



*XXI international scientific conference
Beijing. China
21-22.07.2026*

SCIENCE IN MODERN SOCIETY

*Proceedings of the XXI International
Scientific and Practical Conference*

21-22 July 2026

BEIJING. CHINA

2026

UDC 001.1

BBC 1

XXI International Scientific and Practical Conference « Science in modern society», July 21-22, 2026, Beijing. China. 51 p.

ISBN 978-91-65424-82-1

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.21626992>

Publisher: «SC. Scientific conferences»

Main organization: 

Editor: Hans Muller

Layout: Ellen Schwimmer

The conference materials are in the public domain under the CC BY-NC 4.0 International license.

The publisher is not responsible for the materials published in the collection. All materials are provided in the author's edition and express the personal position of the participant of the conference.

The sample of the citation for publication is Gugin Aleksandr, Lisnievska Yuliia ANTI-ADVERTISING IN THE HOTEL BUSINESS // XXI International Scientific and Practical Conference «Modern science: fundamental and applied aspects», July 21-22, 2026, Beijing. China. Pp.9-11, URL: <https://sconferences.com>

Contact information

Website: <https://sconferences.com>

E-mail: info@sconferences.com

Content

Agricultural sciences

- Farida M. Kozhakhmetova, Arysgul S. Turbekova, Renata A. Akzhunis, Aldiyar E. Bakirov, Orazkhan Muratuly*
EFFECT OF LED IRRADIATORS ON TOMATO PLANT HEIGHT AND STEM DIAMETER UNDER PROTECTED CULTIVATION 3
- R. A. Akzhunis, A. S. Turbekova, F. M. Kozhakhmetova, M. Zh. Nurali, M. B. Abduali, A. A. Amangeldin, K. S. Amantayev*
EFFECT OF DIFFERENT LIGHTING SYSTEMS ON THE YIELD STRUCTURE OF «FORTICIA F1» TOMATO UNDER PROTECTED CULTIVATION 8

Arts

- Iskenderova Sevdas Asgar*
THE ROLE OF SARDAR FARAJOV IN THE PRESERVATION AND PERPETUATION OF THE LEGACY OF THE GENIUS UZEYIR HAJIBEYLI 12

Economic sciences

- Khudayberdiyev Nizomiddin Qurbonqulovich*
IMPROVING THE ACCOUNTING OF SALES OF PRODUCTS (WORKS, SERVICES) IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS 16
- Wu Yizhe*
DIRECTIONS AND EXPECTED RESULTS OF BUILDING CHINA'S MODERN INDUSTRIAL SYSTEM 19
- Qiao Tianhua*
THE ROLE OF CHINA'S INNOVATION-INDUSTRIAL CLUSTERS IN THE DEVELOPMENT AND EFFICIENCY ENHANCEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY 24
- Zinaida Zhyvko, Lilia Kukharska, Oleg Zhyvko*
SMART ECONOMY AS THE BASIS FOR TRANSFORMING THE INTERNATIONAL LABOR MARKET AND HUMAN CAPITAL MANAGEMENT 30
- Xu Huaixuan*
METHODOLOGICAL TOOLKIT FOR ASSESSING THE TRANSFORMATION OF CHINA'S INDUSTRIAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL POTENTIAL INTO SCIENTIFIC, TECHNICAL, AND INNOVATION OUTCOMES 33

Geological and mineralogical sciences

- Dilmurod M. Aibashev, Dinara M. Eshmatova*
THE INFLUENCE OF SPARSE TREE VEGETATION ON WATER BALANCE AND BIODIVERSITY OF SEMI-ARID STEPPE ECOSYSTEMS 38

Medical sciences

- Zhaimbayeva Roza*
THE PEDIATRIC EXPOSOME AND EPIGENETIC PROGRAMMING: ENVIRONMENTAL DRIVERS OF IMMUNE, METABOLIC, AND NEURODEVELOPMENTAL DISORDERS 44
- Sergey V. Goubkin, Svitlana B. Kokhan, Natalia K. Zhabanos, Anna E. Pyzh, Egor V. Lemeshko, Natallia D. Tsitkova*
CLINICAL AND IMMUNOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFICACY OF A FERMENTED PROBIOTIC PRODUCT IN REGULATING THE GUT-BRAIN AXIS 49

Agricultural sciences

EFFECT OF LED IRRADIATORS ON TOMATO PLANT HEIGHT AND STEM DIAMETER UNDER PROTECTED CULTIVATION

Farida M. Kozhakhmetova¹
Arysgul S. Turbekova¹
Renata A. Akzhunis¹
Aldiyar E. Bakirov¹
Orazkhan Muratuly¹.

¹S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

ҚОРҒАЛҒАН ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫНДА ЖАРЫҚДИОДТЫ СӘУЛЕЛЕНДІРГІШТЕРДІҢ ҚЫЗАНАҚ ӨСІМДІГІНІҢ БИІКТІГІ МЕН САБАҚ ДИАМЕТРІНЕ ӘСЕРІ

Фарида М. Қожахметова¹
Арысгүл С. Турбекова¹
Рената А. Ақжүніс¹
Алдияр Е. Бәкіров¹
Оразхан Мұратұлы¹

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан

Abstract

Supplemental lighting is a key technological component of year-round tomato cultivation in northern greenhouse regions, where natural irradiance is insufficient during a substantial part of the production cycle. Beyond supporting photosynthesis, spectral composition regulates photomorphogenesis and can change the balance between longitudinal growth and structural development of the stem. The aim of this study was to compare the effects of high-pressure sodium and two domestically produced LED irradiators on plant height and stem diameter of the indeterminate tomato hybrid 'Forticia F1' under protected cultivation. The experiment was conducted in a multi-span greenhouse in Northern Kazakhstan during the 2025–2026 extended crop cycle. Seeds were sown on 19 July 2025. Plants were grown hydroponically on mineral-wool slabs at a density of 2.5 plants m⁻². Three supplemental-light treatments were evaluated: high-pressure sodium lamps (HPS, control), KSDO1 with a balanced spectrum, and KSDO2 with a red-dominant productivity spectrum. Canopy-level photosynthetic photon flux density was maintained at 200 ± 10 μmol m⁻² s⁻¹ with a 17 h photoperiod. The experiment included three replications with five recorded plants per replication, giving 15 plants per treatment. Plant height and stem diameter were measured weekly from 27 August 2025. Treatment means were compared using one-way analysis of variance at $p \leq 0.05$. At the beginning of observations, plant height did not differ significantly and averaged 53.67–54.87 cm. By 27 May 2026, plants reached 810.40 cm under HPS, 807.47 cm under KSDO1, and 805.47 cm under KSDO2. Thus, LED treatments reduced final stem elongation by only 0.36–0.61% relative to HPS, showing that total longitudinal growth remained agronomically comparable. Stem diameter responded more strongly to spectral composition. On 13 May 2026, its mean value was 16.96 mm under HPS, 19.40 mm under KSDO1, and 19.61 mm under KSDO2. The increases over control were 14.4 and 15.6%, respectively, and treatment differences were highly significant. The results demonstrate that the tested LED irradiators maintained the height growth required for high-wire tomato culture while promoting thicker stems. KSDO2 produced the greatest stem diameter, whereas KSDO1 showed a similarly strong structural response. These lighting systems may therefore improve the vegetative balance and mechanical stability of greenhouse tomato plants without stimulating excessive elongation.

Аңдатпа

Солтүстік аймақтардағы жылыжайларда қызанақты жыл бойы өсіру кезінде табиғи жарық мөлшері вегетациялық кезеңнің едәуір бөлігінде жеткіліксіз болады. Сондықтан қосымша жарықтандыру өсімдіктің фотосинтезін қамтамасыз ететін ғана емес, оның морфогенезін және өнімдік үдерістерін бағыттауы маңызды технологиялық фактор болып саналады. Жарықтың спектрлік құрамы өсімдіктің бойлап өсуі мен сабақтың жуандауы арасындағы теңгерімге әсер етіп, жылыжай ценозының архитектурасын өзгерте алады. Зерттеудің мақсаты қорғалған топырақ жағдайында жоғары қысымды натрий шамы мен отандық екі

жарықдиодты сәулелендіргіштің индетерминантты 'Forticia F1' қызанақ буданының биіктігіне және сабақ диаметріне әсерін салыстырмалы бағалау болды. Тәжірибе 2025–2026 жылдардағы ұзартылған айналымда Солтүстік Қазақстандағы көпаралық жылыжайда жүргізілді. Өсімдіктер минералды мақта тақталарындағы гидропоникалық жүйеде 2,5 өсімдік/м² тығыздықпен өсірілді. Үш жарықтандыру нұсқасы зерттелді: жоғары қысымды натрий шамы – ДНаТ (бақылау), теңгерімді спектрлі ЖДС1 және қызыл сәуле үлесі басым өнімділік спектрлі ЖДС2. Өсімдік жамылғысы деңгейіндегі фотосинтетикалық фотондар ағынының тығыздығы $200 \pm 10 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, фотопериод 17 сағат болды. Әр нұсқа үш қайталымнан, әр қайталым бес есептік өсімдіктен тұрды; бір нұсқада барлығы 15 өсімдік бақыланды. Биіктік пен сабақ диаметрі 2025 жылғы 27 тамыздан бастап апта сайын өлшенді. Орташа мәндер бір факторлы дисперсиялық талдау арқылы $p \leq 0,05$ деңгейінде салыстырылды. Бақылаудың алғашқы мерзімінде өсімдік биіктігі бойынша елеулі айырмашылық анықталмады, орташа көрсеткіш 53,67–54,87 см аралығында болды. 2026 жылғы 27 мамырда ДНаТ нұсқасында өсімдік биіктігі 810,40 см, ЖДС1-де 807,47 см, ЖДС2-де 805,47 см болды. Жарықдиодты нұсқалардағы соңғы биіктік бақылаумен салыстырғанда небәрі 0,36–0,61% төмендеп, барлық нұсқада бойлық өсудің агрономиялық тұрғыдан біркелкі болғанын көрсетті. Сабақ диаметрі спектрге айқын жауап берді. 2026 жылғы 13 мамырда бұл көрсеткіш ДНаТ-та 16,96 мм, ЖДС1-де 19,40 мм және ЖДС2-де 19,61 мм болды. Жарықдиодты нұсқалардың бақылаудан артықшылығы тиісінше 14,4 және 15,6% құрады, ал айырмашылық статистикалық тұрғыдан жоғары деңгейде дәлелденді. Демек, зерттелген жарықдиодты сәулелендіргіштер өсімдіктің шамадан тыс созылуын туындатпай, сабағының жуандауына және құрылымдық беріктігінің артуына жағдай жасады. Ең жоғары сабақ диаметрі ЖДС2 нұсқасында байқалды, ал ЖДС1 де соған жақын тұрақты әсер көрсетті.

Keywords: photomorphogenesis; high-pressure sodium lamp; spectral composition; hydroponics; vegetative growth; high-wire crop; plant architecture.

Түйін сөздер: фотоморфогенез; натрий шамы; спектрлік құрам; гидропоника; вегетативтік өсу; өсімдік архитектурасы; ұзартылған айналым.

Кіріспе

Қорғалған топырақтағы қызанақ өндірісінде жарық фотосинтез қарқындылығын ғана емес, өсімдіктің морфологиялық құрылымын да анықтайды. Солтүстік Қазақстан жағдайында қысқы және өтпелі маусымдарда табиғи радиация төмен болғандықтан, қосымша сәулелендіру ұзартылған айналымның тұрақтылығы үшін қажет. Дәстүрлі ДНаТ шамдары сары-қызылт аймақта басым сәуле шығарады және жылу бөлуі жоғары. Жарықдиодты жүйелер сәуле ағынын өсімдіктің физиологиялық қажеттілігіне қарай қалыптастыруға, көк, қызыл және алыс қызыл диапазондардың үлесін реттеуге мүмкіндік береді [1–3].

Өсімдік биіктігі жылыжайдағы ценоздың вертикальды құрылымын және буынаралықтардың созылуын сипаттаса, сабақ диаметрі өсімдіктің механикалық беріктігі, ассимиляттарды тасымалдау әлеуеті және вегетативтік–генеративтік теңгерімі туралы ақпарат береді. Көк сәуле үлесінің ұлғаюы көбіне сабақ пен буынаралықтардың созылуын шектейді, ал қызыл және көк сәулелердің үйлесімі фотосинтез өнімдерінің жиналуын және сабақтың жуандауын күшейте алады [4, 5]. Қазақстанда жасалған сәулелендіргіштермен жүргізілген алдыңғы зерттеулерде жарықдиодты нұсқалардағы көшеттердің ДНаТ жағдайындағы өсімдіктерден аласа, бірақ сабақ диаметрі мен құрғақ массасы жоғары болғаны көрсетілген [6]. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты – ДНаТ, ЖДС1 және ЖДС2 жарықтандыру нұсқаларында 'Forticia F1' қызанағының биіктігі мен сабақ диаметрінің ұзақ мерзімді динамикасын салыстыру.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу 2025–2026 жылдардағы ұзартылған айналымда Солтүстік Қазақстанда орналасқан заманауи көпаралық жылыжайда жүргізілді. Зерттеу нысаны – индетерминантты 'Forticia F1' қызанақ буданы. Өсімдіктер өлшемі $100 \times 20 \times 7,5$ см минералды мақта тақталарында тамшылатып қоректендіру жүйесімен өсірілді. Отырғызу тығыздығы 2,5 өсімдік/м² болды. Күндізгі температура 24 ± 2 °C, түнгі температура 18 ± 2 °C, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 60–70% деңгейінде ұсталды. Қоректік ерітіндінің электр өткізгіштігі 2,5–3,0 dS/m, pH $5,8 \pm 0,2$ болды.

Тәжірибе үш нұсқадан тұрды: ДНаТ – жоғары қысымды натрий шамы (бақылау); ЖДС1 – 450 және 660 нм аймақтарындағы максимумдары бар, жасыл және алыс қызыл компоненттер

енгізілген теңгерімді жарықдиодты спектр; ЖДС2 – қызыл сәуленің үлесі басым өнімділік спектрі. Барлық нұсқада PPFD 200 ± 10 мкмоль·м⁻²·с⁻¹, фотопериод 17 сағат (06:00–23:00), қосымша DLI шамамен $12,2$ моль·м⁻²·тәулік⁻¹ болды. Тәжірибе үш қайталыммен орналастырылып, әр қайталымда бес өсімдік, бір нұсқада 15 есептік өсімдік бақыланды.

Өсімдік биіктігі мен сабақ диаметрі 2025 жылғы 27 тамыздан 2026 жылғы 27 мамырға дейін аптасына бір рет өлшенді. Биіктік өсу нүктесіне дейін өлшеу таспасымен анықталды. Сабақ диаметрі белгіленген буынаралықта электрондық штангенциркульмен өлшеніп, нәтижелер миллиметрмен берілді. 20 және 27 мамырдағы диаметр өлшемдері бірқатар өсімдікте алдыңғы мерзіммен салыстырғанда биологиялық тұрғыдан түсініксіз төмендегендіктен, диаметр бойынша қорытынды салыстыру үшін 13 мамырдағы соңғы бірізді өлшем пайдаланылды. Деректер орташа мән $\pm$ стандарттық қате түрінде берілді. Нұсқалардың әсері бір факторлы ANOVA әдісімен бағаланып, маңыздылық деңгейі $p \leq 0,05$ деп қабылданды.

Нәтижелер және талқылау

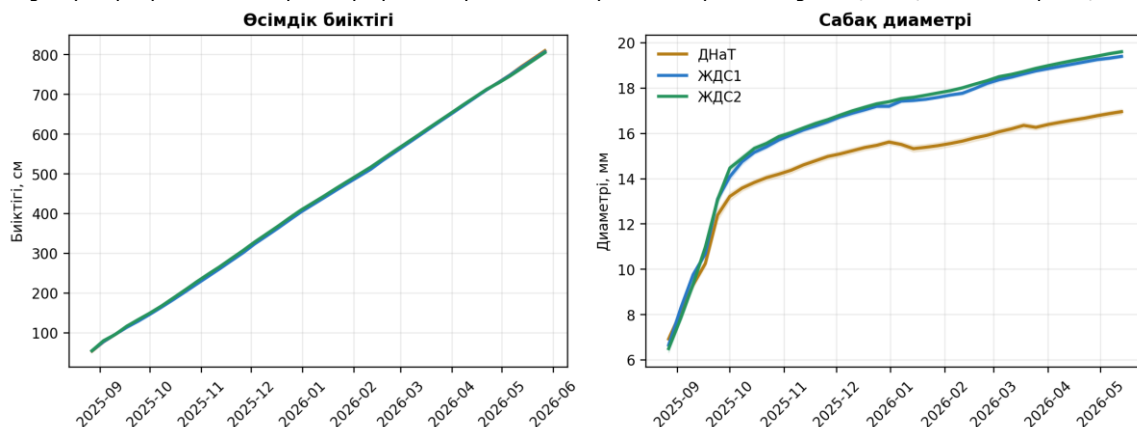
Алғашқы өлшеуде өсімдік биіктігі ДНат-та 53,67 см, ЖДС1-де 54,60 см және ЖДС2-де 54,87 см болды; айырмашылық статистикалық тұрғыдан дәлелденбеді ($p=0,877$). Вегетация бойы барлық нұсқаларда биіктік бірқалыпты артты. 2025 жылғы 31 желтоқсанда көрсеткіштер тиісінше 405,47; 404,07 және 409,20 см болды. Жекелеген аралық мерзімдерде статистикалық айырмашылық байқалғанымен, абсолюттік алшақтық шағын болды. 2026 жылғы 27 мамырда ДНат нұсқасының орташа биіктігі 810,40 см, ЖДС1 – 807,47 см, ЖДС2 – 805,47 см болды. ЖДС1 мен ЖДС2 бақылаудан тиісінше 2,93 және 4,93 см ғана төмен болды, бұл 0,36 және 0,61%-ға сәйкес келеді. Демек, спектрлік айырмашылықтар сабақтың жалпы ұзындығын түбегейлі өзгертпеген.

Сабақ диаметрі бойынша әсер ертерек және айқынырақ байқалды. Бастапқы мерзімде ДНат көрсеткіші 6,93 мм, ЖДС1 – 6,66 мм, ЖДС2 – 6,50 мм болып, нұсқалар арасында айырмашылық болмады ($p=0,154$). 24 қыркүйекте жарықдиодты нұсқалардың артықшылығы қалыптаса бастады: ДНат-та 12,39 мм, ЖДС1-де 13,11 мм, ЖДС2-де 13,07 мм ($p=0,025$). 29 қазанда айырмашылық күшейіп, бақылауда 14,20 мм болғанда ЖДС1-де 15,71 мм, ЖДС2-де 15,86 мм тіркелді ($p<0,001$). 31 желтоқсанда ЖДС1 және ЖДС2 бақылаудан тиісінше 10,1 және 11,4% артық болды.

Кестелік салыстыру

Күні	Биіктік, см ДНат	ЖДС1	ЖДС2	Диаметр, мм ДНат	ЖДС1	ЖДС2	p (диаметр)
27.08.25	53.67	54.60	54.87	6.93	6.66	6.50	0.154
24.09.25	130.40	129.40	133.53	12.39	13.11	13.07	0.025
29.10.25	224.53	222.20	228.13	14.20	15.71	15.86	<0.001
31.12.25	405.47	404.07	409.20	15.62	17.20	17.40	<0.001
04.02.26	495.53	493.93	499.27	15.55	17.69	17.89	<0.001
11.03.26	593.53	592.67	596.00	16.20	18.49	18.61	<0.001
15.04.26	693.33	692.33	694.07	16.59	19.06	19.21	<0.001
13.05.26	770.87	768.73	766.00	16.96	19.40	19.61	<0.001

Ескерту: әр нұсқада $n=15$. p – бір факторлы дисперсиялық талдаудың маңыздылық деңгейі.



1-сурет – Әртүрлі жарықтандыру жағдайындағы қызанақ өсімдігінің биіктігі мен сабақ диаметрінің динамикасы (орташа $\pm$ SE)

13 мамырдағы соңғы бірізді өлшемде сабақ диаметрі ДНaТ-та 16,96 мм, ЖДС1-де 19,40 мм, ЖДС2-де 19,61 мм болды ($p < 0,001$). ЖДС1 бақылаудан 14,4%, ЖДС2 15,6% жоғары нәтиже көрсетті. Бастапқы мерзіммен салыстырғанда диаметр ДНaТ-та 144,7%, ЖДС1-де 191,3%, ЖДС2-де 201,7% артты. Яғни жарықдиодты сәулелендіргіштер өсімдіктің жалпы биіктігін елеулі арттырмай-ақ, сабақты жуандатты. Бұл нәтиже LED жағдайында көшет пен ересек өсімдіктердің сабақ диаметрі артуы мүмкін екенін көрсеткен зерттеулермен үйлеседі [3, 6, 7].

ЖДС2 нұсқасының қызыл сәулеге бай спектрі фотосинтетикалық көміртек ассимиляциясын және сабақ ұлпаларына құрғақ заттың бөлінуін күшейткен болуы мүмкін. ЖДС1 құрамындағы көк компонент фотоморфогенетикалық реттелу арқылы созылуды шектеп, сабақтың жуандауына қолайлы жағдай жасаған. Көк сәуленің қызыл фонға оңтайлы мөлшерде қосылуы қызанақ биомассасы мен өнімділігін арттыратыны, алайда шамадан тыс көк сәуле сабақ пен буынаралықтардың ұзындығын қысқартатыны көрсетілген [4]. Сонымен бірге жарық реакциясы спектрге ғана емес, DLI, температура, CO₂ және өсімдік жасына тәуелді; сондықтан нәтижелерді нақты өндірістік микроклиматпен бірге бағалау қажет [2, 5, 8].

Қорытынды

ДНaТ, ЖДС1 және ЖДС2 жағдайында 'Forticia F1' қызанағының биіктігі ұзартылған айналым бойы ұқсас динамикамен қалыптасты. 2026 жылғы 27 мамырда жарықдиодты нұсқалардағы өсімдіктер ДНaТ бақылауынан тек 0,36–0,61% аласа болды. Сабақ диаметрі жарық спектріне анағұрлым сезімтал көрсеткіш болды: 13 мамырда ЖДС1 бақылаудан 14,4%, ал ЖДС2 15,6% жоғары болды. Ең үлкен диаметр ЖДС2 нұсқасында қалыптасты. Демек, отандық жарықдиодты сәулелендіргіштер өсімдіктің қажетті бойлық өсуін сақтай отырып, сабағының құрылымдық беріктігін арттыруға мүмкіндік береді. Өндірістік жағдайда ЖДС2 сабақты жуандатуға бағытталған тиімді нұсқа, ал ЖДС1 теңгерімді морфологиялық жауап беретін жүйе ретінде ұсынылады.

Авторлардың үлесі

АТ: зерттеу тұжырымдамасы, ғылыми жетекшілік және қолжазбаны бекіту; FK: әдеби деректерді жинау және әдістемелік бөлімді дайындау; HD: нәтижелерді ғылыми түсіндіру және қорытындыларды нақтылау; RA: тәжірибелік өлшеулер, деректерді өңдеу және қолжазбаны дайындау. Барлық авторлар мақаланың соңғы нұсқасын оқып, мақұлдады.

Қаржыландыру

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің 2024–2026 жылдарға арналған гранттық қаржыландыруы аясында орындалды (AP23488411).

References

1. Appolloni, E., Orsini, F., Pennisi, G., Gabarrell Durany, X., Paucek, I., & Gianquinto, G. (2021). Supplemental LED lighting effectively enhances the yield and quality of greenhouse truss tomato production: Results of a meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 12, 596927. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.596927>
2. Huber, B.M., Louws, F.J., & Hernández, R. (2021). Impact of different daily light integrals and carbon dioxide concentrations on the growth, morphology, and production efficiency of tomato seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 12, 615853. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.615853>
3. Palmitessa, O.D., Leoni, B., Montesano, F.F., Serio, F., Signore, A., & Santamaria, P. (2020). Supplemental LED increases tomato yield in Mediterranean semi-closed greenhouse. *Agronomy*, 10(9), 1353. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091353>
4. Kaiser, E., Ouzounis, T., Giday, H., Schipper, R., Heuvelink, E., & Marcelis, L.F.M. (2019). Adding blue to red supplemental light increases biomass and yield of greenhouse-grown tomatoes, but only to an optimum. *Frontiers in Plant Science*, 9, 2002. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.02002>
5. Palmitessa, O.D., Leoni, B., Montesano, F.F., Serio, F., Signore, A., & Santamaria, P. (2020). Supplementary far-red light did not affect tomato plant growth or yield under Mediterranean greenhouse conditions. *Agronomy*, 10(12), 1849. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121849>
6. Meiramkulova, K., Tanybayeva, Z., Kadyrbekova, A., Turbekova, A., Ayt Khozhin, S., Zhantasov, S., & Taukenov, A. (2021). The efficiency of LED irradiation for cultivating high-quality tomato seedlings. *Sustainability*, 13(16), 9426. <https://doi.org/10.3390/su13169426>
7. Paucek, I., Appolloni, E., Pennisi, G., Quaini, S., Gianquinto, G., & Orsini, F. (2020). Supplementary LED interlighting improves yield and precocity of greenhouse tomatoes in the Mediterranean. *Agronomy*, 10(7), 1002. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071002>

8. Izzo, L.G., Mele, B.H., Vitale, L., Vitale, E., & Arena, C. (2020). *The role of monochromatic red and blue light in tomato early photomorphogenesis and photosynthetic traits*. *Environmental and Experimental Botany*, 179, 104195. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104195>

ӘОЖ 635.64:631.544:628.9

EFFECT OF DIFFERENT LIGHTING SYSTEMS ON THE YIELD STRUCTURE OF «FORTICIA F1» TOMATO UNDER PROTECTED CULTIVATION

R. A. Akzhunis,¹
 A. S. Turbekova,¹
 F. M. Kozhakhmetova,¹
 M. Zh. Nurali,¹
 M. B. Abduali,¹
 A. A. Amangeldin,¹
 K. S. Amantayev¹

¹S. Seifullin Kazakh agrotechnical research university, Astana, Kazakhstan

ҚОРҒАЛҒАН ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫНДА ӘРТҮРЛІ ЖАРЫҚТАНДЫРУ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ «ФОРТИЦИЯ F1» ҚЫЗАНАҒЫ ӨНІМ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІ

Р.А. Ақжүніс¹
 А.С. Турбекова¹
 Ф.М. Қожахметова¹
 М.Ж. Нұрәлі,¹
 М.Б. Әбдуәлі¹
 А.А. Амангельдина¹
 К.С. Амантаев¹

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
 Астана қ., Қазақстан

Abstract

Supplemental lighting is essential for maintaining stable tomato production in northern greenhouse regions, where natural solar radiation is limited during autumn, winter, and early spring. Light spectrum affects not only photosynthetic activity but also assimilate distribution, fruit growth, and the formation of yield components. The aim of this study was to evaluate the effects of high-pressure sodium lighting and two domestically produced light-emitting diode irradiators on fruit diameter and mean fruit mass of the indeterminate tomato hybrid «Forticia RZ F1» under protected cultivation. Forticia RZ F1 is a Dutch truss tomato hybrid used in commercial greenhouse production in Kazakhstan and European countries. The experiment was conducted during the 2025–2026 extended crop cycle in a modern multi-span greenhouse in Northern Kazakhstan. Plants were cultivated hydroponically on mineral-wool slabs at a density of 2.5 plants m⁻². Three lighting treatments were compared: high-pressure sodium lamps (HPS; treatment 0, control), SDO1 with a balanced LED spectrum (treatment 1), and SDO2 with a red-dominant productivity spectrum (treatment 2, research object). The canopy-level photosynthetic photon flux density was 200 ± 10 μmol m⁻² s⁻¹, and the photoperiod was 17 h. The experiment consisted of three replications with five recorded plants per replication, giving 15 plants per treatment. Biometric and harvest observations were performed according to the methodological recommendations of S. F. Vashchenko for experiments with vegetable crops in protected structures. One-way analysis of variance confirmed a significant lighting effect on both traits (p < 0.001). Both LED treatments significantly exceeded the HPS control, whereas the difference between SDO1 and SDO2 was not significant. The highest absolute values were obtained under SDO2, demonstrating its potential for improving the yield structure of greenhouse tomato.

Аңдатпа

Қосымша жарықтандыру күзде, қыста және ерте көктемде табиғи күн радиациясы шектеулі солтүстік жылыжай аймақтарында қызанақ өндірісін тұрақты ұстап тұру үшін қажет. Жарық спектрі фотосинтетикалық белсенділікке ғана емес, сонымен қатар ассимиляцияның таралуына, жемістердің өсуіне және өнімділік компоненттерінің қалыптасуына әсер етеді. Бұл зерттеудің мақсаты жоғары қысымды натрий жарықтандыруының және отандық өндірілген екі жарық диодты сәулелендіргіштің жеміс диаметріне және "Фортиция F1" қызанақ гибридінің орташа жеміс массасына әсерін бағалау болды. Forticia RZ F1-Қазақстан мен Еуропа елдерінде коммерциялық жылыжай өндірісінде қолданылатын голландиялық ферма қызанақ буданы. Тәжірибе 2025-2026 жылдарға Солтүстік

Қазақстандағы заманауи жылыжайда жүргізілді. Өсімдіктер гидропоникалық жолмен 2,5 өсімдік тығыздығы м-2 минералды субстраттарда өсірілді. Жарықтандырудың үш процедурасы салыстырылды: жоғары қысымды натрий шамдары (DNaT; 0-нұсқа, бақылау), теңдестірілген жарықдиодты спектрі бар KSDO1 (1-нұсқа) және қызыл-доминантты өнімділік спектрі бар KSDO2 (2-нұсқа, зерттеу нысаны).

Keywords: supplemental lighting; tomato; protected cultivation; yield structure; fruit diameter; fruit mass; LED spectrum.

Түйін сөздер: қосымша жарықтандыру; қызанақ; қорғалған топырақ; өнім құрылымы; жеміс диаметрі; жеміс массасы; жарық спектрі.

Кіріспе

Қорғалған топырақтағы қызанақ өндірісінде өнімділіктің тұрақтылығы өсімдіктің жарықпен, жылумен, сумен және минералдық қорекпен қамтамасыз етілуіне байланысты. Солтүстік Қазақстан жағдайында күзгі-қысқы кезеңде табиғи жарықтың жеткіліксіздігі фотосинтез қарқындылығын төмендетіп, жемістердің қалыптасуы мен өсуін шектейді. Сондықтан ұзартылған айналымда қосымша жарықтандыру өнім қалыптастыру үдерісін басқарудың маңызды технологиялық тәсілі болып табылады. Дәстүрлі DNaT шамдары жылыжай өндірісінде кеңінен қолданылғанымен, олардың спектрінде сары-қызылт бөлік басым және жылу бөлуі жоғары. Жарықдиодты сәулелендіргіштер спектрлік құрамды өсімдіктің физиологиялық қажеттілігіне қарай бағыттап, электр энергиясын тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Қызанақ өнімінің құрылымы жемістердің саны, өлшемі және орташа массасы арқылы сипатталады. Жеміс диаметрі мен массасы тауарлық сапаны, өнімнің біркелкілігін және өсімдіктің ассимиляттарды генеративтік мүшелерге бағыттау қабілетін көрсетеді. Жарықтың қызыл және көк бөліктерінің арақатынасы фотосинтезге, жапырақ аппаратының қызметіне, гүлдердің ұрықтануына және жемістердің өсуіне ықпал етеді. Осы себепті әртүрлі спектрлі сәулелендіргіштерді бірдей фотон ағынында салыстыру өндірістік жылыжай үшін тиімді жарықтандыру нұсқасын таңдауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нысаны ретінде Нидерланд селекциясына жататын индетерминантты «Фортиция F1» қызанақ буданы пайдаланылды. Бұл будан жарықтандырылатын және дәстүрлі жылыжайларда өсіруге жарамдылығына байланысты Қазақстан мен Еуропаның коммерциялық жылыжайларында қолданылады. Зерттеудің мақсаты – DNaT бақылауы, KSDO1 және зерттеу нысаны KSDO2 шамдары жағдайында өсірілген «Фортиция F1» қызанағы жемістерінің орташа диаметрі мен массасын салыстырмалы бағалау.

Зерттеу әдістері

Зерттеу 2025–2026 жылдардағы Астана қаласында «Led System Media» ЖШС жылыжай кешенінде жүргізілді. Өсімдіктер 100×20×7,5 см минералды мақта тақталарында тамшылатып қоректендіру жүйесімен өсірілді. Отырғызу тығыздығы 2,5 өсімдік/м² болды. Күндізгі ауа температурасы 24±2 °C, түнгі температура 18±2 °C, салыстырмалы ылғалдылық 60–70% деңгейінде ұсталды. Қоректік ерітіндінің электр өткізгіштігі 2,5–3,0 dS/m, pH көрсеткіші 5,8±0,2 болды. Өсімдіктер бір сабаққа қалыптастырылып, суару, жапырақ алу, гүл шоғын нормалау және басқа агротехникалық жұмыстар барлық нұсқада бірдей жүргізілді [1].

Тәжірибе үш жарықтандыру нұсқасынан тұрды: 0 – DNaT жоғары қысымды натрий шамдары, бақылау; 1 – теңгерімді спектрлі KSDO1 жарықдиодты сәулелендіргіші; 2 – қызыл сәуле үлесі басым KSDO2 жарықдиодты сәулелендіргіші, зерттеу нысаны. Барлық нұсқада өсімдік жамылғысы деңгейіндегі фотосинтетикалық фотондар ағынының тығыздығы 200±10 мкмоль·м⁻²·с⁻¹, фотопериод 17 сағат (06:00–23:00) болды. Тәжірибе үш қайталыммен орналастырылып, әр қайталымда бес есептік өсімдік, бір нұсқада барлығы 15 өсімдік бақыланды.

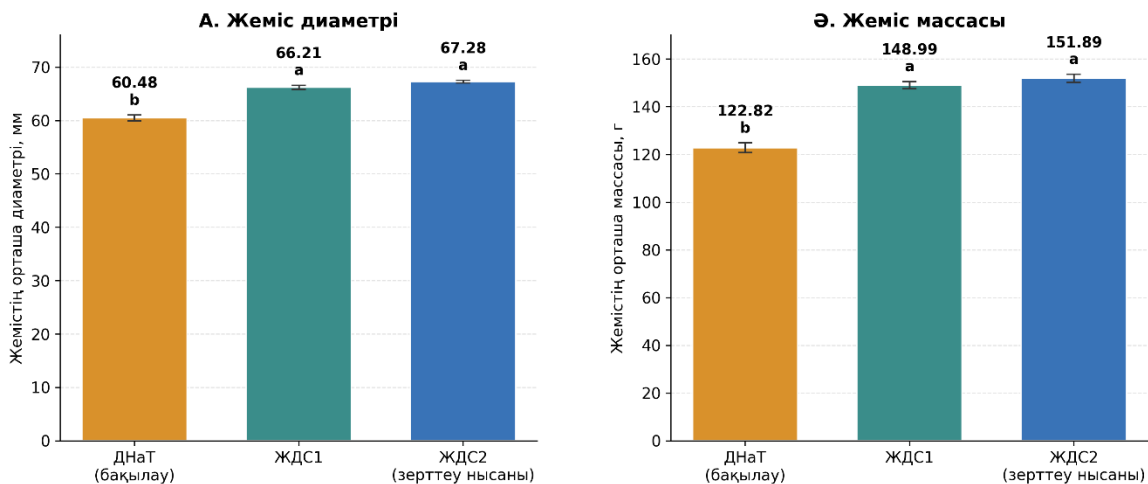
Тәжірибені орналастыру, өсімдіктерді есепке алу және өнім құрылымын бағалау С.Ф. Ващенконың қорғалған топырақ құрылыстарында көкөніс дақылдарымен тәжірибе жүргізу жөніндегі әдістемелік ұсынымдарына сәйкес орындалды [2]. Қызанақ өнімі 2025 жылғы 29 қазаннан 2026 жылғы 15 маусымға дейін жиналды. Әр есептік өсімдік бойынша жемістердің көлденең диаметрі электрондық штангенциркульмен өлшеніп, миллиметрмен көрсетілді; массасы электрондық таразымен анықталып, граммен берілді. Жинау болмаған мерзімдердегі нөлдік ұяшықтар орташа мәнді есептеуге енгізілген жоқ. Алдымен әр өсімдік бойынша кезеңдік

орташа көрсеткіш, одан кейін нұсқаның орташа мәні мен стандарттық қатесі есептелді. Нұсқалар бір факторлы дисперсиялық талдау және Тьюки критерийі арқылы $p \leq 0,05$ деңгейінде салыстырылды.

Зерттеу нәтижелері

Жарықтандыру жүйесі қызанақ жемістерінің өлшемі мен массасына айқын әсер етті. DNaT бақылауында жемістің орташа диаметрі $60,48 \pm 0,58$ мм болды. KSDO1 нұсқасында көрсеткіш $66,21 \pm 0,39$ мм-ге жетіп, бақылаудан 5,73 мм немесе 9,5% жоғары болды. Ең үлкен орташа диаметр зерттеу нысаны KSDO2-де анықталды – $67,28 \pm 0,27$ мм. Бұл DNaT нұсқасынан 6,80 мм немесе 11,2% артық. KSDO2 KSDO1-ден 1,07 мм немесе 1,6% жоғары болғанымен, екі жарықдиодты жүйенің айырмашылығы статистикалық тұрғыдан мәнді болған жоқ (1-сурет).

Әртүрлі жарықтандыру жүйелеріндегі Фортиция РЦ F1 қызанағы өнім құрылымының көрсеткіштері, 2025-2026 жж.



Орташа мән $\pm$ стандартты қате ($n = 15$ өсімдік). Әртүрлі әріптер Тьюки критерийі бойынша мәнді айырмашылықтарды көрсетеді, $p < 0,05$.

Сурет 1 – Әр түрлі жарықтандыру жүйелеріндегі «Фортиция F1» қызанақ бұданының өнім құрылымының көрсеткіштері

Жемістің орташа массасы бойынша да осындай заңдылық байқалды. Бақылаудағы көрсеткіш $122,82 \pm 1,98$ г болса, KSDO1-де $148,99 \pm 1,50$ г-ға дейін артты. KSDO1-дің DNaT -пен салыстырғандағы артықшылығы 26,17 г немесе 21,3% құрады. KSDO2 нұсқасында жемістің орташа массасы $151,89 \pm 1,63$ г болып, бақылаудан 29,07 г немесе 23,7% жоғары нәтиже көрсетті. KSDO2 мен KSDO1 арасындағы айырмашылық 2,90 г немесе 1,9% болды.

1 - кесте – Әртүрлі жарықтандыру жүйелеріндегі қызанақ өнімінің құрылымдық көрсеткіштері

Нұсқа	Жеміс диаметрі, мм	Бақылауға қатысы, %	Жеміс массасы, г	Бақылауға қатысы, %
DNaT (бақылау)	$60,48 \pm 0,58$	100,0	$122,82 \pm 1,98$	100,0
KSDO1	$66,21 \pm 0,39$	109,5	$148,99 \pm 1,50$	121,3
KSDO2 (зерттеу нысаны)	$67,28 \pm 0,27$	111,2	$151,89 \pm 1,63$	123,7

Бір факторлы дисперсиялық талдау жарықтандыру жүйесінің жеміс диаметріне ($F=71,39$; $p < 0,001$) және орташа массасына ($F=87,29$; $p < 0,001$) статистикалық тұрғыдан мәнді әсер еткенін көрсетті. Тьюки критерийі бойынша KSDO1 және KSDO2 нұсқалары екі көрсеткіш бойынша да DNaT бақылауынан сенімді түрде жоғары болды. KSDO1 мен KSDO2 арасындағы айырмашылық жеміс диаметрі бойынша $p=0,200$, ал массасы бойынша $p=0,463$ болып, статистикалық мәнділік деңгейіне жеткен жоқ.

Жарықдиодты нұсқалардағы ірі және ауыр жемістер спектрлік құрамның фотосинтетикалық белсенділік пен ассимиляттардың генеративтік мүшелерге бөлінуіне оң ықпал еткенін көрсетеді. KSDO2-де ең жоғары абсолюттік нәтижелердің алынуы қызыл сәуле үлесі басым спектрдің жеміс өсуін қолдағанын аңғартады. Дегенмен KSDO1 мен KSDO2 арасындағы айырмашылықтың статистикалық тұрғыдан дәлелденбеуі екі жарықдиодты жүйенің де DNaT бақылауына қарағанда тиімді болғанын көрсетеді.

Қаржыландыру

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті (грант № AP23488411) қаржыландырды.

Қорытынды

Әртүрлі жарықтандыру жүйелері «Фортиция F1» қызанақ буданы өнімінің құрылымына елеулі әсер етті. DNaT бақылауымен салыстырғанда KSDO1 жеміс диаметрін 9,5%, орташа массасын 21,3% арттырды. Зерттеу нысаны KSDO2 ең жоғары көрсеткіштерді қамтамасыз етіп, жеміс диаметрін 11,2%, ал орташа массасын 23,7% ұлғайтты. Екі жарықдиодты нұсқа да бақылаудан статистикалық тұрғыдан жоғары болғанымен, өзара айырмашылығы мәнді болған жоқ. Осылайша, KSDO2 қызанақ жемістерінің іріленуі мен массасының артуына бағытталған перспективалы жарықтандыру жүйесі ретінде бағаланады.

Пайдаланған әдебиеттер

1. Рамазанов А., Интенсивное выращивание овощей и зелени в закрытом грунте по инновационной технологии на примере светотехнической лаборатории по типу теплицы ТОО«LedSystemMedia», методическое пособие, Астана, 2019, - с- 28.
2. Ващенко С.Ф Методические рекомендации по проведению опытов с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта / С.Ф. Ващенко, Г.А. Набатова, О.Д. Рожанская. М., 1976. - С. 87.

Arts

THE ROLE OF SARDAR FARAJOV IN THE PRESERVATION AND PERPETUATION OF THE LEGACY OF THE GENIUS UZEYİR HACİBEYLİ

İskenderova Sevdə Asgar

Senior lecturer,

"Instrumental Performance" department, "Musical Art" faculty,
Azerbaijan State University of Culture and Arts,

DAHİ ÜZEYİR HACİBEYLİ'NİN MİRASININ KORUNMASI VE YAŞATILMASINDA SARDAR FERECOV'UN ROLÜ

İsgenderova Sevdə Asger

Azerbaycan Devlet Kültür ve Sanat Üniversitesi, "Enstrümantal İcra" Anabilim Dalı Öğretim Görevlisi

Abstract

The article is dedicated to the services of Sardar Farajov in the preservation, restoration, and promotion of Uzeyir Hajibeyli's legacy. Sardar Farajov has been working at Hajibeyli's House Museum since 1984 and has served as the museum's director since 2005. His greatest achievement was the restoration of the "Azerbaijan March" in 1989: based on found sketches, he prepared the full score and ensured the anthem's performance after a 70-year hiatus, and in 1992, this work was approved as the State Anthem. S. Farajov also restored the operetta "Husband and Wife" and is the author of the book "In the Light of Uzeyir" and the film "Our Eternal Pride." As a composer, he continues the traditions of U. Hajibeyli. For his activities in preserving Uzeyir Hajibeyli's legacy and his prolific creative work as a composer, he was awarded the honorary title of People's Artist in 2019.

Özet

Makale, Sardar Ferecov'un Üzeyir Hacıbeyli mirasının korunması, restorasyonu ve tanıtılmasındaki hizmetlerine adanmıştır. Sardar Ferecov 1984'ten beri Hacıbeyli'nin Ev Müzesi'nde çalışmakta ve 2005'ten beri müzenin direktörüdür. En büyük başarısı 1989'da "Azerbaycan Marşı"nı restore etmesidir: bulunan eskizlere dayanarak partiyon hazırlamış, 70 yıllık aradan sonra marşın seslendirilmesini sağlamış ve 1992'de bu eser Devlet Marşı olarak onaylanmıştır. S. Ferecov ayrıca "Karı Koca" operetini restore etmiş, "Üzeyir'in Işığında" kitabının ve "Sonsuz Gururumuz" filminin yazarı olmuştur. Besteci olarak da Ü. Hacıbeyli geleneklerini sürdürmektedir. Üzeyir Hacıbeyli'nin mirasının korunması alanındaki faaliyeti ve besteci olarak verimli yaratıcılığı nedeniyle 2019'da Halk Sanatçısı unvanına layık görülmüştür.

Keywords: Sardar Farajov, U. Hajibeyli's House Museum, legacy, operetta, national march, restoration, composer.

Anahtar kelimeler: Sardar Ferecov, Ü. Hacıbeyli Ev Müzesi, miras, operet, milli marş, restorasyon, besteci.

INTRODUCTION: In the cultural history of every nation, there are personalities whose creative heritage shapes not only their own era but also the spiritual world of future generations. In Azerbaijani musical culture, such a towering figure is undoubtedly Uzeyir Hajibeyli. His operas, operettas, romances, works for folk instrument orchestras, and scientific-publicistic writings constitute the golden fund of our national music. However, a portion of the great composer's rich creative legacy was forgotten during the Soviet period for ideological reasons; some manuscripts were lost, while others lay waiting on the dusty shelves of archives. It was precisely this sacred mission of unearthing, scientifically researching, restoring, and disseminating this heritage to the wider public that was undertaken by Sardar Farajulla oğlu Farajov. This article will provide a detailed analysis of Sardar Farajov's multifaceted activities in the preservation, perpetuation, and promotion of Uzeyir Hajibeyli's legacy.

THE MAIN TEXT: A turning point in Sardar Farajov's fate occurred in 1984 when he began working at Uzeyir Hajibeyli's House Museum. Working at this museum gave him the opportunity to become intimately familiar with the great artist's personal archives, manuscripts, books, and other materials. This activity laid the foundation for his future scholarly pursuits, and over time, Sardar Farajov developed not

only as a composer but also as a deeply knowledgeable museologist, archivist, and a scholar specializing in Hajibeyli.

Since 2005, he has successfully held the position of Director of Uzeyir Hajibeyli's House Museum. Under his leadership, the museum has functioned not only as an exhibition center but also as a scientific research institute.

For many years, the fate of the "Azerbaijan March" and the "National March" remained shrouded in darkness. These works were only mentioned in the memories of a few elderly intellectuals and perhaps in certain archival documents. However, Sardar Farajov, purposefully rather than coincidentally, began researching these marches, conducting investigations in various archives of Azerbaijan as well as Turkey, leafing through old newspapers and magazines, and meeting with performers and witnesses of the anthem.

The fruit of these searches yielded positive results in 1989. Sardar Farajov published an extensive article titled "Two Marches of U. Hajibeyov" in the July 14 issue of the "Literature and Art" newspaper. This article became a true revelation for the scholarly community and the broad readership. In the article, the author did not merely provide information about the existence of these marches but also analyzed their historical significance and their place in Uzeyir bey's oeuvre, voiced his hypotheses regarding the fate of the lost manuscripts, and called upon the public to assist in the search for these marches. This article resonated like a bell, and before long, it yielded the expected result – musicologist R. Khalilov, after lengthy investigations, managed to find the original piano score and the orchestral parts of the march.

Unfortunately, the discovered primary materials did not constitute a complete orchestral score – they were more sketch-like notations, parts for individual instruments, and a piano arrangement. Transforming these materials into a complete work for a large choir and symphony orchestra required professional compositional knowledge, a profound familiarity with Uzeyir bey's style, and immense patience. Sardar Farajov undertook this difficult and responsible task.

Based on those sketches, the piano arrangement, and the orchestral parts, S. Farajov prepared a new, complete full score for a four-part choir and a large symphony orchestra. During this process, he paid special attention to preserving Uzeyir bey's harmonic language, orchestral possibilities, and national color, while at the same time ensuring the work met contemporary performance standards. Sardar Farajov's new score breathed a second life into the work and brought it to a state ready for recording. After this restoration work, the "Azerbaijan March" was performed for the first time by a professional choir and orchestra, and a sound recording was made.

Thus, a national monument that had been silent for nearly 70 years began to sound once more. In 1989, renowned composer Aydin Azimov also arranged this work for a large choir and symphony orchestra and recorded it. In the autumn of that same year, after an approximately 70-year interval, the "Azerbaijan March" was performed for the first time before the general public, as well as on state television and radio. This was a historic event – the people heard their lost anthem once again. Sardar Farajov's initial research, search efforts, and score preparation played a decisive role in this success.

After Azerbaijan restored its state independence in 1991, the issue of confirming a national anthem was brought back to the agenda. The already restored, performed, and enthusiastically received "Azerbaijan March" was the most worthy candidate. By a decision dated May 27, 1992, the National Assembly of the Republic of Azerbaijan approved the "Azerbaijan March," with music by Uzeyir bey Hajibeyli and lyrics by Ahmad Javad, as the State Anthem. This was a restoration of historical justice – the anthem that had lived in the hearts of the people during the Republic era was once again transformed into a state symbol.

Later, on March 2, 1993, the National Assembly approved the "Regulations on the State Anthem of the Republic of Azerbaijan." This document established the rules for performing the anthem, the rules of respect for it, and the circumstances of its use. Through constitutional laws, the State Anthem was established as the sacred symbol of the Azerbaijani state, its independence, and its unity. It was emphasized that showing deep respect for the state anthem is the patriotic duty of every citizen.

National Leader Heydar Aliyev proudly stated about this anthem: "The great Uzeyir Hajibeyov created the 'March of Independence' in 1919, which we now listen to with joy every time – the State Anthem of the independent Republic of Azerbaijan. Uzeyir Hajibeyov understood at that time that this people needed it. Today, taking this opportunity, I want to say that despite the difficulties of that era, and despite Uzeyir Hajibeyov being relatively young, he created a very beautiful, majestic state anthem" [3, pp. 117-119]. These words confirm Uzeyir bey's genius political foresight, as well as the eternal value of the anthem.

Sardar Farajov did not limit himself solely to the State Anthem. The restoration of Uzeyir Hajibeyli's other lost or lesser-known works occupies a significant place in his scholarly activity. In particular, the operetta "Husband and Wife," which he restored, stands as one of the important achievements in this field. For a long time, this work was known only by name, and its sheet music was considered lost. However, Sardar Farajov was able to restore the music of this operetta based on archival materials, old manuscripts, and critical articles in the period press. He endeavored to preserve the original style, melodic lines, and orchestral arrangement as much as possible. The restored operetta "Husband and Wife" is now studied as an essential part of Uzeyir Hajibeyli's legacy and is staged in theaters.

Furthermore, S. Farajov has also worked on folk song arrangements, choral works, and instrumental pieces written by Uzeyir bey in various years, introducing them to academic circulation. He has also collected and analyzed Uzeyir Hajibeyli's scientific and publicistic heritage, systematizing the composer's ideas on music theory, music education, and aesthetics.

Sardar Farajov has been directing Uzeyir Hajibeyli's House Museum since 2005. During this period, the museum was significantly reconstructed, both as an exhibition space and as a scientific research center. Under his leadership, an inventory of the materials kept in the museum's collection was carried out, and many documents, photographs, letters, and manuscripts were introduced to academic circulation for the first time. The museum boasts a rich collection of Uzeyir bey's personal belongings, composing tools, library, and correspondence with his wife and relatives.

S. Farajov has oriented the museum's activity towards an interactive format suitable for modern requirements. Scholarly conferences, masterclasses, and competitions for young musicians are regularly organized here. Concert programs are prepared based on the sheet music materials collected in the museum's collection, featuring lesser-known works by Uzeyir bey. At Farajov's initiative, the museum has joined international museum networks, and cooperative ties have been established with musical museums in foreign countries. This serves to promote Uzeyir Hajibeyli's legacy on a global scale.

Sardar Farajov is also a prolific publicist and book author. His articles, essays, and scholarly research written over various years have been collected and published in a book titled "In the Light of Uzeyir." This book brings together what a researcher has written about Uzeyir bey for nearly two decades. It contains original thoughts, documentary evidence, and memories about various periods of the great composer's life, his creative pursuits, hardships, and triumphs. In this book, S. Farajov combines his subjective perception as both a scholar and an artist with scholarly analysis, which makes the work particularly engaging.

He is also the screenplay author of the feature-documentary television film "Our Eternal Pride," produced on the eve of Uzeyir Hajibeyli's 125th anniversary. This film reflects not only the great composer's life, creative environment, and the socio-political events of his time but is also rich with performances of his works. The film was intended for a wide television audience and generated a significant resonance.

Additionally, Sardar Farajov has been the compiler and editor of Uzeyir Hajibeyli's sheet music collection titled "Patriotic Songs." This publication brings together the composer's patriotic songs and choral works written during various periods. The sheet music collection has practical significance for musicians, researchers, and the general public, as many of these songs had not been previously published.

In 2025, on the occasion of the 140th anniversary of Uzeyir Hajibeyli, Sardar Farajov's book "Album of Life" was published. The book extensively reflects the composer's life path, educational years, creativity, and rich musical legacy, as well as his social activities. At the same time, moments preserved in memories and recollections about the composer have found their place, and the book contains an extensive collection of photographic materials that visually document various periods of the composer's life [4, p. 256].

Sardar Farajov is not only a researcher and museum worker but also an active composer. His 4 operettas, 2 symphonies, a rock opera for children, a musical based on Shakespeare's "Measure for Measure," and a number of symphonic, chamber, and choral works occupy a unique place in Azerbaijani musical culture. He has composed music for up to 40 theatrical performances, including the films "Koroghlu" and "Javad Khan." Interestingly, deep traces of Uzeyir Hajibeyli's traditions can be felt in Sardar Farajov's style as a composer. He strives to synthesize national melodic intonations with modern harmony, while simultaneously preserving the clarity, imagery, and depth of meaning characteristic of Uzeyir bey in the dramaturgical structure of his music. S. Farajov's symphonic works sometimes feature quotations, thematic or intonational similarities to Uzeyir bey's operas. This is an interesting phenomenon in terms of his assimilation of his great predecessor's creative experience and its translation into a contemporary musical language. At the same time, the composer is the author of a wealth of works for piano, and these works are included in the curricula of all music educational institutions. His album for piano, preludes,

waltzes, miniatures, impromptus, "Azerbaijani Dance," and duets play a significant role in the development of piano performance and in shaping the taste of the young generation of pianists.

Alongside all these services, since 2005, he has actively participated as a member of the jury in the "Mugham" competitions held in our republic with the support of the Heydar Aliyev Foundation.

CONCLUSION: Through his multifaceted activities, Sardar Farajov has rendered exceptional services in the preservation, restoration, and promotion of Uzeyir Hajibeyli's legacy. His discoveries as a researcher, particularly the restoration of our State Anthem, have been forever incorporated into the golden fund of our national culture. If Uzeyir Hajibeyli created these works, then Sardar Farajov saved them from oblivion, returned them to the people, and laid the groundwork for their establishment as a state symbol.

Today, whenever the "Azerbaijan March" is played at official ceremonies, sporting events, and international events, it evokes a sense of pride in the hearts of our people. However, behind this sound lies years of searching, scholarly diligence, and high professionalism. It is precisely thanks to Sardar Farajov that this sound was not heard as a sudden outcry but rather as a triumph of historical necessity.

Sardar Farajov will remain in the people's memory not only as a scholar and composer but also as the spiritual heir and the spiritual son of Uzeyir Hajibeyli's legacy. His book "In the Light of Uzeyir," films, articles, restored works, and museum work will serve as a guiding light for future generations. In 2019, being awarded the honorary title of People's Artist for his services to the development of Azerbaijani musical culture was the state's official recognition of these services.

In conclusion, Sardar Farajov's life and work demonstrate that preserving a great legacy is not merely about keeping it in archives, but also about reviving it, keeping it alive, adapting it to the modern era, and transmitting it to the future. He has honorably fulfilled and continues to fulfill this sacred mission. If Uzeyir bey's spirit lives on in every performed note, every resounding song, and every written scholarly article, it is thanks to Sardar Farajov and dedicated researchers like him. If today we proudly listen to Uzeyir Hajibeyli's State Anthem, we owe the echo of this music to Sardar Farajov's effort, perseverance, and boundless reverence. It is precisely such personalities who ensure the continuity of national culture and immortalize historical memory.

References

1. Tahmirazgizi, S. *In the Light of Uzeyir*. Culture Newspaper. 11.02.2011.
2. Farajov, S. *Our Eternal Pride: [Interview with Sardar Farajov, screenplay author of the film of the same name dedicated to composer Uzeyir Hajibeyli, and director Tahira Huseynova]*. Culture. 2010. 25 August. P. 5.
3. Zeynali, G. *Sardar Farajov as a Composer and Public Figure*. Conservatory No. 3, 2016, pp. 117-119.
4. Farajov, S. *Album of Life*. Baku, Azernashr, 2025, 256 p.

Economic sciences

IMPROVING THE ACCOUNTING OF SALES OF PRODUCTS (WORKS, SERVICES) IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Khudayberdiyev Nizomiddin Qurbonqulovich

Researcher of Tashkent State University of Economics

Abstract

This paper examines the improvement of sales (revenue) accounting for products, works and services in higher education institutions under conditions of expanding financial autonomy. The analysis reveals that the key problem of the existing practice is the violation of the revenue recognition moment for long-term research contracts, which distorts the financial result across reporting periods. The paper proposes a five-step revenue recognition model adapted to budget organizations and based on the separation of performance obligations, an author's definition of "sales" for a budget organization, and a paired subaccount structure enabling the determination of financial results by activity segments. The proposed solutions align national accounting practice with international public sector standards and enhance the reliability of the development fund income calculation.

Keywords: *sales accounting, revenue recognition, performance obligation, higher education institution, activity segment, development fund, IPSAS, budget accounting.*

The sales process is the concluding stage of the production cycle, in which a product (work, service) changes its value form and the organization's income is recognized. In higher education institutions operating under conditions of financial autonomy, the accounting of sales acquires particular significance, since it directly determines the formation of extrabudgetary financial resources. According to Article 60 of the Budget Code of the Republic of Uzbekistan, the income transferred to a budget organization's development fund is determined as the positive difference between the proceeds from the sale of goods (works, services) and the costs of their production. Consequently, sales accounting is not merely the recording of income, but a decisive stage in the formation of the university's development fund.

The relevance of this topic is reinforced by the fact that a number of state higher education institutions in Uzbekistan have been granted financial autonomy, including the right to independently determine income and expenditure parameters. This process requires that the proceeds from production and commercial activities and the related costs be accurately recorded, and that the financial result be reliably determined. However, the analysis of accounting practice shows that in this area a number of serious methodological problems remain unresolved, the most significant of which concerns the moment of revenue recognition.

The aim of this paper is to substantiate the directions for improving the accounting of sales of products (works, services) in higher education institutions, focusing on the revenue recognition model and the analytical structure of revenue accounts.

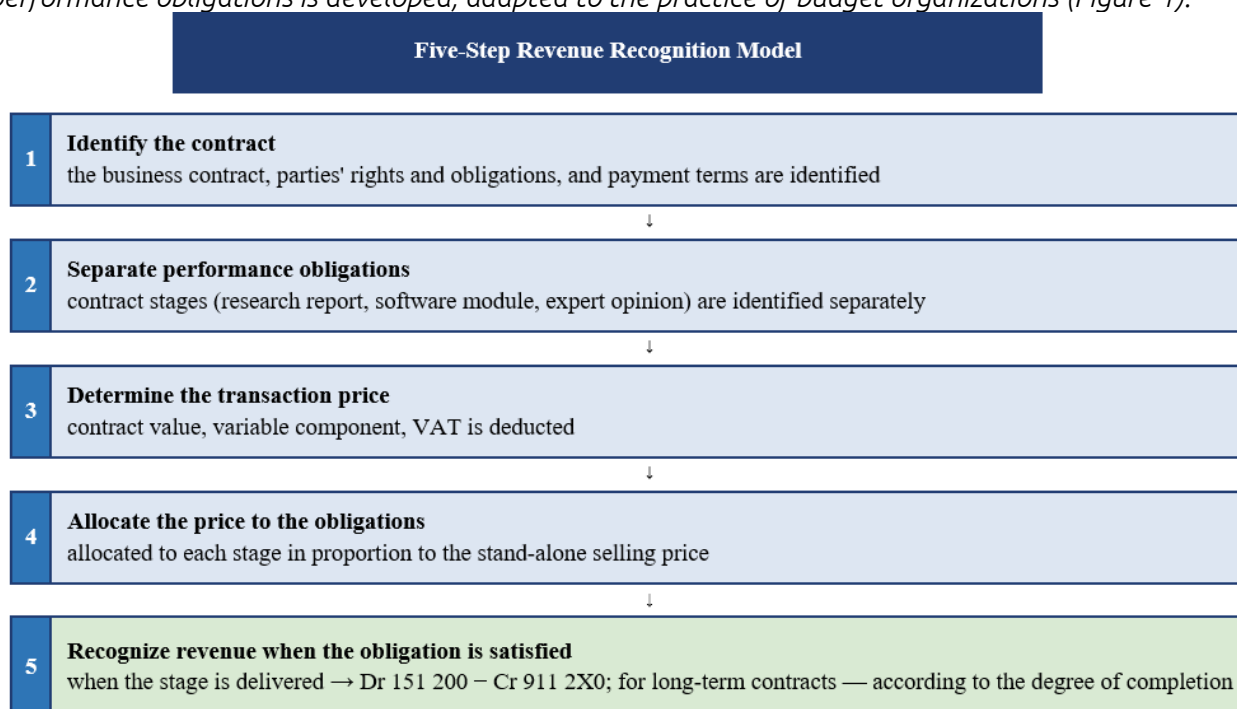
The problem of the moment of revenue recognition is one of the most debated issues in accounting theory. According to Ya. Sokolov, it is resolved at the intersection of legal (transfer of ownership), economic (probability of obtaining benefit), and technical (measurability) criteria. In modern international practice, these three criteria are generalized within the concept of performance obligations. IFRS 15 introduced a five-step revenue recognition model for the commercial sector, while for the public sector this approach is enshrined in IPSAS 47 "Revenue", which replaces IPSAS 9 and IPSAS 11 and regulates the income of both exchange and non-exchange transactions on a unified methodological basis. C. Horngren, S. Datar and M. Rajan emphasize that the analysis of profitability by product and service types is a prerequisite for the efficient allocation of resources, while D. Hansen and M. Mowen consider segment-level result analysis to be the main tool for strategic decision-making.

Among researchers in Uzbekistan, A. Ostonokulov has studied the methodology of recognizing extrabudgetary income and accounting for it by funds, while A. Khodjayev has substantiated internal control mechanisms over the proceeds from sales in higher education institutions. However, the adaptation of the performance-obligation-based revenue recognition model to the conditions of higher education institutions, together with a revenue account structure enabling segment-level financial results, has not been the subject of special research.

The study employs systemic analysis, abstract-logical reasoning, modeling, and comparative analysis. The proposed model is substantiated through account correspondence and by comparing national budget accounting standards with the requirements of international public sector accounting standards (IPSAS 9, 18, 47).

The analysis of accounting practice shows that in higher education institutions, the revenue from long-term research contracts (lasting two to three years) is recognized only once, upon the completion of the entire work, whereas the related costs are incurred regularly each year. This creates a contradiction: in the first and second years, costs are recognized but no corresponding revenue is recognized; in the third year, the revenue for all three years is recognized at once. This constitutes a direct violation of the matching principle and leads to a distortion of the financial result across reporting periods — the university may appear unjustifiably loss-making in some years and unjustifiably highly profitable in others. Since the amount transferred to the development fund depends on this result, the distortion directly affects budget discipline.

To provide a fundamental solution to this problem, a five-step revenue recognition model based on performance obligations is developed, adapted to the practice of budget organizations (Figure 1).



Source: Developed by the author based on the requirements of IPSAS 47 "Revenue" and IPSAS 9, adapted to the practice of budget organizations.

Figure 1. The author's five-step model of revenue recognition in higher education institutions

Source: developed by the author based on IFRS 15 and IPSAS 47.

The decisive step of the model for a higher education institution is the second step — the separation of performance obligations. A research contract usually consists of several stages that produce independent results (for example, a literature review and technical specification, prototype development, testing, and the final report). If each of them has independent value for the customer, it should be recognized as a separate performance obligation, and revenue should accordingly be recognized on a step-by-step basis. The practical implementation of this method requires two organizational conditions: first, the stages of work and the share of each stage in the contract value must be clearly defined in the contract — this is proposed to be included as a mandatory annex to the standard contract form; second, an interim acceptance certificate must be signed with the customer at the end of each stage.

On the basis of this approach, an author's definition of the key concept of the sales process is formulated: sales of a product (work, service) in a budget organization is the transfer to the customer of control over the economic benefit created as a result of the full or partial fulfilment of a performance obligation to the customer within the framework of the organization's production and commercial activities, reflected in accounting through the recognition of revenue, the write-off of the prime cost of the sold product, and the formation of the development fund income. This definition contains three elements of novelty: first, it links sales not to the fact of signing a document but to the fulfilment of a performance obligation; second, it recognizes partial fulfilment as sales, which provides the theoretical basis for step-

by-step revenue recognition; third, it incorporates the concept's final link specific to a budget organization — the formation of the development fund income.

To enable the determination of financial results by activity type, a paired structure of revenue and cost subaccounts is proposed (Table 1). Each revenue subaccount forms a pair with the corresponding cost subaccount, which enables the direct comparison of revenue and prime cost for each activity group.

Table 1.

Paired structure of revenue and cost subaccounts by activity segments

Activity segment	Cost subaccount	Revenue subaccount
Segment I — research and production	180 100	911 210
Segment II — educational and service	180 200	911 220
Segment III — auxiliary production	180 300	911 230

Source: developed by the author.

This seemingly simple organizational solution resolves one of the most serious problems of the existing practice — the hidden cross-subsidization of loss-making segments by profitable ones. In addition, the structure fully complies with the requirements of IPSAS 18 "Segment Reporting". It should be emphasized that in a budget organization, the paired structure serves not only reporting purposes but also a managerial function: without information on revenue, costs, and results for each activity direction, it is impossible to make well-grounded decisions under conditions of financial autonomy.

A separate problem identified in practice is that advance payments are sometimes recognized directly as revenue. In accordance with IPSAS 9, revenue is not recognized at the moment an advance is received, since the organization has not yet fulfilled its obligation. Therefore, advances should be recorded in a separate liability subaccount and transferred to revenue only after the work is performed. This solution ensures both the reliability of accounting and compliance with Article 60 of the Budget Code, preventing the transfer of funds to the development fund on the basis of income that has not yet been earned.

The study allows the following conclusions. First, the key problem of sales accounting in higher education institutions is the violation of the revenue recognition moment for long-term contracts, which distorts the financial result and, consequently, the amount transferred to the development fund. Second, the proposed five-step revenue recognition model, based on the separation of performance obligations, provides a fundamental solution to this problem and aligns national practice with IPSAS 47. Third, the author's definition of "sales" in a budget organization, linking sales to the fulfilment of a performance obligation, provides the theoretical basis for step-by-step revenue recognition. Fourth, the paired structure of revenue and cost subaccounts enables the determination of financial results by activity segments and reveals hidden cross-subsidization.

The proposed solutions are applicable to all budget organizations engaged in production and commercial activities. The development of a mechanism for the phased implementation of these proposals and a methodology for assessing their effectiveness constitute a promising direction for further research.

References

1. International Accounting Standards Board (IASB). IFRS 15 "Revenue from Contracts with Customers". London: IFRS Foundation, 2014.
2. International Public Sector Accounting Standards Board (IPSASB). IPSAS 47 "Revenue". New York: IFAC, 2023.
3. International Public Sector Accounting Standards Board (IPSASB). Handbook of International Public Sector Accounting Pronouncements. New York: IFAC, 2023.
4. Horngren C.T., Datar S.M., Rajan M.V. Cost Accounting: A Managerial Emphasis. 16th ed. New York: Pearson Education, 2021. 976 p.
5. Hansen D.R., Mowen M.M. Cost Management: Accounting and Control. 6th ed. South-Western: Cengage Learning, 2017. 832 p.
6. Ostonokulov A. Improving the Methodology of Accounting and Reporting of Extrabudgetary Funds of Budget Organizations: monograph. Tashkent: VNESHINVESTPROM, 2021. 208 p.
7. Budget Code of the Republic of Uzbekistan, 2013, Article 60. URL: <https://lex.uz/docs/-2304138>
8. IFAC. Implementing Accrual Accounting in the Public Sector: A Guide for Governments. New York: IFAC, 2021. 48 p.

DIRECTIONS AND EXPECTED RESULTS OF BUILDING CHINA'S MODERN INDUSTRIAL SYSTEM

Wu Yizhe

Postgraduate student of the Faculty of International Relations
Belarusian State University
g. Minsk, Republic of Belarus

НАПРАВЛЕНИЯ И ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ СИСТЕМЫ КИТАЯ

У Ичжэ

аспирант экономического факультета
Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Основным фактором, обеспечивающим положительные результаты социально-экономического развития КНР, и важнейшим элементом национальной экономики страны, является промышленная система, формирование и эффективное развитие которой является приоритетом национального экономического и социального развития КНР до 2035 года [1]. В свою очередь, ускорение развития современной промышленной системы Китая и укрепление основ реальной экономики по-прежнему являются важнейшим приоритетом социально-экономического развития КНР и перед правительством Китая остро стоит проблема разработки организационно-экономического обеспечения развития современной промышленной системы страны, включающего совокупность методов и инструментов организационного и финансово-экономического характера достижения поставленных целей и решения соответствующих задач [2, с. 103; 3, с. 56].

Основная часть. Определение направлений построения современной промышленной системы Китая требует рассмотрения ее сущности на современном этапе социально-экономического развития страны, характеризующимся началом реализации Плана 15-й пятилетки национального экономического и социального развития. Наиболее полное определение понятия «промышленная система» дано в работе Тянь Хайянь, где автор проводит исследование этапов и методов построения современной промышленной системы и «основываясь на законах и рисках эволюции промышленной системы, взглядах китайских теоретических кругов и соответствующем содержании построения современной промышленной системы на Третьем пленуме 20-го ЦК КПК, определяет современную промышленную систему как промышленную систему, ядром которой является передовое производство, а поддержкой – современная сфера услуг и современная инфраструктура, обладающую прочным промышленным фундаментом и высокоуровневой и рациональной промышленной структурой» [4, с. 89]. С точки зрения системного подхода нами в настоящей работе промышленная система Китая определена как сложная, многоуровневая, динамическая и высокоинтегрированная система, включающая функционирующие в рамках формируемых государством условий хозяйствования отрасли первичной, вторичной и третичной промышленности, охватывающих полный цикл производства: от добычи сырья до выпуска высокотехнологичных продукции и услуг, деятельность которой обусловлена совокупностью экономических отношений, определяемых уровнем развития производительных сил и производственных отношений между предприятиями различных видов экономической деятельности и другими субъектами экономических отношений в процессе добычи, заготовки, переработки материальных ресурсов с использованием труда и основного капитала с целью получения полезного результата – товаров и услуг (продуктов) для промежуточного использования и конечного потребления [3, с. 57]. Авторское определение позволяет раскрыть сущность современной промышленной системы через ее свойства, структуру, целевое назначение, функции и условия функционирования как с точки зрения внутреннего взаимодействия, так и с точки зрения ее рассмотрения как подсистемы государства.

В качестве четырех основных направлений построения современной промышленной системы КНР в соответствии с Планом 15-й пятилетки национального экономического и социального развития страны выступают [5]:

1. Оптимизация и модернизация традиционных отраслей. В рамках данного направления планируется укрепить руководство в области национальных стандартов, расширить использование цифровых и экологически чистых технологий, а также ужесточить экологические нормы и правила безопасности для укрепления позиций промышленной системы Китая и повышения ее конкурентоспособности в глобальном разделении труда. Реализация данного направления предполагает:

1.1. Содействие модернизации ключевых отраслей промышленности.

1.2. Повышение самодостаточности и управляемости производственной цепочки.

1.3. Совершенствование механизма содействия здоровому и упорядоченному развитию промышленности.

2. Развитие и укрепление новых и перспективных отраслей промышленности. Данное направление планируется реализовать за счет укрепления поставок оригинальных технологий, ускорения создания сценариев применения и экосистем, развития большего количества ключевых и ведущих отраслей и создания новых преимуществ для промышленного развития. В рамках данного направления планируется обеспечить:

2.1. Развитие и расширение новых отраслей промышленности.

2.2. Перспективное планирование для будущих отраслей промышленности.

2.3. Совершенствование экосистемы для промышленных инноваций и развития.

3. Содействие высококачественному и эффективному развитию сферы услуг. Данное направление требует реализации плана действий по расширению и совершенствованию сектора услуг, углублению реформ и открытости в этом секторе, улучшению системы поддержки, всестороннему повышению качества, эффективности и конкурентоспособности сектора услуг, а также более эффективному использованию роли сектора услуг в поддержке модернизации промышленности, удовлетворении потребностей населения и стимулировании роста занятости. Данное направление требует реализации таких планов, как:

3.1. Содействие расширению специализации производительных отраслей сферы услуг и их развитию в высокотехнологичном сегменте цепочки создания стоимости.

3.2. Содействие высококачественному, разнообразному и удобному развитию потребительских услуг.

3.3. Совершенствование системы политики развития сферы услуг.

4. Создание современной инфраструктурной системы. В рамках реализации данного направления требуется придерживаться принципа умеренной, но не чрезмерной ориентации на будущее, укреплять общее планирование инфраструктуры, оптимизировать структуру размещения, содействовать интеграции и конвергенции, а также повышать безопасность, устойчивость и операционную стабильность. В рамках данного направления планируется обеспечить:

4.1. Совершенствование современной комплексной транспортной системы

4.2. Интенсификация строительства новой энергетической инфраструктуры

4.3. Ускорение строительства современной водопроводной сети

4.4. Строительство новой инфраструктуры средней степени сложности

Исходя из оценки развития промышленной системы Китая за 2020–2025 годы, динамики показателей, характеризующих финансовые результаты и финансовое состояние предприятий промышленности и анализа направлений построения современной промышленной системы в соответствии с Планом 15-й пятилетки национального экономического и социального развития страны, определим ожидаемый результат и потенциальные эффекты от его реализации на ближайшую пятилетку социально-экономического развития страны до 2030 г. в части, непосредственно относящейся к промышленному комплексу Китая (таблица).

Таблица – Основные направления и приоритеты построения современной промышленной системы КНР и ожидаемый результат от их реализации

Направления	Ожидаемые результаты и эффекты
1. Оптимизация и модернизация традиционных отраслей	
1.1. Содействие модернизации ключевых отраслей промышленности	– реализация мероприятий по адаптации к меняющимся условиям и внедрению дифференцированной политики в различных отраслях для разрешения структурных противоречий ключевых отраслей и ускорения их модернизации в направлении среднего и высокого ценового сегмента; – укрепление глобальных позиций за счет повышения конкурентоспособности химической, машиностроительной и судостроительной отраслей в глобальном разделении труда, строительной отрасли, сохранение и усилении ключевой роли редкоземельных и редких металлов; – получение масштабного экономического эффекта за счет модернизация традиционных отраслей и создания дополнительного рыночного пространства объемом около 10 трлн юаней; – развитие интеллектуального производства и достижение ключевых показателей использования цифровых инструментов для НИОКР и управления на крупных промышленных уровнях 85%; – повышение эффективности за счет внедрения технологий, позволяющих сократить циклы разработки новых продуктов на ~30% и повысить общую производительность труда в промышленности не менее чем на 20%; – развитие «зеленых» технологий, обеспечив снижение углеродоемкость ВВП на 20% (к уровню 2020 г.) и доведение доли переработанных твердых промышленных отходов до 60% и др.
1.2. Повышение самодостаточности и управляемости производственной цепочки	– реализация проекта реконструкции промышленной базы для ускорения прорывов в ряде основных фундаментальных технологий, процессов и продуктов, а также внедрение инновационных разработок, таким как передовые материалы и многомасштабное производство; – прорыв в «критических» технологиях (например, в области чипов, станков, авиации) для обеспечения «полного контроля» над ключевыми производственными процессами в стране; – рост доли высокотехнологичного производства в ВВП до 30%; – массовое внедрение промышленных роботов и увеличение плотности использования как ключевых показателей технологического суверенитета, рост производство и внедрение отечественных промышленных роботов более чем на 30%.
1.3. Совершенствование механизма содействия здоровому и упорядоченному развитию промышленности	– совершенствование системы регулирования и политики в отрасли, оптимизация структуру промышленности и укрепление скоординированного обеспечения факторов производства; – оптимизация промышленной структуры, удерживание доли обрабатывающей промышленности в ВВП на уровне ~27%, эффективно управляя ростом в ключевых секторах, таких как черная металлургия; – создание современных промышленных кластеров путем формирования нескольких десятков высокотехнологичных промышленных кластеров мирового уровня и обеспечения роста вклада 40 ведущих кластеров в промышленное производство страны на 15%.
2. Развитие и укрепление новых и перспективных отраслей промышленности	
2.1. Развитие и расширение новых отраслей промышленности	– обеспечение глубокой структурной трансформации промышленности путем ускорения развития стратегических перспективных отраслей, таких как информационные технологии следующего поколения, возобновляемая энергетика, новые материалы, интеллектуальные подключенные транспортные средства на новых источниках энергии, робототехника, биомедицина, высокотехнологичное оборудование и аэрокосмическая промышленность; – трансформировать группу шести стратегически важных секторов в настоящие «столпы» экономики, обеспечив объем их производства на уровне не ниже 10 трлн юаней (с примерно 6 трлн юаней в 2025 году): 1. Интегральные схемы (чипы): повышение уровня самообеспеченности и укрепление позиций Китая в глобальной цепочке поставок). 2. Аэрокосмическая промышленность: превращение коммерческого космоса в самостоятельную отрасль с прогнозируемым объемом 1,67 трлн юаней к 2030 году за счет многоразовых ракет и спутникового интернета. 3. Биомедицина: переход от статуса «стратегической» к «столпу» экономики за счет собственных инновационных лекарств и методов лечения. 4. Экономика малых высот (Low-Altitude Economy): Создание новой транспортно-логистической и сервисной экосистемы с использованием дронов и летательных аппаратов для городской и региональной мобильности. 5. Новые типы накопителей энергии: Интеграция в

Направления	Ожидаемые результаты и эффекты
	энергосистему с рыночной моделью и приближением стоимости хранения к 0,3 юаня за кВт*ч. 6. Интеллектуальная робототехника: Широкое внедрение роботов в производство и логистику, с целью установки более 100 000 человекоподобных роботов к 2027 году. – использовать перспективные катализаторы роста и обеспечить его за счет таких драйверов, как искусственный интеллект, роботизация и цифровая трансформация, которые модернизируют традиционные производства; – обеспечить социальный эффект от развития рассмотренных отраслей, количественная оценка которого состоит в ежегодном создании более 10 млн квалифицированных рабочих мест.
2.2. Перспективное планирование для будущих отраслей промышленности	– создание, путем определения ключевых областей, определяющих будущее развитие, комплексной системы подготовки будущих отраслей промышленности, продвигая квантовые технологии, биопроизводство, водородную энергетику и термоядерный синтез, интерфейсы «мозг-компьютер», воплощенный интеллект и мобильную связь шестого поколения в качестве новых драйверов экономического роста, заложить фундамент для долгосрочного лидерства, создавая с нуля рынки, которые определяют технологический уклад через 10–15 лет. – заложить в течение 15-й пятилетки базу для взрывного роста «индустрий будущего», чей суммарный объем к 2030 году также должен исчисляться триллионами юаней. – обеспечить развитие шести основных индустрий будущего. 1. Квантовые технологии: ожидается создание государственных проектов и «научных центров мирового уровня» для достижения прорыва в квантовых вычислениях и коммуникациях. 2. Биопроизводство (Biomanufacturing): прогнозируется, что к уже к 2027 году объем рынка синтетической биологии превысит 170 млрд юаней. 3. Водородная и термоядерная энергетика: активное развитие «зеленого» водорода и продвижение исследовательских программ по управляемому термоядерному синтезу. 4. Интерфейсы «мозг-компьютер»: переход от лабораторных прототипов к практическим приложениям в медицине и управлении. 5. Воплощенный ИИ (Embodied AI): развитие ИИ, способного взаимодействовать с физическим миром, что является следующим шагом после генеративных моделей. 6. Связь 6G: начало развертывания инфраструктуры и разработка промышленных стандартов на основе технологий 5G.
2.3. Совершенствование экосистемы для промышленных инноваций и развития	– создание рыночной среды и политической системы, благоприятствующих развитию и росту новых отраслей, формирование принципиально новой среды, стирающей грань между наукой и производством. – обеспечение нового уровня интеграции науки и бизнеса путем создания «консолидированной производительной силы», где лабораторные открытия («от 0 до 1») будут форсированно превращаться в продукты («от 1 до 100»). – формирование конкретных институтов развития, включая создание государственных демонстрационных баз для новых отраслей, строительство пилотных испытательных платформ и национальной базы для приложений ИИ для быстрой обкатки технологий, а также создание около 100 новых инновационных центров и лабораторий, ориентированных на промышленное внедрение; – развитие инструментов финансирования, обеспечивающих среднегодовой рост расходов на НИОКР по всей стране не менее 7%. Ключевая роль в финансировании отводится бизнесу (уже сейчас компании обеспечивают более 77% всех инвестиций в R&D) при активном использовании государственных инвестфондов для поддержки высокорисковых проектов, включая программу «Новое качество будущих индустрий». – формирование кадрового потенциала за счет возвращения около 500 новых «специализированных и сложных» (专精特新) предприятий, которые станут «скрытыми чемпионами» в своих нишах, при этом параллельно будет создана система для подготовки миллионов специалистов принципиально нового профиля; – обеспечение нового качества роста за счет увеличения доли цифровой экономики в ВВП должна до 12,5%, повышения конкурентоспособности и создание дополнительный рыночного объема на уровне в 10 трлн юаней за счет модернизации традиционных секторов.

Источник: авторская разработка [3, с.66–67] на основе [5].

Заключение. Таким образом, в качестве четырех основных направлений построения современной промышленной системы КНР в соответствии с Планом 15-й пятилетки национального экономического и социального развития страны выступают оптимизация и модернизация традиционных отраслей, развитие и укрепление новых и перспективных отраслей промышленности, содействие высококачественному и эффективному развитию сферы услуг и создание современной инфраструктурной системы. Подобный подход к построению современной промышленной системы КНР позволит повысить ее эффективность и конкурентоспособность, обеспечить достижение поставленных целей, определенных Планом 15-й пятилетки национального экономического и социального развития страны.

Список литературы

1. Summary of the 14th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China and Long-Term Goals for 2035 // Website of Communist Party Members. – URL: <https://www.12371.cn/special/ssw2035/>. (accessed on 08.02.2026).
2. Wu, Yizhe, Zuo, Tenglong. The Development of China's Modern Industrial System, Taking into Account the Expansion of the Country's Enterprises' Technological Innovation Capabilities / Yizhe Wu, Tenglong Zuo // New Economy. – 2025. – No. 1 (Special Issue). – 100–107.
3. Wu, Yizhe, Qiao, Tianhua, Korotkevich, A.I. Directions for building China's modern industrial system and the role of innovation-industrial clusters in national economic development / Yizhe Wu, Tianhua Qiao, A.I. Korotkevich // Journal of the Belarusian State University. Economics. – 2026. – No. 1. – P. 55–73.
4. Tian, Haiyan. Stages and Methods of Building a Modern Industrial System / Haiyan Tian // Social Sciences of Hubei Province. – 2026, No. 1. – Pp. 87–95.
4. Wu, Yizhe, Zuo, Tenglong. The Development of China's Modern Industrial System, Taking into Account the Expansion of the Country's Enterprises' Technological Innovation Capabilities / Yizhe Wu, Tenglong Zuo // New Economy. – 2025. – No. 1 (Special Issue). – 100–107.
5. The 15th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China [Electronic resource] // Website of the members of the Communist Party of the People's Republic of China. URL: <https://www.12371.cn/2026/03/13/ARTI1773410307876581.shtml>. – Date of access: 16.03.2026.

THE ROLE OF CHINA'S INNOVATION-INDUSTRIAL CLUSTERS IN THE DEVELOPMENT AND EFFICIENCY ENHANCEMENT OF THE NATIONAL ECONOMY

Qiao Tianhua

Postgraduate student of the Faculty of International Relations
Belarusian State University
g. Minsk, Republic of Belarus

РОЛЬ ИННОВАЦИОННО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КЛАСТЕРОВ КИТАЯ В РАЗВИТИИ И ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Цяо Тяньхуа

аспирант экономического факультета
Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Построение современной промышленной системы и развитие национальной экономики Китая в соответствии с Планом 15-й пятилетки национального экономического и социального развития страны на ближайшую пятилетку до 2030 г. требуют повышения эффективности и конкурентоспособности промышленных предприятий, не просто наращивания их мощности, а полной перестройки промышленности для увеличения ее самостоятельности, высокотехнологичности и интегрированности [1]. При этом важнейшим направлением решения указанных задач является формирование инновационно-промышленных кластеров (ИПК), которые в современных условиях социально-экономического развития большинства стран мира играют все большую роль с точки зрения формирования инновационной модели экономики и повышения эффективности реализации инновационной политики государства. Это связано с тем, что ИПК решают проблему повышения инновационной активности предприятий, играют роль точек роста внутреннего рынка и обеспечивают продвижение производимых ими товаров и услуг на международные рынки. Функционирование инновационных предприятий промышленности в кластерах открывает широкие возможности для создания и развития их конкурентных преимуществ. Все это способствует повышению международной конкурентоспособности страны в целом, в том числе, благодаря ряду преимуществ, присущих кластерной форме взаимодействия предприятий промышленности, научно-исследовательских институтов, сервисных компаний и других субъектов экономических отношений, входящих в ИПК, по всем направлениям деловых связей. Также являясь точками экономического роста, ИПК становятся объектом крупных капиталовложений, на которых сосредоточено пристальное внимание правительства и местных администраций [2; 3, с. 268].

Основная часть. ИПК представляет собой «функционирующую с учетом факторов макро- и микросреды территориально-межотраслевую систему (ТМОС) с ключевой ролью промышленных предприятий, определенной пространственной организацией (вертикальной, горизонтальной или смешанной) и высоким уровнем знаний и/или технологий, включающую совокупность субъектов экономических отношений (промышленных предприятий, субъектов инновационно инфраструктуры, учебных заведений и академических институтов, конструкторских бюро, научно-технических лабораторий, сервисных предприятий, изобретателей и т.д.), взаимосвязанных между собой горизонтальными и вертикальными связями, как правило в конкретных территориальных социально-экономических системах, по поводу преобразования ресурсов с использованием современных технологий, методов управления, способов организации производства и труда в полезные результаты, обеспечивающие повышение эффективности социально-экономического развития страны (региона)» [2, с. 36; 3, с. 269; 4, с. 30]. ИПК можно также рассматривать как промышленные образования с инновационными предприятиями и талантами в качестве основной части, наукоемкими или технологичными отраслями и брендовыми продуктами в качестве основного содержания, опирающимися на инновационные организационные сети и бизнес-модели при участии технопарков, а также среду, благоприятствующую развитию инновационным системе, деятельности и культуре. ИПК обладают такими преимуществами, как содействие инновациям и распространению знаний, углубление разделения труда в промышленности,

снижение транзакционных и транспортных издержек, повышение скорости реакции предприятий на рынок, являются основной пространственной формой промышленного развития и важным носителем современной промышленной системы [3, с. 269].

В современном Китае к ИПК можно отнести практически любой промышленный кластер в силу того, что последние относятся к объединению связанных предприятий, научно-исследовательских и сервисных учреждений, расположенных выше и ниже по ходу организации промышленной цепочки в определенном регионе, либо на межрегиональном уровне, и благодаря специализированному разделению труда, совместным и синергетическим инновациям и облегченным сделкам они образуют форму промышленной организации с межотраслевой и межрегиональной движущей силой и основной конкурентоспособностью, став важным способом стимулирования регионального экономического роста [3, с. 269; 4, с. 28; 5, с. 555].

ИПК – это ключевой механизм экономического роста и формирования современной промышленной системы Китая. Это связано с тем, что, например, общее количество национальных высокотехнологичных зон в Китае достигло 179, что стало важным носителем глубокой интеграции научно-технических инноваций и промышленных инноваций и основной позицией для развития высокотехнологичных отраслей. В 2025 году объем добавленной стоимости национальной зоны высоких показатели технологий достигнет 20,4 трлн юаней, что составит 14,5% национального ВВП, на 1,2 процентных пункта больше по сравнению с концом 13-го пятилетнего плана, а налоговые поступления составят около 2,1 трлн юаней, что на 10,6% больше по сравнению с концом 13-го пятилетки. В 2025 году добавленная промышленная стоимость национальных высокотехнологичных зоны превысит 10 трлн юаней, что составляет 24,1% ВВП страны [6].

Также ИПК – это главные центры научно-технического прогресса, аккумуляции и подготовки высококвалифицированных специалистов. По предварительным статистическим данным, внутренние расходы на НИОКР предприятий в национальной зоне высокотехнологичного сектора составят около 1,2 трлн юаней, что примерно на 30% больше по сравнению с окончанием 13-го пятилетнего плана, а интенсивность инвестиций в НИОКР достигнет 6,1%. Количество патентов на изобретения достигло 2,2 млн единиц, что вдвое превышает показатели конца 13-го пятилетнего плана. Отдельно необходимо отметить, что в национальной зоне высоких технологий работает более 26 млн сотрудников, из которых около 40% имеют степень бакалавра и выше, а около 50% – молодые люди младше 40 лет. Штатный эквивалент сотрудников НИОКР на 10 000 сотрудников примерно в 12 раз превышает средний показатель по стране [6].

Национальная зона высоких технологий объединила более 1300 университетов и более 5000 научно-исследовательских институтов, совместно построила ряд современных промышленных колледжей с ведущими предприятиями и университетами, а также подготовила группу высококачественных, ориентированных на применение, комплексных и инновационных талантов, которые адаптируются к развитию современных отраслей и возглавляют развитие. В рамках реализации инновационного сотрудничества «100 парков, 100 школ и 10 000 предприятий» для точного удовлетворения потребностей промышленных талантов было реализовано почти 400 проектов по сотрудничеству с участием талантов для интеграции промышленности и образования [6].

ИПК являются важнейшими драйверами развития предпринимательства и внешней торговли, создавая среду для роста бизнеса (от стартапов до гигантов) и интеграции в мировую экономику. Число новых зарегистрированных предприятий достигло 1,2 миллиона, что на 7% по сравнению с 2024 годом. Существует более 8 200 специализированных, специальных (высококласных) и инновационных предприятий «маленьких гигантов», что примерно на 20% больше по сравнению с прошлым годом и составляет 46% от общего числа аналогичных предприятий в стране. Масштабы импорта и экспорта национальной высокотехнологичной зоны сохраняли стабильный рост, достигнув общего объема импорта и экспорта в 2025 г. 9,8 трлн юаней торговли товарами и услугами, что на 2,7% рост по сравнению с прошлым годом [6]. И, наконец, ИПК обеспечивают устойчивое развитие и «зеленый» переход, являясь полигонами для внедрения чистых технологий и экономики замкнутого цикла.

Несмотря на достаточно устойчивую положительную динамику показателей, характеризующих деятельность ИПК и их вклад в построение современной промышленной системы Китая и развитие национальной экономики, необходимо дальнейшее повышение эффективности управления ИПК, которые, с одной стороны, выступают как системы с

собственными интересами и целями, с другой, как подсистемы национальной экономики страны. Ключевыми вопросами процесса принятия решений по организации деятельности ИПК являются разработка критериев оценки их деятельности и выбор эффективных решений, на основании которых будет производиться оценка степени реализации целевой функции указанных территориально-межотраслевых образований с ключевой ролью промышленных предприятий [4, с. 29]. В свою очередь необходимо учитывать, что с одной стороны, ИПК выступает частью системы более высокого уровня (региона, страны), определяющей цели, к достижению которых должен стремиться ИПК в процессе осуществления своей деятельности. С другой стороны, ИПК является самостоятельной территориально-межотраслевой системой, которая имеет собственные интересы и цели. Как следствие, для оценки эффективности деятельности ИПК, в том числе с точки зрения их влияния на развитие национальной экономики страны, необходима разработка критериев, позволяющих проводить измерение этой оценки с двух позиций: 1) как самостоятельной территориально-межотраслевой системы, которая имеет собственные интересы и цели; 2) как части системы более высокого уровня, определяющей цели, к достижению которых должен стремиться ИПК в процессе осуществления своей деятельности.

Анализ подходов к оценке эффективности деятельности ИПК, проведенный в работе [3], позволил сделать вывод о том, что «ценность любого подхода должна определяться соответствием ряду требований, к которым мы отнесли такие как: возможность его использования для принятия управленческих решений; наличие количественной, динамической и интегральной оценки деятельности ИПК; возможность учета выполнения целевой функции и результатов деятельности ИПК как самостоятельной системы, так и как подсистемы более высокого порядка и др.» [3]. Было выявлено, что в наибольшей степени к оценке эффективности деятельности ИПК как с точки зрения рассмотрения его как системы с собственными интересами и целями, так и подсистемы системы более высокого уровня (региона, национальной экономической системы), а также удовлетворяющий указанным выше требованиям, соответствует подход, предполагающий рассмотрение ИПК в виде исходной, промежуточной и замыкающей зон, в которых происходит последовательное преобразование поступающих на вход ресурсов в получение на выходе полезных результатов. Подобный подход к рассмотрению структуры ИПК с учетом формирования порядка роста значений показателей, характеризующих реализацию его целевой функции, позволяет разработать критерий эффективности деятельности ИПК как системы с собственными интересами и целями и как подсистемы более высокого уровня, в качестве которой выступает регион, в котором осуществляет свою деятельность рассматриваемый ИПК, либо в целом национальная экономическая система страны. Разработка критерия эффективности в соответствии с данным подходом применительно к национальной экономической системе представлена в работах [7, с. 63–78; 8], применительно к системе научно-технического предпринимательства – в работе [9], применительно к промышленному предприятию – в работе [10]. Разработанные критерии эффективности ИПК как системы с собственными интересами и целями и как подсистемы более высокого уровня, в качестве которой выступает страна (регион), в котором осуществляет свою деятельность рассматриваемый ИПК, представлены в работе [3].

На рисунке представлен алгоритм оценки и повышения эффективности развития национальной экономики КНР на основе формирования ИПК.



Рисунок – Алгоритм оценки и повышения эффективности развития национальной экономики КНР на основе формирования ИПК

Источник: авторская разработка [11, с.70–71].

Необходимо отметить, что в дальнейшем в случае несовпадения целей и интересов ИПК и вышестоящей системы (региона, промышленной системы, национальной экономической системы) потребуются разработка механизма согласования указанных целей и интересов. Данный случай исходит из того, что в зависимости от конкретной ситуации стратегия развития и проектирования системы управления ИПК будет иметь специфику, которая предполагает различную степень соотношения методов активизации и стимулирования в обеспечении достижения целей, определяемых вышестоящей системой.

Заключение. Сегодня можно констатировать, что Китай в рамках реализации ближайшей пятилетки социально-экономического развития страны до 2030 г. планирует повысить эффективность и конкурентоспособность промышленных предприятий, не просто нарастить их мощности, а полностью перестроить свою промышленность, сделав ее более самодостаточной, высокотехнологичной и интегрированной. При этом, важнейшим направлением построения и ускорения развития современной промышленной системы и развития национальной экономики Китая является формирование ИПК, которые в современных условиях социально-экономического развития большинства стран мира играют все большую роль с точки зрения формирования инновационной модели экономики и повышении эффективности реализации инновационной политики государства. ИПК выступают как: ключевой механизм экономического роста и формирования современной промышленной системы Китая; главные центры научно-технического прогресса, аккумуляции и подготовки высококвалифицированных специалистов; важнейшими драйверами развитие предпринимательства и внешней торговли, создавая среду для роста бизнеса (от стартапов до гигантов) и интеграции в мировую экономику; обеспечивают устойчивое развитие и «зеленый» переход, являясь полигонами для внедрения чистых технологий и экономики замкнутого цикла.

Несмотря на достаточно устойчивую положительную динамику показателей, характеризующих деятельность ИПК и их вклад в построение современной промышленной системы Китая и развитие национальной экономики, необходимо дальнейшее повышение эффективности управления ИПК, которые, с одной стороны, выступают как системы с собственными интересами и целями, с другой, как подсистемы национальной экономики страны. Разработан алгоритм оценки и повышения эффективности развития национальной экономики КНР на основе формирования ИПК, включающий: критерии эффективности ИПК как системы с собственными интересами и целями и как подсистемы более высокого уровня, в качестве которой выступает страна (регион), в котором осуществляет свою деятельность рассматриваемый ИПК; методику оценки степени совпадения разработанных критериев эффективности для обеспечения согласования интересов и целей деятельности ИПК с вышестоящей системой, требующего осуществления поиска стратегий, максимально удовлетворяющих оба критерия эффективности. В зависимости от конкретной ситуации стратегия развития и проектирования системы управления ИПК будет иметь специфику, которая предполагает различную степень соотношения методов активизации и стимулирования в обеспечении достижения целей, определяемых вышестоящей системой.

Список литературы

1. The 15th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China [Electronic resource] // Website of the members of the Communist Party of the People's Republic of China. URL: <https://www.12371.cn/2026/03/13/ART11773410307876581.shtml>. – Date of access: 16.03.2026.
2. Qiao Tianhua. Organizational Foundations of the Functioning of Innovation-Industrial Clusters in China / Tianhua, Qiao // Annali d'Italia, No. 41 – 2023. – Pp. 31–37.
3. Qiao, Tianhua. Criteria for the effectiveness of innovation and industrial clusters in China / Tianhua Qiao // New Economy, No. 2 [82] - 2024 – pp. 268-282.
4. Korotkevich, A.I., Qiao, Tianhua, Wu, Yizhe, Shparun, D.V. The current state of China's industrial system and the role of innovation and industrial clusters in its development / A.I. Korotkevich, Tianhua Qiao, Yizhe, Wu, D.V. Shparun // International independent scientific journal, No. 63-2024. – pp.22-31.
5. Korotkevich A.I., Qiao Tianhua, Wu, and Yizhe. The effectiveness of innovation-industrial clusters and their role in China's industrial system / A. I. Korotkevich, Tianhua Qiao, Yizhe Wu / Strategy for the Development of the Belarusian Economy: Challenges, Tools, and Prospects: Collection of Scientific

Articles in Two Volumes. Vol. 1. / edited by D. V. Mukha [et al.]; National Academy of Sciences of Belarus; Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus. – Minsk : Pravo i ekonomika, 2024. – P. 551–558.

6. *Promoting the High-Quality Development of National High-Tech Zones // Ministry of Industry and Information Technology. URL: https://www.miit.gov.cn/xwfb/xwfbh/bxwfbh/art/2026/art_1645f32c491a452489025bdb9430f490.html. – Access date: 30.04.2026.*

7. Korotkevich, A. I. *Organizational and economic mechanisms of transformation of the national economic system of the Republic of Belarus : monograph / A. I. Korotkevich. – Minsk: Ed.. BSU Center, 2020. – 351 p.*

8. Korotkevich, A.I. *Integral Assessment of the Effectiveness of the National Economic System of the Republic of Belarus from the Perspective of Households / A.I. Korotkevich // Vest. Polotsk State. University. Ser. D. Economic and Legal Sciences – 2022. – No. 55. – Pp. 57–61.*

9. Klyunya, V.L., Korotkevich, A.I., Fan, Yu. *Assessment of the Effectiveness of Innovative Activity in the System of Scientific and Technical Entrepreneurship / V.L. Klyunya, A.I. Korotkevich, Yu Fan // Science and Innovation. – 2019. – No. 11 (201). – Pp. 30–35.*

10. Huang Tianzen. *Criterion and Evaluation of the Effectiveness of Industrial Enterprise Management // Huang Tianzen – Danish Scientific Journal. – 2023. – No. 70. – Pp. 28–39.*

11. Wu, Yizhe, Qiao, Tianhua, Korotkevich, A.I. *Directions for building China's modern industrial system and the role of innovation-industrial clusters in national economic development / Yizhe Wu, Tianhua Qiao, A.I. Korotkevich // Journal of the Belarusian State University. Economics. – 2026. – No. 1. – P. 55–73.*

SMART ECONOMY AS THE BASIS FOR TRANSFORMING THE INTERNATIONAL LABOR MARKET AND HUMAN CAPITAL MANAGEMENT

Zinaida Zhyvko

doctor of economic sciences, professor, professor of the department of aviation management, Ukrainian State Flight Academy, Kropyvnytskyi, Ukraine

Lilia Kukharska

PhD in Management, Associate Professor of the Department of Foreign Languages and Military Translation at the Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy, e-mail:

Oleg Zhyvko

graduate student of the Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, Ukraine

СМАРТ-ЕКОНОМІКА ЯК ОСНОВА ТРАНСФОРМАЦІЇ МІЖНАРОДНОГО РИНКУ ПРАЦІ ТА УПРАВЛІННЯ ЛЮДСЬКИМ КАПІТАЛОМ

Живко Зінаїда Богданівна

доктор економічних наук, професор, професор кафедри менеджменту авіаційної діяльності, Українська державна льотна академія, м. Кропивницький, Україна

Кухарська Лілія Василівна

доктор філософії з менеджменту, доцент кафедри іноземних мов та військового перекладу Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

Живко Олег Вікторович

аспірант, кафедра смарт-економіки, Київський національний університет технології та дизайну, Київ, Україна

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується переходом до смарт-економіки (Smart Economy), що ґрунтується на широкому використанні цифрових технологій, штучного інтелекту, Інтернету речей, хмарних сервісів, великих даних та автоматизованих систем управління. Такі трансформації змінюють не лише виробничі процеси, а й принципи функціонування міжнародного ринку праці, підходи до управління людським капіталом та формування конкурентних переваг держав і підприємств. У цих умовах людський капітал стає визначальним чинником забезпечення інноваційного розвитку, економічної стійкості та міжнародної конкурентоспроможності.

Смарт-економіка являє собою нову модель соціально-економічного розвитку, в якій інформація, знання та цифрові технології виступають основними ресурсами економічного зростання. На відміну від традиційної економіки, вона забезпечує інтеграцію фізичних, цифрових та інтелектуальних ресурсів, що дозволяє значно підвищити продуктивність праці, швидкість прийняття управлінських рішень та адаптивність організацій до глобальних змін.

Розвиток міжнародної економіки сьогодні значною мірою визначається цифровою інтеграцією країн. Глобальні ланцюги створення вартості дедалі більше базуються на цифрових платформах, електронній комерції, дистанційній зайнятості та міжнародному обміні знаннями. За оцінками Світового банку, цифровізація сприяє підвищенню продуктивності праці, розширенню доступу до міжнародних ринків та прискоренню інноваційної діяльності підприємств.

Одним із ключових елементів смарт-економіки виступає людський капітал. Саме персонал забезпечує створення, впровадження та використання інноваційних технологій. Водночас цифровізація висуває нові вимоги до професійних компетентностей працівників. Якщо раніше основну увагу приділяли професійним знанням, то нині дедалі більшого значення набувають цифрові компетентності, аналітичне мислення, креативність, здатність працювати у міжнародних командах, швидко адаптуватися до технологічних змін та безперервно навчатися.

Згідно зі звітом Всесвітнього економічного форуму The Future of Jobs Report 2025, протягом найближчих років понад половина працівників потребуватиме перепідготовки або підвищення кваліфікації [1]. Найбільший попит очікується на спеціалістів у сфері штучного інтелекту, аналізу даних, цифрового маркетингу, кібербезпеки, автоматизації бізнес-процесів та управління цифровими проєктами. Одночасно зростатиме значення управлінських, комунікативних та лідерських компетентностей.

Міжнародний ринок праці дедалі більше переходить до платформенної моделі функціонування. Поширення дистанційної роботи, цифрових платформ зайнятості та транснаціональних команд дозволяє підприємствам залучати найкращих фахівців незалежно від їх географічного розташування [2]. Це значно посилює конкуренцію між країнами за висококваліфікований людський капітал. Саме тому держави інвестують у розвиток цифрової освіти, наукових досліджень та інноваційної інфраструктури.

Особливого значення набуває використання штучного інтелекту у системі управління персоналом. AI-технології застосовуються під час пошуку кандидатів, аналізу резюме, прогнозування ефективності працівників, формування індивідуальних програм навчання, оцінювання ризику плинності кадрів та планування кар'єрного розвитку. Такі рішення забезпечують більш об'єктивне прийняття кадрових рішень, скорочення адміністративних витрат та підвищення продуктивності праці.

Разом із тим активне впровадження цифрових технологій породжує низку нових викликів. Насамперед це цифрова нерівність між країнами, дефіцит висококваліфікованих IT-фахівців, ризику кібербезпеки, етичні проблеми використання штучного інтелекту та необхідність постійного оновлення професійних компетентностей персоналу [3-5]. Саме тому міжнародні організації дедалі більше уваги приділяють формуванню політики безперервного навчання (Lifelong Learning), розвитку цифрової грамотності та підтримці інноваційної зайнятості.

Для України розвиток смарт-економіки має особливе значення в умовах післявоєнного відновлення. Інтеграція до європейського економічного простору потребує модернізації системи управління людськими ресурсами, цифровізації державного управління, розвитку інноваційного підприємництва та підвищення міжнародної конкурентоспроможності робочої сили. Значний потенціал має використання цифрових платформ для навчання персоналу, розвитку електронної зайнятості, підтримки стартапів та інтеграції українських спеціалістів у міжнародні проєкти.

Ефективне управління персоналом у смарт-економіці повинно базуватися на комплексному використанні цифрових HR-технологій. Доцільно виділити такі стратегічні напрями (рис. 1):

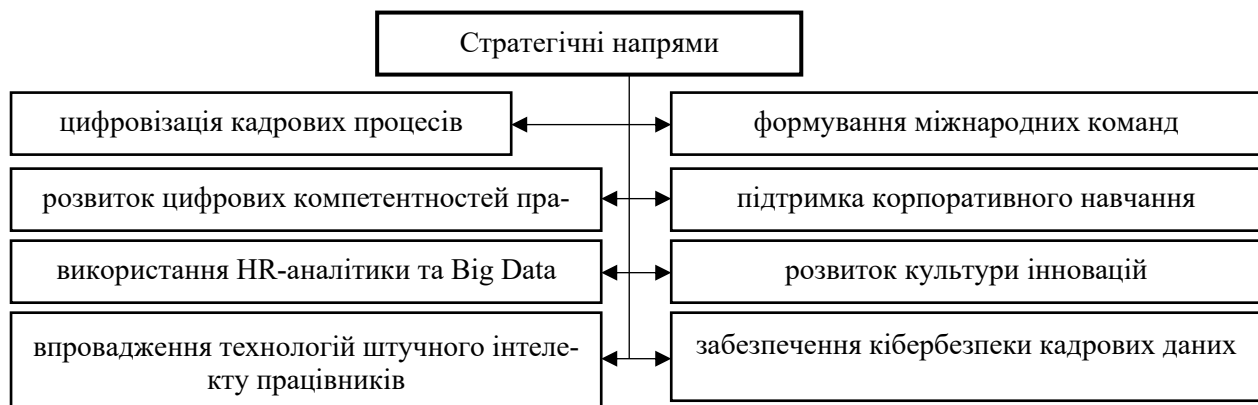


Рис. 1. Стратегічні напрями*

*Сформовано авторами [за матеріалами 5-6]

Особливу роль відіграє HR-аналітика, яка дозволяє оцінювати продуктивність персоналу, прогнозувати кадрові ризики, аналізувати потреби у навчанні та приймати управлінські рішення на основі даних. Поєднання аналітичних платформ із технологіями машинного навчання забезпечує персоналізацію управління людськими ресурсами та підвищує ефективність діяльності міжнародних компаній.

Не менш важливим фактором є розвиток цифрового лідерства. Керівники сучасних організацій повинні володіти компетентностями цифрової трансформації, управління змінами, міжнародної комунікації, стратегічного мислення та впровадження інновацій. Саме цифрове лідерство формує основу для успішної адаптації підприємств до умов глобальної конкуренції.

Висновок. Таким чином, смарт-економіка суттєво трансформує міжнародний ринок праці та систему управління персоналом. Конкурентоспроможність підприємств дедалі більше визначається не матеріальними ресурсами, а якістю людського капіталу, рівнем цифрових компетентностей, здатністю до інновацій та ефективністю використання сучасних інформаційних технологій. Подальший розвиток міжнародної економіки буде пов'язаний із поглибленням цифрової інтеграції, широким використанням штучного інтелекту, розвитком глобальних цифрових

платформ та формуванням нової моделі управління людськими ресурсами, що базуватиметься на принципах смарт-економіки.

Список використаних джерел

1. Schwab K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva : World Economic Forum, 2016. 172 p. DOI: [10.18800/economia.201801.012](https://doi.org/10.18800/economia.201801.012)
2. World Economic Forum (2025). *The Future of Jobs Report 2025*. Geneva : WEF, 2025. <https://practera.com/world-economic-forums-future-of-jobs-report-2025/>
3. World Bank. *World Development Report 2021: Data for Better Lives*. Washington, DC : World Bank, 2021. <https://wdr2021.worldbank.org/>
4. OECD. *OECD Digital Economy Outlook 2024*. Paris : OECD Publishing, 2024. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-1_a1689dc5-en.html
5. Xiaojing Dong, Shelby H. McIntyre. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. DOI: [10.1080/14697688.2014.946440](https://doi.org/10.1080/14697688.2014.946440) Full article: [The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies](#)
6. Brynjolfsson, Erik, and Andrew McAfee. "Winning the race with ever-smarter machines." *MITSloan Management Review* 53.2 (2012): 53-60. https://www.researchgate.net/publication/292321276_Winning_the_Race_With_Ever-Smarter_Machines

METHODOLOGICAL TOOLKIT FOR ASSESSING THE TRANSFORMATION OF CHINA'S INDUSTRIAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL POTENTIAL INTO SCIENTIFIC, TECHNICAL, AND INNOVATION OUTCOMES

Xu Huaixuan

Postgraduate student of the Faculty of International Relations
Belarusian State University
g. Minsk, Republic of Belarus

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОСТИ КИТАЯ В РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сюй Хуайсюань

аспирант экономического факультета
Белорусский государственный университет
г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Промышленный комплекс Китая, удельный вес добавленной стоимости которого в 2025 г. в ВВП страны составил 29,7% [1], играет огромную роль в развитии национальной экономики и, как следствие, требует особого внимания со стороны правительства, прежде всего с точки зрения повышения уровня и эффективности трансформации научно-технического потенциала (НТПт) промышленности в конкретные результаты ее научно-технической и инновационной деятельности (НТиИД). Это обусловлено тем, что в современных условиях реализации экономической политики инновационные процессы направлены на обеспечение роста технологичности и конкурентоспособности экономики. В связи с тем, что наличие научных, человеческих, технических, финансовых, информационных и других ресурсов, характеризующих НТПт промышленности, не означает автоматическую его трансформацию в реальные результаты НТиИД, перед правительством Китая также стоит задача выработка инструментов организационно-экономического обеспечения указанного процесса, а ее решение является сегодня по-прежнему актуальной для государства, ставшего на инновационный путь развития.

Основная часть. НТПт представляет собой совокупность финансовых и научно-технических (трудовых, материально-технических, информационных и организационных) ресурсов, а также условий для осуществления комплекса научных исследований фундаментального и прикладного характера, опытно-конструкторских работ, обеспечивающих внедрение научно-технической продукции в хозяйственную деятельность субъекта экономических отношений (предприятия, региона, кластера, страны), формирование результатов его научно-технической и инновационной деятельности на соответствующих этапах жизненного цикла инноваций [2; 3]. Данное определение исходит из того, что имеющиеся возможности могут быть задействованы в некоторой степени, определяющей уровень использования потенциала. Как следствие в основе определения лежит то, что НТПт – это, прежде всего, не результаты, а ресурсы и условия, уровень использования и задействования которых напрямую влияет на результаты, в данном случае НТиИД, обеспечивает их формирование на соответствующих этапах жизненного цикла инновации. Также в представленной трактовке речь идет о любом виде хозяйственной деятельности независимо от уровня его рассмотрения – микро-, мезо- или макроуровень. В свою очередь трансформацию НТПт в результаты НТиИД можно определить как целенаправленную деятельность субъекта управления (государственных органов управления, региональных властей, менеджмента организаций), включающая комплекс научно-технических, технологических и организационно-экономических мероприятий по преобразованию финансовых и научно-технических ресурсов и условий НТиИД в эффекты экономического, научно-технического, технологического, социального и экологического характера на соответствующих этапах жизненного цикла инноваций, обеспечивающих повышение конкурентоспособности и инновационности объекта управления (национальной экономики, региона, отрасли, организации) [2; 3].

Управленческая деятельность, в том числе связанная с необходимостью повышения уровня трансформации НТПт в результаты НТиИД, требует ее количественной оценки на основе измерения как НТПт, так и результатов НТиИД. Для решения указанной проблемы была

разработана соответствующая методика оценки уровня трансформации НТПт промышленности в результаты ее НТиИД, схема реализации которой представлена на рисунке [2–4].



Рисунок – Алгоритм реализации методики определения уровня трансформации НТПт промышленности в результаты ее НТиИД

Источник: авторская разработка [2–4].

Между показателями, характеризующими НТПт промышленности и результатами ее НТиИД, с точки зрения тесноты их связи могут возникать пять ее видов:

- сильная положительная;
- умеренно положительная;
- отсутствие значимой связи;
- умеренно отрицательная;
- сильная отрицательная.

В общем случае возможны следующие ситуации, связанные с различной степенью тесноты связи между показателями, характеризующими НТПт промышленности и показателями, характеризующих его трансформацию в результаты НТиИД:

1. Нарастание НТПт (увеличение значений показателей его характеризующих) приводит к росту результатов НТиИД (увеличение значений показателей его характеризующих).
2. Нарастание НТПт (увеличение значений показателей его характеризующих) приводит к снижению результатов НТиИД (уменьшение значений показателей его характеризующих).
3. Нарастание НТПт (увеличение значений показателей его характеризующих) не приводит к изменению результатов НТиИД (значение показателей его характеризующих остается без изменений).
4. Снижение НТПт (уменьшение значений показателей его характеризующих) приводит к росту результатов НТиИД (увеличение значений показателей его характеризующих).
5. Снижение НТПт (уменьшение значений показателей его характеризующих) приводит к снижению результатов НТиИД (уменьшение значений показателей его характеризующих).
6. Снижение НТПт (уменьшение значений показателей его характеризующих) не приводит к изменению результатов НТиИД (значение показателей его характеризующих остается без изменений).

В зависимости от конкретной ситуации стратегия деятельности субъекта управления (государственных органов управления, региональных властей, менеджмента организаций), направленная на преобразование финансовых и научно-технических ресурсов и условий НТиИД в эффекты экономического, научно-технического, технологического, социального и экологического характера на соответствующих этапах жизненного цикла инноваций, будет иметь специфику, которая предполагает различную степень соотношения методов активизации и стимулирования НТиИД в обеспечении достижения ее результатов.

Необходимо иметь в виду, что реализация представленной методики далеко не дает исчерпывающего ответа о степени трансформации НТПт промышленности в результаты ее НТиИД и, тем более, об эффективности этого процесса. Интерпретация полученных значений коэффициентов корреляции требует рассмотрения каждого из исследуемых показателей индивидуально, подвергая результаты соответствующему анализу. Например, достаточно очевидно, что между отдельными показателями, характеризующими НТПт, и показателями, характеризующими результаты НТиИД, может быть временной лаг, который однако в некоторой степени нивелируется использованием временных рядов за 10 и более лет.

Наличие положительных значений коэффициентов корреляции между изменениями значений показателей, характеризующими НТПт промышленности и показателями, характеризующими его трансформацию в результаты НТиИД, позволяет сделать о совпадении степени их направленности. И чем ближе коэффициент корреляции к 1, тем эта степень выше. В свою очередь, наличие отрицательных значений коэффициентов корреляции между изменениями значений показателей, характеризующими НТПт промышленности и показателями, характеризующими его трансформацию в результаты НТиИД, свидетельствует о несовпадении направленности изменений значений рассматриваемых показателей. Это позволяет сделать вывод о низком уровне трансформации НТПт промышленности в результаты ее НТиИД, что, как правило, обусловлено слабым взаимодействием предприятий и представителей научно-технической сферы, низкой их вовлеченностью в проблемы, решения которых носит инновационный характер.

Как уже было отмечено выше методика определения уровня трансформации НТПт промышленности в результаты ее НТиИД не дает исчерпывающего ответа о степени этой трансформации и, тем более, об эффективности этого процесса. В связи с этим дальнейший анализ трансформации НТПт промышленности в результаты ее НТиИД требует оценки эффективности указанного процесса, которая может быть проведена в рамках предлагаемой нами методики, которая предполагает использование результатов ранее рассмотренной методики определения уровня трансформации НТПт промышленности в результаты ее НТиИД включает следующие основные этапы:

1. На основе динамики значений показателей НТПт и результатов НТиИД промышленности определить прирост значений указанных показателей.
2. Определить темпы изменения приростов значений показателей НТПт и результатов НТиИД промышленности.

3. Рассчитать соотношение между темпами изменения приростов результатов НТИИД и показателей НТПм промышленности. Полученные значения указанных соотношений характеризуют эффективность трансформации конкретных показателей, характеризующих НТПм промышленности, в результаты ее НТИИД.

4. Интерпретировать полученные значения соотношений между темпами изменений приростов результатов НТИИД и показателей НТПм промышленности, особое внимание уделяя показателям, характеризующим НТПм и результаты НТИИД промышленности, связь между которыми является сильная положительная и сильная отрицательная.

Необходимо отметить, что в основе представленной методики лежит положение о том, что деятельность по обеспечению трансформации НТПм в результаты НТИИД признается эффективной, если темпы изменения приростов результатов НТИИД будут выше, чем темпы изменения приростов значений показателей НТПм.

Безусловно, представленные методики оценки уровня и эффективности трансформации НТПм в результаты НТИИД, несмотря на то, что их использование дает количественную оценку результативности указанного процесса, дают только первоначальную его оценку и позволяют исследователю на предварительном этапе подготовить необходимую информационную базу для принятия обоснованных управленческих решений по разработке научно-технических, технологических и организационно-экономических мероприятий, обеспечивающий эффективное преобразование имеющихся финансовых и научно-технических ресурсов в соответствующие результаты НТИИД, в том числе путем коммерциализации НИОКР, научно-технических разработок в технологические, организационные (управленческие) и маркетинговые инновации, формирующие необходимый уровень инновационности промышленности для обеспечения ее конкурентоспособности.

Для преодоления сложностей, связанных с низким уровнем и эффективностью трансформации НТПм в результаты НТИИД промышленности необходимо дальнейшее развитие рынка инноваций, формирование инновационно-промышленных кластеров с ключевой ролью субъектов инновационной инфраструктуры, прежде всего, технопарков как системообразующих субъектов инновационной инфраструктуры, обеспечивающих создание новых производств с привлечением представителей научно-технической сферы. При этом основная цель создания и функционирования субъектов производственно-инновационной инфраструктуры является инициализация инновационной активности и использования НТПм для воспроизводства условий существования человека и ускорения в рамках сменяющихся общественно-экономических формаций процесса становления и развития самого человека в региональных социально-экономических системах различного уровня и масштаба путем выявления и объединения усилий, заинтересованных друг в друге представителей научно-технической сферы и субъектов хозяйствования, организации центров научно-технологических исследований, финансируемых, прежде всего, за счет государства.

Разработка и реализация комплекса научно-технических, технологических и организационно-экономических мероприятий по преобразованию финансовых и научно-технических ресурсов и условий НТИИД в эффекты экономического, научно-технического, технологического, социального и экологического характера на соответствующих этапах жизненного цикла инноваций, обеспечивающих повышение конкурентоспособности и инновационности объекта управления (национальной экономики, региона, отрасли, организации), в современных условиях реализации инновационной политики требуют дальнейшего их совершенствования, в том числе путем создания различных инструментов и постоянного поиска более совершенных организационно-экономических форм взаимодействия субъектов инновационной деятельности, отвечающих внутренним условиям развития страны и современным международным вызовам.

Заключение. Повышение уровня и эффективности трансформации НТПм в результаты НТИИД, требует их количественной оценки на основе измерения как НТПм, так и результатов НТИИД. Для решения указанной проблемы был разработан соответствующий методический инструментарий, включающий:

- методику оценки уровня трансформации НТПм промышленности в результаты ее НТИИД, основанную на расчете коэффициентов корреляции между значениями показателей НТПм и показателями, характеризующими его трансформацию в результаты НТИИД.

- методика оценки эффективности трансформации НТПм промышленности в результаты ее НТИИД, основанную на расчете соотношения между темпами изменения

приростов результатов НТиИД и показателей НТПм. В основе представленной методики лежит положение о том, что деятельность по обеспечению трансформации НТПм в результаты НТиИД признается эффективной, если темпы изменения приростов результатов НТиИД будут выше, чем темпы изменения приростов значений показателей НТПм.

Представленный в работе методический инструментарий несмотря на то, что его использование дает количественную оценку результативности указанного процесса, формирует только первоначальную оценку и позволяет лицам придающим решения на предварительном этапе подготовить необходимую информационную базу для принятия обоснованных управленческих решений по разработке научно-технических, технологических и организационно-экономических мероприятий, обеспечивающий эффективное преобразование имеющихся финансовых и научно-технических ресурсов в соответствующие результаты НТиИД, в том числе путем коммерциализации НИОКР, научно-технических разработок в технологические, организационные (управленческие) и маркетинговые инновации.

Список литературы

1. National Statistical Data [Electronic resource] // National Bureau of Statistics of China. URL: <https://data.stats.gov.cn/english/easyquery.htm?cn=C01>. – Date of access: 23.04.2026.
2. Xu, Huaixuan, Korotkevich, A.I. Methodological aspects of assessing the transformation of scientific and technical potential into the results of scientific, technical, and innovation activities (using China's industry as a case study) / Huaixuan Xu, A.I. Korotkevich // Bankovsky Vestnik. – 2025. – No. 1. – P. 29–43.
3. Xu, Huaixuan, Korotkevich, A.I. Assessment of the level and efficiency of transforming the scientific and technical potential of China's industry into the results of scientific, technical, and innovation activities / Huaixuan Xu, A.I. Korotkevich // Novaya Ekonomika. – 2025. – No. 1 (Special Issue). – P. 74–84.
4. Xu, Huaixuan, Korotkevich, A.I., Shparun, D.V. Analysis and assessment of the results of scientific, technical, and innovation activities in Minsk / Huaixuan Xu, A. I. Korotkevich, D. V. Shparun // The Norwegian Journal of Development of the International Science. – 2025. – No. 161. – P. 40–50. – URL: https://nor-ijournal.com/wp-content/uploads/2025/07/NJD_161.pdf (date of access: 14.09.2025).

Geological and mineralogical sciences

THE INFLUENCE OF SPARSE TREE VEGETATION ON WATER BALANCE AND BIODIVERSITY OF SEMI-ARID STEPPE ECOSYSTEMS

Dilmurod M. Aibashev

Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Lecturer, Kyzyl-Kiya Branch of Iskhak Razzakov Kyrgyz State Technical University, Kyzyl-Kiya, Kyrgyzstan.

Dinara M. Eshmatova

Lecturer, Kyzyl-Kiya Branch of Iskhak Razzakov Kyrgyz State Technical University, Kyzyl-Kiya, Kyrgyzstan

УДК: 574.4; 631.4; 556.3

ВЛИЯНИЕ РЕДКОЙ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВОДНЫЙ БАЛАНС И БИОРАЗНООБРАЗИЕ ПОЛУСУХОЙ СТЕПНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Дильмурод М. Айбашев

Кандидат технических наук (Ph.D.), старший преподаватель, Кызыл-Кийский филиал Кыргызского государственного технического университета имени Исхака Раззакова, Кызыл-Кия, Кыргызстан.

Динара М. Эшматова

Преподаватель, Кызыл-Кийский филиал Кыргызского государственного технического университета имени Исхака Раззакова, Кызыл-Кия, Кыргызстан

稀疏林木植被对半干旱草原生态系统水水分平衡与生物多样性的影响

迪尔穆罗德·马马特哈利洛维奇·艾巴舍夫

**技术科学副博士，伊斯哈克·拉扎科夫吉尔吉斯国立技术大学克孜勒基亚分校高级讲师
(吉尔吉斯共和国，克孜勒基亚市)**

迪娜拉·穆斯塔帕耶夫娜·埃什玛托娃

**伊斯哈克·拉扎科夫吉尔吉斯国立技术大学克孜勒基亚分校讲师
(吉尔吉斯共和国，克孜勒基亚市)**

Abstract

The article examines the complex ecohydrological and biogeochemical mechanisms underlying the influence of sparse (rare) tree vegetation on water balance, soil dynamics, and the spatial architectonics of biodiversity in semi-arid steppe ecosystems characterized by shallow groundwater tables. Based on a systematic analysis of transpiration fluxes, evaporation, canopy interception, and thermodynamic parameters of evapotranspiration in arid landscapes, key moisture redistribution mechanisms are identified in the presence of solitary trees and low-density tree clusters.

*The authors conducted a differentiated assessment of the hydrological influence radius for key tree species of arid and semi-arid complexes, including willow (*Salix* spp.), mulberry (*Morus* spp.), apricot (*Prunus armeniaca*), and almond (*Prunus dulcis*). It is proven that the discrete introduction of these tree species does not destabilize the overall hydrological balance of the watershed area; however, it initiates the formation of sustainable spatial heterogeneity with localized zones of increased humidity and biological activity. It has been established that these loci function on the principle of "islands of fertility": they effectively damp hydrothermal stress, reduce the risks of ascending capillary soil salinization, and act as catalysts for local autochthonous biodiversity of flora, mycobiota, and faunal complexes. The results obtained open up new prospects for designing sustainable agroforestry landscapes, developing rational land-use strategies, and remediating degraded steppe lands in arid and semi-arid regions.*

Аннотация

В статье рассматриваются комплексные экогидрологические и биогеохимические механизмы влияния разреженной (редкой) древесной растительности на водный баланс, динамику почвенных процессов и пространственную архитектуру биоразнообразия в полусухих степных экосистемах, характеризующихся близким залеганием зеркала грунтовых вод. На основе системного анализа транспирационных потоков, испарения, интерцепции (перехвата осадков

кронами) и термодинамических параметров эвапотранспирации засушливых ландшафтов выявлены ключевые механизмы перераспределения влаги в присутствии солитарных деревьев и кластеров с низкой плотностью посадки.

Авторами проведена дифференцированная оценка радиуса гидрологического влияния ключевых древесных видов аридного и семиаридного комплексов, включая иву (*Salix spp.*), тутовник (*Morus spp.*), абрикос (*Prunus armeniaca*) и миндаль (*Prunus dulcis*). Доказано, что дискретная интродукция данных древесных видов не дестабилизирует глобальный гидрологический баланс водосборной территории, однако инициирует формирование устойчивой пространственной мозаичности с локальными зонами повышенной влажности и биологической активности. Установлено, что данные локусы функционируют по принципу «островов плодородия» (*islands of fertility*): они эффективно демпфируют гидротермический стресс, снижают риски восходящего капиллярного высаливания почвенного профиля и выступают в роли катализаторов локального автохтонного биоразнообразия флоры, микобиоты и фаунистических комплексов. Полученные результаты открывают новые перспективы для проектирования устойчивых агролесомелиоративных ландшафтов, разработки стратегий рационального землепользования и ремедиации деградированных степных земель в аридных и семиаридных регионах.

摘要

本文探讨了在浅层地下水埋藏条件下，稀疏林木植被对半干旱草原生态系统水分平衡、土壤过程动态及生物多样性空间结构影响的复杂生态水文与生物地球化学机制。在对于干旱景观蒸腾流、蒸发、树冠截留及蒸散发热力学参数进行系统分析的基础上，揭示了孤立树木及低密度树木集群存在下水分重新分配的关键机制。

作者对干旱及半干旱区主要树种——包括柳树 (*Salix spp.*)、桑树 (*Morus spp.*)、杏树 (*Prunus armeniaca*) 和扁桃 (*Prunus dulcis*) 的水文影响半径进行了差异化评估。研究证明，离散引入这些树种不会破坏流域总体的水文平衡，但会促进形成具有高湿度和高生物活性局部区域的稳定空间斑块结构。研究表明，这些局部区域充当“肥力岛” (*islands of fertility*)：能够有效减缓水热胁迫，降低土壤剖面上升毛细管盐渍化的风险，并作为催化剂促进当地植物区系、真菌群落及动物群落等原生物多样性的发展。研究结果为干旱和半干旱地区设计可持续农林复合景观、制定合理土地利用策略及修复退化草原土地开辟了新前景。

Keywords: semi-arid steppe, ecohydrology, evapotranspiration, hydraulic lift, islands of fertility, capillary soil salinization, agroforestry.

Ключевые слова: полусухая степь, экогидрология, эвапотранспирация, гидравлический подъем (hydraulic lift), «острова плодородия», капиллярное засоление почв, агролесомелиорация.

关键词: 半干旱草原, 生态水文学, 蒸散发, 水力提升 (hydraulic lift), 肥力岛, 毛细管土壤盐渍化, 农林复合/水土保持林业。

1. Введение

Полусухие степные и аридные ландшафты представляют собой экосистемы, функционирование которых лимитировано жестким дефицитом доступной влаги при экстремально высоких значениях потенциального испарения (атмосферного спроса на влагу). В геолого-морфологических условиях, характеризующихся близким залеганием уровня грунтовых вод ($УГВ < 2.5-3.0$ м), ключевым фактором деградации почвенного покрова становится интенсивный восходящий капиллярный подъем минерализованных подземных вод. Данный процесс неизбежно приводит к интенсификации вторичного почвенного галогенеза (засоления), разрушению структуры почвенного поглощающего комплекса и прогрессирующей аридизации территории.

Традиционные методы сплошного лесоразведения в семиаридных зонах нередко наталкиваются на экологические ограничения: плотные лесные насаждения истощают водоносные горизонты, превращаясь в чистые потребители влаги. В связи с этим фундаментальный научный и прикладной интерес приобретает концепция разреженного, мозаичного внедрения древесной растительности. Единичные деревья и малые группы способны трансформировать микроклиматические параметры ландшафта за счет изменения альбедо поверхности, турбулентности приземных воздушных потоков, перехвата осадков (interception) и глубокого корневого поглощения.

Тем не менее, синергетический эффект взаимодействия гидрологических циклов редких древесных ценозов и пространственного паттерна биоразнообразия полусухих степей до сих пор остается слабо формализованным в экологической геологии, что определяет актуальность настоящего исследования.



Рис. 1. Деградации почвенного покрова. (Кыргызстан Ошская область. Село Керкидан)

2. Материалы и методы

Теоретико-методологической основой работы послужил системный подход, объединяющий методы ландшафтно-экологического анализа, теории экогидрологии Джаксона–Бреширса и термодинамического моделирования почвенной влаги по модели Ричардса. В качестве эмпирической базы использован метаанализ профильных гидрологических, геоэкологических и почвенно-ботанических исследований засушливых зон Евразии и Центральной Азии, на примере (юг Кыргызстана).



Рис. 2. Деградации почвенного покрова.

Оценка радиуса ландшафтно-гидрологического и биогеоценотического влияния единичных деревьев (R , м) рассчитывалась с учетом коэффициента архитектоники кроны и пространственной протяженности корневой экскурсии по расширенной эмпирической формуле:

$$R = K_{arc} \cdot (a \cdot R_c)$$

где

(R_c) — радиальный радиус проекции кроны дерева (м);

a — эмпирический коэффициент корневой инвазии (варьирующий от 1.5 до 3.0 в зависимости от ксерофитности вида);

K_{arc} — безразмерный коэффициент плотности и затеняющей способности кроны (интервал 0.85–1.2).

3. Результаты и обсуждение

3.1. Геоэкологические механизмы трансформации водного баланса

Проведенный анализ показывает, что интродукция редких древесных элементов коренным образом перестраивает термодинамическую структуру водного цикла степной экосистемы. Происходит качественный переход от непродуктивного физического испарения с поверхности голой почвы к регулируемому биологическому транспирационному току.

Основные компоненты данного механизма включают:

1. **Эффект микроклиматического демпфирования:** Затенение кроной снижает инсоляцию почвенного покрова под деревом на 40–70%, что приводит к падению температуры поверхностного слоя почвы в среднем на 4–8°C. Это лавинообразно снижает градиент давления почвенного пара и, как следствие, минимизирует прямое физическое испарение.

2. **Феномен гидравлического перераспределения (Hydraulic Lift):** Глубокие стержневые корневые системы рассматриваемых видов способны достигать капиллярной каймы грунтовых вод. В ночной период, когда устьица закрыты и транспирационное давление падает, корневая система пассивно переносит влагу из глубоких горизонтов в иссушенные верхние слои почвы по градиенту водных потенциалов. Эта «подтянутая» влага становится доступной травянистому ярусу в радиальной зоне влияния дерева.

3. **Регуляция галогенеза:** Активное поглощение влаги корнями дерева в глубоких горизонтах снижает гидростатическое давление в капиллярах под деревом, действуя как локальный «биологический дренаж». Это удерживает уровень грунтовых вод ниже критической отметки испарения, предотвращая накопление токсичных солей (сульфатов и хлоридов) в корнеобитаемом слое.

3.2. Дифференциация радиуса гидрологического влияния по видам

В ходе исследований установлена четкая видоспецифичность пространственных зон влияния, детерминированная морфологическими стратегиями древесных видов:

Латинское название вида	Русское название вида	Расчетный радиус гидрологического влияния (R, м)	Корневая стратегия и архитектура
<i>Salix spp.</i>	Ива (виды)	8.0 – 15.0	Фреатофит. Глубокая сквозная корневая система, высокая интенсивность транспирации, мощный биодренажный эффект.
<i>Morus spp.</i>	Тутовник (Шелковица)	6.0 – 10.0	Разветвленная, мощная корневая система. Высокая площадь листовой поверхности, выраженное затенение.
<i>Prunus armeniaca</i>	Абрикос обыкновенный	4.0 – 8.0	Мезо-ксерофит. Глубокие якорные корни, умеренная транспирация, высокая пластичность к дефициту влаги.
<i>Prunus dulcis</i>	Миндаль обыкновенный	3.0 – 5.0	Склерофильный ксерофит. Максимальная адаптация к засухе, компактная зона влияния, экономный расход влаги.

При оптимальной расчетной плотности посадки в пределах **8–12 экземпляров на гектар** зоны влияния не перекрываются полностью. Благодаря этому предотвращается сплошное истощение водоносного горизонта, но формируется сбалансированная пространственно-мозаичная структура увлажнения территории.

3.3. Формирование фитоценологических экотонов

Влияние дерева на травянистую растительность подчиняется законам классической концепции ландшафтных экотонов. Пространство структурируется на три зоны:

• **Подкروновое пространство (Центральная зона):** Здесь жесткий лимитирующий фактор инсоляции и перехват части осадков густой листвой ведут к снижению видового разнообразия типичных гелиофильных степных злаков. Однако тут закрепляются теневыносливые и нитрофильные виды.

- **Опушечная зона (Граница проекции кроны):** Локус максимального биоразнообразия (эффект экотона). Комбинация умеренного затенения, защиты от иссушающих ветров (суховеев) и доступности влаги за счет hydraulic lift приводит к всплеску видового богатства травянистых растений (до +35% по сравнению с открытой степью).

- **Фоновая степь:** Территория вне зоны влияния дерева, сохраняющая исходные семиаридные характеристики.

3.4. Активация эдафической мико- и микробиоты

Под кронами деревьев фиксируется экспоненциальный рост активности эдафона. Постоянный опад листьев и корневые экссудаты увеличивают концентрацию лабильного органического углерода и гумусовых фракций. В этих зонах численность сапротрофных бактерий и актиномицетов возрастает в 2.4–4.0 раза по сравнению с открытыми участками степи. Формирующиеся микоризные сети (арбускулярно-везикулярная микориза) улучшают агрегатный состав почвы, повышая ее водоудерживающую способность и пористость аэрации.

Авторами проведена оценка гидрологического влияния ключевых древесных видов аридного и семиаридного комплексов, (*Salix* spp.), тутовник (*Morus* spp.), доказательством служит уже посаженное и растущая дерево.



Рис 3. (*Morus* spp. Тутовник, Шелковица).

3.5. Фаунистические комплексы и трофические сети

Солитарные деревья выполняют роль важнейших биоценотических центров притяжения (ecological hubs).

- **Авиафауна:** Деревья предоставляют субстрат для гнездования, присады для охоты хищных птиц и защиту от наземных хищников.

- **Энтомофауна:** Цветение древесных видов (*Prunus* spp., *Morus* spp.) привлекает массу диких насекомых-опылителей, стабилизируя репродуктивные циклы окружающего степного разнотравья.

- **Териофауна:** В корневых системах формируются колонии мелких млекопитающих, которые разрыхляют почву, способствуя вертикальной инфильтрации осадков.

4. Выводы

1. Разреженная древесная растительность в условиях полусухой степи с близким залеганием грунтовых вод выступает в качестве ландшафтного стабилизатора, создавая локальные гидрологические зоны влияния радиусом от 3 до 15 метров в зависимости от биологического вида.

2. Ключевым гидродинамическим эффектом является перераспределение водного баланса: подавление непродуктивного физического испарения и капиллярного апвеллинга минерализованных вод, что минимизирует риски солончакового процесса.

3. Единичные древесные интродуценты формируют устойчивые «острова плодородия», характеризующиеся повышенным пулом органического вещества, развитой почвенной биотой и выраженным экотонным эффектом.

4. Пространственная мозаичность ландшафта, генерируемая плотностью посадки 8–12 дер./га, приводит к росту альфа- и бета-разнообразия степной экосистемы в целом.

5. Заключение

Управление структурой и плотностью редких древесных насаждений представляет собой высокоэффективную, экологически сбалансированную технологию биомелиорации. Мозаичное облесение может служить базовым инструментом при проектировании национальных программ по борьбе с опустыниванием, восстановлению деградированных земель аридных зон и созданию устойчивых каркасов степного природопользования.

Список литературы / References

1. Orgogozo L. et al. Numerical investigation of evapotranspiration processes in a forested catchment of Central Siberia // *Hydrology and Earth System Sciences*. 2018. Vol. 22. P. 1205–1221.
2. Bonan G.B. Forests and climate change: Forcing, feedbacks, and the climate benefits of forests // *Science*. 2008. Vol. 320, No. 5882. P. 1444–1449.
3. Calder I.R. Forests and water—Ensuring forest benefits outweigh water costs // *Forest Ecology and Management*. 2007. Vol. 251, No. 1-2. P. 110–120.
4. Schlesinger W.H., Bernhardt E.S. *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. 3rd Edition. Academic Press, 2013. 560 p.
5. Hillel D. *Environmental Soil Physics*. Academic Press, 1998. 771 p.
6. Jackson R.B., Sperry J.S., Dawson T.E. Root systems and ecohydrology: Deep roots and hydraulic lift // *Ecology*. 2000. Vol. 81, No. 5. P. 1183–1195.
7. Breshears D.D., Rich P.M., Barnes F.J., Campbell K. Overstory-imposed heterogeneity in solar radiation and soil moisture in a semiarid woodland // *Ecological Applications*. 1997. Vol. 7, No. 4. P. 1201–1215.

Medical sciences

THE PEDIATRIC EXPOSOME AND EPIGENETIC PROGRAMMING: ENVIRONMENTAL DRIVERS OF IMMUNE, METABOLIC, AND NEURODEVELOPMENTAL DISORDERS

Zhaimbayeva Roza

Medical doctor, general practitioner TOO DaniyaMed
Turkestan, Kazakhstan

Abstract

Background: The pediatric exposome integrates chemical, physical, nutritional, psychosocial, and built-environment exposures across sensitive developmental windows. Epigenetic remodeling may convert these exposures into persistent immune, metabolic, and neural phenotypes.

Methods: PubMed/MEDLINE and Scopus-targeted literature searches covered January 2016–July 2026. Human studies from high-income countries with prenatal or childhood exposure measurement and immune, metabolic, neurodevelopmental, or epigenetic outcomes were prioritized. Twenty core studies were narratively synthesized. A focused random-effects meta-analysis combined three population-based North American cohorts reporting adjusted associations between prenatal PM_{2.5} and autism spectrum disorder (ASD).

Results: Evidence converged on oxidative stress, placental signaling, DNA methylation, microRNA regulation, immune maturation, and metabolic reprogramming as cross-domain pathways. The pooled relative effect for ASD per study-specific interquartile-range increase in prenatal PM_{2.5} was 1.07 (95% CI 1.03–1.11; $I^2=0.0\%$), indicating a small association with low observed statistical heterogeneity. HELIX multi-omics studies demonstrated broad molecular signatures but also cohort- and tissue-specificity.

Conclusions: Early-life exposures may shape pediatric disease susceptibility through partially shared epigenetic and inflammatory mechanisms; however, residual confounding, exposure misclassification, tissue specificity, and selective reporting limit causal inference. Repeated biosampling, mixture-aware models, and preregistered mediation analyses are priorities.

Keywords: pediatric exposome; epigenetics; DNA methylation; developmental origins of health and disease; air pollution; endocrine-disrupting chemicals; childhood obesity; asthma; neurodevelopment; meta-analysis.

Introduction

The developmental origins of health and disease framework proposes that pregnancy, infancy, and childhood are periods in which environmental signals can durably alter organ function. The exposome extends this model beyond single toxicants to the cumulative external environment and its internal biological response. Children are uniquely susceptible because detoxification, immune tolerance, adipocyte development, synaptogenesis, and blood–brain barrier maturation are incomplete, while exposure per kilogram body weight is often higher than in adults [1–4].

Epigenetic programming—DNA methylation, histone modification, chromatin accessibility, and non-coding RNA regulation—offers a plausible memory system linking transient exposures with later disease. Yet epigenetic marks can be exposure biomarkers, adaptive responses, consequences of disease, or mediators. This review evaluates recent evidence from advanced health-research settings and asks whether common environmental drivers produce shared molecular pathways across immune/allergic, metabolic, and neurodevelopmental disorders.

Methods

Design, information sources, and search strategy

A structured narrative review with a focused quantitative synthesis was conducted. Searches were designed for PubMed/MEDLINE and Scopus using combinations of controlled vocabulary and free text: (child* OR pediatric OR prenatal OR pregnancy OR birth cohort) AND (exposome OR air pollution OR PM_{2.5} OR PFAS OR phthalate* OR bisphenol* OR pesticide* OR metal* OR tobacco OR psychosocial stress OR greenspace OR diet) AND (epigen* OR DNA methylation OR microRNA OR chromatin OR transcriptom* OR metabolom*) AND (asthma OR allergy OR immune OR obesity OR metabolic OR neurodevelopment OR autism OR cognition). The date window was 1 January 2016 to 22 July 2026; reference lists of eligible reviews and major cohorts were hand-searched.

Eligibility criteria

Inclusion criteria were: (i) original human observational study, trial, systematic review, or meta-analysis; (ii) pregnancy, birth, infancy, childhood, or adolescence as the exposure or outcome window; (iii) participants recruited in countries classified as high income with established population registries, birth cohorts, environmental monitoring, or biomonitoring infrastructure (principally Canada, United States, Western/Northern Europe, Australia, and Japan); (iv) objectively modeled or measured environmental exposure, validated questionnaire for behavioral/social exposure, or an exposome-wide mixture; (v) immune/allergic, anthropometric/metabolic, neurodevelopmental, or molecular epigenetic/omics outcome; (vi) peer-reviewed English-language publication; and (vii) publication within the prespecified 10-year window. Landmark methods papers were used only for conceptual context when necessary. Exclusion criteria were: animal or in-vitro-only studies; adult-only exposure and outcome; occupational case series; studies without a comparator or inferential analysis; non-peer-reviewed preprints, conference abstracts, editorials, and narrative opinion pieces; exposure assessed only after outcome diagnosis when reverse causation was likely; duplicate cohort reports without new exposure, outcome, time window, or method; and reports from settings lacking sufficiently comparable exposure and outcome ascertainment for the present synthesis. For overlapping cohorts, the largest or most recent analysis was preferred for each quantitative contrast.

Study selection, extraction, and quality appraisal

Titles/abstracts were screened against the criteria, followed by full-text eligibility assessment. Extracted fields were country, cohort, sample size, age, exposure window and metric, biospecimen/tissue, epigenetic platform, clinical outcome, covariate set, effect estimate, uncertainty, and sex-specific findings. Risk of bias was considered across selection, exposure measurement, outcome validation, confounding, missing data, multiple testing, and selective reporting. Cohort studies with repeated exposure assessment, validated outcomes, prespecified covariates, correction for multiple testing, and external replication were weighted most strongly in the narrative interpretation. Because this was not a registered systematic review, certainty was described qualitatively rather than assigned formal GRADE ratings.

Statistical analysis

A focused meta-analysis was restricted to population-based North American cohorts published in 2019–2025 that reported adjusted relative estimates and 95% confidence intervals for whole-pregnancy PM_{2.5} exposure and clinically identified ASD. Odds ratios and hazard ratios were treated as approximations of a relative risk because ASD was uncommon. Estimates were analyzed on the natural-log scale; standard errors were derived as $[\ln(\text{upper CI}) - \ln(\text{lower CI})] / (2 \times 1.96)$. DerSimonian–Laird random-effects weights were $1/(SE^2 + \tau^2)$. Cochran Q, between-study variance τ^2 , and I^2 quantified heterogeneity. Because exposure contrasts were study-specific IQRs and only three estimates were available, the pooled result is a direction-and-precision summary, not a universal effect per $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Publication-bias tests and meta-regression were not performed because $k < 10$. Analyses were reproduced in Python 3.11; two-sided $\alpha = 0.05$.

Results

Evidence landscape and biological convergence

The 20 core studies comprised multi-cohort exposome/omics investigations, prospective birth cohorts, population registries, and recent systematic reviews. Air pollution, tobacco smoke, PFAS, phthalates, metals, pesticides, diet, built environment, and psychosocial conditions were the dominant exposure families. Pregnancy exposures in HELIX were most consistently associated with childhood DNA methylation, whereas concurrent childhood exposures produced broader metabolomic, proteomic, and transcriptomic signatures [2,3]. Across domains, the most recurrent pathways were oxidative stress and mitochondrial dysfunction; placental vascular and endocrine signaling; aryl-hydrocarbon, glucocorticoid, and PPAR signaling; altered CpG methylation and microRNA expression; innate immune activation and impaired tolerance; and disrupted lipid, amino-acid, and one-carbon metabolism. These mechanisms are biologically coherent but do not establish that the measured epigenetic mark mediates disease.

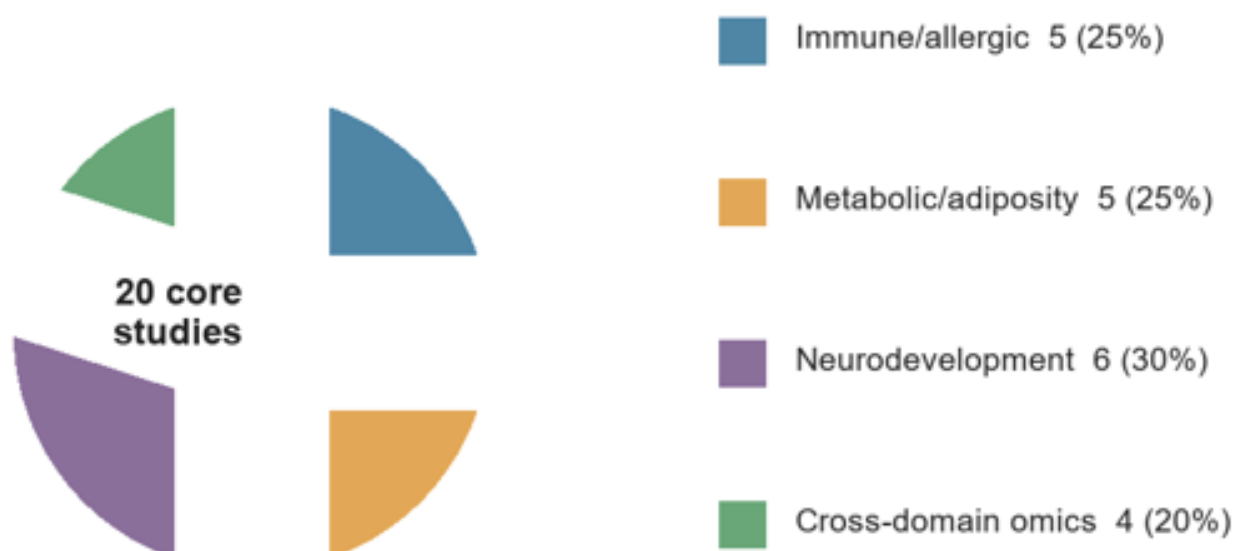


Figure 1. Distribution of the 20 core studies by primary synthesis domain. Categories are mutually exclusive for visualization; several studies contributed evidence to more than one biological domain.

Immune and allergic programming

Prenatal and early-childhood particulate pollution, tobacco smoke, and chemical mixtures were associated with methylation and expression changes in inflammatory and xenobiotic-response pathways. Candidate mechanisms include placental cytokine signaling, reduced regulatory T-cell maturation, oxidative injury, and altered microbial colonization. Associations with asthma and allergy were generally modest and sensitive to exposure timing, ancestry, cell composition, and postnatal co-exposures. The strongest interpretation is pathway convergence rather than a single stable methylation signature.

Metabolic programming

HELIX exposome-wide analyses linked maternal smoking, air pollution, and built-environment characteristics with childhood adiposity [4]. PFAS-mixture analyses in 1,101 European mother–child pairs associated early-life exposure with cardiometabolic markers and inflammatory networks [5]. Endocrine-disrupting chemicals may influence PPAR signaling, adipogenesis, thyroid function, and hepatic lipid metabolism, while neighborhood food access and physical activity modify the same phenotypes. Sex, puberty, diet, and socioeconomic position were important effect modifiers and confounders.

Neurodevelopmental programming

Recent cohorts connect prenatal exposure to fine particles, traffic pollutants, pesticides, selected PFAS, phthalates, and metals with ASD, attention, behavior, or cognition, although null and sex-specific results are common [6–12]. Epigenetic candidates include altered methylation in neurotrophic, stress-response, and synaptic genes; miR-17/92 perturbation after particulate exposure; and oxidative-stress metabolomic signatures. Tissue mismatch remains fundamental: cord or peripheral blood is accessible but may not represent the developing brain.

Focused meta-analysis

The three cohorts contributed more than 13.9 million births, dominated numerically by the California registry. Individual adjusted estimates ranged from 1.04 to 1.10. The random-effects pooled estimate was 1.07 (95% CI 1.03–1.11); $Q=1.94$, $\tau^2=0.0000$, and $I^2=0.0\%$. The result suggests a small positive association, but contrast differences, correlated co-pollutants, residential mobility, and outcome ascertainment preclude causal or dose-specific interpretation [6, 13, 14].

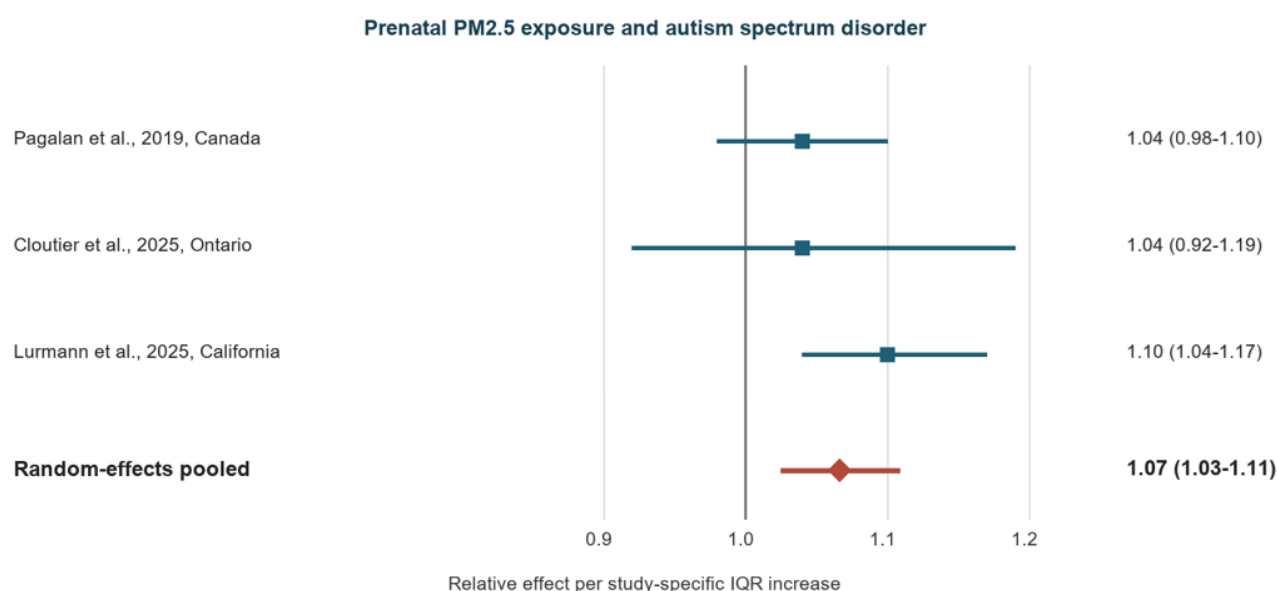


Figure 2. Random-effects forest plot of prenatal PM2.5 and ASD. Effect measures are adjusted ORs/HRs per study-specific IQR; pooling used log-scale inverse-variance weights.

Discussion

The recent literature supports a model in which diverse early-life exposures converge on redox balance, inflammation, endocrine signaling, and metabolic regulation, with epigenetic remodeling acting as one component of biological embedding. The evidence is strongest for reproducible exposure-associated molecular signatures and weaker for verified mediation from exposure through a specific epigenetic mark to disease. Multi-omics studies show that developmental timing matters: prenatal exposures leave prominent methylation signatures, whereas childhood exposures are reflected across multiple molecular layers [2]. Clinical implications should remain preventive and population-based. Reducing tobacco smoke, traffic pollution, lead, avoidable pesticide exposure, and unnecessary contact with endocrine-disrupting chemicals is consistent with broader pediatric health guidance, but epigenetic testing is not ready for individual risk prediction. Research should prioritize repeated personal exposure measurements, negative controls, sibling or quasi-experimental designs, cell-type-resolved methylation, sex-stratified analyses, mixture methods, replication, and preregistered causal mediation. This review has limitations. The targeted search and country restriction improve comparability but may reduce global generalizability and introduce language and availability bias. Heterogeneous exposure metrics prevented broad quantitative pooling. The PM2.5 meta-analysis included only three studies, combined study-specific IQR contrasts, and was influenced by one very large registry. Residual socioeconomic and spatial confounding, exposure error, and co-pollutant correlation remain plausible. Epigenetic associations are tissue-, age-, and cell-composition-dependent, and many do not replicate across cohorts.

Conclusion

The pediatric exposome is best understood as a time-varying mixture whose effects are biologically embedded through interconnected epigenetic, immune, endocrine, and metabolic processes. Current evidence supports small population-level associations and plausible molecular pathways, not deterministic prediction. Harmonized longitudinal cohorts linking repeated exposures, multi-omics, and validated pediatric phenotypes are essential to distinguish biomarkers of exposure from causal mediators and actionable targets.

References

1. Vrijheid M, et al. The human early-life exposome (HELIX): project rationale and design. *Environ Health Perspect.* 2017;125:097007.
2. Maitre L, et al. Multi-omics signatures of the human early life exposome. *Nat Commun.* 2022;13:7024. doi:10.1038/s41467-022-34422-2.
3. Ruiz-Arenas C, et al. The early-life exposome modulates the effect of polymorphic inversions on DNA methylation. *Commun Biol.* 2022;5:461.
4. Vrijheid M, et al. Early-life environmental exposures and childhood obesity: an exposome-wide approach. *Environ Health Perspect.* 2020;128:067009. doi:10.1289/EHP5975.
5. Papadopoulou E, et al. Prenatal and postnatal exposure to PFAS and cardiometabolic factors and inflammation status in children from six European cohorts. *Environ Int.* 2021;157:106853.

6. Pagalan L, et al. Association of prenatal exposure to air pollution with autism spectrum disorder. *JAMA Pediatr.* 2019;173:86–92. doi:10.1001/jamapediatrics.2018.3101.
7. Hyland C, et al. Prenatal exposure to phthalates and neurodevelopment in the CHAMACOS cohort. *Environ Health Perspect.* 2019;127:107010. doi:10.1289/EHP5165.
8. Ponsonby AL, et al. Prenatal phthalate exposure, oxidative stress-related genetic vulnerability and early life neurodevelopment. *Neurotoxicology.* 2020;80:20–28.
9. Sarigiannis DA, et al. Neurodevelopmental exposome: in utero co-exposure to heavy metals and phthalates. *Environ Res.* 2021;197:110949.
10. Miura R, et al. Prenatal DEHP exposure, cord-blood DNA methylation and fetal growth: Hokkaido Study. *Sci Total Environ.* 2021;783:147035.
11. Oh J, et al. Prenatal exposure to PFAS and autism spectrum disorder in the MARBLES study. *Environ Res.* 2021;197:111123.
12. von Ehrenstein OS, et al. Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder. *BMJ.* 2019;364:l962. doi:10.1136/bmj.l962.
13. Cloutier M, et al. Prenatal exposure to fine particulate matter components and autism risk in childhood. *JAMA Netw Open.* 2025;8:e2536684.
14. Lurmann F, et al. Prenatal exposure to criteria air pollution and traffic-related air toxics and risk of autism spectrum disorder: California births, 1990–2018. *Environ Int.* 2025;201:109604.
15. Chun H, et al. Maternal exposure to air pollution and risk of autism in children: systematic review and meta-analysis. *Environ Pollut.* 2020;256:113307.
16. Dutheil F, et al. Epidemiological evidence linking ambient particulate matter with neurodevelopmental disorders: systematic review and meta-analysis. *Environ Res.* 2022;206:112418.
17. Tsamou M, et al. Prenatal particulate air pollution exposure and expression of the miR-17/92 cluster in cord blood. *Environ Int.* 2020;142:105860.
18. McEwen LM, et al. The PedBE clock accurately estimates DNA methylation age in pediatric buccal cells. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2020;117:23329–23335.
19. Cediel Ulloa A, et al. Prenatal methylmercury exposure and DNA methylation in seven-year-old children. *Environ Int.* 2021;147:106321.
20. Petroff RL, et al. Prenatal exposures to common phthalates and alternatives and infant DNA methylation at birth. *Front Genet.* 2022;13:793278.

**CLINICAL AND IMMUNOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFICACY OF A FERMENTED PROBIOTIC
PRODUCT IN REGULATING THE GUT-BRAIN AXIS**

Sergey V. Goubkin

*Principal Research Scientist,
Doctor of Medical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus,
Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Center for Aerospace Biomedicine and Rehabilitation
Minsk, Republic of Belarus*

Svitlana B. Kokhan

*Senior Researcher
Institute of Physiology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Center for Aerospace Biomedicine and Rehabilitation. Minsk, Republic of Belarus*

Natalia K. Zhabanos

*Head of Department,
PhD, Associate Professor,
Republican Unitary Enterprise "Institute of Meat and Dairy Industry,"
Biotechnology Department, Minsk, Republic of Belarus*

Anna E. Pyzh

*Senior Researcher,
PhD in Biology, State Scientific Institution "Institute of Physiology
of the National Academy of Sciences of Belarus,"
Center for Medical Microbiology and Antibiotic Resistance, Minsk, Republic of Belarus*

Egor V. Lemeshko

*Head of the Center,
PhD, Associate Professor,
State Scientific Institution "Institute of Physiology of the
National Academy of Sciences of Belarus,"
Center for Aerospace Biomedicine and Rehabilitation, Minsk, Republic of Belarus*

Natallia D. Tsitkova

*Researcher,
State Scientific Institution "Institute of Physiology of the
National Academy of Sciences of Belarus",
Center for Aerospace Biomedicine and Rehabilitation, Minsk, Republic of Belarus*

**КЛИНИКО-ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ПРОБИО-
ТИЧЕСКОГО ПРОДУКТА В РЕГУЛЯЦИИ ОСИ «КИШЕЧНИК-МОЗГ»**

Губкин С.В.

*Доктор медицинских наук, профессор,
Член-корреспондент НАН Беларуси,
Главный научный сотрудник Центра аэрокосмической биомедицины
и реабилитации ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь*

Кохан С.Б.

*Старший научный сотрудник Центра аэрокосмической биомедицины
и реабилитации ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь*

Жабанос Н.К.

*Кандидат технических наук, доцент,
Заведующая отделом биотехнологий РУП «Институт мясо-молочной промышленности»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Лемешко Е.В.

*Кандидат медицинских наук, доцент,
Заведующий Центра аэрокосмической биомедицины
и реабилитации ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь*

Титкова Н.Д.

Научный сотрудник Центра аэрокосмической биомедицины

и реабилитации ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Актуальность. Хронический стресс и нутритивный баланс индуцируют микробиологические нарушения в кишечнике, триггирующие субклиническое системное воспаление. Данный патогенетический трек дестабилизирует нейроиммунные взаимодействия по оси «кишечник–мозг», что ассоциировано со снижением качества жизни населения. В качестве перспективного метода немедикаментозной коррекции рассматривается использование специализированных пробиотикосодержащих продуктов с высоким титром жизнеспособных пробиотических штаммов, направленное на стабилизацию микробиоценоза желудочно-кишечного тракта и системного иммунного статуса.

Цель. Оценить безопасность, переносимость и влияние различных режимов перорального приема специализированного пробиотического продукта «Проксибиотик-3» на количественный состав микробиоты, субпопуляционный спектр лимфоцитов, биохимические маркеры и показатели качества жизни здоровых добровольцев.

Материалы и методы исследования. Исследование одобрено Комиссией по этике Института физиологии НАН Беларуси. В исследование включено 48 здоровых добровольцев (мужчины, 23–58 лет, ИМТ $26,86 \pm 4,9$ кг/м²); частота употребления алкоголя составила 54%, табакокурение – 26%. Методом рандомизации сформированы 3 группы: I (n=19) принимала продукт Проксибиотик-3 по 100 г 1 раз в сутки (утром); II (n=19) – по 100 г 2 раза в сутки (утром и вечером), III группа (n=10) – контроль. Курс – 42 дня. Титр жизнеспособных микроорганизмов в 1 г продукта (согласно технической документации) составлял: молочнокислые бактерии – $\geq 1 \times 10^9$ КОЕ/г (в т.ч. *Lactobacillus* – $\geq 5 \times 10^8$ КОЕ/г), *Bifidobacterium* – $\geq 1 \times 10^6$ КОЕ/г.

Мониторинг безопасности и переносимости осуществляли с помощью дневников самоконтроля. Качественный и количественный (lg КОЕ/г) анализ микробиоты выполняли на базе ГУ «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» на 0, 21, 31, 42 сутки. Спектр биохимических показателей и сывороточных иммуноглобулинов IgA, IgG, IgM определяли на анализаторах Beckman Coulter AU480/AU680 (Япония) на 0, 21, 42 сутки. Субпопуляционный состав лимфоцитов (CD3+CD4+, CD3+CD8+, B1, B2, CD19+CD27+, CD19+CD27- исследовали методом проточной цитометрии на Cell Lab Quanta SC (Beckman Coulter, США). Оценку качества жизни проводили с использованием опросников SF-36 и GSRs. Статистический анализ выполнен с представлением количественных данных в виде Me [Q25; Q75], для параметров микробиоты – в виде $M \pm m$. Абсолютное количество субпопуляций лимфоцитов выражали в $\times 10^9$ /л, концентрацию иммуноглобулинов – в г/л.

Результаты. В течение 42 суток маркеры цитолиза (аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза), пигментного и белкового обмена в опытных группах находились в пределах референтных значений, что подтверждает клиническую безопасность продукта. В группе II к 21-м суткам отмечено значимое внутригрупповое снижение уровня мочевой кислоты до 316 [300; 375] мкмоль/л ($p < 0,05$) с последующей стабилизацией к 42-м суткам (335 [318; 366] мкмоль/л), что достоверно отличалось от контроля ($p < 0,05$). Концентрация глюкозы в группе II к 21-м суткам снизилась до 5,5 [5,1; 5,9] ммоль/л и оставалась стабильной до окончания курса. На фоне исходной гиперхолестеринемии зафиксирована внутригрупповая стабилизация триглицеридов в обеих опытных группах (до 1,3 ммоль/л в группе I и до 0,9 ммоль/л в группе II). Во II группе к 42-м суткам выявлено статистически значимое снижение липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) до 3,6 [3,2; 4,4] ммоль/л ($p < 0,05$).

Иммунный статус. После завершения курса зафиксирован значимое увеличение абсолютного количества лимфоцитов в I группе до 2,19 ($p = 0,006$) и во II группе до 2,40 ($p = 0,001$). Данные изменения сопровождались ростом пула общих Т-лимфоцитов (CD3+CD19-) до 1,39 в I группе ($p = 0,022$) и до 1,53 во II группе ($p = 0,004$), а также Т-хелперов (CD3+CD4+) до 0,71 ($p = 0,009$) и 0,81 ($p = 0,002$) соответственно. В В-клеточном звене отмечено достоверное увеличение содержания В2-клеток (CD3-5-19+) ($p_I = 0,014$; $p_{II} = 0,003$), В1-клеток врожденного иммунитета (CD3-5+19+) ($p_I = 0,018$; $p_{II} = 0,002$) и В-лимфоцитов памяти (CD19+CD27+) ($p_I = 0,011$; $p_{II} = 0,001$). Выявлен выраженный дозозависимый эффект: показатели II группы, получавшей продукт дважды в сутки, статистически значимо превосходили значения I группы по уровню индукции В1-клеток ($p = 0,032$), В-клеток памяти ($p = 0,027$) и общему количеству лимфоцитов ($p = 0,041$). В гуморальном звене к 42-м суткам зафиксировано снижение концентрации IgM в I группе до 0,74 г/л на фоне межгрупповых различий на 21-е сутки, а также физиологическое повышение уровня системного IgA во II группе до 2,85 [1,55; 2,97] г/л ($p < 0,05$).

Микробиологический статус и безопасность. В III группе (контроль) на 31–42-е сутки эксперимента зафиксировано статистически значимое снижение количества *Escherichia coli* с нормальной ферментативной активностью до $4,44 \pm 0,87 \lg \text{ КОЕ/г}$ ($p < 0,05$). Напротив, однократный прием продукта (I группа) нивелировал данную негативную динамику и индуцировал достоверное увеличение пула типичных эшерихий к 31-м суткам до $5,33 \pm 0,41 \lg \text{ КОЕ/г}$, к 42-м суткам – до $5,38 \pm 0,01 \lg \text{ КОЕ/г}$ ($p < 0,05$ относительно исходных значений; превышение показателей контроля на 21,14%). Титры *Lactobacillus spp.* и *Bifidobacterium spp.* на протяжении всего периода наблюдения сохраняли стабильность. Признаков избыточного роста условно-патогенных энтеробактерий, неферментирующих грамотрицательных бактерий и *Clostridium spp.* не обнаружено, что верифицирует высокий профиль микробиологической безопасности продукта.

Качество жизни. К 42-м суткам у добровольцев опытных групп, несмотря на исходное наличие экзогенных факторов риска (употребление алкоголя, табакокурение), отмечено достоверное снижение индекса диспепсии по шкале GSRS. По данным опросника SF-36 зафиксировано значимое повышение баллов по шкалам «жизненная активность» (VT) и «психическое здоровье» (MH), при этом максимальный эффект верифицирован во II группе.

Заключение.

Курсовой пероральный прием ферментированного пробиотического продукта «Проксибиотик-3» продемонстрировал высокий профиль микробиологической безопасности и переносимости у здоровых добровольцев с избыточной массой тела. Применение продукта эффективно нивелирует транзитное снижение пула типичных эшерихий в кишечнике, стабилизируя титры индигенной микробиоты. Установленный выраженный иммуномодулирующий эффект выражается в индукции Т-хелперного звена ($\text{CD3} + \text{CD4}^+$) и активации системного гуморального и клеточного В-клеточного ответа (В1-, В2-клеток и В-лимфоцитов памяти). Выявленный дозозависимый эффект с преимуществом двукратного приема продукта (по 100 г утром и вечером) ассоциирован с максимальным улучшением психоземotionalного статуса по шкалам опросника SF-36 на фоне регресса гастроинтестинальных симптомов. Полученные результаты клинически верифицируют эффективность продукта «Проксибиотик-3» в немедикаментозной регуляции взаимодействий по оси «кишечник–мозг».



<https://sconferences.com>
info@sconferences.com

ISBN

