращения: 04.01.2026).
- Угловое соединение бруса. [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--90a3abccid.xn--p1ai/proizvodstvo/uglovaya-chasha/> (дата обращения: 04.01.2026).
- Какое соединение бруса в углах лучше? [Электронный ресурс]. URL: <https://sksmirnov.ru/articles/soedinenie-uglov-brusa> (дата обращения: 04.01.2026).

Зеркало: символ отражения и пространства

Конотобская Алина Павловна, студент;

Бирюкова Алина Александровна, студент

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Научный руководитель: Шкотова Ольга Владимировна, старший преподаватель
Волгоградский государственный технический университет

Человечество в процессе развития создало много разных предметов, которыми пользовалось изначально и пользуется сейчас. Эти предметы предназначены для обеспечения более комфортного существования людей. Среди них немаловажную роль играет зеркало.

Зеркало, как объект, на протяжении веков служит не только предметом быта, но и мощным символом, отражающим глубинные аспекты человеческой природы и культуры. В этой статье рассматривается зеркало, как элемент, который символизирует самовосприятие и влияние на восприятие окружающего пространства (Рис. 1).

Целью данной статьи является анализ историко-культурных аспектов происхождения зеркала, а также его философских интерпретаций, что позволит глубже понять его роль в жизни человека. Важными фигурами, которые повлияли на восприятие зеркала, как объекта, являются философы, такие как Платон и Декарт, а также художники и писатели, ко-

торые использовали зеркало как метафору в своих произведениях. Их идеи и трактовки помогут раскрыть многогранность этого предмета. Актуальность темы заключается в том, что в условиях глобализации и культурного смешения зеркало продолжает играть важную роль. Задачи, которые можно решить в рамках данной темы, включают изучение исторических изменений в ценности зеркала, анализ его влияния на современное искусство и литературу, а также исследование его роли в формировании самоидентификации в условиях современных социальных изменений (Рис. 2).



Рис. 1



Рис. 2

Зеркало — это удивительный предмет, который привлекал внимание людей на протяжении многих веков. Оно являлось не только инструментом отражения образов, но и символом глубокого философского значения. В различных культурах зеркало ассоциируется с самопознанием, духовным отражением и пространством истины.

Символика зеркала пронизывает как повседневную жизнь человека, так и мировую литературу, искусство и религию. Изучение значения этого предмета позволяет лучше понять взаимосвязь между внутренним миром человека и окружающей его реальностью. Рассматриваются различные аспекты символики зеркала, его роль в культуре и значение для человеческого сознания.

Зеркало — один из древнейших символов, богатый на метафорическое значение и духовные ассоциации. Его роль в истории и культуре человечества невозможно переоценить. С древности зеркала ассоциировались с магией и волшебством, считались окном в параллельные миры и важными инструментами в ритуалах. В различных мифологиях зеркало отражало не только физический облик человека, но и его душу, нравственное состояние и судьбу. В литературе и искусстве зеркало олицетворяло идеи самопознания, иллюзий и иллюзорности, а также двойственности человеческой природы.

В западной традиции зеркало часто ассоциировалось с понятиями самовосприятия, внутреннего мира и личностной идентичности. Зеркало было предметом обожествления во многих культурах. Оно символизировало красоту, обманчивость и иллюзорность мира. В современном искусстве зеркало продолжает занимать важное место, становясь предметом исследования вопросов взаимодействия человека и мира, самопознания и отражения личности в культуре и обществе (Рис.3).



Рис. 3

Зеркало, древний и загадочный объект, всегда привлекал внимание философов как символ отражения и пространства. Философский аспект зеркала понимается как способ отражения реальности, мир, окружающий нас, преломленный через призму стекла. Зеркало становится метафорой человеческого восприятия мира и самого себя. Возникает вопрос о том, каким образом зеркало интерпретирует реальность, искажая ее или представляя отражение в его чистой форме? Философы различают понятие «зеркального отражения» и «зеркала как абстрактного пространства». Оно не только отражает изображение, но и создает иллюзию глубины и пространства, будто оно ведет нас в другой мир. Таким образом, философский аспект зеркала побуждает нас к размышлениям о природе реальности, ее восприятии и интерпретации через символический предмет, который мы используем каждый день.

Зеркало является одним из самых удивительных артефактов, пронизанных мистическим значением. Оно заслуженно стало символом отражения и пространства, открывая перед людьми возможность заглянуть в свою душу и увидеть мир с необычной перспективы. Зеркала нередко ассоциируются с магией и загадками, привлекая внимание многих культур и эпох.

Зеркальное пространство воплощается в различных мифах и легендах. В древнегреческой мифологии Цербер — страшный пёс Аида, охраняющий подземное царство, способен увидеть свою мрачную копию только в зеркале. Персидские легенды рассказывают о магическом зеркале, способном отразить тайны природы и силы небес. В китайской культуре зеркало представляет собой символ гармонии и внутреннего равновесия.

Зеркало, будучи неотъемлемой частью культуры и религии различных народов, всегда вдохновляло их на создание новых мифов и историй. Оно стало не только инструментом отражения физического облика, но и пространством для размышлений о вечных вопросах бытия и самопознания. Важно помнить, что в каждом зеркале мы видим то, что хотим увидеть, ибо оно отражает не только внешний, но и наш внутренний мир.

Зеркало, как символ отражения и пространства, играет ключевую роль в психологии отражения, служа как инструмент самопознания.

Начиная с раннего детства, человек воспринимает и осознает себя через зеркало. Этот процесс отражения своего облика и внутреннего состояния помогает формировать самосознание и оценку собственной личности.

Зеркало становится мощным психологическим инструментом, способным вызывать различные эмоциональные реакции и восприятия у человека. Оно позволяет человеку взглянуть на себя объективно, увидеть, как физические черты, так и внутренние эмоции, потребности и страхи. Через отражение в зеркале возникает возможность развития и познания себя.

Психологи утверждают, что взгляд в зеркало способен вызывать разнообразные реакции у людей, от самокритики и негативного восприятия себя до удовлетворения и гордости за свои достижения. Зеркало является символом истинности и искренности, позволяя человеку быть честным с самим собой.

Таким образом, зеркало — это мощный инструмент, способствующий личностному росту и развитию, оно помогает человеку встретиться с собой и лучше понять свою уникальность.

Искусство и зеркало в тесной взаимосвязи с темой отражения и пространства пронизывают множество произведений искусства и литературы. Зеркало, как символ отражения, часто используется художниками и писателями для пе-

редачи глубоких мыслей и эмоций. В искусстве зеркало может служить как символическим отражением внутреннего мира художника, так и инструментом для создания эффектов визуального обмана.

В искусстве зеркало также часто ассоциируется с темой самопознания и самоидентификации. Оно может быть использовано для исследования человеческой натуры, а также для подчеркивания духовного измерения человеческого существования.

В литературе зеркало также играет важную роль как символическое отражение персонажей, их мыслей и чувств, а также их окружения. С помощью зеркала писатели могут передать сложные психологические состояния героев, создать метафору для исследования мира за пределами реальности («Снежная королева» Г. Х. Андерсена — зеркальные осколки, созданные злым троллем, искажают реальность, превращая всё добро в злое. Через них герои видят мир в неправильном свете, что символизирует искажение нравственных ценностей. «Евгений Онегин» А. С. Пушкина — Татьяна Ларина смотрится в зеркало перед поездкой в Москву, что становится символом её взросления и перехода во взрослую жизнь).

Таким образом, искусство и литература используют зеркало как мощный символ для исследования и визуализации различных аспектов человеческого бытия, от его внутреннего мира до внешнего пространства, отражая при этом сложные и многогранные аспекты человеческой природы.

Будущее зеркал в интерьере связано с их интеллектуализацией и интеграцией в умный дом, превращением из пассивного объекта в активного помощника.

Основной тренд: от поверхности к «умному» интерфейсу

Современное зеркало всё чаще становится не просто отражающей поверхностью, а интерактивным дисплеем и центром управления.

Умные зеркала с дополненной реальностью (AR) и дисплеями:

Примеры применения

В ванной вы сможете видеть прогноз погоды, новости, календарь. Можно будет «примерить» виртуальную одежду или аксессуары или смоделировать новый цвет волос прямо в своем отражении.

Для красоты и здоровья: Встроенные камеры с AR смогут анализировать состояние кожи, давать рекомендации по уходу. Датчики будут измерять пульс или отслеживать правильность чистки зубов.

Интеграция в экосистему умного дома:

– Центр управления: в прихожей такое зеркало может показывать, выключен ли утюг, заперта ли дверь, контролировать освещение и температуру в доме.

– Обратная связь: камера сможет оценивать ваш внешний вид перед выходом и, например, напомнить взять зонтик, если на улице дождь.

Параллельно будут развиваться и чисто дизайнерские и бытовые функции.

Технологии «невидимого зеркала»: разработка материалов (например, на основе электрохромного стекла), которые по команде (голос, касание, таймер) могут переключаться из прозрачного состояния в зеркальное и обратно.

Применение: окно днём и зеркало вечером. Панель в ванной, которая становится зеркалом только когда нужно (Рис.4).



Рис. 4

Энергоэффективность и экологичность: Зеркала-панели со встроенными солнечными батареями для подзарядки гаджетов или питания самой системы. Использование переработанных и экологичных материалов для рам.

Биометрический контроль и безопасность: Распознавание лица для разблокировки двери или доступа к личным данным на зеркале. Встроенные системы экстренного оповещения (например, в ванной комнате для пожилых людей)

Будущее зеркала — это полное слияние с архитектурой и мебелью

– Бесшовная интеграция: зеркала будут становиться частью стен, потолков, мебельных фасадов, не выделяясь рамками и создавая эффект бесконечного пространства.

– Адаптивность: настройка параметров (степень отражения, цветовой тон, наличие информации на дисплее) под конкретную задачу или время суток.

В будущем зеркало, скорее всего, перестанет быть просто предметом. Оно превратится в незаметный, но важный технологический узел умного дома — экран для информации, средство для здоровья и красоты, инструмент безопасности, оставаясь при этом ключевым элементом дизайна, расширяющим пространство.

Литература:

1. Зеркало: Семиотика зеркальности. Труды по знаковым системам. Вып. XXII / Под ред. Ю. Лотмана. — Тарту, 1988.
2. Мельшиор-Бонне, С. История зеркала. — М.: Новое литературное обозрение, 2006.
3. Пенроуз, Р. «Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной».
4. Бахтин, М.М. «Творчество Франсуа Рабле и народная культура Средневековья и Ренессанса».
5. Дизайн-журналы: «INTERNI», «AD (Architectural Digest)», «ELLE Decoration».
6. Эко, У. «История уродства» и «История красоты».
7. <https://cyberleninka.ru/article/n/zerkalnye-sudby-zerkala-v-interiere/viewer>
8. <https://gallery.ddt-chkalov.ru/wp-content/uploads/2025/03/0c06027b58e4a341d4ef9a35e165b269.pdf>
9. https://artchive.ru/encyclopedia/716-Symbols_in_art_Whats_there_in_the_mirror?ysclid=mhkhg7s49o3430044

МЕДИЦИНА

Some features of fractures of long tubular bones in children younger and older age groups

Denisenko Aleksandr Grigoryevich, candidate of medical sciences, associate professor
Vitebsk State Medical University (Belarus)

Berezova Valeria Dmitrievna, neurologist
Vitebsk City Clinical Hospital of Emergency Medical Care (Belarus)

Jeyasingam Angelo Subash Yohan, student;
Sultan Kitchilan Afnan, student;
Kaluarachchi Savin Chatura, student;
Ahangama Gamage Selina Beverly, student
Vitebsk State Medical University (Belarus)

Bone fractures in children are among the most common traumatic injuries, which is associated with the child's high mobility, insufficient development of a sense of danger, and an active lifestyle. Bone tissue in childhood has a coarse parallel fibrous structure, contains a significant amount of water and collagen and is poorly saturated with mineral substances, which leaves an imprint on the types and morphological properties of diaphyseal fractures.

Fractures of long tubular bones in children, due to the peculiarities of their structure, have specific signs of damage to the periosteum and bone tissue, unlike fractures in adults.

Keywords: fractures of long tubular bones in children, diaphyseal fractures, periosteal detachment.

Introduction. Childhood trauma plays a significant role in morbidity and mortality, and for this reason, it is the subject of forensic examination. The study of the biomechanics of long bone fractures in children, depending on the nature of the injury and age, remains relevant today. According to some authors, long bone fractures are more common in children than in adults. Forensic determination of the mechanism of long bone fractures in children is fraught with difficulties due to the anatomical and physiological characteristics of developing bone [3].

Purpose of the study. Study of the nature of fractures of long tubular bones in children of younger and older age groups.

Material and methods. A review and analytical analysis of modern literary and statistical data, as well as practical cases regarding fractures of long tubular bones in children, were used.

Statistics show that the highest number of fractures occur in the age groups from 5 to 14 years [2, 4]. Currently, the State Forensic Examination Committee of the Republic of Belarus conducts approximately 200 types (subtypes) of expert examinations. Among the main types of examinations, a significant number are medical (57.4 %) and forensic (17.5 %) [1].

In forensic medicine, expert opinions based on practical experience have not yet fully disclosed all aspects of childhood

pathology, taking into account the child's age, the processes of its constant growth, physiological characteristics, hormonal changes in the body during adolescence, as well as the characteristics of the course of the pathological process depending on age and immunological status.

The mechanisms of tubular bone fractures in children are related to their characteristics: due to their high elasticity, children's bones bend rather than break, but under excessive loads, they break more often in the growth zones (physis) or due to falls, impacts, twisting, as well as due to pathologies (osteoporosis, genetics) or iatrogenic factors; in newborns, these are often birth injuries. They get injured due to activity, immaturity of the musculoskeletal system and insufficient caution, and their radii, ulna and tibia bones break.

Due to their activity, children are prone to the following types of injuries: domestic, street (usually traffic), sports, and, less commonly, criminal. Bone fractures in children are divided into diaphyseal, metaepiphyseal (periarticular), epiphyseal (intraarticular) and apophyseal.

Children are more likely to injure the bones of their upper limbs, as they instinctively extend their arms when falling, and less likely to injure the bones of their lower limbs, usually as a result of severe traumatic factors, such as a traffic accident.

With an indirect mechanism, the point of force application and the site of injury (fracture) do not coincide. An example is a fracture of the surgical neck of the humerus, resulting from a fall on the abducted hand. Fractures resulting from an indirect mechanism of action occur when bones are flexed, twisted, and force is applied along their longitudinal axis. Avulsion fractures, caused by sudden, excessive muscle contraction, also fall into this group.

According to the relationship of the fracture plane to the long axis of the diaphysis, fractures are classified as transverse, oblique, spiral (screw-shaped), oblique-transverse, fragmented, multi-fragmented (shattered), marginal, and perforated.

Research results. Bone tissue in childhood has a coarse parallel fibrous structure, contains a significant amount of water and collagen and is poorly saturated with mineral substances, which leaves an imprint on the types and morphological properties of diaphyseal fractures.

The periosteum in children is flexible, thick, strong, and well-vascularized. The periosteum forms a sheath around the bone, giving it greater flexibility and protecting it during injury. A characteristic of the musculoskeletal system in children is the frequent occurrence (compared to adults) of supracondylar fractures. This is explained by the fact that the capsular-ligamentous apparatus in children is relatively stronger than the periarticular ends of the bones, where the reduced strength is due to the presence of ossification centers and metaepiphyseal cartilages — growth plates. Therefore, injuries that result in joint dislocations in adults lead to peri- and intra-articular fractures in children.

The presence of epiphyses at the ends of tubular bones, connected to the metaphyses by a wide, elastic growth cartilage, helps maintain the integrity of the bone and absorbs the force

of impact. As a result, fractures in children occur with a clearly visible «greenstick» periosteal detachment, where only one side of the bone is damaged, leaving the other intact. The area of periosteal detachment on the side of the bone's tension zone is larger than in the compression zone. In the compression zone, «roll-shaped» swellings of the compact bone form, creating a «trough-like» crumpling, while the opposite side of the bone (in the tension zone) remains intact, which is explained by the higher elasticity of the bone tissue. Longitudinal tear cracks may be observed on the lateral surfaces of the diaphysis. The aforementioned signs of the compression zone can be used to determine the direction of bone bending when a transverse force is applied to the diaphyseal portion. Moreover, with increasing age, this type of injury is less common.

In older age groups, fractures occur in the area of which arrow-shaped fragments and visor-like protrusions are formed (a sign of an incompletely formed typical diaphyseal fracture of an adult bone with the formation of a triangular-shaped fragment).

In children, fractures of tubular bones with fragment displacement are less common than in adults, as their bone tissue is more elastic and has a strong periosteum. In children aged 13–16 years and older, diaphyseal fractures are macroscopically practically indistinguishable from those in adults [4].

When a load is applied along the axis of the bone, impacted fractures usually occur with the formation of a circular swelling of the bone substance in the form of a cuff and the possible formation of longitudinal cracks on one side of the bone.

Conclusion. Thus, in younger age groups, when diaphyseal fractures of long tubular bones occur due to transverse bending, the predominant fracture type is shear and rupture, which occurs in a plastic manner. In older children, bone fracture occurs in a brittle-plastic manner.

References:

1. Volkov, A. A. State Forensic Examination Committee: a decade of the agency's activities / A. A. Volkov // Forensic examination of Belarus. — 2023. — T 1 (16). — P. 5–8.
2. Pediatric traumatology / V. N. Merkulov, A. I. Dorokhin, K. M. Bukhtin; edited by Academician of the Russian Academy of Sciences S. P. Mironov. — GEOTAR-Media. — 2019. — 256 p.
3. Sokolova, O. V. The state and some prospects of studying childhood pathology in forensic pediatrics / O. V. Sokolova, V. L. Popov // Forensic medical examination. — 2023, no. 2 — P. 41–44.
4. Diagnostics of mechanisms and morphology of fractures in blunt skeletal trauma / 2nd edition, revised: edited by Honored Scientist of the RSFSR, Professor V. N. Kryukov. — Novosibirsk: Science, 2011. — 522 p.

ГЕОЛОГИЯ

Advanced drilling fluid technology in shale oil and gas wells

Arbaoui Abderrahmane Iyed, master's student
Ufa State Oil Technical University

Introduction

Hydrocarbons such as shale oil and gas are unconventional but have substantial reserves with the ability to be stored and produced through self-resorpeting, or being able to produce without artificial means, methods. Horizontal drilling and hydraulic fracturing technologies have changed North America's move away from being a net importer of oil to being a net exporter following the recent Shale Revolution. In addition to North America's shale oil resources, China has very large reserves of shale oil resources of about 270 million tons, focused primarily in the Junggar, Song Liao, and Bohai Bay basins, as well as potential shale gas reserves of approximately 105.7 trillion cubic meters within the Sichuan Basin. The following article will provide a review of different aspects of shale reservoirs as well as describe several technical challenges associated with drilling for hydrocarbons from these formations due to low porosity, low permeability, high clays, variations in lithology, and environmental issues attributable to drilling with oil-based (non-water-based) fluids. In particular, this article will examine some new technologies available to address problems associated with the drilling process in shale reservoirs, including advancements made to the technology of drilling and completing wells in shale reservoirs using both water-based and oil-based fluids, advances made in lost circulation control technologies, and establish a series of recommendations for future research aimed at further supporting the exploration of shale oil and gas in China.

1. Research Advances in Shale Oil and Gas Drilling Fluid Technology

1.1. Shale Oil and Gas Water-Based Drilling Fluid Technology

The main goal when managing water-based fluids, in all types of drilling operations, has always been to improve the performance of the fluids in the most important ways: sealing, inhibiting and lubricating these substances so that their performance is maximized throughout the entire drilling operation. To accomplish this, the use of advanced materials in-

cluding nano-polymers, silica composites and graphene sheets is vital, as these materials have the ability to create a seal around the wellbore by filling in small cracks and pores and providing added structural support during the drilling process. The use of these materials also provides the operator with an effective means of preventing clay from swelling by providing an inhibitor via the addition of salts and organic amine-based products. The proactive nature of utilizing these advanced materials to maintain wellbore stability is most critical in order to maintain an enhanced and safe drilling operation, all the while maintaining the expected levels of performance required by an operator. Lastly, the growing use of very long horizontal wells has prompted a focus on developing new bioinspired lubricants that are designed to address the unique issues associated with high friction environments while increasing the overall reach of a given well. By utilizing cutting-edge lubricating products, operators can decrease the frictional resistance found in the drilling process, enhancing the total reach of the well while providing efficiencies and additional production capability within the context of maintaining wellbore stability.

1.2. Shale Oil and Gas Oil-Based Drilling Fluid Technology

Oil-based fluids are beneficial to the wellbore for improving the structural integrity of the wellbore and reducing costs and environmental impacts through reinforcement of the wellbore. Oil-based fluids are efficient in managing high temperature drills (drilling). As well, oil-based fluids that use nano-materials (nanoparticles) and graphene can effectively block the pores in shale rock fractures, increasing stability. Additionally, new technologies using new chemicals to clean and recycle the spent fluid are being developed which promote environmental sustainability and reduce the overall costs of the oil and gas industry. Also, the development of new technologies and methods to conserve oil are focused on reducing costs related to fluid use.

In addition to traditional oil-based fluids, the oil industry is moving towards an alternative battery of synthetics developed from either gas or plant source products. These synthetics

not only provide a more environmentally-friendly option for drilling, but they also represent a more efficient way of conducting drilling operations. Additionally, synthetics help to reduce the overall carbon footprint related to oil exploration and production, while supporting worldwide sustainability initiatives.

Recognizing the difficulties associated with extremely high temperatures, research continues into the development of specialized advanced cooling systems to protect equipment from failure in these extreme environments. The advanced cooling systems are a breakthrough in wellbore engineering and allow for maximum operational efficiency and equipment life, even in extreme temperature environments. Utilizing advanced cooling systems, the oil and gas industry will be able to improve both resiliency and sustainability of operations in a variety of drilling applications.

1.3. Reservoir Protection Drilling Fluid Technology

To reduce damage to the rock that produces oil and gas, it is necessary to use fluid that contains no clay because clay has the ability to clog pores in rock. Clay-free fluids are created with the use of specially formulated chemicals instead of bentonite clay. Another way to reduce damage to producing rock is through under-balanced drilling, where the pressure exerted by the drilling fluid is slightly lower than that exerted by the confining pressures of the producing rock.

Interface modification is a significant technique used to reduce water entrapment in the pores of rock. In this case, certain chemical additives are applied to the surfaces of rock formations to create a surface modification of the rock that helps to minimize water entrapment. By utilizing all the aforementioned strategies together, the ultimate objectives are to reduce damage to producing rocks and to improve the production of oil and gas through enhanced drilling efficiency and success.

1.4. Lost Circulation Control Technology

This technologically advanced solution has been designed to meet the challenge of preventing the loss of drilling fluids into the earth's subsurface by minimizing risk of both environmental impacts and operational downtime. Bridging is the primary concept, where many different types of materials are combined to form a sturdy barrier that seals off very small cracks and crevices, creating an effective barrier against unwanted fluid losses. For more significant fractures or other large openings, gel-based systems that have very strong adhesive properties are used to seal these larger areas effectively. Other advanced technologies recently developed include the introduction of «smart» materials that are able to solidify in response to temperature changes or pressure changes in the wellbore. The ability of these materials to adapt to changing conditions, in theory, allows for optimum performance under varying drilling conditions. Additionally, composite technology has been developed to allow for the integration of multiple sealing systems to provide a comprehensive approach for

dealing with severe drilling fluid losses. As a result, this new and innovative approach to the technology provides a way to protect both the integrity of the wellbore and the surrounding geologic formations from being damaged, and serves as an important tool in drilling operations by reducing the potential for leaks and negative environmental impacts while simultaneously improving drilling efficiency.

2. Problems in Shale Oil and Gas Drilling Fluid Technology

2.1. Problems in Shale Oil and Gas Water-Based Drilling Fluid Technology

Water Based Fluids are generally used in the process of drilling; however, there are some disadvantages associated with the use of Water Based Fluids. One of these disadvantages is the fact that clay particles can swell due to water absorption and cause instability while the drilling operation is being performed. In addition to clay particle absorption by water, the high temperature or saline conditions under which lubricants are used can adversely affect the performance of those lubricants, thereby increasing the potential for failure of a drilling operation. With the addition of carbon dioxide (CO₂) to the formation, Water Based Fluids may also become more susceptible to contamination, which can alter the characteristic properties of the fluid and reduce the efficiency of drilling operations. Engineers and Operators should take steps to mitigate these issues before they arise through the development of strategies to minimize the swelling of clay particles and enhance the performance of lubricants under challenging conditions, and prevent contamination of Water Based Fluids from carbon dioxide. Addressing these issues proactively will keep drilling operations operating efficiently and support successful drilling operations.

2.2. Problems in Shale Oil and Gas Oil-Based Drilling Fluid Technology

Oil based or petroleum-based fluids pose a significant number of threats to our environment because they are very costly to dispose of properly and they also have a lot of environmental risks attached to them. Petroleum based fluids are expensive not only to buy initially, but they require a lot of support over time by their users. Also, because of their inability to function well in extremely hot or cold operating conditions, there is a vast amount of sci-fi technology and research being done, but not all of this new cooling technology is cost-effective enough to be reasonably applied at an industrial level. Thus, to continue to develop sustainable options and increase operational efficiencies in the future, businesses must explore different ways to alleviate the issues associated with the use of oil based fluids. All industries should explore alternative types of fluids, as well as continue to research and develop new applications to aid in the increase of efficiency and reduce their impact on the environment with respect to their use of oil-based

fluids. Through these efforts, businesses may be able to build an environmentally and economically sustainable future.

2.3. Problems in Shale Oil and Gas Reservoir Protection Drilling Fluid Technology

Drilling operations regularly experience difficulties related to differing laboratory test data and true, downhole conditions. One such difference arises with regard to non-clay-containing fluids that have a greatly reduced viscosity due to an increase in temperature over time. The cost and complexity of under-balanced drilling tools and equipment present another serious challenge for the industry. The uncertainty surrounding the usefulness of surface-modifying coatings and their expected longevity presents yet another challenge for the industry's systems, tools and equipment as a result of their importance in providing protection to the tools and equipment when used in extreme and/or tough environments where this type of equipment is employed. Together, all of these challenges create a highly uncertain and extremely dynamic environment in which drilling experts operate to be successful. Continued development through the continuing advances in new technologies and methods are an ongoing process in the drilling industry to support continued evolution in the development of drilling technology and methods that will ultimately reduce the impact of the above-described challenges on drilling operations. It is important for all drilling stakeholders/developers to work together to develop solutions for the above challenges to ensure continued successful operational performance of drills and associated equipment through greater efficiency and safety of drilling operations. Recognizing and addressing the major challenges described above will enable the drilling industry to implement more sustainable and effective practices to optimize overall performance and mitigate risk in the ever-changing world of drilling activities.

2.4. Problems in Shale Oil and Gas Lost Circulation Control Technology

The ability to find and quantify where and how much fluid has been lost is an ongoing major challenge in the oil and gas business. Many types of fluid loss can occur due to different events; therefore, each kind needs a different containment action taken. This is compounded by the added difficulties of dealing with oil and gas that have been produced from very high temperature, very high-pressure wells. In extremely high-pressure/high-temperature downhole conditions, most of the traditional sealing materials lose integrity and break down much more quickly, which requires operators to constantly check the integrity of the material they are using or replace it, making it very difficult for operators to manage their fluid losses effectively and efficiently, while at the same time dealing with the challenges presented by the downhole environment and the current sealing technologies' limitations. Despite continuous research and development efforts to improve the performance of sealing materials, the oil and gas business

has not yet identified a single sealing solution that can solve the entire spectrum of fluid loss challenges. Because of this, the oil and gas industry is continuing to deal with uncertainties regarding operations and financial risk caused by fluid losses, which indicates that new innovative methods and advancements in technology are desperately needed in this critical aspect of well integrity management.3. Prospects for Shale Oil and Gas Drilling Fluid Technology

3.1. Prospects for Water-Based Drilling Fluid Technology

The evolution of any Industrial lubricant through the development of Nanotechnology to enhance lubricant performance requires the combination of Nano-Plugging Technology with Chemical Inhibition techniques into one Organic Compound for optimum lubricant advantages. This will create Smart Lubricants, which will increase the performance level of lubricants by improving Thermal Stability, especially in high-temperature environment applications where traditional industrial lubricants deteriorate quickly. Furthermore, The Smart Lubricants will provide a method of increasing the resistance of the lubricant to the effects of gas contamination (e.g., CO₂) through the creation of Innovative Formulations that will mitigate the degradation effects of gas contamination on lubricants and increase the longevity and reliability of lubricants in extreme operating conditions. Consequently, the technological advancement of lubrication systems focuses on a Holistic Approach that incorporates both Nanotechnology and Chemical Engineering Principles, thus providing industries with the opportunity to maximize the Efficiency and Productivity of their Operations.

3.2. Prospects for Oil-Based Drilling Fluid Technology

The objectives include the enhancement of new emulsifiers that will enable the quality production of low oil ratio fluids in a low-cost manner, formulation of eco-friendly products using plant-derived oils, development of higher temperature resistant emulsifiers, and improved processing/processing systems for enhanced efficiency/economy of coolants. Our strategic priority reflects our dedication to advancing chemical engineering and the implementation of sustainability in our industry while simultaneously supporting innovation and minimizing our environmental impact. In addition, we will strive to meet our customers' and stakeholders' changing marketplace demands by investing in collaborative efforts; through the use of collaboration, related research efforts, and continuous improvement initiatives, we will strive to achieve operational excellence and product quality and support growth and prosperity in the evolving environment of emulsifier technology.

3.3. Prospects for Reservoir Protection Drilling Fluid Technology

Research and design of a superior damage prediction system should be the focus of future developments within the

industry, using cutting-edge artificial intelligence technology to develop faster and more efficient real-time systems for predicting failure due to damage. In addition, there is an urgent need to increase research into high-temperature additives that will improve the performance and longevity of industrial processes by utilizing superior materials at elevated temperatures. Upgrading the intelligence and integration of existing under-balanced pressure control systems to increase the efficiency of their operations while maintaining the highest safety standards in the most challenging environments will also be necessary to meet these challenges. Finally, there will be a need for innovative research to improve the long-term stability of protective membranes used on the surface of rock structures to maximize the life of these coatings and ensure their reliability. Through these research and development activities, the sector will enhance its capabilities and technological developments to adapt to the innovative solutions and demands of the sector in the future.

3.4. Prospects for Lost Circulation Control Technology

To advance effectively, the development and implementation of next-generation intelligent systems for providing re-

al-time diagnostic solutions is required advance effectively, the development and implementation of next-generation intelligent systems for providing real-time diagnostic solutions is required. Additionally, resources should be allocated to the research and development of innovative smart matter.

4. Conclusions

Challenges exist for shale gas production, including issues with well integrity and the potential for damage to the reservoir and loss of fluid. The advances made through improved technology in the development of drilling fluids have provided some improvements, but productivity and cost continue to pose significant obstacles to the shale gas industry. Drilling fluid technology needs to be better developed to optimise performance, meet regulatory requirements and be economically viable. Developing high performance, intelligent and eco-friendly drilling fluid will improve operational efficiencies, reduce adverse environmental effects and create the basis for sustainable, profitable shale gas production in the future. Ultimately, the shale gas industry needs to develop a balance between drilling technologies, environmental considerations and productive efficiencies.

References:

1. Liu Shiju. A study on differential enrichment of shale oil in Lucaogou Formation, Jimsaer Sag. Beijing: China University of Petroleum (Beijing), 2023.
2. Lei Qun, Weng Dingwei, Guan Baoshan, et al. Shale oil and gas exploitation in China: Technical comparison with US and development suggestions. *Petroleum Exploration and Development*, 2023, 50(4): 824–831.
3. Sun Huanquan, Wang Haitao, Yang Yong, et al. Iteration and evaluation of shale oil development technology for continental rift lake basins. *Petroleum Exploration and Development*, 2024, 51(4): 865–877.
4. Yang Henglin, Fu Li, Zhang Bichi, et al. Key technical research for single-trip drilling through build-up and horizontal sections of deep shale gas horizontal wells. *Drilling & Production Technology*, 2024, 47(6): 142–151.
5. Li Meichun, Ding Yang, Sun Jinsheng, et al. Research progress and prospect of wellbore cooling technology. *Acta Petrolei Sinica*, 2025, 46(4): 789–800.
6. Zhang Q, Li Y F, Wang Y, et al. Synthesis of size-controllable Erythritol@TiO₂ phase change microcapsules and application in cooling of high-temperature drilling fluids. *Journal of Energy Storage*, 2025, 112: 115294.

Инженерногеологические изыскания для строительства солнечной электростанции в Хабаровском крае: гидрологические аспекты и особенности крупномасштабного объекта строительства

Мухаметянов Ильдар Салаватович, студент магистратуры

Научный руководитель: Мустафин Сабир Кабирович, доктор геолого-минералогических наук, профессор
Уфимский университет науки и технологий

В статье представлены результаты инженерногеологических и гидрогеологических изысканий, выполненных Уфимской проектной компанией для строительства солнечной электростанции площадью 30 км² в Хабаровском крае. Объект расположен между реками Амур и Тунгуска, в зоне умеренного муссонного климата с выраженным сезонными колебаниями уровня воды. Цель исследования — оценить гидрогеологические условия площадки для обоснования проектных решений по устройству фундаментов и дренажных систем. В ходе работ применены методы рекогносировки, бурения скважин и гидрогеологических наблюдений, лабораторных исследований грунтов и вод, геофизического профилирования.

Установлена тесная связь поверхностных и подземных вод, определены коэффициенты фильтрации грунтов, выявлены зоны потенциального подтопления и сезонные колебания уровня грунтовых вод.

Ключевые слова: солнечная электростанция, гидрогеология, грунтовые воды, подтопление, дренаж, Хабаровский край.

Engineering geological surveys for construction of a solar power plant in Khabarovsk Krai: hydrological aspects and peculiarities of a large-scale construction site

The article presents the results of engineering geological and hydrogeological surveys conducted by Ufa Project Company for the construction of a solar power plant with an area of 30 km² in the Khabarovsk Krai. The site is located between the Amur and Tunguska rivers, in a zone of moderate monsoon climate with pronounced seasonal water level fluctuations. The objective of the study is to assess the hydrogeological conditions of the site to justify design solutions for foundations and drainage systems. The work involved reconnaissance, borehole drilling, hydrogeological observations, laboratory studies of soils and waters, and geophysical profiling. A close connection between surface and groundwater was established, soil filtration coefficients were determined, and zones of potential flooding and seasonal groundwater level fluctuations were identified.

Keywords: solar power station, hydrogeology, groundwater, inundation, drainage, Khabarovsk Krai.

Введение

Развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России требует детальной оценки инженерногеологических и, в особенности, гидрогеологических условий площадок строительства. В условиях дефицита энергомощностей в Хабаровском крае строительство крупномасштабных солнечных электростанций (СЭС) приобретает особую значимость.

Уфимская проектная компания, имеющая опыт реализации энергетических объектов в различных климатических зонах, выполнила комплекс изысканий для строительства солнечной электростанции в Хабаровском крае. Ключевой особенностью проекта стала необходимость учёта гидрологических факторов: расположения между крупными реками (Амур и Тунгуска), сезонных паводков и высокого уровня грунтовых вод.

Актуальность исследования обусловлена высоким потенциалом солнечной энергетики в Хабаровском крае (инсоляция до 1300–1500 кВт·ч/м²) и необходимостью учёта сложных гидрогеологических условий при строительстве СЭС. Близкое залегание грунтовых вод и сезонные паводки на реках Амур и Тунгуска повышают риски подтопления площадок. Полученные данные позволяют минимизировать эти риски на этапах проектирования и эксплуатации объектов ВИЭ.

Цель исследования — оценить гидрогеологические условия площадки строительства солнечной электростанции для обоснования проектных решений.

Задачи включают изучение гидрологического положения участка, оценку фильтрационных свойств грунтов и режима грунтовых вод, выявление зон потенциального подтопления и разработку рекомендаций по инженерной защите сооружений.

Объект исследования — площадка строительства солнечной электростанции (30 км²) в Хабаровском крае.

Предмет исследования — гидрогеологические и инженерно-геологические условия участка.

Методы изысканий охватывали:

- рекогносцировочное обследование (20 км маршрутов);
- буровые работы (колонковое бурение, 588 выработок);
- гидрогеологические наблюдения;
- лабораторные исследования (определение коэффициента фильтрации, гранулометрического состава);
- геофизическое профилирование (электротомография);
- ГИСанализ для картографирования опасных зон.

Научная новизна заключается в комплексной оценке гидрогеологических условий для СЭС такого масштаба в данном регионе, включая сезонную динамику подземных вод и их связь с речной сетью.

Практическая значимость результатов состоит в снижении рисков деформаций фундаментов из-за подтопления и морозного пучения для аналогичных проектов на Дальнем Востоке.

Географическое и гидрологическое положение объекта

Участок строительства солнечной электростанции площадью 30 км² расположен между реками Амур и Тунгуска в Хабаровском крае (рис. 1). Рельеф участка равнинный, с заболоченными западинами и кочковатым микрорельефом (абсолютные отметки 40–49 мБС). Климат — умеренный муссонный (I климатический район). Согласно СП 131.13330.2020 (табл. 5.1) [6], среднегодовая температура составляет +1,8 °С, годовое количество осадков — 686 мм, из которых 87 % выпадает в тёплый период; продолжительность безморозного периода — 159 дней. Гидрографическая сеть относится к бассейну реки Амур: река Тунгуска служит западной границей участка, а протока Нижненепанская (р. Амур) — восточной [8]. Сезонные колебания уровня воды в реках достигают 10–15 м относительно межени, что оказывает прямое влияние на режим грунтовых вод. Динамика уровня воды представлена в табл. 1.

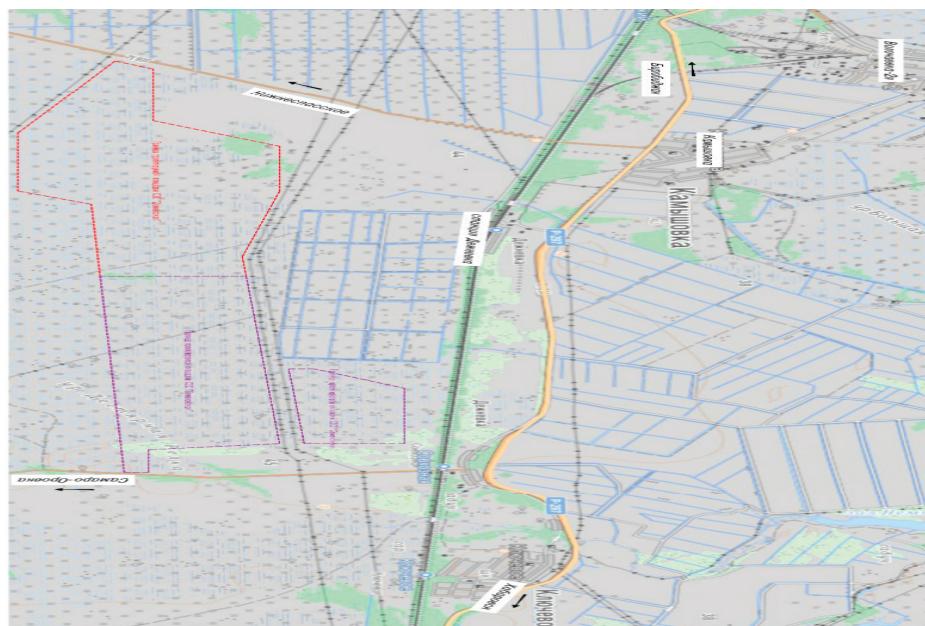


Рис. 1. Расположение объекта изысканий

Таблица 1. Сезонные колебания уровня воды в ближайших водотоках (реки Амур и Тунгуска, 2025 г.)

Сезон	Уровень воды, м над меженью	Продолжительность, дней
Зимняя межень (ноябрь–апрель)	0	180
ВесеннееЛетнеосенние паводки	5–8	30–40
половодье	10–15	60–90

Примечание. Данные получены по результатам гидрологических наблюдений на гидропостах № 3 и № 7 Камышовского района в 2025 г.

Инженерногеологические и гидрогеологические условия

Литологический состав грунтов (сверху вниз) определён по ГОСТ 25100–2020 (п. 3.2) [2]: почвенорастительный слой мощностью (0,1–0,4 м); суглинки и супеси (5–10 м); пески пылеватые, мелкие и средней крупности (10–21,9 м). Уровень грунтовых вод характеризуется наличием верховодки на глубине 0,5–2,0 м (переменный режим) и первого горизонта на глубине 7,8–9,8 м. Максимально прогнозируемый уровень (МПУ) в паводки достиг-

ает 6,3–8,3 м. Подземные воды четвертичных отложений имеют постоянную гидравлическую связь с реками Амур и Тунгуска, что подтверждается конфигурацией пьезогидроизогипс, повторяющей рельеф местности [8].

Опасные процессы включают: сезонное подтопление (район I A, участок I A 2) согласно СП 11–105–97 (ч. I, разд. 5) [4]; морозное пучение грунтов в верхней части разреза (ГОСТ 25100–2020, п. 3.34) [2]; сейсмичность 6 баллов (MSK 64) по СП 14.133330.2018 (табл. 1) [5]. Прогноз изменения гидрогеологического режима при строительстве предполагает локальное повышение уровня

Таблица 2. Гидрологические параметры площадки строительства СЭС (по результатам бурения 588 скважин, 2025 г.)

Параметр	Значение	Единицы измерения
Коэффициент фильтрации грунтов	0,5–5,0	м/сут
Глубина залегания грунтовых вод	7,8–9,8	м
Амплитуда сезонных колебаний	1,5–2,0	м
Тип вод	безнапорные	—
Связь с поверхностными водотоками	постоянная	—

Примечание. Коэффициент фильтрации определён методом откачки (ГОСТ 23278–2014) [1], минерализация и pH — лабораторным анализом проб воды.



Рис. 2. Сезонное колебание уровня грунтовых вод на участке строительства СЭС [4]

грунтовых вод изза нарушения естественного стока, риск заболачивания на участках с низким коэффициентом фильтрации (< 1,0 м/сут) и усиление морозного пучения при промерзании водонасыщенных грунтов [7].

Методика и результаты изысканий

Работы выполнены в июне–августе 2025 г. и включали следующие этапы:

- рекогносцировку с фиксацией опасных процессов и оценкой транспортной доступности (СП 11-105-97, ч. I, п. 5.4) [4];

- бурение 588 выработок колонковым способом (глубина 10,0–22,0 м) по ГОСТ 12071–2014 (п. 4.2) [1];

- опробование грунтов и вод по ГОСТ 12071–2014 [1];

- гидрогеологические наблюдения с периодичностью 1 раз в 10 дней (СП 11-105-97, п. 6.3.5) [4];

- лабораторные исследования фильтрационных и физико-механических свойств грунтов (ГОСТ 25100–2020, разд. 4) [2];

- геофизическое профилирование методом электротомографии (ГОСТ Р 58325–2018, п. 7.2) [3];

- ГИСанализ данных (СП 131.13330.2020, прил. Г) [6].

Результаты изысканий:

1. Составлены карты гидроизогипс масштаба 1:10000 [8].

2. Определены коэффициенты фильтрации для разных типов грунтов:

- суглинки: 0,5–1,0 м/сут;

- супеси: 1,0–2,5 м/сут;

- пески: 2,5–5,0 м/сут [2].

3. Выявлены участки с высоким риском заболачивания (коэффициент фильтрации < 1,0 м/сут) и зоны по-

тенциального подтопления площадью до 5 км² в период паводков [4].

Порезультатам лабораторных исследований (ГОСТ 25100–2020, табл. Б.1) [2] установлено, что грунты участка относятся к категории среднепучинистых при промерзании, что требует специальных конструктивных решений при устройстве фундаментов (СП 22.13330.2016, п. 6.8.11) [7].

Анализ влияния гидрологических условий на проектирование

Гидрологические факторы играют определяющую роль при выборе площадок для размещения солнечных панелей и разработке конструктивных решений [7]. Приоритет отдается участкам с глубоким залеганием грунтовых вод (> 10 м) и высоким коэффициентом фильтрации (> 2,0 м/сут). Исключаются зоны с коэффициентом фильтрации < 1,0 м/сут из-за риска заболачивания, а также понижения и западины рельефа, где возможно скопление поверхностных вод [4] [7].

Для обеспечения устойчивости сооружений рекомендованы свайные фундаменты с заглублением > 2,5 м — ниже глубины промерзания грунтов. Это позволяет избежать деформаций, вызванных морозным пучением водонасыщенных суглинков и супесей [5] [7]. Дополнительно предусматривается гидроизоляция опор битумными мастиками (ГОСТ 30693–2000, п. 4.2) [10], устройство песчаногравийной подушки толщиной 0,3 м под основаниями опор для равномерного распределения нагрузки [7] и применение свай с антикоррозионным покрытием (СП 28.13330.2017, табл. В.1) [11].

Дренажная система проектируется как комплекс инженерных решений [7], включающий линейный дренаж

вдоль рядов фотоэлектрических модулей с шагом между дренами 20 м, уклоном 0,005 и глубиной заложения 1,2–1,5 м. По периметру площадок предусматриваются водо-сборные канавы шириной по дну 0,5 м и глубиной 0,8 м с щебёночной обсыпкой фракцией 20–40 мм. Для предотвращения заиливания дренажа применяется геотекстиль плотностью 200 г/м² (ГОСТ Р 56419–2015, п. 5.3) [12]. Контроль работы системы обеспечивается установкой смотровых колодцев через каждые 50 м (СП 32.13330.2018, п. 6.2.15) [13].

Мониторинг гидрогеологического режима в период эксплуатации предусматривает установку пьезометров в контрольных скважинах (СП 11–105–97, п. 6.3.8) [4], регулярные замеры уровня грунтовых вод (1 раз в месяц в тёплый период и 1 раз в квартал в холодный период), контроль минерализации и химического состава вод — 2 раза в год (ГОСТ 31861–2012, разд. 4) [14] — и автоматизированный сбор данных с передачей в единую систему мониторинга (ГОСТ Р ИСО 18385–2021, п. 7.2) [15].

Обоснование проектных решений по результатам изысканий следующее. Выбор свайных фундаментов обусловлен сейсмичностью района (6 баллов по MSK 64) [5], среднепучинистыми свойствами грунтов при промерзании (ГОСТ 25100–2020, п. 3.34) [2] и глубиной промерзания 2,2–2,4 м на участке [6]. Необходимость дренажной системы определяется высоким риском подтопления в паводковый период (зона I A, участок I A 2) [4], низкой водопроницаемостью суглинков (0,5–1,0 м/сут) [2] и близким залеганием грунтовых вод (7,8–9,8 м) [8]. Антикоррозионная защита требуется изза минерализации подземных вод 0,8–1,2 г/л [14] и сезонных колебаний уровня воды (1,5–2,0 м) [2], вызывающих попеременное увлажнение и высыхание конструкций [11].

Все предложенные решения соответствуют требованиям действующих нормативных документов и учитывают специфические инженерногеологические и гидрогеологические условия площадки строительства.

Заключение

В ходе инженерногеологических и гидрогеологических изысканий, комплексно оценены условия площадки строительства СЭС [1] [4]. Установлено, что участок площадью 32 км² расположен между реками Амур и Тунгуска в зоне умеренного муссонного климата с выраженными сезонными колебаниями уровня воды [6].

Сформулированы следующие **выводы**:

1. Гидрогеологические условия участка характеризуются:

- постоянной гидравлической связью поверхностных и подземных вод;
- глубиной залегания грунтовых вод в диапазоне 7,8–9,8 м;
- амплитудой сезонных колебаний уровня грунтовых вод 1,5–2,0 м;

— коэффициентом фильтрации грунтов от 0,5 до 5,0 м/сут (варьируется в зависимости от типа грунта — суглинки, супеси, пески);

— наличием зон потенциального подтопления площадью до 5 км² в период паводков [2] [4].

2. К основным опасным процессам, требующим обязательного учёта при проектировании, относятся:

- сезонное подтопление (район I A, участок I A 2) [4];
- морозное пучение грунтов в верхней части разреза изза их среднепучинистых свойств при промерзании (ГОСТ 25100–2020, п. 3.34) [2];
- сейсмичность территории 6 баллов по шкале MSK 64 (СП 14.13330.2018, табл. 1) [5].

3. Литологический состав грунтов (почвеннорастворительный слой, суглинки и супеси, пески пылеватые, мелкие и средней крупности) [2] в сочетании с климатическими условиями региона (умеренный муссонный климат, продолжительность безморозного периода 159 дней) [6] диктует необходимость применения специальных конструктивных решений при строительстве.

Рекомендации для проектировщиков, основанные на результатах изысканий:

1. При выборе площадок для размещения солнечных панелей **отдавать приоритет участкам с**:

- глубиной залегания грунтовых вод более 10 м;
- коэффициентом фильтрации более 2,0 м/сут;
- отсутствием понижений и западин рельефа, где возможно скопление поверхностных вод [4] [7].

2. **Применять свайные фундаменты** с заглублением ниже глубины промерзания (> 2,5 м) для предотвращения деформаций, вызванных морозным пучением [5] [7].

3. **Предусматривать комплексную дренажную систему** на участках с коэффициентом фильтрации менее 2,0 м/сут, включающую:

- линейный дренаж вдоль рядов фотоэлектрических модулей;
- водоотводные канавы по периметру площадок;
- геотекстиль для предотвращения заиливания [12] [13].

4. **Организовать мониторинг гидрогеологического режима** в период строительства и эксплуатации, который должен предусматривать:

- установку пьезометров в контрольных скважинах [4];
- регулярные замеры уровня грунтовых вод (1 раз в месяц в тёплый период, 1 раз в квартал в холодный период);
- контроль минерализации и химического состава вод 2 раза в год [14];
- автоматизированный сбор данных с передачей в единую систему мониторинга [15].

5. **Обеспечивать антикоррозионную защиту** металлических элементов конструкций (свай, опор) в соответствии с требованиями СП 28.13330.2017 [11], с учётом минерализации подземных вод (0,8–1,2 г/л) [14].

6. **Учитывать сейсмические воздействия** при расчёте фундаментов и конструкций (СП 14.13330.2018)

[5] и предусматривать дополнительные меры по обеспечению сейсмостойкости сооружений.

7. Использовать гидроизоляцию опор битумными мастиками (ГОСТ 30693–2000) [10] и устраивать песчаногравийную подушку толщиной 0,3 м под основаниями опор для равномерного распределения нагрузки [7].

Результаты проведённых изысканий имеют высокую практическую значимость для развития возобновляемых источников энергии на Дальнем Востоке [9]. Предложенные решения позволяют минимизировать гидрогеологические и сейсмические риски при

строительстве крупномасштабных солнечных электростанций в аналогичных климатических и геологических условиях.

Перспективным направлением дальнейших исследований является долгосрочный мониторинг гидрогеологического режима и сейсмической активности на площадке после ввода объекта в эксплуатацию [5] [8]. Это позволит уточнить параметры работы дренажной системы, оценить эффективность антакоррозионной защиты и скорректировать режимы мониторинга в зависимости от реальных условий эксплуатации.

Литература:

1. ГОСТ 12071–2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. — М.: Стандартинформ, 2015. — IV, 28 с.
2. ГОСТ 25100–2020. Грунты. Классификация. — М.: Стандартинформ, 2020. — IV, 32 с.
3. ГОСТ Р 58325–2018. Грунты. Полевое описание. — М.: Стандартинформ, 2018. — IV, 16 с.
4. СП 11–105–97. Инженерногеологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ. — М.: Госстрой России, 1997. — 48 с.
5. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II7–81*. — М.: Минстрой России, 2018. — 112 с.
6. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23–01–99. — М.: Минстрой России, 2020. — 124 с.
7. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01–83. — М.: Минстрой России, 2016. — 220 с.
8. Госгеологическая карта масштаба 1:1 000 000 (новая серия). Лист М53 (Хабаровск). Объяснительная записка. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. — 187 с.
9. Инженерная геология СССР. Том 8. Дальний Восток / Под ред. Е. М. Сергеева. — М.: Недра, 1991. — 378 с.
10. ГОСТ 30693–2000. Мастики кровельные и гидроизоляционные. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2001. — III, 12 с.
11. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11–85. — М.: Минстрой России, 2017. — 88 с.
12. ГОСТ Р 56419–2015. Материалы геосинтетические бентонитовые водонепроницаемые. Технические требования и методы испытаний. — М.: Стандартинформ, 2015. — V, 16 с.
13. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85. — М.: Минстрой России, 2018. — 142 с.
14. ГОСТ 31861–2012. Вода. Общие требования к отбору проб. — М.: Стандартинформ, 2013. — IV, 24 с.
15. ГОСТ Р ИСО 18385–2021. Требования к организациям, осуществляющим отбор, хранение и анализ проб воды. — М.: Стандартинформ, 2021. — VI, 18 с.

Geochemical properties of eruption products of mud volcanoes of the northern part of the Baku archipelago

Mukhtarova Khuraman Ziyadkhan, candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor, head of department;
 Mammadli Mahammad Azer, master's student;
 Rahimov Kamal Zaur, master's student
 Azerbaijan State University of Oil and Industry (Baku, Azerbaijan)

Mud volcanoes of the northern Baku Archipelago are important geological and geochemical indicators of deep fluid migration and hydrocarbon potential in the South Caspian Basin. This study synthesizes available data on eruption products, including mud, water, gas, and mineralized ejecta, to evaluate their chemical and mineralogical properties. Waters from different volcanoes show a wide range of mineralization, from $Na-HCO_3$ and Na_2SO_4 types to $CaCl_2$ and $MgCl_2$ brines, reflecting contributions from multiple depth

sources. Mineralogical analysis reveals the presence of sulfides, phosphates, oxides, and metallic microspherules, indicating active fluid–rock interactions and metal mobilization from deeper strata. Understanding these geochemical characteristics helps assess mud volcano activity, subsurface fluid pathways, and potential hydrocarbon reservoirs in the region.

Keywords: mud volcano, geochemistry, eruption products, Baku Archipelago, South Caspian Basin, fluids, minerals, oil.

Геохимические особенности продуктов извержения грязевых вулканов северной части Бакинского архипелага

Мухтарова Хураман Зиядхан гызы, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, зав. кафедрой;

Маммадли Махмад Азер, студент магистратуры;

Рагимов Камал Заур, студент магистратуры

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (г. Баку, Азербайджан)

Грязевые вулканы северной части Бакинского архипелага являются важными геологическими и геохимическими индикаторами миграции глубинных флюидов и нефтегазового потенциала Южно-Каспийского бассейна. В исследовании синтезированы доступные данные о продуктах извержений, включая грязь, воду, газ и минерализованные выбросы со следами нефти, с целью оценки их химических и минералогических свойств. Воды разных вулканов показывают широкий диапазон минерализации — от типов $Na-HCO_3$ и Na_2SO_4 до рассолов $CaCl_2$ и $MgCl_2$, что отражает вклад источников разной глубины. Минералогический анализ выявил сульфиды, фосфаты, оксиды и металлические микросфера, указывая на активное взаимодействие флюидов с породой и перенос металлов из глубоких слоев. Понимание этих геохимических характеристик помогает оценить активность грязевых вулканов, пути миграции подземных флюидов и потенциальные нефтегазовые залежи региона.

Ключевые слова: грязевой вулкан, геохимия, продукты извержений, Бакинский архипелаг, Южно-Каспийский бассейн, флюиды, минералы, нефть.

Introduction

Mud volcanoes represent one of the most distinctive surface expressions of deep fluid, gas, and sediment migration within rapidly subsiding sedimentary basins. They act as natural conduits through which fluids, gases, and solid materials originating from different stratigraphic levels are transported to the surface, preserving valuable geochemical information about subsurface processes and petroleum systems [7]. The South Caspian Basin, and particularly the Baku Archipelago, hosts one of the world's highest concentrations of active onshore and offshore mud volcanoes, making this region a key natural laboratory for studying mud volcanism and its geochemical manifestations [4].

Previous studies have demonstrated that eruption products of mud volcanoes—including mud breccia, fluids, gases, and authigenic minerals—record complex interactions between water, rock, and hydrocarbons under conditions of elevated pressure and temperature at depth. Geochemical analyses of mud volcano fluids and gases from Azerbaijan indicate a predominance of $Na-Cl$ type waters, thermogenic methane, and minor heavier hydrocarbons, reflecting deep sedimentary and petroleum system sources [3, 9]. Isotopic and chemical data further suggest that these fluids may originate from depths ranging from several kilometers to more than 10 km, depending on the tectonic and thermal structure of the basin [4, 10].

Recent mineralogical and geochemical investigations have emphasized the importance of fluid–rock–gas reactions occurring within shallow mud chambers prior to eruption. Studies

from the Caspian Sea region show that mud volcano ejecta commonly contain altered clay minerals, carbonates, sulfides, and Fe–Mn phases formed through interaction between ascending fluids and host sediments [1, 2]. Similar processes have been documented at the Zenbil island mud volcano, where fluidogenous mineralization reflects changing redox conditions, hydrocarbon oxidation, and metal mobilization during fluid ascent [11].

Despite the substantial body of work on mud volcanoes in Azerbaijan, most geochemical studies have focused either on individual volcanoes or on broad regional trends without systematic synthesis of eruption products specific to the northern part of the Baku Archipelago. In particular, variations in the geochemical composition of solid ejecta, fluids, and gases between different mud volcanoes within this offshore–nearshore transition zone remain insufficiently summarized and compared using published datasets [1, 9]. Moreover, the relationship between geochemical signatures of eruption products and the geological setting of the Productive Series and deeper Mesozoic sediments has not been fully integrated in a single interpretative framework [5, 12].

Understanding the geochemical properties of mud volcano eruption products in the northern Baku Archipelago is important not only for advancing knowledge of mud volcanism but also for evaluating hydrocarbon generation, migration pathways, and deep fluid circulation within the South Caspian Basin. Mud volcano geochemistry has proven to be a valuable indirect tool for assessing oil and gas potential, thermal regime, and overpressure conditions in deeply buried sedimentary successions [4, 6, 7].

The main aim of this study is to synthesize and interpret published geochemical data on the eruption products of mud volcanoes in the northern part of the Baku Archipelago, with particular emphasis on fluid composition, gas geochemistry, mineralogical features, and fluid–rock interaction processes. By integrating results from previous studies, this work seeks to identify common geochemical patterns, regional characteristics, and existing data gaps, thereby providing a consolidated reference framework for future geological and geochemical investigations in the South Caspian mud volcanic province.

Data and Methods

The main dataset includes chemical analyses of mud volcano waters (major ions, mineralization degree, water type), gas geochemistry (methane dominance, isotopic composition of carbon and hydrogen, presence of higher hydrocarbons

and CO_2), and mineralogical-geochemical characteristics of solid ejecta such as breccia, clay matrix and authigenic mineral phases [2, 9, 11].

According to water-geochemistry data, mud volcano waters of the Baku archipelago are characterized by a wide range of mineralization values, reflecting different depths and sources of fluid generation. Reported mineralization values vary from relatively low mineralization in some island volcanoes to very high mineralization in others, indicating strong heterogeneity in fluid sources and migration pathways [2, 4]. For example, comparative analysis of water samples shows that mineralization generally increases from the north-west towards the south-east and south directions of the archipelago (Figure 1, 2), which corresponds to basin deepening and increasing burial depth of sedimentary sequences [4, 10].



Figure 1. (a) Location map of Azerbaijan. (b) Google Earth view showing the location of the mud volcanoes within the Caspian Sea, Azerbaijan [2].

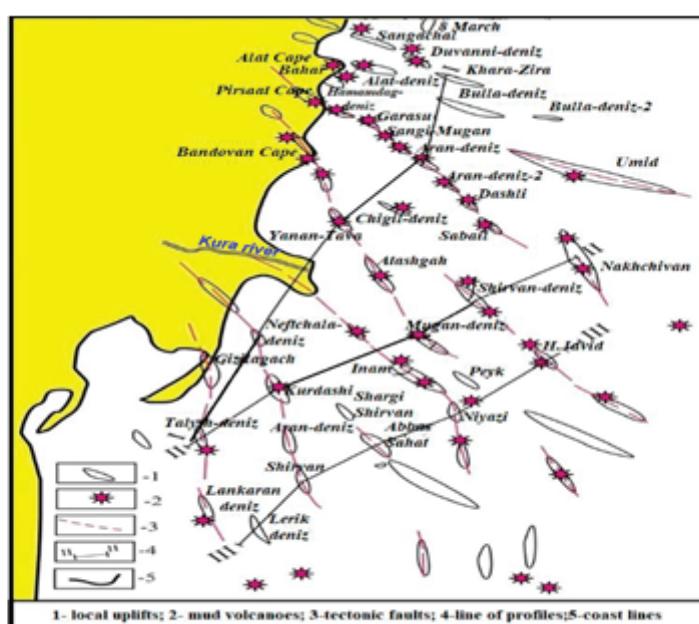


Figure 2. Baku archipelago. Mud volcanoes location scheme [10]

The compiled data indicate significant variability in the geochemical composition of waters discharged by mud volcanoes of the northern Baku Archipelago. The lowest mineralization values are characteristic of Gil adasi, 35.7 mg-eq/100 g, where waters are dominated by Na-HCO₃ composition and

likely originate from relatively shallow sedimentary levels. In contrast, Sangi-Mugan exhibits the highest degree of mineralization, reaching values above 242.5 mg-eq/100 g, with CaCl₂-MgCl₂ type waters, suggesting contribution from deeper, more evolved brines (Figure 3).

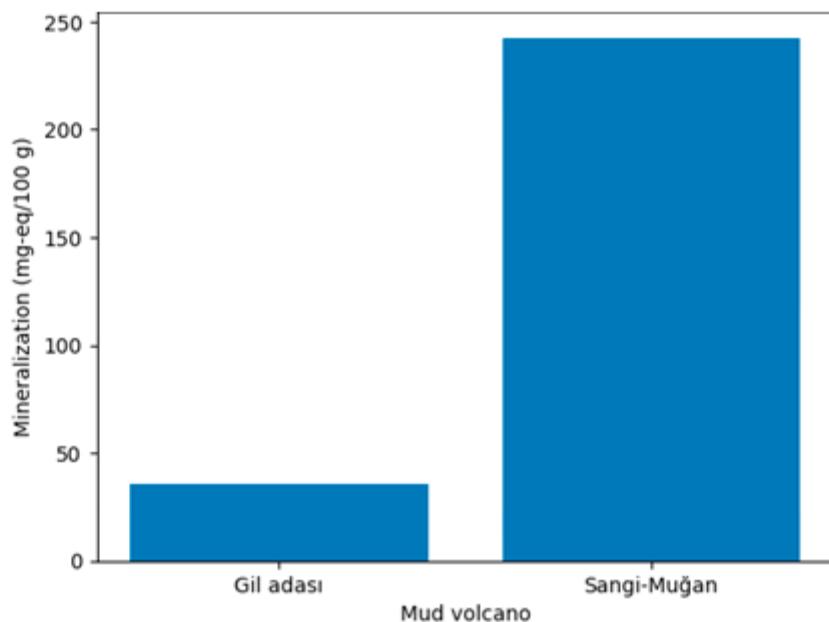


Figure 3. Mineralization of mud volcano waters in the Baku Archipelago

Mud volcanoes such as Zenbil and Dashgil show intermediate mineralization levels and are dominated by Na-Cl type waters, which are typical for deep basinal fluids in the South Caspian Basin. These waters are commonly associated with hydrocarbon-bearing strata and active fluid-rock interactions, including metal transport and mineral precipitation. The observed variability supports the concept that mud volcanoes in the Baku Archipelago are fed by fluids originating from multiple depth intervals and geological environments, rather than a single uniform source [2, 9, 11].

The chemical type of mud volcano waters also varies systematically across the region. In relatively shallow or marginal areas, alkaline water types such as NaHCO₃ and Na₂SO₄ dominate, whereas in deeper and more mature parts of the basin these waters are progressively replaced by CaCl₂ and MgCl₂ types [2, 4]. This transition reflects ongoing water-rock interaction processes, including ion exchange, clay mineral transformation and dissolution-precipitation reactions during deep burial and fluid ascent. Similar geochemical evolution trends have been documented for other South Caspian mud volcanoes and are consistent with models of progressive fluid maturation with depth [1, 2].

Gas geochemistry data indicate that methane is the dominant component of gases emitted by mud volcanoes of the Baku archipelago, with isotopic signatures mainly corresponding to thermogenic origin, although admixture of microbial methane is also reported in some cases [3, 8, 9]. The

presence of higher hydrocarbons and CO₂ further supports a deep sedimentary source for gases, often related to oil and gas-generating intervals within the Productive Series and deeper Mesozoic sequences [8, 9, 10]. Variations in gas composition and isotopic ratios between different volcanoes suggest differences in source depth, thermal maturity and migration pathways.

Mineralogical and geochemical data of solid eruption products provide additional evidence for complex fluid-rock interactions in mud volcano systems. Studies of the Zenbil mud volcano reveal the presence of fluidogenic mineralization, including native metals, metal alloys, sulfides, oxides and phosphate minerals within the breccia material [11]. These mineral phases are interpreted as products of deep, metal-bearing fluids ascending together with mud and sediments, rather than simple mechanical entrainment of host rocks.

In addition to mineral phases, the bulk chemical composition of solid ejecta demonstrates significant variability in silica content across different mud types and sampling sites (Figure 4). Brecciated mud generally exhibits the highest SiO₂ concentrations, exceeding 50 wt. % at Khara-Zire and Garasu, while liquid mud samples maintain relatively high values around 48–49 wt. %. Oily mud shows greater heterogeneity, with Bendovan displaying a marked decrease to 32.3 wt. % compared to other sites [2]. These differences highlight the influence of geological conditions and eruption dynamics on the geochemical composition of mud volcano products in the northern Baku

Archipelago. Understanding these variations is crucial because SiO_2 content directly reflects the mineralogical maturity (high SiO_2 values typically correspond to a greater proportion of quartz and other silica-rich minerals, which are stable and re-

sistant to alteration) and sedimentary source characteristics of the erupted material, which in turn provides insights into the depth of origin, fluid–rock interaction processes, and tectonic setting of mud volcano systems [2].

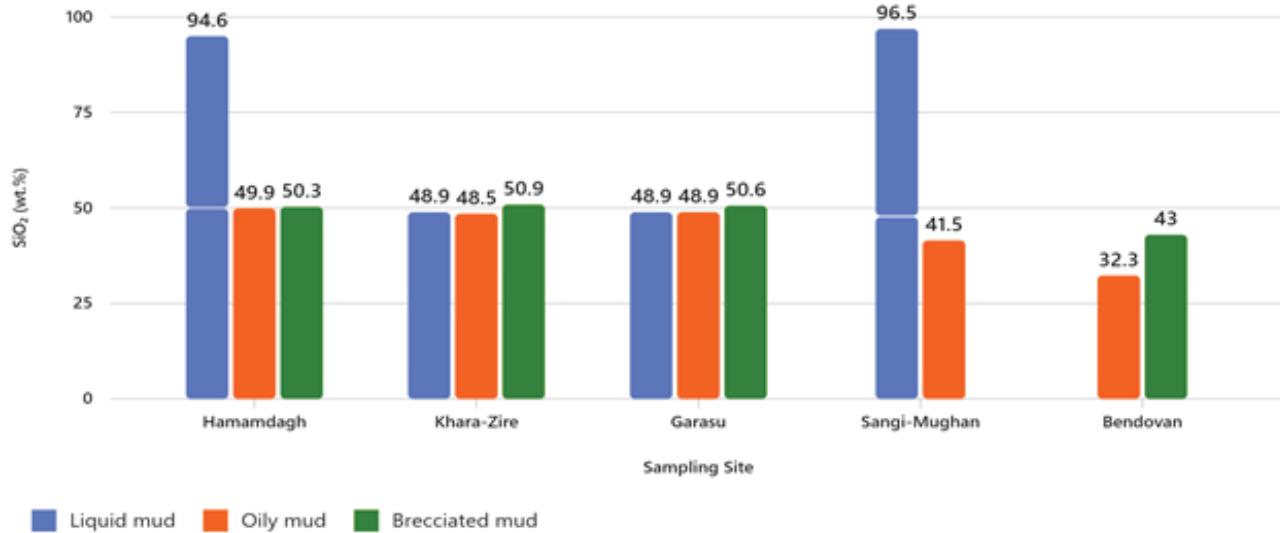


Figure 4. Variation of SiO_2 content in mud volcano eruption products by sampling site and sample type (Northern Baku Archipelago)

Similar conclusions are supported by detailed mineralogical and geochemical investigations of Bahar and Zenbil volcanoes, which demonstrate significant alteration of clay minerals and precipitation of authigenic phases during fluid ascent [1].

By synthesizing these datasets, it becomes evident that mud volcanoes of the northern Baku archipelago represent integrated systems linking deep hydrocarbon-generating strata, fluid–rock interaction zones and surface eruption products. The variability observed in water mineralization, water type, gas composition and solid ejecta mineralogy reflects differences in structural position, depth of feeding horizons and thermal regime across the archipelago [2, 4, 10]. At the same time, inconsistencies and gaps in available datasets — especially for offshore and island volcanoes — indicate that the geochemical diversity of eruption products is still not fully documented.

Thus, the compiled data allow not only a descriptive characterization of the geochemical properties of mud volcano eruption products, but also a comparative evaluation of fluid sources, migration processes and interaction mechanisms controlling mud volcanism in the northern part of the Baku archipelago.

Conclusion

The synthesis of published geochemical, mineralogical and gas-geochemical data shows that eruption products of mud volcanoes in the northern part of the Baku archipelago record complex interactions between deep fluids, sediments and gases within the South Caspian Basin. Variations in water mineralization, ionic composition, gas origin and solid ejecta mineralogy reflect differences in source depth, structural position and fluid migration pathways, with a general increase in mineralization and chloride dominance toward deeper and more subsiding parts of the basin. The presence of thermogenic methane, isotopic signatures of deep hydrocarbons, and fluid-induced mineral phases such as metal oxides, sulfides and phosphates indicates that mud volcanoes act as efficient conduits for deep-seated fluids and materials. Overall, the reviewed data confirm that mud volcanoes of the Baku archipelago are not only surface expressions of overpressure but also important geochemical indicators of subsurface petroleum systems and fluid–rock interaction processes in the South Caspian Basin.

References:

1. Baldermann, A., Abbasov, O. R., Bayramova, A., Abdullayev, E., Dietzel, M. (2020). New insights into fluid–rock interaction mechanisms at mud volcanoes: Implications for fluid origin and mud provenance at Bahar and Zenbil (Azerbaijan). *Chemical Geology*, 537, 119479. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2020.119479>
2. Bayramova, A., Abbasov, O. R., Aliyev, A. A., Baloglanov, E. E., Stamm, F. M., Dietzel, M., & Baldermann, A. (2023). Tracing Water–Rock–Gas Reactions in Shallow Productive Mud Chambers of Active Mud Volcanoes in the Caspian Sea Region (Azerbaijan). *Minerals*, 13(5), 696. <https://doi.org/10.3390/min13050696>

3. Bonini, M., Tassi, F., Feyzullayev, A. A., Aliyev, C. S., Capecchiacci, F., & Minissale, A. (2013). Deep gases discharged from mud volcanoes of Azerbaijan: New geochemical evidence. *Marine and Petroleum Geology*, 43, 450–463. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2012.12.003>
4. Feyzullayev, A. (2012). Mud volcanoes in the South Caspian basin: Nature and estimated depth of its products. *Natural Science*, 4, 445–453. <https://doi.org/10.4236/ns.2012.47060>
5. Hinds, D. J., Aliyeva, E., Allen, M. B., Davies, C. E., Kroonenberg, S. B., Simmons, M. D., & Vincent, S. J. (2004). Sedimentation in a discharge dominated fluvial-lacustrine system: the Neogene Productive Series of the South Caspian Basin, Azerbaijan. *Marine and Petroleum Geology*, 21(5), 613–638. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2004.01.009>
6. Huseynova, A. B. (2019). Isotopic Geochemistry of Mud Volcano Fluids. *Reports of ANAS*, 75(1). Azerbaijan National Academy of Sciences.
7. Kopf, A. J. (2002). Significance of mud volcanism. *Reviews of Geophysics*, 40(2), 1005. <https://doi.org/10.1029/2000RG000093>
8. Lin, Y.-T., Rumble, D., Young, E. D., Labidi, J., Tu, T.-H., Chen, J.-N., et al. (2023). Diverse origins of gases from mud volcanoes and seeps in tectonically fragmented terrane. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 24, e2022GC010791. <https://doi.org/10.1029/2022GC010791>
9. Mazzini, A., Svensen, H., Planke, S., Guliyev, I., Akhmanov, G. G., Fallik, T., & Banks, D. (2009). When mud volcanoes sleep: Insight from seep geochemistry at the Dashgil mud volcano, Azerbaijan. *Marine and Petroleum Geology*, 26(9), 1704–1715. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2008.11.003>
10. Mukhtarova, K., Nasibova, G., & Zeynalova, S. (2024). Relationship of oil and gas prospects and temperature distribution with depth to mud volcanism in Baku Archipelago. *Proceedings of Azerbaijan Higher Technical Educational Institutions*, 26(5), 6–12. <https://doi.org/10.36962/PAHTEI149052024-06>
11. Shnyukov, Ye. F., Aliev, Ad. A., Ivanchenko, V. V., Agaev, A. M., & Permyakov, V. V. (2019). Fluidogenous mineralization of the mud volcano of Zenbil (Duvannyi) island in the Caspian Sea. *Geology and Mineral Resources of World Ocean*, 15, 25–41. <https://doi.org/10.15407/gpimo2019.03.025>
12. Zeynalova, S., Manyuk, V., Karimzade, F., Shahbazov, R., & Zahidova, T. (2024). Substantiating of oil and gas prospects of Mesozoic sediments based on the geochemical model of mud volcanoes in the Shamakhi-Gobustan structural element of the South Caspian megadepression. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 33, 617–629. <https://doi.org/10.15421/112457>

ИСТОРИЯ

Конструктивные особенности и вопросы интерпретации жилищ Елшанской культуры

Зубкова Диана Алексеевна, студент
Волгоградский государственный социально-педагогический университет

В настоящее время в лесостепном Поволжье известно более 30 памятников елшанской культуры. Однако в предыдущих исследованиях основное внимание уделялось каменному и керамическому инвентарю, в то время как вопрос о роли жилищ как культурного индикатора эпохи позднего каменного века остается открытым. Для решения этой проблемы предлагается анализ комплексов, обнаруженных на памятниках елшанской культуры, которые исследователи интерпретируют как жилища. Сравнение проводилось между синхронными комплексами, что позволяло выявить специфические черты конструктивных элементов, характерные для каждого памятника.

Ключевые слова: неолит, жилища, елшанская культура, лесостепное Поволжье, археологические памятники, радиоуглеродный анализ.

Введение. Изучение древних жилищ представляет собой одну из наиболее трудных задач для археологов, требующую сложную реконструкцию. В этнографии жилище признается краеугольным камнем культуры [8, с. 3]. Археологи, работающие с материалами неолита лесостепного Поволжья, часто обнаруживают структуры, которые условно именуются «жилищами» или «остатками жилищ». Важно понимать, что термин «жилище» в археологии является весьма условным, поскольку его материальные следы в культурном слое могут быть крайне разнообразны. Отсутствие единого определения связано как с многообразием самих конструкций древних построек, так и с неравномерной степенью их сохранности. То, что мы находим и называем «остатками жилища» или «жилищем», может варьироваться от четко видимых фундаментов, стен, полов и остатков срубов в античных и средневековых конструкциях до менее очевидных признаков, таких как скопление костей крупных животных или просто цветовые отличия в культурных слоях. Тем не менее, четкие определения того, что именно считать «остатками жилищ» или «жилищем» для конкретных памятников или групп, встречаются редко [9, с. 49].

Выюново озеро I. В 8 км к юго-востоку от г. Алатырь, на первой надпойменной террасе правого берега р. Суры, располагается стоянка Выюново озеро I, занимающая северо-восточную оконечность старичного озера Выюново (рис. 1). Этот многослойный памятник интересен тем, что в юго-западной части раскопа был обнаружен не потревоженный поздними перекопами ранненеолитический слой с тёмно-серым углистым песком. В данном слое зафиксি-

рованы следы небольшого, близкого к квадратной форме, жилища, размеры которого составили 5×4 м, а общая площадь около 20 м² [5, с. 195]. Сооружение было загублено в землю (на 15–20 см) и имело уклон к центру. Внутри и снаружи были обнаружены столбовые ямы, которые не имели системного расположения. Предполагаемый вход/выход из жилища был ориентирован на северо-восток, в сторону края террасы. Внутри, у южной стены и в районе входа, зафиксированы два крупных углистых пятна, которые, по мнению исследователей, представляли собой очаги. Небольшая глубина залегания и отсутствие системы в расположении столбовых ям позволяют предположить К. М. Андрееву, что жилище представляло собой наземную каркасную конструкцию типа шалаша, с непродолжительным периодом эксплуатации (рис. 1) [1, с. 190]. Согласно полученным на АМС даты по органике керамики, ранненеолитическое население обитало на памятнике в период, охватывающий примерно 7222±58 ВР (6220–6004 cal BC) (AA-96017.1) и 7160±40 ВР (6092–5927 cal BC) (Poz-47870) [7, с. 107].

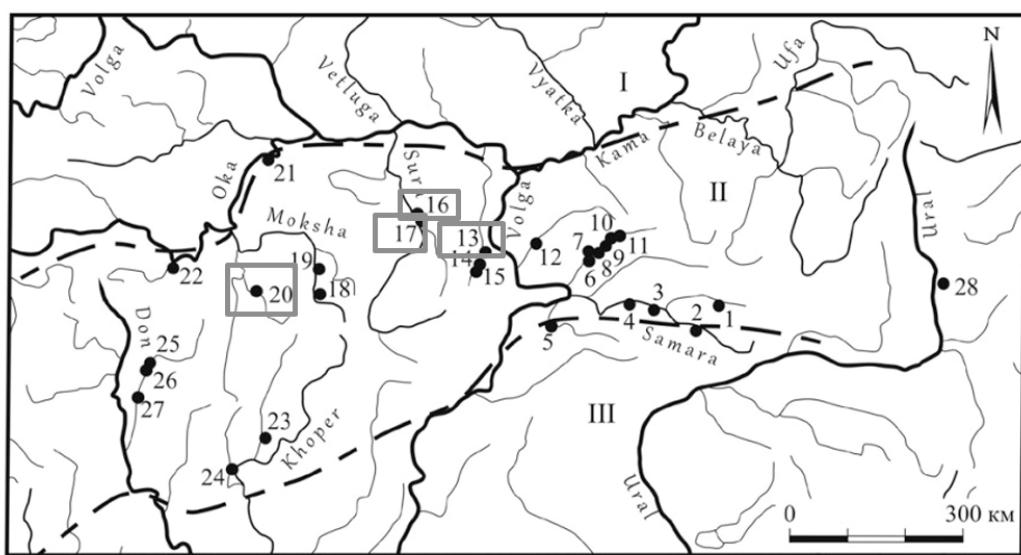
Утюж I. На стоянке Утюж I, расположенной вблизи Алатыря на второй надпойменной террасе Суры, археологи обнаружили остатки жилища. Поселение располагалось на пологом возвышении вблизи реки Утюж. Интенсивное использование земли привело к сильному повреждению верхних слоев культурных отложений (рис. 2). Под слоем распашки было найдено углубленное двуслойное жилище [4, с. 14]. Жилище имело подпрямоугольную форму, размеры около 3,7 на 2,6 м и было углублено в землю на 10–20 см. Ориентация котлована —

север-юг, вход, вероятно, находился с южной стороны и был оформлен в виде небольшого коридора. Внутри и вокруг жилища на уровне материка обнаружены столбовые ямы, расположенные хаотично, без какой-либо системы. Следов очага не найдено. Предполагается, что это была легкая наземная конструкция, возможно, шалаш, использовавшаяся недолго. Анализ вышележащих слоев выявил находки, относящиеся к позднему неолиту и энеолиту. Это позволяет предположить, что первоначальные размеры жилища могли быть больше, но последующая активность на месте стоянки изменила его первоначальный вид (рис. 2) [1, с. 191]. На поселении исследователями была обнаружена сходная керамика, что и на ст. Вьюново озеро I, которая по нагару на АМС и по органике в керамике получила совпадающие даты — 6568 ± 49 ВР (5618–5473 cal BC) (Ua-44377); 6500 ± 100 ВР (5632–5300 cal BC) (SPb-834) (рис. 1–2); 6500 ± 100 (5632–5300 cal BC) (SPb-586) [7, с. 107].

Имерка VII. На стоянке Имерка VII обнаружено жилище овальной формы размером примерно 8 на 4,5 м, общей площадью около 36 м^2 (рис. 2). Жилище было слегка углублено в грунт (13–20 см), с пологими стенками и неровным дном, поднимающимся к юго-востоку. На полу и рядом с жилищем обнаружено 26 ям, сосредоточенных в западной и восточной частях, без очевидной системы расположения. Судя по всему, вход находился в северо-западной части и был ориентирован вдоль края террасы. Важно отметить, что эта конструкция, в отличие от других находок на памятнике, связанных с гребенча-

то-накольчатой керамикой, имеет другую ориентацию и размеры (рис. 2) [1, с. 191]. Небольшое количество находок позволяет предположить кратковременное существование поселения (не более 2–3 сезонов). Радиоуглеродный анализ керамики дал разные даты, с разбросом до 360 лет. Наиболее вероятной датой считалась 6270 ± 80 ВР (5466–5027 cal BC) (Ki-15097), которая подтвердилась датировкой нагара на том же сосуде — 6200 ± 50 ВР (5301–5026 cal BC) (Poz-52651). С учетом временного диапазона елшанских материалов Поволжья (6300–5500 cal BC), выдвинута гипотеза о длительном изолированном существовании ранненеолитических групп в Примокшанье. Тем не менее, исследователям не исключается и возможность омоложения находок, связанного с особенностями формирования слоя [7, с. 98].

Луговое III. Раскопки на стоянке Луговое III выявили жилище, имеющее форму, близкую к квадрату (?). Оно вытянуто вдоль мыса в направлении с юго-востока на северо-запад. Размеры сооружения составляют 7,5 м в длину и 4,7 м в ширину, что соответствует общей площади примерно в 35 м^2 . Пол жилища углублен в почву на 20–30 см, вход-выход находился в юго-восточной части. В противоположной части помещения, в северо-западном углу, обнаружен овальный очаг, уходящий вглубь на 40 см и имеющий диаметр около 1,5 м (рис. 2). Наибольшее количество артефактов было найдено в заполнении котлована жилища [1, с. 191]. По органике в керамике со стоянки Луговое III получена дата 6570 ± 170 ВР (5872–5208 cal BC) (Ki-12169) [7, с. 117–118].



Ранненеолитические памятники лесостепного Поволжья и стоянки сопредельных территорий, содержащие керамику елшанского типа.

Early Neolithic sites of the forest-steppe Volga region and adjacent areas sites containing ceramics Elshanskiy type.
 I — лесная зона (forest); II — лесостепная зона (forest-steppe); III — степная зона (steppe).
 1 — Ивановка; 2 — Старая Елшанка II; 3 — Виловатое; 4 — Максимовка I и II; 5 — Троицкое; 6 — Ильинка; 7 — Красный Городок; 8 — Большая Раковка II; 9 — Лебяжинка IV; 10 — Нижняя Орлянка II; 11 — Чекалино IV; 12 — Лебяжье I, Мел'кес III-V; 13 — Лугово III; 14 — Усть-Ташелка (Елшанка X); 15 — Елшанка XI; 16 — Утую I; 17 — Вьюново озеро I; 18 — Озименки II; 19 — Ковылья I, Вадовские Селища; 20 — Имерка VII; 21 — Старое Щербинино XV, Новое Щербинино V; 22 — Городок I; 23 — Шапкино VI; 24 — Плаутино I; 25 — Липецкое озеро; 26 — Ярлыковская протока (пункт 222); 27 — Устье р. Излегоши-2; 28 — Черников Брод I.

Рис. 1. Местонахождение «жилищ» лесостепного Поволжья: 13 — Лугово III; 16 — Утую I; 17 — Вьюново озеро I; 20 — Имерка VII [9, с. 29]

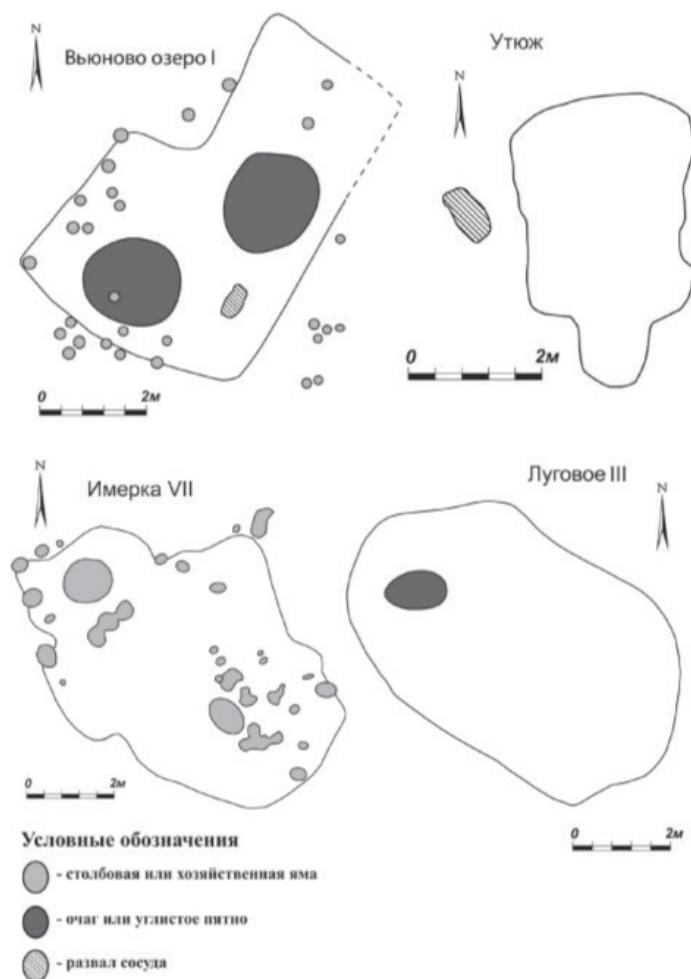


Рис. 2. Жилищные сооружения стоянок Вьюново озеро I; Утюж I, Имерка VII, Луговое III [6, с. 86]

Обсуждение. Реконструкция размера и формы древних жилищ зачастую опирается на анализ пятен, обнаруженных в ходе раскопок. Важно учитывать, что песчаные грунты способствуют быстрому разрушению деревянных конструкций, особенно тех, что подвергались воздействию внешней среды. Тем не менее, по мнению исследователей, изучение распределения артефактов (планиграфический анализ) способствует выявлению контуров построек. Такая возможность возникает при однократном заселении территории или при расположении построек разных эпох на значительном удалении друг от друга, без образования культурного слоя между ними [8, с. 20]. Исследователи, работающие на территории лесостепного Поволжья, сталкиваются с проблемой точного описания большинства выявленных «жилищных» пятен. Эти участки редко обладают четкими, легко определяемыми формами (кругами, квадратами и т. п.). Напротив, они часто имеют неправильные, изменчивые границы, которые могут меняться в процессе раскопок. Вследствие этого, в научной литературе и отчетах для обозначения таких неоднозначных структур нередко применяются условные определения/интерпретации, такие как «подквадратные», «подпрямоугольные» или «подовальные» формы.

Исследователи часто обнаруживают остатки хозяйственных ям или очагов внутри «жилищ». Хотя наличие очага или кострища, по мнению Е. В. Леоновой, может соответствовать функции жилища, оно не является обязательным элементом жилого пространства [9, с. 55]. В двух объектах елшанской культуры, «Утюж» и «Имерка VII», которые интерпретируются как «жилища», не были найдены следы кострищ или очагов. Идентификация кострищ — задача, сопряженная с трудностями. Примером служит ситуация, когда в некоторых энеолитических постройках Карелии второе кострище было настолько незначительным, что его удалось выделить только благодаря косвенным свидетельствам: наличию пятна прокаленного песка (Тунгуда XVII, жилище 2) или скоплению кальцинированных косточек и пятнам коричневатого песка (Сумозеро XV, жилище 1) [8, с. 22]. Следовательно, даже применение передовых методик раскопок не дает полной уверенности в том, что при исследовании полуземлянки обязательно будет обнаружено пятно кострища. Это требует критического подхода к интерпретации жилищ, в которых кострище отсутствует.

Среди элементов конструкции жилищ наиболее обсуждаемыми являются столбовые ямки. К. М. Андреев

предполагает, что отсутствие какой-либо закономерности в их расположении указывает на нестрогую планировку внутреннего пространства и отсутствие четкого каркаса. По его мнению, жилища елшанской культуры были легкими постройками, наподобие шалашей, при возведении которых не требовалось стандартизированное расположение конструктивных элементов [1, с. 192]. Информация о столбовых ямах была получена автором статьи исключительно из текстового описания, так как на прилагаемом плане они не были обозначены. Нередко в описании ямы не хватает ясности относительно критерии ее отнесения к столбовым, а не к хозяйственным. Для верификации заключений исследователя в подобных ситуациях крайне важна публикация профиля ямы. Именно поэтому неопределенность в отношении глубины залегания объектов, предположительно являющихся столбовыми ямами, ставит под сомнение их интерпретацию. К. М. Андреев констатирует отсутствие какой-либо системы в их расположении. Чтобы обосновать гипотезу о шалашеобразной крыше, характеризующейся хаотичным расположением опорных элементов, критически важно проанализировать глубину обнаруженных ям. Интерпретация мелких ям (до 5–10 см), которые иногда встречаются в жилищах, например, в Варфоломеевке (Нижнее Поволжье), как столбовых, представляется не всегда обоснованной [10]. Неглубокие углубления, подобные этим, не обеспе-

чивают достаточной устойчивости для удержания столба в песчаном грунте, особенно если столб служит опорой для кровли, даже самой простой конструкции, на подобии «шалаша».

Вывод. Таким образом, ни один из упомянутых признаков или их групп не может служить однозначным критерием для интерпретации описанных структур как остатков жилья. Проблема распознавания следов жилищ заключается в том, что невозможно установить полный спектр возможных вариаций (форм, особенностей) культурных остатков, которые когда-то были домами: количество различных вариантов (типов) жилищ значительно возрастает из-за множества разрушительных процессов. Подобные конструкции в различных условиях могут оставлять разные следы. Исследователи неолита лесостепной зоны считают, что люди часто переезжали, создавая поселения, которые существовали, недолго создавая «легкие каркасные структуры». Согласно этнографическим данным, охотники и рыболовы создают разнообразные легкие переносные жилища, которые не оставляют следов от конструкции [9, с. 66]. Также следует учесть субъективный фактор, который всегда присутствует при фиксации и интерпретации культурных остатков в процессе раскопок, а также обобщения и условности, допущенные при описании и составлении планов и профилей.

Литература:

1. Андреев К. М. Жилищные комплексы елшанской ранненеолитической культуры // СНВ. — 2020. — № 3 (32). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhilischnye-kompleksy-elshanskoy-ranneneoliticheskoy-kultury> (дата обращения: 17.11.2025).
2. Андреев К. М. О двух вариантах елшанской культуры // Неолитические культуры Восточной Европы: хронология, палеоэкология, традиции: материалы Международной научной конференции, посвященной 75-летию Виктора Петровича Третьякова, — СПб., 12–16 мая 2015 г. — Санкт-Петербург: ООО «Периферия», 2015. — С. 29–33. — EDN TSARIR.
3. Березина Н. С. Каменный век чuvашского Поволжья // Археология евразийских степей. 2021. — № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kamennyy-vek-chuvashskogo-povolzhya> (дата обращения: 19.11.2025).
4. Березина Н. С., Вискалин А. В., Выборнов А. А., Королев А. И., Ставицкий В. В. Охранные раскопки многослойного поселения Утюж I на Суре [Электронный ресурс] // [сайт]. — URL: https://alabin.ru/biblioteka/samkrai3/samkrai3_berezina.pdf?ysclid=mi3pybxdmy984511581 (дата обращения: 17.11.2025).
5. Березина, Н. С., Выборнов, А. А., Ставицкий, В. В., Березин, А. Ю. Ранненеолитическая стоянка Вьюново озеро I в Среднем Посурье // Тверской археологический сборник. — Вып. 9. — Тверь: Триада, 2013. — С. 195–201.
6. Выборнов А. А., Ставицкий В. В. Проблемы изучения ранненеолитических жилищ Нижнего и Среднего Поволжья // Поволжская археология. — 2022. — № 3 (41). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-izucheniya-ranneneoliticheskikh-zhilisch-nizhnego-i-srednego-povolzhya> (дата обращения: 17.11.2025).
7. Выборнов А. А., Юдин А. И., Кулькова М. А., Гослар Т., Посснерт Г., Филиппсен Б. Радиоуглеродные данные для хронологии неолита Нижнего Поволжья // Радиоуглеродная хронология эпохи неолита Восточной Европы VII–III тыс. до н. э. / сост. Г. И. Зайцева, О. В. Лозовская, А. А. Выборнов, А. Н. Мазуркевич. — Смоленск: Свиток, 2016. — С. 62–74.
8. Жульников А. М. Древние жилища Карелии. — Петрозаводск: Скандинавия, 2003. — 200 с.
9. Леонова Е. В. Мезолитические жилища Волго-Окского междуречья (к проблеме интерпретации источника) // Амирханов Х. А. (ред.). Проблемы каменного века Русской равнины. — М.: Научный мир, 2004. — С. 49–68.
10. Юдин А. И. Жилища Варфоломеевской неолитической стоянки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Исторические науки. — 2021. — № 4 (12). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhilischa-varfolomeevskoy-neoliticheskoy-stoyanki> (дата обращения: 03.11.2025).

Ремесленная и промысловая деятельность крестьян Поволжья в XIX веке

Недобежкин Станислав Владимирович, старший преподаватель, Академик РНАН
Бугульминский профессионально-педагогический колледж (Республика Татарстан)

В статье автор дает описание ярких ремесел и промыслов народов Поволжья и возможность воссоздания в современных условиях в проекте «Деревня согласия». Ввиду того, что земледельческая культура относилась «зоне рискованного земледелия» и слабо вознаграждала батраков-земледельцев при отсутствии в уездах ценных зерновых культур, естественно, что среди крестьянского населения существовала в широких масштабах потребность в промысловой деятельности.

Ключевые слова: Поволжье, Казань, ремесла, промысел, крестьяне.

Среди губерний и уездов Поволжья особенно выделяется Бугульминский уезд. В Бугульминский уезд входили современные районы Республики Татарстан: Бугульминский, Альметьевский, Лениногорский, Бавлинский, Ютазинский, Азнакаевский. Часть территории Самарской и Оренбургской областей.

В Бугульминском уезде промыслами были заняты 35 % т. е. более 1/3 крестьянского населения. [1, с. 89] Степень обеспеченности населения продуктами земледельческой промышленности ставила крестьян в положение, притягивающее или отдаляющее их от промысловой деятельности.

Обильным источником для промысловой деятельности крестьянского населения служила обработка изделий из липового дерева, дающего заработок массе населения. С липы крестьяне подряжались к купцам драть мочало, из мочала и лык они плели рогожи, веревки «попотна» для решет, шлеи, лапти. Центральным пунктом закупки липового дерева и сбыта, приготовляемых из него изделий, служило татарское селение Альметьево. Практически вся Альметьевская волость прокармливала сбыт из липового дерева. Из 1531 надельного домохозяина в этой волости 577 занимались не земледельческими промыслами. [2, л. 3]

Мочало и лыки с Альметьевского рынка нередко поступали в распоряжение крестьян соседних деревень для другого промысла плетения шлей, которое давало заработок 47 дворам селения Бигашева и Сулеевой, а лыки для плетения лаптей и решет — крестьян д. Верхней Маметьевой и д. Новой Мактамы в числе 241 двора. Обработанное и срубленное липовое дерево давало материал уже для более сложного сундучного промысла, которым занимались 13 дворов крестьян д. Маметьевой. Сундуки продавались в розницу в слободе Кувак, Кичуй и Бугульме по 1 руб. за штуку. [3, л. 9]

Для 300 дворов деревень Новой Кашировой, Сасыкуль, Маметьево и слободы Кичуй промысел заключался в изготовлении ободьев, полозьев, саней и дровней. Продажа готовой продукции проходила на базарах Альметьевса, Бугульме, Кувакской слободы и Черемшанской крепости, по 60–70 и 80 коп. за стан, редко по рублю. [4, с. 16]

Одно из видных мест в ряду кустарных промыслов среди русского населения занимали колесный и гончарный промыслы, которым посвящали рабочие руки 268 человек

в селениях: крепости Шешминской, Чекан, Рыкове, Ивановке, слобод Нижне-Кармальской и деревни Урсалах. Одним колесным промыслом занимались 205 дворов, гончарным — 63 двора. [5, с. 93] Как колесный, так и гончарный промыслы не возникли в Бугульминском уезде самостоятельно, а были принесены сюда извне. Колесный промысел в Бугульминский уезд появился в 1846 году Пензенскими и Сибирскими крестьянами-переселенцами, а гончарный промысел в 1862 году — казанскими, а от них он перешел в Нижне-Кармальскую слободу. Колеса продавались каждым домохозяином отдельно целым станом (4 колеса) на местных базарах, по 3 руб. за стан: в Черемшанской крепости, Чекане и Альметьеве. Каждый домохозяин в течение 2 летних месяцев, работая по 14–15 часов в день, изготавливали не менее 30 станов или 120 колес. [6, с. 18]

Шешминская крепость считалась также центральным пунктом гончарной кустарной промышленности. Отсюда промысел распространился и по другим селениям уезда, отсюда гончарные изделия вывозились на продажу и в другие соседние торговые пункты, а за ними приезжали татары Утамышевские, Чегодаевские, Мензелинские. Черемшанский рынок получал гончарные изделия почти исключительно из одного Шешмина, редко из Нижне-Кармальской слободы, где инициаторами этого промысла были те же Шешминские крестьяне. Первоначально, при возникновении промысла община отвела горшечникам для пользования глиной особое место в коровьем логе, где ранее зарывали павших от чумы коров, но с течением времени, когда лог был весь изрыт, залежи глины истощились и 15 домохозяев-гончаров пришли к тому, что стали покупать глину в казенных участках, по лощинам. Право на рыхлые глины по лощинам снято гончарами в 1882 году на 6 лет. Из оброка в год по 10 руб. 40 коп. Остальные гончары пользовались глиной еще на своей надельной земле, но уже не общиной, а около своих усадеб. Не имеющие своей глины снимали право рыхль глину у шабров с платой им по 50 коп. в год. [7, л. 3]

Глиняной посуды в Бугульминском уезде ежегодно выделялось до 1500 штук, причем и крупной, и мелкой вырабатывалось приблизительно поровну. [8, л. 4]

В деревне Алтуниной 26 дворов занимались витьем пеньковых веревок; в татарской деревне Куакбашево 57 дворов сбирали по дворам золу на продажу. [9, л. 4]

Все остальные промыслы Бугульминского уезда, такие, как пильщество, плотничество, щерстобитничество, ваяльне кошем и сапог, крашение холстов, мятые глины, хотя и занимали значительное число рук, но имели вид отхожих промыслов. В большинстве случаев крестьяне занимались ими на стороне, причем один из них, такой промысел, как крашение холстов, являлся особенно характерным в том отношении, что он не имел никакой связи с земледелием. Все промыслы Бугульминского уезда создали особенный историко-культурный след в развитии региона Республики Татарстан.

Сохранение и развитие ремесел и промыслов сегодня возможно благодаря внедрению проекта «Деревня со-

гласия». Цель проекта — создание «живого», символа межнационального согласия, богатейшего культурного наследия всей Российской Федерации на одной территории. То есть создать уникальную, живую деревню-музей, где в гармонии живут и развиваются представители различных народов России, демонстрируя и сохраняя свои культурные традиции, быт, промыслы и ремесла. Планируется, что это будет не просто населенный пункт, а флагманский центр межнационального диалога, туризма, признанный, возможно, объектом культурного наследия и жемчужиной Татарстана. [10, с. 204] Идеальное расположение для предлагаемого объекта — живописный участок в пределах 35 км. от Казани в Высокогорском районе Республики Татарстан.

Литература:

1. Сборник статистических сведений по Самарской губернии Т. 5: Бугульминский уезд / Самар. губерн. земство, Отд. хоз. статистики. — Самара: Земская тип. 1887. — С.89.
2. НА РТ Ф. 979. Оп. 7. Д. 19.1. Л. 3.
3. ЦГАСО Ф. 1. Оп. 1. Д. 6. Л. 9.
4. Журнал XIII очередного Бугульминского уездного земского собрания 1877 г. Бугульма: Типо-литография Бугульм. земства, 1879. — С. 16.
5. Сборник статистических сведений по Самарской губернии Т. 5: Бугульминский уезд / Самар. губерн. земство, Отд. хоз. статистики. — Самара: Земская тип. 1887. — С.93.
6. Журнал XIII очередного Бугульминского уездного земского собрания 1877 г. Бугульма: Типо-литография Бугульм. земства, 1879. — С. 18.
7. ЦГАСО Ф. 1 Оп. 1 Д. 6 Л. 3
8. Недобежкин С. В. Неизвестные страницы истории Бугульминского уезда / С. В. Недобежкин, Г. М. Рахимова. — СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2017— С. 180.
9. ЦГАСО Ф. 1 Оп. 5 Д. 6 Л. 4
10. Денисова, Ю. В. Развитие туристического сектора в Татарстане / Ю. В. Денисова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2025. — № 50 (601). — С. 201–204. — URL: <https://moluch.ru/archive/601/131201>.

Церковное краеведение на примере обзорной истории прихода Троицкого храма деревни Новая Шурма Московской области

Попов Алексей Дмитриевич, священнослужитель
Преображенский храм мкр. Саввино г. Балашихи (Московская область)

В настоящем кратком исследовании автор предоставляет историческую информацию по истории прихода Троицкого храма деревни Новая Шурма Сергиево-Посадского городского округа Московской области. Работа основана на архивных данных, опубликованных источниках и литературе. В контексте предоставляемой летописи фиксируются и немногочисленные данные, обнаруженные по истории населенного пункта, где находится церковь.

Ключевые слова: краеведение, церковное краеведение, история Русской Православной Церкви, гонения на Русскую Православную Церковь в XX в., православное духовенство, биографии священнослужителей.

Введение. Несмотря на активную краеведческую работу в начале XXI в., некоторые населенные пункты и отдельные объекты (например, храмы) остаются без исторического описания: чаще всего, можно обнаружить историческую справку. По этой причине не теряется ак-

туальность в разработке обзорных исторических исследований, в том числе — в церковном краеведении.

Один из малоизученных населенных пунктов Московской области — деревня Новая Шурма Сергиево-Посадского района, которая находится в ста одиннадцати ки-

лометрах от Москвы и тридцати пяти километрах от Сергиева Посада. К югу от поселения находится Ново-Шурманское кладбище. Центром следует признать каменный Троицкий храм, построенный в начале XIX в. Актуальность исследования истории конкретного прихода заключается в малоизученности не только прошлых событий храма, но и самого населенного пункта, в связи с чем далее будет представлена обзорно и летопись деревни.

История храма и населенного пункта. В литературе попадается три дореволюционных названия населенного пункта — Подлипы, Подлипский и Шурма [24, с. 148] (предположительно, уже в конце XIX — в начале XX вв. появляется третье название — Новая Шурма, вследствие соединения с соседней деревней Новая).

Первое упоминание о селе «Подлипы, Шурма тож» относится к началу XVII в. В «Писцовых книгах» в 1628–1629 гг. было отмечено, что в населенном пункте стоял Троицкий храм, в котором служил священник Аггей Иванов. На тот момент к приходу принадлежало четыре четверти пашен. В Патриаршую казну платилось «четыре алтына и четыре деньги» [14, с. 257]. В 1692 г. храм был переведен из Переславской десятины в Александровскую. Налог увеличился — уже платилось «два рубля, четыре алтына и четыре деньги» [14, с. 257]. К 1712 г. в ведении церкви было шестьдесят девять дворов [14, с. 257].

В 1757 г. был сооружен новый деревянный Троицкий храм [14, с. 257–258]. В 1764 г. деревня Боблово, ранее принадлежавшая Троице-Сергиевой Лавре, стала находиться в ведении прихода [14, с. 259]. С 1783 г. при храме стали сохранять копии Метрических книг [14, с. 259].

В Подлипье 23 июня 1788 г. родился в семье причетника Иоанна Емельянова, который впоследствии стал священником, Петр Иванович Подлипский — будущий архиепископ Черниговский и Нежинский [16, с. 197]. Следует предположить, что фамилия архиерея «Подлипский» появилась от названия населенного пункта.

С января 1797 г. — воспитанник Переславского духовного училища, с сентября того же года — Троицкой семинарии при Свято-Троицкой Сергиевой Лавре. В 1808 г. направлен на учебу в Санкт-Петербургскую духовную академию, которую окончил в 1814 г. со степенью кандидата богословия. С 13 августа 1814 г. — преподаватель Церковной истории и Греческого языка во Владимирской духовной семинарии.

17 января 1817 г. от епископа Владимирского и Суздальского Ксенофона (Троепольского) принял монашеский постриг с именем Петр. 2 июля того же года назначен инспектором Владимирской семинарии. Даты диаконской и пресвитерской хиротоний не указываются. 1 октября 1817 г. отец Петр был возведен в сан архимандрита с правом служения в камлотовой мантии с зелеными бархатными скрижалями и назначен настоятелем Архангельского Юрьевского монастыря. С 18 января 1819 г. — исполняющий обязанности ректора Санкт-Петербургской

духовной академии и преподаватель учебного заведения. С февраля 1819 г. — присутствующий член Владимирской духовной консистории, с 15 ноября того же года — настоятель Цареконстантиновского монастыря, а с 10 января 1920 г. — ректор Владимирской духовной семинарии. С 1 марта того же года по 1830 г. — настоятель Троицкого Данилова монастыря в Переславль-Залесском. 26 мая 1830 г. хиротонисан во епископа Костромского и Галицкого в Успенском соборе Московского Кремля [16, с. 197–198]. С ноября 1832 г. — член Императорского общества истории и древностей России [26, с. 70].

21 апреля 1835 г. награжден орденом святой Анны I степени, 22 августа 1836 г. — той же наградой II степени. 27 марта 1836 г. возведен в сан архиепископа, с 26 сентября того же года — на Черниговской и Нежинской кафедре. 9 апреля 1843 г. удостоен орденом святого Владимира II степени, а 7 апреля 1857 г. — орденом благоверного князя Александра Невского. С 1859 г. — на покое с правом управления Троицким Даниловым монастырем в Переславль-Залесском. 27 ноября 1861 г. в этой обители архиепископ Петр скончался и был погребен в Троицком соборе монастыря [16, с. 198].

Параллельно со священнослужением, владыка Петр занимался краеведением, выпустил несколько книг: «Описание Костромского Ипатьевского монастыря» (1832), «Описание Переславского Троицкого Данилова монастыря» (1834), «Описание Костромского Крестовоздвиженского монастыря» (1835), «Описание Макарьева Унженского, Костромской епархии, монастыря» (1835), «Описание Николаевского Луховского, Костровской епархии, монастыря» (1836). В 1838 г. в первой книге «Русского исторического сборника» поместил свою статью «Костромские находки». После его кончины были опубликованы его письма: архиепископу Рязанскому Гавриилу (в третьей книге «Русского исторического сборника» за 1873 г.) и Ф. А. Голубийскому (в одиннадцатой части четвертой книги «Прибавления к Творениям святых отцов» за 1887 г.) [26, с. 71].

В 1798 г., по благословению епископа Суздальского Виктора (Онисимова), начинается строительство каменного Троицкого храма в стиле классицизма, освящение произошло в 1812 г. Тогда же была построена трехъярусная каменная колокольня в теле храма со шпилем [32, с. 240] (хотя есть версия, что она была сооружена в 1849 г. [30, с. 107]). Основным вкладчиком в строительство являлся помещик майор Уваров. Материальное участие принял местный вотчинник князь А. М. Голицын и князь Долгорукий [14, с. 258]. К этому же времени относится появление близ Подлип деревни Новая, которая была искусственно создана князем Голицыным [14, с. 259].

В течение тридцати лет церковь постепенно становилась пятипрестольной. В 1813 г. в южной части князь Долгорукий устроил придел в честь мучеников Хрисанфа и Дарии в память о своих почивших детях. В 1821 г. в северной стороне на средства помещицы Смирновой был устроен придел в честь Владимирской иконы Божьей Ма-

тери. В 1849 г. помещицей Волчковой, в память об избавлении местных жителей от эпидемии холеры, в притворе был устроен теплый придел в честь Архистратига Михаила. В 1851 г. помещик Волчков устроил придел преподобного Сергия Радонежского [14, с. 259].

Вследствие этого храм был построен в виде четырехконечного креста с удлиненной трапезной частью и полукруглыми апсидами, которые появились вследствие строительства холодных Владимирского и Хрисанфо-Дариевского приделов. Отмечается, что внутреннее пространство представляет из себя ротонду внутри кубического объема с экседрами на диагональных осях с явными влияниями античных образцов. Фасад имел черты палладианства, проявляющиеся в устройстве трехчастных полуциркулярных проемов с белокаменными импостами в стенах купольной ротонды, находящейся над четвериком [32, с. 240].

С 1829 г. в храме стали оставлять копии не только Метрических книг, но и Исповедальных росписей [14, с. 259].

В конце XIX в. в храме находились местные святыни. Древний, но не датированный образ Святой Троицы являлся точной копией знаменитой иконы из Троицкого собора Троице-Сергиевой Лавры. Над жертвенником в главном приделе находилась икона Рождества Христова письма Фламандской школы, написанная в 1567 г., как свидетельствовала надпись на ней, на средства князя Долгорукого. Существовал некий образ Божьей Матери, которую местные жители называли «Плачущей», к которой прибегали женщины с молитвой Деве Марии при несчастных случаях. После 1848 г. местные жители особо почитали икону Архангела Михаила, через которую они получили исцеление от эпидемии холеры (после этого и появился Архангельский придел) [14, с. 259].

В самой Шурме на 1862 г. проживало не так много людей: числилось всего лишь пять дворов, а за ними — пятнадцать человек, из которых семь мужчин и восемь женщин [24, с. 148]. В 1864 г. помещик С. С. Волчков пожертвовал храму четыре десятины сенокосной земли и шесть десяток и тридцать саженей дровяного мелкого леса [14, с. 259]. 21 февраля 1868 г. на собрании Переславского уездного земского собрания земли села были отнесены к третьему разряду (переувлажняемые, подверженные воде и ветру, но имеют неблагоприятные климатические условия для урожая) [12, с. 59].

В 1877 г. была открыта Земская народная школа, в которой к 1893 г. проходили обучение 46 воспитанников. При храме действовала Церковно-приходская библиотека [14, с. 259].

В конце XIX в. клир прихода состоял из одного священника и одного псаломщика, у каждого из которых был собственный дом на земле, принадлежащей храму. На их содержание выделялось со служб и треб 626 рублей, от хлебного сбора — 62 рубля, от пахотной и сенокосной земель — 100 рублей, с процента причтового капитала — 32 рубля 32 копейки. В год выходило около 820 рублей [14, с. 259]. Самому храму к тому времени принадлежало

61 десяток и 500 саженей земли [14, с. 259]. К нему были приписаны такие близлежащие населенные пункты, как: Зиновьево, Трехселище, Федотово, Мухарево, Новая, Дуброво, Ваулино, Становище, Григорьево, Малинки, Климово, Дубровки, Гороки, Боблово. Всего — 1312 человек (639 мужчин и 673 женщины) [14, с. 259].

Сохранились краткие сведения о старостах прихода. В 1878 г. на данную должность был назначен дворянин Семен Сергеевич Волчков [5, с. 223]. 4 февраля 1887 г. «за заслуги и пожертвования по духовному ведомству» грамотой Святейшего Синода был награжден местный староста крестьянин Феодор Лукьянов [17, с. 175].

К концу XIX в. отмечалось, что исторические сведения о населенном пункте, как и о храме, крайне скучны [14, с. 257]. Причины этого неизвестны, но предположительно, что храм и само поселение, который находился на отшибе, не был задействован в острых событиях.

В субботу 6 июня 1915 г. приход посетил епископ Муромский Митрофан (Загорский) [15, с. 120]: совершал ли он какое-либо богослужение в ходе визита — неизвестно.

После революции 1917 г. Троицкий храм уцелел: он не был закрыт и продолжал оставаться действующим. Судя по «Владимирским епархиальным ведомостям», на приходе отсутствовал псаломщик — открытая вакансия числилась весь 1917 г. [27, с. 169]

В соседней деревне Трехселище находилась усадьба Левинсон-Леонидовых, которая после революционных событий перешла в ведение Советской власти. Как можно понять, важные вещи оттуда были конфискованы и, судя по всему, некоторые из них оказались в Подлипье. Именно отсюда эссе А. И. Анисимов в июле 1919 г. вывез бисерные изделия и деревянную скульптуру в Краеведческий музей г. Переславля-Залесского [30, с. 121].

На момент революционных событий Новая Шурма находилась в составе Хребтовской волости, которая впоследствии была упразднена, а сам населенный пункт вошел в состав Московской области. С 6 января 1930 г. в Константиновский район Московской области вошел Новощуромский сельсовет [34, с. 248], который был упразднен 30 декабря 1959 г. [34, с. 155] 9 января 1991 г. Новая Шурма была выведена из Торгашинского сельсовета Загорского района и переведена в ведение Селковского сельсовета [34, с. 158].

В 1960 г. на фоне церкви и сохранившейся еще в то время кирпичной ограды снимали один из эпизодов советской киноленты «Дом с мезонином». В 1961 г. храм был закрыт и разорен [21, с. 102]. Он стал одним из двенадцати православных приходов, закрытых в тот год в рамках антирелигиозной деятельности [32, с. 77]. В середине 1990-х годов он был возвращен Русской Православной Церкви. Указом президента Российской Федерации № 176 от 20 февраля 1995 г. храмовое здание в Новой Шурме было признано памятником архитектурного наследия федерального значения. В 2002 г. был назначен настоятель — священник Алексий Алексеев, который совершал по престольным праздникам водосвятный молебен [21, с. 102].

19 августа 2007 г. настоятель прихода священник Михаил Провада совершил в Троицком храме первую Божественную Литургию после закрытия прихода в советское время. За богослужением пел детско-юношеский хор Успенского храма г. Сергиева Посада.

Клир Троицкого храма. Достоверно известно о клирике первой половины XVII в. священнике Агее Иванове.

Во второй половине XIX в. в храме совершал служение священник Павел Панов: в 1869 г. он упоминается в качестве настоятеля прихода, награжденный правом ношения скуфии [13, с. 642]. До 1900 г. настоятелем являлся священник Иоанн Смирнов, при нем служил псаломщик Василий Смирнов [1, Л. 1 об. — 2], который числился в храме до 1914 г. включительно. Отец Иоанн в 1885 г. награжден правом ношения скуфии [18, с. 215]. В 1890 г. вторым клириком являлся служение священник Иоанн Святозарский — наблюдать Переславских церковно-приходских школ [25, с. 283].

С 1901 г. в храме служил священник Петр Язвицкий [1, Л. 58 об.]: о нем известно, что он совершал служение в храме села Титовское Александровского уезда [4, с. 74] (возможно, служил здесь недолго и в качестве временного клирика: в Титовском он являлся настоятелем с 1886 г. [6, с. 300], а упоминается и в 1908 г.). С апреля 1902 г. настоятелем был священник Алексий Смирнов [7, Л. 85 об.]: в 1908 г. удостоен правом ношения набедренника [23, с. 62]. С декабря 1910 г. в храме настоятельствовал священник Димитрий Покровский [2, Л. 69 об.].

С марта 1915 г. исполняющим обязанности псаломщика являлся Владимир Перемиловский [2, Л. 221 об.]: в Метрических книгах он числился до 1916 г. включительно. Предположительно, речь идет о запрещенном диаконе Владимире Перемиловском. 11 августа 1901 г., будучи псаломщиком храма села Матвеищево Юрьевского уезда Владимирской губернии, назначен на диаконское место в храм села Вареж Муромского уезда [7, с. 276]. 8 марта 1907 г., уже будучи запрещенным диаконом, назначен в храм села Папулино Меленковского уезда [10, с. 77], а 24 марта 1907 г. отправлен в Введенский храм г. Юрьева [9, с. 82]. 18 марта 1908 г. переведен в клир Александровского собора [8, с. 51]. 10 января 1911 г. назначен исполняющим должность псаломщика храма села Дерюзино Александровского уезда, числился в качестве заштатного диакона [11, с. 16]. 17 февраля 1915 г. перемещен в Троицкий храм, но упомянут без сана [20, с. 75]. Затем, согласно «Владимирским епархиальным ведомостям», в 1917 г. вакансия псаломщика в храме оставалась вакантной [27, с. 169]: следы Перемиловского теряются.

С декабря 1915 г. настоятель священник Алексий Красовский [2, Л. 249 об. — 250]. Последний раз упоминается в конце 1917 г. [2, Л. 303 об. — 304]

Примерно в 1925 г. в Троицком храме совершал свое служение священник Алексий Иванович Габрияник. Священнослужитель родился в 1895 г. в деревне Манчицы Толочманской волости Волковысского уезда Гродненской губернии в крестьянской семье. Имел среднее образование.

С 1915 по 1917 гг. состоял в армии. С 1917 по 1920 гг. — преподаватель в неизвестном населенном пункте Ирбитского уезда Пермской губернии. В 1917 г. поступил на заочное отделение Московской духовной академии. С 1920 по 1922 гг. проходил обучение в социально-исторических курсах в Институте народного образования. В 1922 г. сначала работал преподавателем, а затем кассиром в г. Сергиеве Посаде. Тогда же поступил на вечернее отделение Медицинского факультета Московского государственного университета, но образование не окончил, уйдя по собственному желанию с пятого курса. 24 февраля 1924 г. женился на дочери профессора Московской духовной академии — Анне Александровне Голубцовой.

В 1925 г. хиротонисан во диакона и священника, после чего служил в Троицком храме в Новой Шурме. В каком именно году он окончил здесь священнослужение неизвестно, так как с того же года до 1928 гг. он состоял в клире Петропавловского храма в Сергиевом Посаде.

В 1928 г. на неделю был запрещен в священнослужении за отказ поминования светских властей. Тогда же был переведен в храм мучеников Кира и Иоанна на Солянку г. Москвы, где служил всего лишь две недели. Отец Алексий был арестован по надуманному обвинению в участии покушения на некоего партийного работника Костомарова. Несмотря на то, что он не признал вины и отсутствовали доказательства, пастыря осудили на три года ссылки в Кашка-Дарьинскую область Средней Азии.

В 1931 г., по отбытии срока ссылки, вследствие запрета проживания в столице и в Московской области, священник Алексий Габрияник поселился в Воронеже. В 1933 г. арестован во второй раз в г. Павловске Воронежской области и обвинен в контрреволюционной деятельности: был осужден на три года Исправительно-трудовых лагерей — наказание отбывал Темниковских лагерях Мордовии.

В 1935 г. освобожден, после чего работал на лесоскладе чернорабочим на станции Струнино Александровского района Владимирской области. С 1936 по 1937 гг. — лаборант в эпидемиологической лаборатории при Совете народных комиссаров, с 1937 по 1940 гг. — работник в клинике инфекционных болезней III Медицинского института. С 1940 г. — фельдшер завода «Скобянки», а затем — санитарный врач этого же учреждения. В сентябре 1941 г. уволен по сокращению штата.

С 1942 по 1946 гг. являлся катакомбным священником, совершая тайные богослужения и требы во Владимирской области. В марте 1946 г. вследствие доноса некой женщины — духовной дочери пастыря — священник Алексий Габрияник был арестован. Почти четыре года содержался во Владимирской тюрьме, а затем был приговорен к высылке на вольное поселение в Сибирь, но на этапе, будучи в Кировской тюрьме, пастырь скончался 17 мая 1950 г. от туберкулеза легких [28, с. 215–217]. Место погребения неизвестно. Протодиакон Сергий Голубцов в 1999 г. опубликовал фрагменты следственных дел 1928 и 1946 гг., по которым проходил отец Алексий [28, с. 217–235].

С 7 января 1953 г. по сентябрь 1954 г. в храме совершал служение протоиерей Леонид Васильевич Бухаров. Будущий пастырь родился 10 февраля (Первый автор биографии протоиерей Александр Оранский не сообщает число и месяц рождения отца Леонида; информация стала известна благодаря обнаружению места захоронения священнослужителя, где помещена табличка с точными датами жизни почившего) 1927 г. в деревне Березов Мыс Мишкинского района Челябинской области в многодетной крестьянской семье, которая уже в 1930-е годы была раскулачена и переведена для места жительства в поселок Мурмаша близ г. Апатиты. С детства ему была привита любовь к Православной вере: впоследствии он регулярно ездил в Мурманск к священнику для духовного окормления. Во время Великой Отечественной войны все семейство переселили в неизвестное поселение в Марийскую ССР, а затем, по окончании военных действий, вернулись в Мурмашу.

После войны Леонид Васильевич работал рыбаком на судне. В начале 1948 г. призван в ряды Красной армии, службу проходил на Кольском полуострове. Однако вследствие сильного плеврита, который он заработал вследствие ошибки командования — он провел на морозе пять суток, — Бухаров был комиссован.

Затем проходил обучение в Ленинградской духовной семинарии, которую окончил в 1952 г. 10 февраля того же года вступил в брак с Фаиной Дмитриевной: они воспитали двоих сыновей — Петра и Сергея. После этого последовала диаконская хиротония, а в январе 1953 г. — священническая, совершенная в Богоявленском кафедральном соборе в Елохово г. Москвы. Сразу же был назначен настоятелем Троицкого храма в Новой Шурме [29, с. 444–446].

По воспоминаниям супруги отца Леонида, которые она передала церковному краеведу протоиерою Александру Козыреву, в Новой Шурме наблюдалась непростая обстановка. Церковная сторожка пребывала в запустении, поэтому семье священнослужителя пришлось сначала жить в доме у старосты. Ближе к лету 1954 г. около храма был взят в наем некий бревенчатый дом, в котором были одни клопы: пришлось все стены и даже диван пропитывать керосином. Вода — только в колодце глубиной в сорок метров.

Троицкий храм отапливается только в дни службы, поэтому в холодное время года это не спасало: в алтарь приносили горшок с горящими углами, чтобы и священники, и пономари могли греть руки. Из-за малочисленности прихожан, в неделю совершалась только Литургия в воскресный день, накануне праздников служилось Всенощное бдение. Церковный забор был разрушен, скот терся о стены храма: отец Леонид договорился с председателем колхоза о выделении жердей для того, чтобы огородить прихрамовую территорию. Два дня в неделю отец Леонид ездил по местным селениям для совершения таинств и треб, в первую очередь — Святого Крещения, так как в то время крестить открыто в храме было опасно [29, с. 446].

С сентября 1954 г. священник Леонид Бухаров был переведен в клир храма мучеников Флора и Лавра г. Каширы

Московской области. С 26 мая 1955 г. — клирик Николо-Архангельского храма села Никольское-Архангельское, ныне в черте подмосковной Балашихи. С сентября 1957 г. семья священника проживала на Ново-Садовой улице в поселке Салтыковка, что соседствовало с местом служения пастыря. Негласно отец Леонид являлся помощником благочинного Балашихинского церковного округа протоиерея Александра Оранского.

С 12 сентября 1963 г. — клирик Тихвинского храма в Алексеевском. В 1974 г. у отца Леонида стало падать зрение вследствие катаракты. 24 июня 1975 г. вышел за штат. Информации о том, где до кончины совершал служение или какой храм посещал для молитвы священнослужитель, нет. Однако можно предположить, что это был Преображенский храм села Саввино (ныне — в составе г. Балашихи): там являлся настоятелем протоиерей Борис Протопопов, с которым отец Леонид служил в Николо-Архангельском храме и имел дружбу. В этой же церкви его впоследствии отпоят.

После кончины сына Сергея в сентябре 1982 г. и так подорванное здоровье священнослужителя стало резко ухудшаться. 19 апреля 1984 г. протоиерей Леонид Бухаров скончался. Отпевание было совершено в Преображенском храме в Саввино настоятелем прихода протоиереем Борисом Протопоповым и неким священником Василием (фамилия не сохранилась) [29, с. 447–450]. Погребен на Пуршевском кладбище г. о. Балашиха (четвертый ряд, двенадцатый ряд): рядом с ним похоронена супруга — Фаина Дмитриевна Бухарова (17 сентября 1930 г. — 23 июня 2013 г.).

Последним перед закрытием храма настоятелем прихода был иеромонах Борис (Морозов). Будущий священнослужитель, в миру — Борис Иванович Морозов, родился в 1928 г. Биографических сведений о нем не сохранилось.

До 1961 г. являлся настоятелем Троицкого храма в Новой Шурме. Стал последним настоятелем прихода перед его закрытием и разорением. Уполномоченный Совета по делам Русской Православной Церкви по Московской области А. А. Трушин обвинил отца Бориса в тайных постригах, снял священнослужителя с регистрации (в Советское время духовенство не имело права служить без разрешения-справки из Совета), а затем инициировал закрытие храма [32, с. 77].

С 1970 по 1976 гг. — настоятель Богородицерождественского храма села Никольское-Трубецкое (ныне — в черте подмосковного города Балашихи) [3]. В 1973 г. упоминается в качестве духовника митрополита Антония (Кротевича): именно в названном приходе прошло отпевание архиерея, а затем — погребение за алтарем. В конце отпевания, прошедшее 23 ноября 1973 г. под предстоятельством епископа Зарайского Хризостома, отец Борис прочитал разрешительную молитву. Духовный писатель и настоятель Богородицерождественского храма в Никольском-Трубецком протоиерей Владимир Бороздинов (1937–2013) в своем кратко историческом очерке о при-

ходе отмечал, что именно тщанием отца Бориса в церкви была поставлена высокая сень над местом хранения Плащаницы Спасителя и Божьей Матери, центральный престол одет в металлическое облачение, расписан витраж главного алтаря, прошло обновление фресок [3]. Известно, что в последние годы жизни отец Борис дома имел личный антиминс, который, как предполагается, был выдан вследствие слабого здоровья [38]. После кончины пастыря, последовавшая в 1991 г., сестра священнослужителя передала в храм мучениц Веры, Надежды, Любови и матери их Софии на Миусском кладбище г. Москвы келейный образ Пресвятой Богородицы «Скоропослушница», которая стала в 1997 г. мироточить [38].

Первым настоятелем — с 1995 по 2002 гг. — после возобновления жизни прихода стал священник Николай Антонович Комарницкий. Родился 6 июня 1957 г. в селе Комарники Львовской области. В 1975 г. окончил среднюю школу, с 1976 по 1978 гг. проходил службу в армии, с 1978 по 1984 гг. работал плотником в колхозе. В 1984 г. поступил на заочное отделение Московской духовной семинарии. В том же году рукоположен в сан диакона, а 15 декабря 1985 г. — во священника. С 1986 по 1989 гг. состоял в клире Тамбовской епархии, с 1989 по 1990 гг. — Тернопольской епархии. С 16 января по 3 июля 1990 г. — настоятель Георгиевского храма села Ситцы Докшицкого района, с 3 июля 1990 г. по 1994 г. — настоятель Никольского храма в Чересях, с 1994 по октябрь 1995 г. — настоятель Богородицерождественского храма села Богородское Сергиево-Посадского района Московской области.

С октября 1995 г. по 2002 г. — настоятель Троицкого храма села Новая Шурма [37]. Затем некоторое время служил в Богородицерождественском храме во Владыкино в Москве, после чего переехал в Украину, где являлся настоятелем храма мученицы Параскевы в Ходо-

совке Киево-Святошинского района Киевской области. В 2022 г. упоминался в сане протоиерея, противодействовал деятельности раскольнической «Православной Церкви Украины» [36].

С 2002 по 2007 гг. настоятелем храма был назначен священник Алексий Николаевич Алексеев. Родился в 1965 г. В 1988 г. окончил Профессиональное техническое училище. В 1994 г. окончил Минскую духовную семинарию. 23 июля 1995 г. в Успенском храме Новодевичьего монастыря в Москве архиепископом Можайским Григорием (Чирковым) рукоположен в сан священника. В том же году назначен настоятелем Сергиевского храма в Мергусово Сергиево-Посадского района. В 1996 г. награжден правом ношения набедренника, а в 1998 г. — камилавки. В 2002 г. назначен настоятелем Троицкого храма в Новой Шурме с оставлением в должности настоятеля Сергиевской церкви. В том же году был удостоен правом ношения наперсного креста, в 2007 г. возведен в сан протоиерея. В 2010 г. грамотой «За усердные труды на ниве духовно-нравственного просвещения и образования», в 2013 г. — палицей, в 2020 г. — Благодарственной грамотой митрополита Крутицкого и Коломенского Ювеналия и правом ношения креста с украшениями.

В 2007 г. настоятелем прихода стал священник Михаил Анатольевич Провада. Родился 21 февраля 1969 г. в семье священника. В 1986 г. окончил среднюю школу, в 1992 г. — Московскую духовную семинарию. После хиротонии в сан диакона назначен в клир Успенского храма г. Сергиева Посада. В 2006 г. награжден правом ношения двойного оаря.

29 апреля 2007 г. в Успенском храме Новодевичьего монастыря г. Москвы митрополитом Крутицким и Коломенским Ювеналием рукоположен в сан священника. Тогда же назначен настоятелем Троицкого храма в Новой

Таблица 1

Настоятели	Временной отрезок настоятельства	Псаломщики
Священник Аггей Иванов	XVII в.	
Священник Павел Панов	Вторая половина XIX в.	
Священник Иоанн Смирнов Второй клирик — священник Иоанн Светозарский (1890-е гг.)	1885 (?) — 1901	Псаломщик Василий Смирнов (до 1914 г.)
Священник Петр Язвицкий	1901 — апрель 1902 г.	
Священник Алексий Смирнов	Апрель 1902 г. — Декабрь 1910 г.	
Священник Димитрий Покровский	Декабрь 1910 г. — Декабрь 1915 г.	И.о. псаломщика Владимир Перемиловский (март 1915 г. — 1916 г.)
Священник Алексий Красовский	Декабрь 1915 г. — после 1917 г.	
Священник Алексий Иванович Габрияник	1925—1928	
Священник Леонид Васильевич Бухаров	7 января 1953 г. — сентябрь 1954 г.	
Иеромонах Борис (Морозов)	До 1961 г.	
Священник Николай Антонович Комарницкий	1995—2002	
Священник Алексий Николаевич Алексеев	2002—2007	
Священник Михаил Анатольевич Провада	2007 — н.в.	

Шурме. 19 августа 2007 г. отец Михаил совершил в церкви первую после закрытия прихода в Советское время Божественную Литургию. 15 июня 2009 г. назначен настоятелем Воскресенского храма деревни Хребтово Сергиево-Посадского района с оставлением в должности настоятеля Троицкого прихода.

Член Епархиального отдела по организованному православному отдыху, паломничеству и туризму. В 2010 г. награжден правом ношения набедренника, в 2012 г. — камилавки, в 2015 г. — наперсного креста. В 2019 и 2021 гг. был удостоен «Благословенной грамотой» митрополита Крутицкого и Коломенского Ювеналия.

Литература:

1. Метрическая книга Троицкой церкви погоста Подлипы Переславского уезда Владимирской губернии // ЦАГМ. Ф.2395. Оп.1. Д.121.
2. Метрическая книга Троицкой церкви погоста Подлипы Переславского уезда Владимирской губернии // ЦАГМ. Ф.2395. Оп.1. Д.122.
3. Бороздинов В., прот. Очерк по истории храма Рождества Пресвятой Богородицы села Никольско-Трубецкое Балашихинского района // Архив Земской гимназии г. о. Балашихи.
4. Высочайшие награды // Владимирские епархиальные ведомости. — 1908. — № 19. — С.71–74.
5. Епархиальные известия // Владимирские епархиальные ведомости. — 1878. — № 8. — С.218–225.
6. Епархиальные известия // Владимирские епархиальные ведомости. — 1886. — № 11. С.300–302.
7. Епархиальные известия // Владимирские епархиальные ведомости. — 1901. — № 16. — С.273–277.
8. Епархиальные известия // Владимирские епархиальные ведомости. — 1908. — № 13. — С.51–52.
9. Епархиальные известия // Владимирские епархиальные ведомости. — 1907. — № 13. — С.81–83.
10. Епархиальные известия // Владимирские епархиальные ведомости. — 1907. — № 11. — С.75–77.
11. Епархиальные известия // Владимирские епархиальные ведомости. — 1911. — № 4. — С.15–17.
12. Журналы экстренных уездных земских собраний Владимирской губернии 1867 и 1868 гг. — Владимир: Печатня А. Александровского, 1868. — 172 с.
13. Известия // Владимирские епархиальные ведомости. — 1869. — № 14. — С.640–643.
14. Историко-статистическое описание церквей и приходов Владимирской епархии. Выпуск второй: Переславский и Александровский уезды / сост. В. Добронравов. — Владимир: Типо-Литография В. Паркова, 1895. — 520 с.
15. Маршрут поездки Преосвященного епископа Митрофана по обзору церквей и приходов Переславского и Александровского уездов с 27 мая по 11 июня включительно 1915 г. // Владимирские епархиальные ведомости. — 1915. — № 19. — С.119–120.
16. Некролог: архиепископ Павел Подлипский // Владимирские губернские ведомости: часть неофициальная. — 1861. — № 49. — С.197–198.
17. Определения Святейшего Синода // Владимирские епархиальные ведомости. — 1887. — № 8. — С.171–175.
18. Определения Святейшего Синода // Владимирские епархиальные ведомости. — 1885. — № 9. — С.213–217.
19. Отцам благочинным епархии // Владимирские епархиальные ведомости. — 1906. — № 27. — С.212–215.
20. Праздные места // Владимирские епархиальные ведомости. — 1915. — № 9. — С.75–76.
21. Самойлов А., свящ. Сергиево-Посадский церковный округ // Московские епархиальные ведомости. — 2003. — № 9/10. — С.88–115.
22. Свирелин А., свящ. Некролог. Архиепископ Павел Подлипский // Владимирские губернские ведомости (Часть неофиц.). 1861. № 49. С. 197–198.
23. Список лиц, удостоенных Его Высокопреосвященством награждения 27 марта 1908 года // Владимирские епархиальные ведомости. — 1908. — № 15/16. — С.59–63.
24. Список населенных мест по сведениям 1859 года. VI: Владимирская губерния / ред. М. Раевский. — СПб.: Центральный статистический комитет Министерства внутренних дел, 1863. — 283 [ЛIII] с.
25. Церковно-приходские школы Владимирской епархии // Владимирские епархиальные ведомости. — 1890. — № 9. — С.281–298.
26. Языков Д. Д. Павел (Подлипский), архиепископ // Русский библиографический словарь в двадцати пяти томах. Том XIII. — СПб.: Санкт-Петербургское Императорское Русское историческое общество, 1902. — С.70–71.
27. Праздные места // Владимирские епархиальные ведомости. — 1917. — № 13. С.169.
28. Голубцов С., протодиак. Спличенные верой, надеждой, любовью и родом. — М.: Мартис, 1999. — 320 с.
29. Козырев А., прот. Летопись Николо-Архангельской церкви / 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство ПСТГУ, 2023. — 736 с., илл.
30. Людмила Васильевна Иванова — краевед, москововед, усадьбовед. — М.: Русская усадьба, 2012. — 280 с.
31. Памятники архитектуры Московской области: иллюстрированный научный каталог. Выпуск 2: Егорьевский, Загорский, ныне Сергиево-Посадский, Зарайский, Истринский, Каширский, Клинский районы, города Звени-

- город, Ивантеевка, Королев / сост. В. П. Выголов, Е. Н. Подъяпольская, А. А. Разумовская. — М.: Стройиздат, 1998. — 319 с., илл.
32. Печников М. В., Пидгайко В. Г. Крутицкая кафедра // Православная энциклопедия. Том XXXIX. — М.: Церковно-научный центр «Православная энциклопедия», 2015. — С.66–86.
33. Путятин И. Е. Архитектура русских усадебных церквей в эпоху классицизма: на примере Подмосковья. Том I / кандид. Диссертация; науч. рук. Д. О. Ивидковский. — М.: Московский архитектурный институт — Государственная академия, 1998. — 444 с.
34. Список по административно-территориальному делению Московской области 1929–2004 / сост. Г. Е. Кирюшин, Е. А. Кошелева, И. В. Рыжова, Т. А. Варгина, В. М. Осин, С. В. Чирков. — М.: Кучково поле, 2011. — 896 с.
35. Бороздинов В., прот. Очерк по истории храма Рождества Пресвятой Богородицы села Никольско-Трубецкое Балашихинского района [Электронный ресурс] // URL: <https://zemgym.ru/slfe/school.html> (дата обращения: 17.04.2024).
36. В селе Ходосовка под Киевом при поддержке полиции захвачен храм Украинской Православной Церкви [Электронный ресурс] // URL: <https://pravoslavie.ru/157762.html> (дата обращения: 28.03.2024).
37. Иерей Николай Антонович Комарницкий. 1990–1994 гг. службы в Свято-Николаевской церкви д. Черессы [Электронная версия] // URL: <http://hram-miory.vitebsk.by/komarnickij.html> (дата обращения: 28.03.2024).
38. Икона Божией Матери «Скоропослушница» [Электронный ресурс] // URL: http://st-vera.orthodoxy.ru/texts/o_hrame/skoroposlushnitsa.htm (дата обращения: 17.04.2024).

Революция 1905–1907 годов как проявление системного кризиса в Российской империи

Сурдушкина Софья Андреевна, студент

Научный руководитель: Седельникова Наталья Александровна, кандидат исторических наук, доцент
Филиал Омского государственного педагогического университета в г. Таре

Статья посвящена анализу первой русской революции 1905–1907 годов как результата всестороннего кризиса в Российской империи. Исследуются экономические, социальные и политические предпосылки, включая противоречия незавершенной модернизации, сословную структуру общества и нарастание общественного недовольства. Особое внимание уделяется ключевым событиям 1905 года («Кровавое воскресенье», всероссийская стачка, восстание на «Потемкине») и характеристике основных движущих сил революции. На основе анализа делается вывод о закономерности революционного взрыва как попытки разрешения накопленных системных противоречий.

Ключевые слова: Российская империя, революция 1905–1907 гг., системный кризис, модернизация, социальная структура, движущие силы, политический протест.

Revolution of 1905–1907 as a manifestation of systemic crisis in the Russian Empire

The article analyzes the First Russian Revolution of 1905–1907 as a result of a comprehensive crisis in the Russian Empire. It examines the economic, social, and political prerequisites, including the contradictions of incomplete modernization, the estate structure of society, and the growing public discontent. Special attention is paid to the key events of 1905 («Bloody Sunday», the all-Russian strike, the mutiny on the «Potemkin») and the characterization of the main driving forces of the revolution. Based on the analysis, a conclusion is made about the inevitability of the revolutionary explosion as an attempt to resolve the accumulated systemic contradictions.

Keywords: Russian Empire, Revolution of 1905–1907, systemic crisis, modernization, social structure, driving forces, political protest.

К началу XX века Российская империя столкнулась с комплексом глубинных противоречий, которые создали предпосылки для революционного взрыва. Экономика переживала последствия мирового кризиса, усугубленного огромным государственным долгом, неэффективным сельским хозяйством и низкой платежеспособностью населения [1, с. 98]. Крестьянство, составлявшее большинство страны, страдало от малоземелья и непосильных выкупных платежей [2, с. 45]. Промышленная модернизация, проводимая при доминирующей роли государства и иностранного капитала, породила острый «рабочий вопрос» в условиях отсутствия трудового законодательства и высокой эксплуатации [3, с. 85]. «Противоречие между начавшейся капиталистической модернизацией и сохранением архаичных форм хозяйствования привело к промышленному спаду» [4, с. 120].

Социальная структура общества отражала и усугубляла эти противоречия. Политически господствовало малочисленное дворянство (1,4 %), тогда как экономически растущая буржуазия была лишена политических прав [3, с. 92]. Основная масса населения — крестьянство (около 77 %) — оставалась бесправным податным сословием, а быстро формирующийся пролетариат (около 13 млн человек) концентрировался в промышленных центрах в условиях крайней нужды [5, с. 54]. Культурный разрыв между образованными слоями и народом создавал почву для взаимного непонимания [1, с. 105]. Нерешиенные проблемы модернизации во всех сферах, усиленные поражением в Русско-японской войне, привели к тотальному кризису легитимности власти и росту массового недовольства [6, с. 52; 7, с. 78].

Таблица 1. Основные движущие силы революции 1905–1907 годов и их характеристики

Социальная группа	Ключевые требования	Основные формы борьбы	Политические ориентиры
Рабочие	8-часовой день, повышение зарплаты, свержение самодержавия	Массовые стачки, демонстрации, вооружённые восстания (Москва, декабрь 1905 г.), Советы	Радикальные (социал-демократы, эсеры)
Крестьянство	Ликвидация помещичьего землевладения («Чёрный пепередел»)	Захваты угодий, поджоги усадеб, неповиновение властям	Стихийный бунт, влияние эсеров
Либеральная оппозиция	Конституционная монархия, гражданские свободы, ответственное правительство	Агитация в печати, земские съезды, работа в Государственной Думе	Конституционные демократы (кадеты), «Союз 17 октября»
Национальные движения	Автономия, отмена русификации, независимость (Польша)	Вооружённые восстания, террор против администрации	Национальные партии и организации

Непосредственным толчком к революции стали события 9 января 1905 года. Мирное шествие рабочих Петербурга с петицией, содержавшей экономические и политические требования, было расстреляно войсками. Это «Кровавое воскресенье» разрушило патриархальную веру в царя-защитника и стало точкой невозврата [8, с. 233]. В ответ по стране прокатилась волна протестов: всеобщая политическая стачка парализовала промышленные центры, а в ходе борьбы стали стихийно возникать новые органы власти — Советы рабочих уполномоченных [9, с. 115]. Апогеем революционного подъема весны-лета 1905 года стало вооруженное выступление в армии — восстание на броненосце «Князь Потемкин-Таврический», продемонстрировавшее глубину кризиса и в опоре режима [10, с. 355]. Таким образом, за полгода протест эволюционировал от мирного ходатайства к всероссийской стачке и открытому вооруженному противостоянию.

Заключение

Революция 1905–1907 годов не была случайным событием, а стала закономерным проявлением глубокого системного кризиса, поразившего основы Российской империи. Нерешенность аграрного вопроса, противоречия форсированной индустриализации, архаичная сословная структура и политическое бесправие большинства населения создали взрывоопасную смесь. Поражение в войне с Японией выступило катализатором, обнажившим слабость власти. Многообразие движущих сил революции — от пролетариата и крестьянства до либералов и национальных движений — с их различными, часто противоречивыми требованиями, свидетельствовало о всеобщем характере недовольства существующим порядком. Хотя революция не достигла всех своих радикальных целей, она стала первым актом великой исторической драмы, показавшей невозможность сохранения прежней России без коренных преобразований ее политического и социального устройства.

Литература:

1. Щетинов Ю. А. История России XX век: Учебное пособие / Ю. А. Щетинов. — М.: ФАИР, 1998. — 510 с.
 2. Дубровский С. М. Крестьянское движение в революции 1905–1907 гг. / С. М. Дубровский. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — 420 с.
 3. Черменский Е. Д. Буржуазия и царизм в первой русской революции / Е. Д. Черменский. — 2-е изд. — М.: Мысль, 1970. — 448 с.
 4. Пясковский А. В. Революция 1905–1907 гг. в России / А. В. Пясковский. — М.: Мысль, 1966. — 605 с.
 5. Троцкий, Л. Наша первая революция. Ч. 1. / Л. Троцкий. — М.-Л.: Госиздат, 1925. — 350 с.

6. Нефедов, С. А. Истоки 1905 года: «Революция извне»? [Текст] / С. А. Нефедов // Вопросы истории. — 2008. — № 1. — С. 47–59.
7. Барсенков А. С., Вдовин А. И. История России. 1917–2004: Учеб. пособие / А. С. Барсенков, А. И. Вдовин. — М.: Аспект Пресс, 2006. — 816 с.
8. Революция 1905–1907 гг. в России. Документы и материалы. В 16 т. / под ред. А. М. Панкратовой. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955–1965.
9. Тюткин, С. В. Первая революция в России: взгляд через столетие [Текст] / С. В. Тюткин // Отечественная история. — 2004. — № 6. — С. 126–141.
10. Найда С. Ф. Революционное движение в царском флоте. 1825–1917 / С. Ф. Найда. — М.-Л.: Военмориздат, 1948. — 380 с.

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 2 (605) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная

Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова

Художник Е. А. Шишков

Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 21.01.2026. Дата выхода в свет: 28.01.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.