

ISSN 2308-4804

SCIENCE AND WORLD

International scientific journal

№ 4 (104), 2022, Vol. II

Founder and publisher: Publishing House «Scientific survey»

The journal is founded in 2013 (September)

Volgograd, 2022

UDC 53:51+54+67.02+631+93:902
LBC 72

SCIENCE AND WORLD

International scientific journal, № 4 (104), 2022, Vol. II

The journal is founded in 2013 (September)
ISSN 2308-4804

The journal is issued 12 times a year

The journal is registered by Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications.

Registration Certificate: III № ФС 77 – 53534, 04 April 2013

EDITORIAL STAFF:

Head editor: Teslina Olga Vladimirovna

Executive editor: Malysheva Zhanna Alexandrovna

Lukienko Leonid Viktorovich, Doctor of Technical Science

Borovik Vitaly Vitalyevich, Candidate of Technical Sciences

Dmitrieva Elizaveta Igorevna, Candidate of Philological Sciences

Valouev Anton Vadimovich, Candidate of Historical Sciences

Kislyakov Valery Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences

Rzaeva Aliye Bayram, Candidate of Chemistry

Matvienko Evgeniy Vladimirovich, Candidate of Biological Sciences

Kondrashihin Andrey Borisovich, Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences

Khuzhayev Muminzhon Isokhonovich, Doctor of Philological Sciences

Ibragimov Lutfullo Ziyadullaevich, Candidate of Geographic Sciences

Gorbachevskiy Yevgeniy Viktorovich, Candidate of Engineering Sciences

Madaminov Khurshidjon Mukhamedovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences

Otazhonov Salim Madrakhimovic, Doctor of Physics and Mathematics

Karatayeva Lola Abdullayevna, Candidate of Medical Sciences

Tursunov Imomnazar Egamberdievich, PhD in Economics

Achilov Ganizhon Babadzhanovich, Candidate of Biological Sciences

Kuzmetov Abdulakhmet Raimberdievich, Doctor of Biological Sciences

Sultanov Bakhodir Fayzullayevich, Candidate of Economic Sciences

Maksumkhanova Azizakhon Mukadyrovna, Candidate of Economic Sciences

Kuvnakov Khaidar Kasimovich, Candidate of Economic Sciences

Yakubova Khurshida Muratovna, Candidate of Economic Sciences

Kusharov Zohid Keldiyorovich, Candidate of Economic Sciences

Authors have responsibility for credibility of information set out in the articles.

Editorial opinion can be out of phase with opinion of the authors.

Address: Russia, Volgograd, ave. Metallurgov, 29

E-mail: info@scienceph.ru

Website: www.scienceph.ru

Founder and publisher: «Scientific survey» Ltd.

УДК 53:51+54+67.02+631+93:902
ББК 72

НАУКА И МИР

Международный научный журнал, № 4 (104), 2022, Том 2

Журнал основан в 2013 г. (сентябрь)
ISSN 2308-4804

Журнал выходит 12 раз в год

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС 77 – 53534 от 04 апреля 2013 г.**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Теслина Ольга Владимировна
Ответственный редактор: Малышева Жанна Александровна

Лукиенко Леонид Викторович, доктор технических наук
Боровик Виталий Витальевич, кандидат технических наук
Дмитриева Елизавета Игоревна, кандидат филологических наук
Валуев Антон Вадимович, кандидат исторических наук
Кисляков Валерий Александрович, доктор медицинских наук
Рзаева Алия Байрам, кандидат химических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Кондрашихин Андрей Борисович, доктор экономических наук, кандидат технических наук
Хужаев Муминжон Исохонович, доктор философских наук
Ибрагимов Лутфулло Зиядуллаевич, кандидат географических наук
Горбачевский Евгений Викторович, кандидат технических наук
Мадаминов Хуришиджон Мухамедович, кандидат физико-математических наук
Отажонов Салим Мадрахимович, доктор физико-математических наук
Каратаева Лола Абдуллаевна, кандидат медицинских наук
Турсунов Имомназар Эгамбердиевич, PhD экономических наук
Ачилов Ганижон Бабаджанович, кандидат биологических наук
Кузметов Абдулахмет Раймбердиевич, доктор биологических наук
Султанов Баходир Файзуллаевич, кандидат экономического наук
Максумханова Азизахон Мукадыровна, кандидат экономического наук
Кувнаков Хайдар Касимович, кандидат экономического наук
Якубова Хуришида Муратовна, кандидат экономического наук
Кушаров Зохид Келдиёрович, кандидат экономического наук

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Адрес редакции: Россия, г. Волгоград, пр-кт Metallургов, д. 29
E-mail: info@scienceph.ru
www.scienceph.ru

Учредитель и издатель: ООО «Научное обозрение»

CONTENTS

Physical and mathematical sciences

<i>Aytimova U.Zh., Otegenov B.B.</i> ANALYSIS OF METHODS OF COMPUTER MODELING OF PROTEIN INTERACTIONS	8
<i>Korablev G.A.</i> S-CURVES AND ENTROPIC CONDITIONS OF SYSTEM STABILIZATION	10
<i>Kravtsov A.M.</i> NONLINEAR MODELS OF QUASISTATIONARY FILTRATION FLOWS OF COMPRESSIBLE FLUIDS TO WELLS IN POROUS MEDIA	18
<i>Turgunov N.A., Turmanova R.M., Berkinov E.Kh.</i> INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE ELECTRICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGY OF IMPURITY ACCUMULATIONS OF SILICON DOPED WITH NICKEL	25

Chemical sciences

<i>Alimov I.Z.</i> PREPARATION OF CATIONIC AMPHIPHILES BASED ON CHOLIC ACID	30
<i>Olimova Sh.E., Samandarov N.Yu., Alimov I.Z.</i> INFLUENCE OF $3\alpha,7\beta$ -DIHYDROXYCHOLANIC ACID +URSOSLIT ON CHANGES IN THE CONTENT OF BILE ACIDS IN PATIENTS WITH METOBOLIC SYNDROME	34

Technical sciences

<i>Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M., Koryagin S.I.</i> MODELING OF COMPLEX CYBERNETIC SYSTEMS BASED ON HYBRID COMPUTATIONAL INTELLIGENCE METHODS	37
<i>Barbol M.</i> RESEARCH OF VARIOUS FACTORS FOR SPONTANEOUS COMBUSTION OF A SPECIAL COKE	45
<i>Mukashev N.</i> RESEARCH OF THE TECHNOLOGY OF CLEANING EXCAVATION OF THE KOSTENKO MINE	48
<i>Shkarupa I.L., Khmel'nitsky A.K., Shkarupa M.I.</i> CERAMIC HIGH-TEMPERATURE FAST NEUTRON REACTOR.....	50

Agricultural sciences

<i>Kamanova S.G., Toimbayeva D.B., Ospankulova G.Kh.</i> FREEZING DRYING OF BERRIES	59
<i>Sarsenbaeva G.B.</i> SOCIO-ECOLOGICAL DAMAGE FROM POLLUTION BY SEWAGE AND COLLECTOR-DRAINAGE WATERS IN THE LOWER REACHES OF THE SYRDARYA RIVER.....	64

Historical sciences and archeology

Babenko D.A.

DISCRIMINATION AND THE SITUATION

OF THE JAPANESE DIASPORA IN PERU (1930-1947)..... 69

Bystrenko V.I.

THE LEGAL BASIS FOR RUSSIA'S REIMBURSEMENT

OF THE EXTERNAL STATE DEBT OF THE USSR..... 73

СОДЕРЖАНИЕ

Физико-математические науки

<i>Айтимова У.Ж., Отегенов Б.Б.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ	8
<i>Кораблев Г.А.</i> S-КРИВЫЕ И ЭНТРОПИЙНЫЕ УСЛОВИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ СИСТЕМ	10
<i>Кравцов А.М.</i> НЕЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ СЖИМАЕМЫХ ФЛЮИДОВ К СКВАЖИНАМ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ	18
<i>Тургунов Н.А., Турманова Р.М., Беркинов Э.Х.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МОРФОЛОГИЮ ПРИМЕСНЫХ СКОПЛЕНИЙ КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО НИКЕЛЕМ	25

Химические науки

<i>Алимов И.З.</i> ПОЛУЧЕНИЕ КАТИОННЫХ АМФИФИЛОВ НА ОСНОВЕ ХОЛЕВОЙ КИСЛОТЫ	30
<i>Олимова Ш.Э., Самандаров Н.Ю., Алимов И.З.</i> ВЛИЯНИЕ 3 α ,7 β -ДИГИДРОКСИХОЛАНОВОЙ КИСЛОТЫ +УРСОСЛИТ НА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЧНЫХ КИСЛОТ У БОЛЬНЫХ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ	34

Технические науки

<i>Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Корягин С.И.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ГИБРИДНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА	37
<i>Барбол М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА САМОВОЗГОРАНИЕ СПЕЦКОКСА	45
<i>Мукашев Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКИ ШАХТЫ КОСТЕНКО	48
<i>Шкарупа И.Л., Хмельницкий А.К., Шкарупа М.И.</i> КЕРАМИЧЕСКИЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕАКТОР НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ	50

Сельскохозяйственные науки

<i>Каманова С.Г., Тоймбаева Д.Б., Оспанкулова Г.Х.</i> СУБЛИМАЦИОННАЯ СУШКА ЯГОД	59
<i>Сарсенбаева Г.Б.</i> СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫМИ И КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬЯ	64

Исторические науки и археология

Бабенко Д.А.

ДИСКРИМИНАЦИЯ И ПОЛОЖЕНИЕ ЯПОНСКОЙ ДИАСПОРЫ В ПЕРУ (1930-1947 ГГ.) 69

Быстренко В.И.

ПРАВОВАЯ ОСНОВА ВОЗМЕЩЕНИЯ РОССИЕЙ
ВНЕШНЕГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ДОЛГА СССР 73

УДК 004.4

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕЛКОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

У.Ж. Айтимова¹, Б.Б. Отегенов²¹ кандидат физико-математических наук, старший преподаватель, ² магистрант 2 курса
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина (Нур-Султан), Казахстан

Аннотация. Методы компьютерного моделирования пространственной структуры биомолекул являются важной частью структурной биологии, молекулярной биофизики и биохимии. Безусловно, не во всех случаях качество, получаемых с их помощью, моделей может быть достаточным для решения таких сложных задач, как направленное изменение функциональных свойств белков и дизайн новых биологически активных веществ, включая лекарства.

Ключевые слова: взаимодействие белков, компьютерная модель, компьютерная биология, база данных.

В биологических исследованиях компьютеры и суперкомпьютеры используются для изучения и получения прикладных результатов. В число основных вычислительных задач компьютерной биологии входят следующие:

- Идентификация белкокодирующих компонентов в первичной структуре биополимеров;
- Решение пространственной структуры биополимеров и их комплексов;
- Пространственное накопление белков (3D-фоллинг);
- Моделирование структуры и динамики биомакромолекул;
- Создание и ведение специальных баз данных (безбелковые структуры, нуклеотидные цепи, метаболические пути, клеточные ансамбли и др.) [1].

Основной целью компьютерной биологии является предсказание пространственной структуры белков по цепочке аминокислот, т.е. по цепочке пар нуклеотидов в ДНК. Важность решения такого рода задач определяется тем, что количество известных первичных белковых структур, образованных нуклеотидными последовательностями ДНК, намного превышает количество пространственно известных белковых структур [2].

Все эти методы основаны на информации об известных структурах, а также зависят от текущей структуры базы данных. Первые методы прогнозирования вторичной структуры относятся к первой категории, а также используют свойства отходов и их расположение. Таким образом, он начал развиваться с использованием множественных коррекций.

Простейшим и наиболее распространенным критерием определения точности предсказания аминокислот является процент правильно предсказанных остатков. Этот критерий задается формулой (1) [3].

$$Q_3 = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^3 c_i}{N} \quad (1)$$

где c_i – количество правильно предсказанных остатков в i -м состоянии (Н – спираль, Е – вес, L – неправильная структура), а N – количество аминокислот в белке. Простая последовательность данных составляет около 32 % Н, 21 % Е и 47 % L [4].

Измерение точности известной аминокислоты не отражает качество предсказания. Эти три простых измерения необходимы для оценки прогностического качества сегмента вторичных структур.

Эти измерения взаимосвязаны. Эти критерии полезны для описания методов прогнозирования. По сути, методы высокой предсказуемости того или иного сегмента имеют нереализуемое размещение. То есть не существует универсального и идеального метода моделирования конкретных белковых структур. Из-за отсутствия надежных данных о трехмерной структуре белка сравнительный анализ с существующими моделями не дает четкие результаты [5].

Заключение.

В этой статье мы обобщили современные методы DL, применяемые к проблеме предсказания и конструирования белковых структур. Как и во многих других областях, DL демонстрирует потенциал революции в моделировании белков. Когда ГО возникло из компьютерного зрения, нейронного и машинного обучения, его быстрое развитие сочеталось со знаниями в области исследования операций, теории игр и вариационного вывода, а также со многими другими новыми и мощными платформами для решения многих сложных задач. Использование DL для биомолекулярной структуры только началось, и мы рассчитываем приложить много усилий для разработки методологий и приложений для моделирования и дизайна белков. Мы заметили несколько тенденций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bohr, H., Bohr, J., Brunak, S., Cotterill, J.R., Fredholm, H., Lautrup, B., and Petersen, S. (1990). A novel approach to prediction of the 3-dimensional structures of protein backbones by neural networks. FEBS Lett. 261, 43-46.
2. Hollingsworth, S.A., and Dror, R.O. (2018). Molecular dynamics simulation for all. Neuron 99, 1129-1143.
3. Huang, P.S., Boyken, S.E., and Baker, D. (2016). The coming of age of de novo protein design. Nature 537, 320-327.
4. Jovic, S., and Venien-Bryan, C. (2009). Protein structure determination by electron cryo-microscopy. Curr. Opin. Pharmacol. 9, 636-642.
5. Kryshchak, A., Schwede, T., Topf, M., Fidelis, K., and Moult, J. (2019). Critical assessment of methods of protein structure prediction (CASP)-Round XIII. Proteins 87, 1011-1020.

Материал поступил в редакцию 15.03.22

ANALYSIS OF METHODS OF COMPUTER MODELING OF PROTEIN INTERACTIONS

U.Zh. Aytimova¹, B.B. Otegenov²

¹ Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior lecturer, ² 2nd year Master's Degree Student
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University (Nur-Sultan), Kazakhstan

Abstract. *Methods for computer simulation of the spatial structure of biomolecules are an important part of structural biology, molecular biophysics, and biochemistry. Of course, not in all cases, the quality of the models obtained with their help can be sufficient for solving such complex problems as a directed change in the functional properties of proteins and the design of new biologically active substances, including drugs.*

Keywords: *protein interaction, computer model, computer biology, database.*

УДК 53:51

S-КРИВЫЕ И ЭНТРОПИЙНЫЕ УСЛОВИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ СИСТЕМ

Г.А. Кораблев, доктор химических наук, профессор кафедры физики
ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Россия

Аннотация. Графики S-кривых характеризуют общую динамику изменения энтропийных составляющих в зависимости от основных параметров процесса. При этом, их сумма равна максимальной величине каждой из них в данном взаимодействии. Условием стационарного состояния системы является равенство или постоянная величина соотношения ее энтропии и негэнтропии (равновесная динамика). Такие закономерности имеют место во многих явлениях и в конформационных взаимодействиях в физико-химии, в природе, в технике и даже в экономике. Приведены примеры их функционального вклада. На основе российских данных показана возможность объективного анализа хода регионального сценария коронавируса.

Ключевые слова: S-кривые, многоплановость, энтропия, негэнтропия, стабилизация систем, физико-химические закономерности, сценарий коронавируса.

Введение

Графические характеристики функционального развития биологических систем в зависимости от времени процесса были известны [12] уже в начале двадцатого века: численность бактерий, созревание плода, рост растений и т.п. В них выделялись три последовательных этапа: постепенное нарастание, быстрый и активный рост, стабилизация процесса. Аналогичные кривые позднее были получены и для технических систем. Пример приведен на рисунке 1 – график изменения удельной прочности стали по годам.



Рис. 1. Зависимость удельной прочности сталей от времени

В таких графиках по вертикальной оси откладывается одна из основных характеристик, например, скорость, объем продукции или мощность двигателя; а по горизонтальной оси – время процесса, или расходы на финансирование системы.

В соответствии с формой кривой они получили название S-кривые, иногда их называют «линии жизни», а применительно к техническим системам – кривые развития технических систем.

«Считается, что S-кривых закон, совершенно не отражает существа происходящих в системах изменений – он лишь демонстрирует их результат, выраженный в изменении главных показателей. Но в реальности он, не вдаваясь в технические тонкости, позволяет своевременно увидеть закономерности процесса и приближающиеся тенденции и сделать соответствующие выводы.

S-кривая, это индикатор, который описывает состояние системы и способствует своевременному принятию решения по поиску новых направлений ее развития. Это позволяет сократить технологический разрыв, а в случае отсутствия решений, стимулировать их поиски» [15].

Таким образом S-кривые – это номограммы изменения основных параметров процесса. И поэтому они нашли широкое применение, например, кривая Лоренца. В кривой Лоренца [16] дана пространственно-временная графическая зависимость параметра скорости (Θ) от самой скорости (β) – рис. 2.

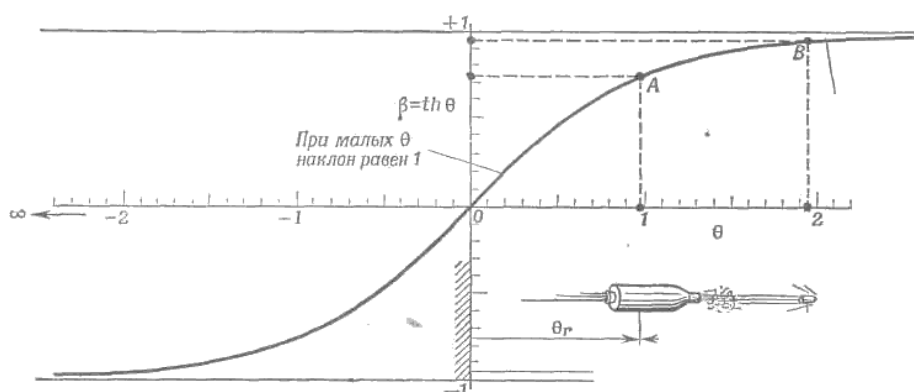


Рис. 2. Связь между параметром скорости Θ и самой скоростью $\beta = th\Theta$

Аналогичные примеры таких номограмм в биофизике:

- Поверхностно-диффузионные процессы при карбонизации наноструктур;
- В кинетике ферментативных процессов;
- Зависимость биофизических критериев от их частотных характеристик;
- Флуктуации проводимости биомембран в зависимости от их частоты;
- Зависимость скорости электронного транспорта от времени диффузии ионов.

Как известно, понятие энтропии может является критерием направленности термодинамических процессов. Поэтому в данном исследовании для объяснения уникальных свойств S-кривых используется это свойство с позиции изменения энтропии и негэнтропии. Кроме таких терминов, нередко особенно в математической статистике применяются: "производство энтропии", как производная энтропии по времени и "информация", как производная негэнтропии по времени.

Исходные данные

На основе анализа первого начала термодинамики было получено [9]:

«1. В системах, в которых взаимодействие идет по градиенту потенциала (положительная работа) результирующая потенциальная энергия, как и приведенная масса, находятся по принципу сложения обратных значений соответствующих величин подсистем. Это – корпускулярный процесс, теоретической концепцией которого может являться энтропия.

2. В системах, в которых взаимодействие идет против градиента потенциала (отрицательная работа) выполняется алгебраическое сложение их масс и также соответствующих энергий подсистем. Это – волновой процесс, теоретической концепцией которого может являться негэнтропия.

3. Резонансное стационарное состояние систем выполняется при условии равенства степеней их корпускулярных и волновых взаимодействий» [9]. Так в термодинамике открытых систем продукция энтропии в стационарном состоянии полностью компенсируется потоком негэнтропии.

Для оценки структурных взаимодействий в простых и сложных системах классическая физика и квантовая механика широко используют кулоновские взаимодействия и их разновидности.

Согласно работе [14], электронно-конформационные процессы в биосистемах оцениваются через ориентационные, заряд-дипольные и Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия. А обменно-резонансный перенос энергии рассматривается только как частный случай конформации. Но по своей структурной основе многие биосистемы и кластерные образования – электронейтральные. Для них основное значение имеют не взаимодействия кулоновского типа, а процессы равновесного перетекания электронных плотностей за счёт перекрывания их волновых функций. Чем ближе значение этих параметров, тем легче идёт процесс стабилизации системы.

Так, Гейзенберг и Дирак [5], исходя из предположения о прямом перекрывании волновых функций, предложили обменный гамильтониан:

$$\bar{H} = -I_0 S_1 S_2,$$

где: \bar{H} – спиновый оператор изотропного обменного взаимодействия для пары атомов, I_0 – постоянная обмена, S_1 и S_2 – интегралы перекрывания волновых функций.

Такие обменно-равновесные конформационные взаимодействия регулируют стабилизацию многих органических систем (кластеры, полипептидные цепи и т.п.). Поэтому, в данном подходе интегралы перекрывания волновых функций моделируются через величину относительной разности энергетических параметров взаимодействующих центров – коэффициент α [7, 10].

По многочисленным экспериментальным данным была получена номограмма зависимости степени структурных взаимодействий (ρ) от коэффициента α , единая для широкого класса структур (рис. 3). Этот вид номограммы и ее зеркально-симметричный вариант (рис. 4) позволяют оценить степень и направление структурных взаимодействий процессов фазообразования, изоморфизма и растворимости в многочисленных системах, в том числе в молекулярных [7, 10].

Чем меньше величина α , тем выше степень волновой составляющей взаимодействия в соответствии с рис. 4 (негэнтропийная кривая – шкала № 1). По шкале № 2 оценивается степень уменьшения корпускулярной составляющей. А в рис. 3 увеличение значений α характеризует нарастание корпускулярных и электростатических свойств в микросистемах (энтропийная кривая – шкала № 2). Уменьшение волновых свойств определяется по шкале № 1. Таким образом, понятие энтропии количественно моделируется через коэффициент α , а негэнтропия через величину $1/\alpha$.

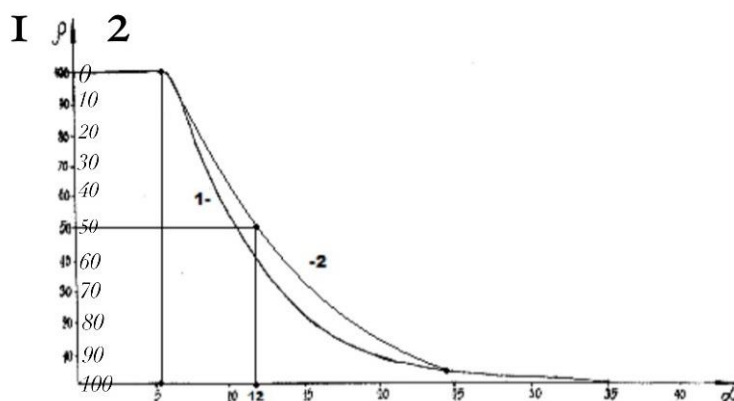


Рис. 3. Номограмма зависимости степени структурных взаимодействий (ρ) от коэффициента α (энтропийная кривая)

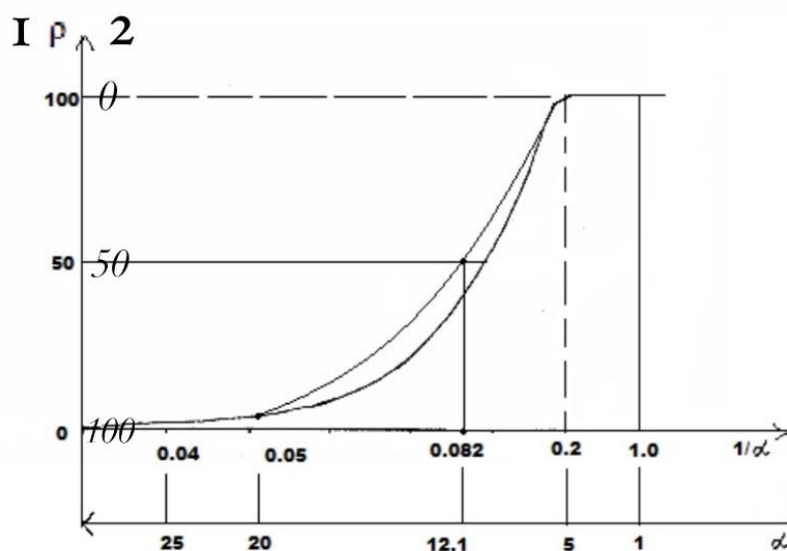


Рис. 4. Номограмма зависимости степени структурных взаимодействий (ρ) от коэффициента $1/\alpha$ (негэнтропийная кривая)

Условия равенства и соотношений энтропийных параметров

Выполнение пункта 3 исходных положений классифицируется в зависимости от особенности динамики процесса. Так в электромагнитной волне разность хода составляющих векторов равна 90° . В общем случае при

вращательном движении системы из двух одинаковых по величине векторов (\vec{R}) с разностью фаз 90° их равнодействующая:

$$\vec{C} = 2^{1/2} \vec{R}, \text{ где для данного угла } \operatorname{tg} 45^\circ = 1 \quad (1)$$

Если такой процесс дополняется движением по спиральной динамике, то вектор (\vec{C}) станет касательным вектором и образует угол спирального вращения, для которого:

$$\operatorname{tg} \varphi = C/R = 2^{1/2}, \text{ где } \varphi \text{ геодезический угол, равен } 54,733^\circ \quad (2)$$

Под этим углом тутовый шелкопряд наматывает шелковую нить на основу.

Таким образом при чисто вращательном движении выполняется условие равенства составляющих векторов энтропийных характеристик, а при спиральном движении их соотношение равно $2^{1/2}$. При поступательном движении действуют условия или равенства, или постоянного соотношения величин их составляющих. При этом в статистических процессах проявляются экспоненциальные зависимости. Такой подход определяет общие принципы многих физических закономерностей.

- 1) Характеристика спин-орбитального взаимодействия – постоянная тонкой структуры $\alpha = \frac{r}{\lambda}$, где r – классический радиус электрона, λ – его комптоновская длина волны.
- 2) Число π равно отношению длины окружности (1) к ее диаметру (2r).
- 3) В работах [6, 13] используются понятия разрушающего напряжения при растяжении пластика нити на шаг ее намотки, где: σ_α – осевое, σ_β – окружное напряжения заменяются пропорциональной им величиной N_α – осевое «усилие» и N_β – окружное «усилие» по уравнению:

$$\frac{\sigma_\beta}{\sigma_\alpha} = \frac{N_\beta}{N_\alpha} = \operatorname{tg}^2 \varphi = 2 \quad (3)$$

«Это условие позволяет получать равнонапряженную систему нитей с минимальной массой изделия» [6].

В гармонических колебаниях тела отношение потенциальной энергии, обусловленной квазиупругой силой к кинетической энергии, равно $\operatorname{tg}^2 \delta$, то есть:

$E_{\text{п}}/E_{\text{к}} = \operatorname{tg}^2 \delta$ (3а), где δ – угловая характеристика колебаний. Сумма обоих видов энергий равна максимальному значению каждой из них.

При условии равенства $\delta = \varphi$ система получает энтропийное равновесное состояние.

- 4) Магнитомеханическое (гиромагнитное) отношение (g) – это отношение магнитного момента частицы к ее механическому моменту, где $g_s = 2$, если магнитный момент электрона обусловлен только спиновой составляющей и $g = 1$, если он создается орбитальным движением электронов. Такие значения g их соотношения характеризуют соответствующие энтропийные зависимости.

- 5) Уравнение Планка (квантовый переход):

$h = E/v$, где E орбитальная энергия, в стационарном состоянии – величина постоянная, процесс идет по градиенту поля (энтропия), h – постоянная Планка.

- 6) Уравнение скорости движения

$V = S/t$, где S – путь при механическом движении с затратой энергии (негэнтропия), t – время, всегда возрастает и направлено по градиенту (энтропия). Кривая Лоренца (рис. 2) так же свидетельствует о проявлении пространственно-временной зависимости. Условием стационарного состояния в этих случаях является постоянство скорости движения, что выполняется как в микромире атомов и молекул, так и в макромире при движении планет.

- 7) Микроструктурные взаимодействия [8]:

По значениям ρ и α в равновесном состоянии согласно исходной номограммы – рис. 3, получается уравнение:

$$\ln \left(\frac{\rho}{\alpha} \right) = \operatorname{tg} \varphi \quad (4)$$

где φ – геодезический угол, α – относительная разность энергетических параметров взаимодействующих систем, ρ – степень структурного взаимодействия.

8) При вращательном движении заряженной частицы в гравитационном поле [8]:

$$\ln\left(\frac{G}{\varepsilon_0}\right) = \operatorname{tg}^2(a_0 \varphi) \quad (5)$$

где, ε_0 – электрическая постоянная,

G – гравитационная постоянная,

$a_0 = 1,00233$ – квантовая поправка к гиромангнитному отношению электрона в атоме, которая возможно в данном случае характеризует влияние прецессии движения частиц.

9) Из термодинамического определения энтропии следует:

$T = dw/ds$, где dw – тепловая энергия, поэтому средняя температура (T) является постоянно величиной, как в биологических системах, так и для планет.

10) В химической кинетике выполняется принцип Ле-Шателье: При внешнем воздействии на систему, находящуюся в равновесии, равновесие будет сдвигаться в направлении того процесса, который противодействует данному воздействию.

11) Исходные условия находятся в соответствии с Принципом дополнительности Н. Бора: для полного описания квантово-механических явлений необходимо применять два взаимоисключающих (дополнительных) набора классических понятий, совокупность которых дает исчерпывающую информацию об этих явлениях как о целостных. Например, описание объекта как частицы и как волны.

В таких примерах:

- Если процессы идут по градиенту (энтропия), то это параметры – $t, \alpha, E, \sigma_\alpha, r, \varepsilon_0, E_\Pi$;
- Если процессы идут против градиента (негэнтропия), то это параметры – $S, \rho, v, \sigma_\beta, \lambda, \mu, G, E_{\kappa, l}$.

S-кривые в экономике

S-кривые часто используются в экономических исследованиях, например, динамика ВВП, количество и объем продукции, прогнозирование инновационного потенциала и т.д. Так для оценки рациональной рыночной цены используются графики линии спроса (аналогия энтропии) и линии предложения (аналогия негэнтропии) – рис. 5 [1].

Из графика следует, что рациональная рыночная цена устанавливается при условии равенства линий спроса и предложения.

Показательна диаграмма мировой динамики ВВП, которая практически соответствует графику негэнтропии [3] – рис. 6. Основное уменьшение роста ВВП начинается с 2018 года и во время пандемии коронавируса становится очень значительным.

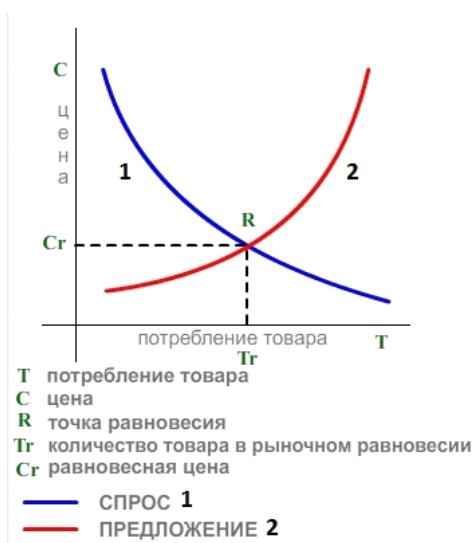


Рис. 5. График спроса и предложения

При этом ВВП Китая постоянно увеличивается, хотя и с замедлением даже в 2020 году. Чтобы не было стагнации ВВП, возможно, некоторым негэнтропийным экономикам необходимо дать небольшое дополнение энтропийной составляющей. В Мире уже есть опыт Китая и опыт борьбы с коронавирусом. Так, те государства, у которых процент госпредприятий был сравнительно небольшим быстрее сориентировались и лучше справляются с этой проблемой.

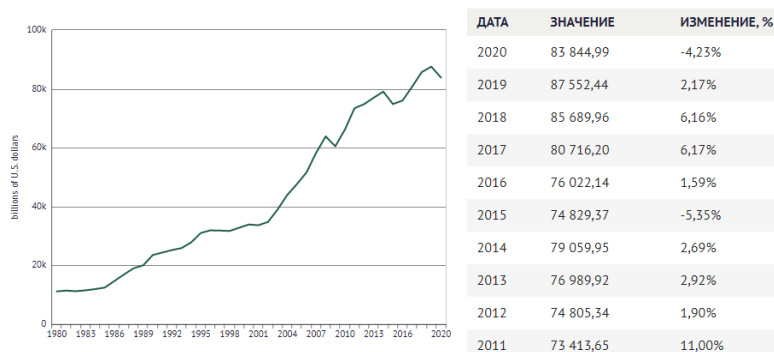


Рис. 6. График мирового ВВП

S-кривые и COVID-19

Аналогичная динамика может проявляться и в вирусной этиологии, которая может интерпретироваться как плавный переход от атомно-молекулярных взаимодействий на микроуровне к формально аналогичному процессу в макросистемах. Эта аналогия подтверждается количественными расчетами для коронавирусного сценария. Рассмотрим это на примере российского сценария коронавируса для числа заболеваний на данный момент (ρ) по рис. (7) [2].

Графики такого типа отражают взаимодействие энтропийных составляющих процесса: кривая негэнтропии постепенно переходит в энтропийную кривую.



Рис. 7. Количество заболеваний на данный момент времени

«В исходных номограммах имеется точка, которая делит каждый график на две симметричные части при $\rho = 50\%$. Детализация данных около этого значения (рис. 7) дает еще другие близкие к нему величины. Так, для первой волны эта ситуация соответствует по дням с 21.04.2020 по 25.04.2020 и дает среднее значение $\rho = 5493$. Это значит, что при $\rho = 100\%$ должно быть плато с численными значениями в два раза больше, то есть 10987. Фактически за 13 дней от 03.05.2020 до 15.05.2020 среднее ρ оказалась равным – 10661» [11].

Для второй волны пандемии точка симметричного изменения такого графика примерно равна половине от его максимального значения.

Если провести корреляцию между временем пандемии на рис. 7 и коэффициентом α , то можно оценить длительность верхнего плато графика. Такой расчет находится в соответствии с реальными результатами [11]. «Применение данной методики в других регионах и государствах позволило бы сделать анализ и прогнозы по некоторым важным этапам сценария коронавируса. Только в этих случаях необходимо предварительно оценить региональный коэффициент корреляции» [11].

Заключение

Данный подход не является принципиально новым, а приведенные к нему примеры не единичны. Так еще тысячи лет назад было установлено: «Все явления окружающего нас мира, включая человека и природу, интерпретируются китайской медициной, как взаимодействие между двумя началами инь и ян, представляющие собой противоположные аспекты единой действительности» [4]. С позиции этих представлений физиотерапию и рефлексотерапию можно рассматривать как методику выравнивания потенциалов двух проявлений энергетических начал, которыми по современным понятиям являются энтропия и негэнтропия (п.3 исходных положений).

В данной ситуации с пандемией против вируса работает коллективный иммунитет и даже холодная зима способствует вынужденной самоизоляции. Двадцатый век – век войн эпидемий и революций имел большие человеческие потери. Но коэффициент прироста населения оказался самым высоким за всю историю человечества. В России в послевоенное время прирост родившихся мальчиков был значительно выше, чем до Второй мировой войны. В настоящее время у экологических проблем есть актуальный принцип: сколько углекислого газа создается, столько его и должно поглощаться.

Все это – явления паритетного соотношения энтропии и негэнтропии.

Выводы

1. Графики S-кривых характеризуют общую динамику изменения энтропийных составляющих в зависимости от основных параметров процесса. При этом их сумма равна максимальной величине каждой из них в данном взаимодействии.
2. Условием стационарного состояния системы является равенство или постоянная величина соотношения ее энтропии и негэнтропии (равновесная динамика).
3. Такие закономерности имеют место во многих явлениях и в конформационных взаимодействиях в физико-химии, в природе, в технике и даже в экономике. Приведены примеры их функционального вклада.
4. На основе российских данных показана возможность объективного анализа хода регионального сценария коронавируса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бизнес-идеи для производства в домашних условиях. – Режим доступа: <https://businessideas.com.ua> (дата обращения 02.10.2020).
2. Википедия, COVID-19 пандемия в России. – Режим доступа: https://wikipedia.org/wiki/COVID-19_pandemic_in_Russia (дата обращения 02.10.2020).
3. Википедия, Валовой внутренний продукт. – Режим доступа: https://wiki2.org/ru/Валовой_внутренний_продукт (дата обращения 02.10.2020).
4. Википедия, Традиционная китайская медицина. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Традиционная_китайская_медицина (дата обращения 02.10.2020).
5. Дирак, П.А. Квантовая механика / П.А. Дирак. – Лондон, Издательство Оксфордского университета, 1935.
6. Кодолов, В.И. Полимерные композиции и технология изготовления из них двигателей летательных аппаратов / В.И. Кодолов. – Ижевский механический институт, 1992. – 200 с.
7. Кораблев, Г.А. Биоструктурные энергетические критерии функциональных состояний / Г.А. Кораблев, Г.Е. Заиков // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2012. – № 1 (2). – С. 118-124.
8. Кораблев, Г.А. О механизме процессов тяготения / Г.А. Кораблев // Естественные и технические науки. – Москва, Изд. «Спутник+», 2020. – № 1 (139). – С. 21-25.
9. Кораблев, Г.А. О проблемных вопросах физико-химии / Кораблев Г.А. // Современные проблемы науки и образования. Российская Академия Естественных наук. – 2020. – Т. 19. – С. 26-31.
10. Кораблев, Г.А. Различные проявления энтропии / Г.А. Кораблев, Н.Г. Петрова, А.К. Осипов и др. // Nev Book Announcement. Нанотехнологии – Наноиндустрии США, Зима 2013/14. – Глава 8. Р. 120-130.
11. Кораблев, Г.А. Энтропийные характеристики EIJASR / Г.А. Кораблев // Журнал 2020. – Выпуск 3. – Часть 3. – май-июнь. – С. 146-152.
12. Кынин, А.Т. Оценка параметров технических систем с использованием кривых роста / А.Т. Кынин, В.А. Лянин. – Режим доступа: <http://www.metodolog.ru/01428/01428.html> (дата обращения 02.10.2020)
13. Пидгайный, Ю.М. Механика полимеров / Ю.М. Пидгайный, В.М. Морозова, В.А. Дудко // 1967. – № 6 – С. 1096-1104.
14. Рубин, А.Б. Биофизика. Кн. 1. Теоретическая биофизика / А.Б. Рубин. – М.: В.ш., 1987. – 319 с.
15. Сорокин, А. S – кривая роста. – Режим доступа: <http://www.electrosad.ru/Jornal/SCur.htm>
16. Тэйлор, Э.Ф. Физика пространства-времени / Э.Ф. Тэйлор, Дж.А. Уилер. – М.: Мир, 1987. – 320 с.

REFERENCES

1. Idei Buisnesa [Business ideas] Available at: <https://businessideas.com.ua> (accessed 02.10.2020) [in Russian].
2. Wikipedia, COVID-19 pandemic in Russia [Electronic resources] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/COVID-19_pandemic_in_Russia (accessed 02.10.2020).
3. Wikipedia Valovoj vnutrennij produkt [Wikipedia, Gross internal product] Available at: https://wiki2.org/ru/Gross_internal_product (accessed 02.10.2020) [in Russian].
4. Wikipedia, Tradizionaya kitaiskaya medicina [Wikipedia, Traditional Chinese Medicine], Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Traditional_Chinese_medicine (accessed 02.10.2020) [in Russian].
5. Dirac P.A., Quantum Mechanics / Dirac P.A. // London, Oxford Univ., Press, 1935.
6. Kodolov V.I. Polimernye kompozicii i tekhnologiya izgotovleniya iz nih dvigatelej letatel'nyh apparatov [Polymer compositions and technology for manufacturing aircraft engines from them] / Kodolov V.I. // Izhevsk Mechanical Institute, 1992. – 200 p. [in Russian].
7. Korablev G.A. Biostrukturnye energeticheskie kriterii funkcional'nyh sostoyanij [Biostructural energy criteria for functional states. Proceedings of universities] / Korablev G.A., Zaikov G.E. // Proceedings of universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2012, No. 1 (2), p. 118-124.
8. Korablev G.A. O mekhanizme processov tyagoteniya [On the mechanism of gravitational processes] / Korablev G.A. // Natural and technical sciences No. 1 (139) 2020, Moscow, ed. "Sputnik +", pp. 21-25 [in Russian].
9. Korablev G.A., O problemnyh voprosah fiziko-himii [About problematic issues of physical chemistry] / Korablev G.A., // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. Rossijskaya Akademiya Estestvoznaniya, t. 19, 2020 g., str. 26-31 [in Russian].
10. Korablev G.A. Diversified Demonstration of Entropy / Korablev G.A., Petrova N.G., Osipov A.K., and other // Nev Book Announcement. Nanotechnologies to Nanoindustry. – USA, Winter 2013/14. – Chapter 8. P 120-130.
11. Korablev G.A. Virus entropic characteristics / Korablev G.A. // EIJASR Journal 2020 vol-3, issue – 3, may-june, p / 146-152.
12. Kynin A.T. Ocenka parametrov tekhnicheskikh sistem s ispol'zovaniem krivykh rosta [Evaluation of the parameters of technical systems using growth curves] / Kynin A.T., Lenyashin V.A. // Available at: <http://www.metodolog.ru/01428/01428.html> (accessed 02.10.2020) [in Russian].
13. Pidgainy Yu.M. Mekhanika Polymerov [Mechanics of Polymers] / Pidgainy Yu.M., Morozova V.M., Dudko V.A. // 1967.– No. 6 – S. 1096-1104 [in Russian].
14. Rubin A.B. Biophysika [Biophysics] / Rubin A.B. // Book 1. Theoretical biophysics. M.: V.sh., 1987, 319 p. [in Russian].
15. Sorokin A. S-krivye [S-curves] / A. Sorokin // Available at: <http://www.electrosad.ru/Jornal/SCur.htm> (accessed 02.10.2020) [in Russian].
16. Taylor, E.F. Fizika prostranstva-vremeni [Physics of space-time] / Taylor, E. F., Wheeler, J. A. // Moscow: Mir, 1987. – 320 p. [in Russian].

Материал поступил в редакцию 27.03.22

S-CURVES AND ENTROPIC CONDITIONS OF SYSTEM STABILIZATION

G.A. Korablev, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Physics
Izhevsk State Agricultural Academy, Russia

Abstract. The graphs of S-curves characterize the general dynamics of change of entropic components depending on the process main parameters. At the same time, their sum is equal to the maximum value of each of them in this interaction. The condition of the system stationary state is the equality or constant of the correlation between its entropy and negentropy (equilibrium dynamics). Such regularities are found in many phenomena and conformational interactions in physical chemistry, nature, engineering and even economy. The examples of their functional contribution are given. The possibility of objective analysis of the coronavirus regional scenario is demonstrated based on the Russian data.

Keywords: S-curves, diversity, entropy, negentropy, system stabilization, physical and chemical regularities, coronavirus scenario.

УДК 681.5:622.279 + 622.276

НЕЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ СЖИМАЕМЫХ ФЛЮИДОВ К СКВАЖИНАМ В ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

А.М. Кравцов, кандидат физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и разработки месторождений углеводородов
АО «СевКавНИПИгаз» (Ставрополь), Россия

***Аннотация.** В работе построено простейшее нелинейное описание квазистационарного плоскорадиального фильтрационного потока газовой смеси к газовой скважине в пористых пластах. Обыкновенные дифференциальные уравнения движения для системы с одной степенью свободы получены с помощью метода усреднения уравнений динамики материальных потоков. Предполагается, что фильтрация флюида к скважине осуществляется по уточнённому нелинейному закону, содержащему нелинейный член. В работе установлена возможность бифуркации в рассматриваемой системе и получены условия существования устойчивого плоскорадиального потока сжимаемого флюида к скважине, получены оценки для положения контура питания скважины и добычных возможностей скважины в зависимости от фильтрационных свойств пласта.*

Ключевые слова: нелинейная фильтрация газа, бифуркация, предельный цикл.

В практической деятельности, при проектировании новых объектов, ревизии объектов, находящихся в эксплуатации, при построении цифровых моделей геологических объектов, возникает необходимость в качественных оценках поведения во времени технических систем. Существует необходимость в прогнозировании характеристик технологических объектов и параметров их эксплуатационных режимов. Для добычных скважин (гидро-, нефте-, газовых) принципиальное значение имеет верное оценивание таких параметров, как давление на забое скважины, фильтрационные свойства призабойной зоны скважины (ФЭС), положение контура питания скважины. От точности оценивания этих параметров зависит энергетическая эффективность процесса добычи, экономические показатели добычи, срок безопасной эксплуатации объекта. Большинство существующих критериев и оценок технологических параметров выведены в предположении установившихся – квазистатических режимов эксплуатации технических объектов. Такого рода оценки не учитывают тенденций в развитии технических систем: выход на устойчивый режим эксплуатации, «рыскание» системы вблизи устойчивого режима, потеря устойчивости системой.

Применяющиеся на практике модели и способы оценивания их параметров, зачастую, не обладают необходимыми выразительными средствами для всей полноты описания этих многочисленных видов поведения технических систем. Иными словами, применяющиеся инженерные практики обладают низкой информационной ёмкостью.

Ключевые понятия теории фильтрации связываются эмпирическими законами фильтрации и уравнениями течения флюида. Классические эмпирические законы фильтрации получены в условиях установившихся течений и практически не применимы в условиях, когда параметры технологического процесса претерпевают даже небольшие изменения разных знаков. Например, закон Дарси $w = -k/\eta \cdot \nabla p$, оценивает гидравлические потери при движении флюида с заданной, причем постоянной скоростью. Ожидать его хорошее согласование с практикой для случаев, когда давление в потоке или массовая скорость вдоль потока могут значительно меняться, не следует. С целью практического применения законы уточняются, но степень физичности уточняющих членов, их вклад в общую оценку параметров, трудно верифицировать в силу их эмпирического характера и отсутствия полного понимания, как те или иные отличия от условий проведения эксперимента повлияют на их применимость. Существует целый ряд уточнений линейного закона Дарси, носящие имена Ф. Форхгеймера, Барри-Конвея, Краснопольского-Шези, степенной и др. [2].

Вычислительный эффект от введения в модель уточняющих членов, позволяющий добиться хорошего совпадения при проведении экспериментов, как правило, можно объяснить появлением дополнительной степени свободы в модели, за счет которой при статистической обработке данных вырастает коэффициент детерминации для построенной уточнённой модели. При этом расхождения в качественном поведении с практически наблюдаемыми фильтрационными течениями, являющиеся следствием слабой физичности предлагаемого закона фильтрации, остаются существенными. Так перечисленные законы фильтрации не предполагают существования границ зон фильтрации, а главное не отражают того факта, что источником ускоренного движения сжимаемого флюида является его внутренняя энергия. Закон Дарси, в сущности, оценивает лишь ту долю внутренней энергии, которая расходуется на преодоление потоком гидравлического сопротивления среды, при условии сохранения потоком постоянной скорости движения. Поток, помимо расходов энергии на преодоление гидравлического сопротивления, тратит энергию на ускорение движения.

Возможны также потери энергии, обусловленные объёмной вязкостью флюида и акустическим сопротивлением среды. Существующие законы пренебрегают этими эффектами, полагая их несущественными, что и влияет на качественную картину описания фильтрационных потоков в инженерной практике.

Вместе с тем, существует физический и математический инструментарий, позволяющий получать простые и вместе с тем качественно верные, информационно ёмкие модели, чувствительные к вариациям параметров, влияющих на изменение качественной картины поведения технических систем. В предлагаемой работе, для достижения этой цели, предполагается использовать усредненные по области фильтрации уравнения динамики сплошной среды, а именно, уравнения неразрывности течения газовой смеси и сохранения массы при фильтрации в пористом пласте.

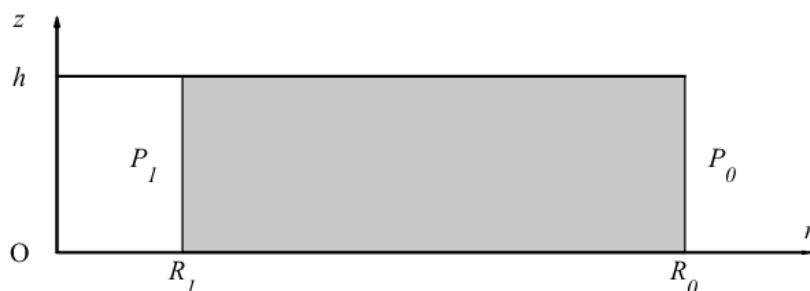


Рис. 1. Радиальное сечение области фильтрации флюида в пористом пласте

Пусть область фильтрации имеет форму концентрического полого цилиндра высотой h , внутренним радиусом R_1 , внешним R_0 . На рисунке 1 показано радиальное сечение цилиндра. Примем, что при фильтрации имеет место осевая симметрия относительно оси цилиндра. Систему цилиндрических координат $Or\vartheta z$ свяжем с цилиндром, ось Oz направлена вдоль оси цилиндра, нижнее основание цилиндра $z = 0$, верхнее $z = h$. На внешней цилиндрической поверхности задано давление газовой смеси P_0 , на внутренней цилиндрической поверхности давление $P_1 < P_0$. Торцы цилиндра $z = 0$, $z = h$ предполагаются непроницаемыми. Пористый пласт характеризуется проницаемостью k , газовая смесь предполагается вязкой и характеризуется плотностью ρ_0 , при пластовых условиях и кинематической вязкостью μ . Под действием разницы давлений на границе области происходит движение газовой смеси внутри области. При движении газа происходит его расширение по адиабатическому закону с показателем ν , при этом внешняя граница R_0 сдвигается, считается, что область фильтрации может только расширяться. В осесимметричном случае уравнения сохранения массы и уравнения неразрывности потока газовой смеси принимают вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho w) &= 0, \\ \frac{\partial \rho w}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \rho w^2) &= -\frac{\partial p}{\partial r} - \frac{\mu}{k} \rho w, \\ \frac{p}{p_0} &= \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\nu \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь уравнения движения флюида замкнуты законом адиабатического расширения газовой смеси при фильтрации и предполагается, что энергия расходуется на адиабатическое расширение флюида, на преодоление сил гидравлического сопротивления пористой среды, на изменение его скорости, расширение флюида сопровождается его ускорением в фильтрационном потоке.

Построим усредненные по объёму уравнения движения газа. Так для массы газовой смеси, участвующей в фильтрации, внутри области – порового пространства внутри цилиндра

$$\begin{aligned} M &= \iiint_{\Omega} \rho r dr d\vartheta dz \\ M_0 &= \frac{1}{T} \int_0^T M(t) dt \end{aligned}$$

Здесь M_0 средняя за период времени T подвижная масса газовой смеси залежи, примем что при квазистационарном процессе фильтрации допустимо усреднение по времени и существует на некотором продолжительном интервале времени $M_0 = const$.

Средняя плотность газовой смеси определяется усреднением по объему

$$\bar{\rho} = \frac{M_0}{\pi h(R_0^2 - R_1^2)}$$

Будем считать, что вся масса газовой смеси сосредоточена на цилиндрической поверхности радиуса $X(t)$, средневзвешенный радиус вычисляется по формуле

$$X(t) = \frac{1}{M_0} \iiint_{\Omega} r \rho dr d\varphi dz$$

Средний поток и среднее давление в газовой смеси определим так – $q > 0$ в случае оттока от скважины и $q < 0$ в случае притока к скважине

$$\bar{q} = \frac{2}{R_0^2 - R_1^2} \int_{R_1}^{R_0} r \rho w dr, \quad \bar{p}(t) = \frac{1}{R_0 - R_1} \int_{R_1}^{R_0} p dr$$

Умножим первое уравнение (1) на r^2 и усредним по области Ω , получим для X

$$\frac{2\pi h}{M_0} \int_{R_1}^{R_0} \left(\frac{\partial(r^2 \rho)}{\partial t} + r \frac{\partial}{\partial r} (r \rho w) \right) dr = \frac{\partial X}{\partial t} - \frac{\bar{q} - \bar{q}_0}{\bar{\rho}} = 0,$$

где

$$\bar{q}_0 = \frac{2}{R_0^2 - R_1^2} (r^2 \rho w) \Big|_{R_1}^{R_0}.$$

Отношение потока и плотности интерпретируется как скорость потока.

Усредним второе уравнение (1), предварительно умножив его на r ,

$$\frac{\partial r \rho w}{\partial t} + \frac{\partial(r \rho w^2)}{\partial r} = -r \frac{\partial p}{\partial r} - \frac{\mu}{k} r \rho w,$$

получим

$$\frac{\partial \bar{q}}{\partial t} + \frac{\mu}{k} \bar{q} + \frac{2}{R_0^2 - R_1^2} (r \rho w^2) \Big|_{R_1}^{R_0} + \frac{1}{X_0} (p_0 - \bar{p}(t)) = 0,$$

где

$$p_0 = \frac{R_0 P_0 - R_1 P_1}{R_0 - R_1} = P_0 + \frac{R_1 (P_0 - P_1)}{R_0 - R_1} > P_0, \quad X_0 = \frac{R_0 + R_1}{2} \approx \frac{R_0}{2}$$

Величиной $\frac{2}{R_0^2 - R_1^2} (r \rho w^2) \Big|_{R_1}^{R_0}$ можно пренебречь, ввиду ее малости. При $r = R_0$ скорость w

ничтожно мала, при $r = R_1$ выражение мало вследствие малости $R_1 \ll R_0$, поэтому справедливо

$$\frac{\partial \bar{q}}{\partial t} + \frac{\mu}{k} \bar{q} + \frac{1}{X_0} (p_0 - \bar{p}) = 0.$$

Массовый дебит скважины определяется соотношением

$$Q = 2\pi h R_1 q|_{r=R_1} \approx 2\pi h R_1 \bar{q}.$$

Для замыкания полученной системы обыкновенных дифференциальных уравнений можно принять в качестве гипотезы предположение о том, что средние давления и плотности также удовлетворяют адиабатическому закону

$$\frac{\bar{p}}{p_0} = \left(\frac{\bar{\rho}}{\rho_0} \right)^\nu.$$

Поступим иначе. Примем, что упругая сила сжатой газовой смеси, действующая на сосредоточенную, на цилиндрической поверхности радиуса X , массу M пропорциональна «деформации» – относительному смещению цилиндрической поверхности от положения равновесия X_1

$$p_0 - \bar{p} = \frac{c}{X_1} \cdot (X_1 - X),$$

где c коэффициент упругости газовой смеси, подлежит экспериментальному определению. В «ненапряженном» состоянии газовой смеси пласта поверхность сосредоточения массы цилиндрического кольца находится на расстоянии

$$X_1 = \int_{R_1}^{R_0} r^2 dr / \int_{R_1}^{R_0} r dr = \frac{2}{3} \frac{R_0^3 - R_1^3}{R_0^2 - R_1^2} \approx \frac{2}{3} R_0, \quad R_1 \rightarrow 0$$

от забоя скважина.

С учетом введенной гипотезы движение объема газовой смеси, как системы с одной степенью свободы, описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{q}}{dt} + \frac{\mu}{k} \bar{q} - \frac{c}{X_0 X_1} (X_1 - X) &= 0, \\ \frac{dX}{dt} &= \frac{\bar{q} - \bar{q}_0}{\bar{\rho}} \end{aligned} \quad (2)$$

или одним уравнением второго порядка

$$\frac{d^2 X}{dt^2} + \varepsilon \cdot \left(\frac{dX}{dt} - w_0 \right) - \frac{R_0}{2} \cdot \omega^2 \cdot \left(1 - \frac{X}{X_1} \right) = 0 \quad (3)$$

где

$$w_0 = -\frac{q_0}{\bar{\rho}}, \quad \omega^2 = \frac{4c}{R_0^2 \bar{\rho}}, \quad \varepsilon = \frac{\mu}{k}.$$

Если смещение X отнести к половине радиуса области фильтрации, то уравнение запишется так

$$\xi''(t) + \varepsilon \cdot (\xi'(t) - u_0) - \omega^2 \cdot \left(1 - \frac{3}{4} \xi(t)\right) = 0.$$

Здесь учтено также, что $\xi(t) = \frac{2X(t)}{R_0}$, $u_0 = \frac{2w_0}{R_0}$, $X_1 \approx \frac{4}{3} X_0$, а штрих обозначает операцию

дифференцирования по времени.

В условиях движения газовой смеси в криволинейных поровых каналах пласта происходит уплотнение газа при обтекании поверхностей пор с положительной кривизной и в местах сужения пор, поэтому следует учитывать возникающие, в связи с этим, потери на волновое сопротивление. В простейшем случае можно считать, что волновое сопротивление пропорциональным кубу скоростей

$$\xi''(t) + \varepsilon \cdot (\xi'(t) - u_0) + \psi \cdot (\xi'(t) - u_0)^3 - \omega^2 \cdot \left(1 - \frac{3}{4} \xi(t)\right) = 0,$$

где ψ – коэффициент волнового сопротивления движению газовой смеси.

Для увлажненной газовой смеси в уравнении должен присутствовать член [3] $\zeta \cdot (\xi'(t) - u_0)^\beta$, $0.5 \leq \beta \leq 2.5$, показатель степени зависит от влагосодержания; ζ – коэффициент трения

$$\xi''(t) + \varepsilon \cdot (\xi'(t) - u_0) + \psi \cdot (\xi'(t) - u_0)^3 + \zeta \cdot (\xi'(t) - u_0)^\beta - \omega^2 \cdot \left(1 - \frac{3}{4} \xi(t)\right) = 0.$$

На фазовой плоскости (ξ, ξ') уравнение имеет устойчивый фокус $\xi = 4/3$, $\xi' = u_0$ и может иметь предельный цикл [1]. Если существует предельный цикл, охватывающий «притягивающий» фокус, то он будет «отталкивающим». Эти свойства фазового портрета дифференциальной модели отражают физическое поведение системы.

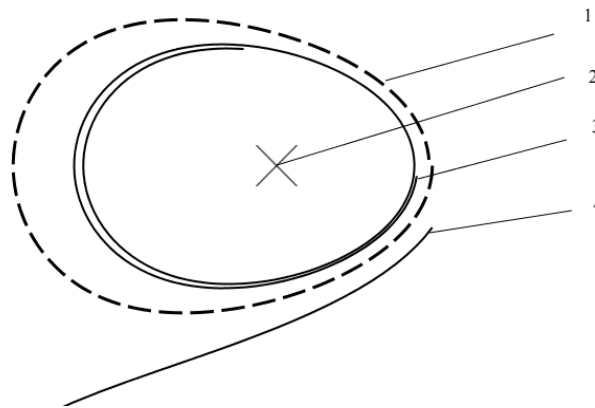


Рис. 2. Фазовый портрет системы, 1 – отталкивающий предельный цикл, 2 – фокус, 3 – устойчивая траектория системы, 4 – не устойчивая траектория системы

На рисунке 2 показаны возможные траектории системы в зависимости от значений параметров. В случае, когда $\psi = 0$, $\zeta = 0$ система имеет только один аттрактор – устойчивый фокус. В присутствии дополнительных сопротивлений у системы появляется предельный цикл, на рисунке он показан штриховой линией. Если начальная точка фазовой кривой попадает в область А – внутренность предельного цикла, то траектория системы стремится к фокусу, если начальная точка оказывается за границей предельного цикла, то через конечное время происходит «останов» системы. Следует отметить, что кроме бифуркационных параметров ψ , ζ , на качественное поведение рассматриваемой технической системы оказывают влияние и адиабатические параметры μ , ω .

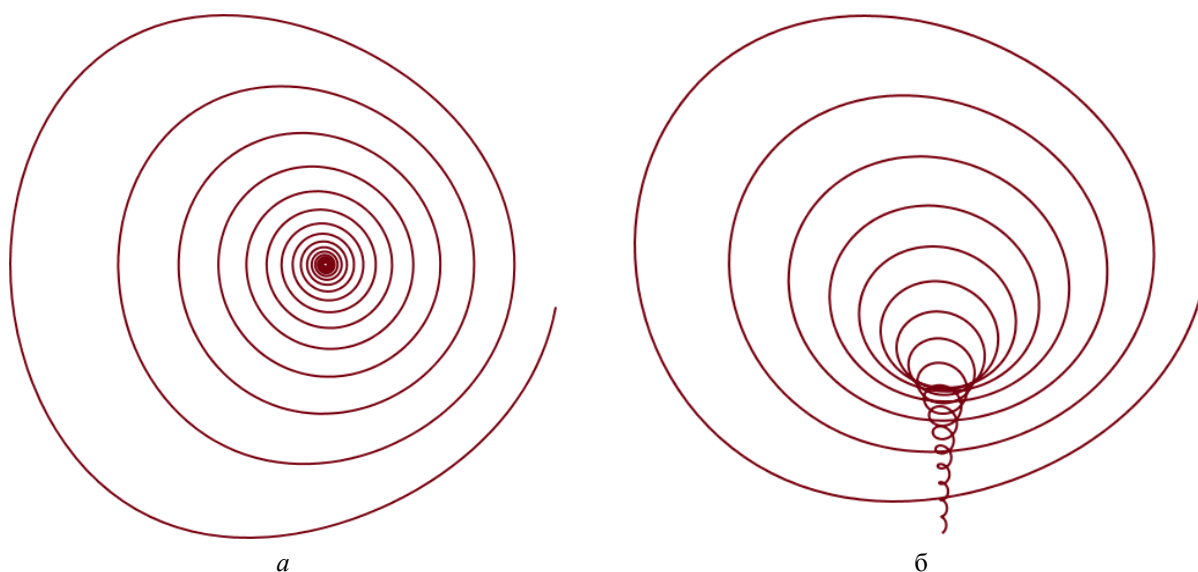


Рис. 3. «Адиабатический дрейф» траектории динамической системы, а – траектория исходной системы, б – траектория системы, в которой присутствует дрейф, вызванный снижением средней скорости потока флюида

В отличие от бифуркационных параметров, варьирование значений адиабатических параметров не приводит к кардинальному изменению поведения системы на малых временных интервалах – рисунок 3. Небольшие изменения значений адиабатических параметров приводят к смещению – «дрейфу» фазовых траекторий. Тем не менее, в результате «дрейфа», на значительных временных интервалах, фазовая траектория может оказаться в зоне действия отталкивающего цикла и система, в этом случае, потеряет устойчивость и произойдет ее «останов». Так график, слева на рисунке 3, показывает «дрейф» системы, вызванный снижением средней скорости потока u_0 .

В заключение следует отметить, что предложенные в работе описания, не только качественно правильно описывают поведение систем-прототипов, но и позволяют осуществлять прогноз в их поведении. Описания, несмотря на свою относительную простоту, объясняют все многообразие вариантов поведения системы прототипа. В случае квазистатических моделей фильтрационных течений причины останова системы и условия для ее запуска необъяснимы. В предложенном динамическом варианте описания, очевидно, что для существования устойчивого режима фильтрации точка, соответствующая состоянию системы, должна находиться на фазовой плоскости внутри предельного цикла. На практике это означает, что при запуске газовой скважины должен быть обеспечен некоторый минимальный поток газовой смеси, например, с помощью газового компрессора или процедуры «поршневания» колонны скважины. В свою очередь останов реальной газовой скважины происходит при уменьшении потока газовой смеси или снижения пластового давления, что приводит к выходу траектории системы за пределы области устойчивых состояний системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андронов, А.А. Качественная теория динамических систем второго порядка / А.А. Андронов, Е.А. Леонтович, И.И. Гордон, А.Г. Майер. – М: Наука, 1966.
2. Басниев, К.С. Подземная гидромеханика / К.С. Басниев, И.Н. Кочина, В.М. Максимов. – М.: Недра, 1993. – 416 с.
3. Гасумов, Р.А. Нелинейные динамические волновые модели газожидкостных потоков в технических системах / Р.А. Гасумов, А.М. Кравцов, В.А. Толпаев и др. // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: «ОАО ВНИИОЭНГ», 2018. – № 8. – С. 42-47.

Материал поступил в редакцию 14.04.22

**NONLINEAR MODELS OF QUASISTATIONARY FILTRATION FLOWS
OF COMPRESSIBLE FLUIDS TO WELLS IN POROUS MEDIA**

A.M. Kravtsov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Leading Researcher of the Oil and Gas Fields Geology and Exploitation Laboratory
“SevKavNIPIgaz” JSC (Stavropol), Russia

***Abstract.** The paper proposes simplest nonlinear description of a quasi-stationary plane-radial filtration flow of a gas mixture to a gas well in porous formations is constructed. Ordinary differential equations of motion for a system with one degree of freedom are obtained using the method of averaging the equations of the dynamics of material flows. It is assumed that fluid filtration to the well is carried out according to a refined nonlinear law containing a nonlinear term. The paper establishes the possibility of bifurcation in the system under consideration and obtains the conditions for the existence of a stable plane-radial flow of compressible fluid to the well, estimates are obtained for the position of the well feed contour and the production capabilities of the well depending on the filtration properties of the reservoir.*

Keywords: nonlinear filtering, bifurcation, limit cycle.

UDC 621.315.592

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE ELECTRICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGY OF IMPURITY ACCUMULATIONS OF SILICON DOPED WITH NICKEL*

N.A. Turgunov¹, R.M. Turmanova², E.Kh. Berkinov³

¹ Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Scientific Secretary, ^{2,3} Doctoral student
Scientific Research Institute of Semiconductor Physics and Microelectronics
at the National University of Uzbekistan (Tashkent), Uzbekistan

Abstract. *The paper researches the effect of heat treatment (HT) on the morphological parameters of impurity accumulations, as well as on the electrophysical properties of single crystals of silicon doped with nickel. Comparative analyzes of the morphological parameters of impurity micro- and nano-inclusions of nickel in silicon before and after exposure to HT have been carried out using the method of electron probe microanalysis. It was revealed that in the n-Si <Ni> samples under the influence of HT at T = 1273 K, a sharp decrease in the value of ρ of the samples is observed for 8-10 minutes, and in the p-Si <Ni> samples, a significant increase in the value ρ , which occur due to the decay of impurity micro- and nano-inclusions of impurity nickel atoms.*

Keywords: *impurity accumulations, microinclusions, morphology, nano-inclusions, nickel, resistivity, silicon.*

1. Introduction

Accumulations of impurity atoms formed during high-temperature diffusion doping of silicon single crystals with 3d-transition metal elements significantly affect their electrophysical properties [1, 3, 6, 7]. Particular attention is drawn to the behavior of impurity accumulations under the influence of external influences. The study of the nature of the behavior of impurity atoms of transition metals during isothermal annealing, especially those that are in the bulk of silicon single crystals in the form of impurity clusters, is of great interest from the point of view of controlling the electrophysical properties of semiconductor materials.

Diffusion doping of semiconductor silicon with various rapidly diffusing impurities is usually carried out by annealing at high temperatures, followed by rapid cooling, which leads to the formation of a supersaturated solid solution semiconductor-impurity atom. An increase in the concentration of impurity atoms leads to the fact that in heavily doped semiconductors, starting from a certain doping level, there is a discrepancy between the amount of impurity atoms introduced into the crystal and the concentration of charge carriers [2, 10]. This discrepancy can be caused by the redistribution of impurity atoms between the site and interstitial positions, the formation of associations of impurity atoms, and precipitation of particles of the second phase.

The interaction of the atoms of the main and technological impurities, as well as structural defects under the influence of various external influences, usually leads to the formation of electrically neutral impurity accumulations. As it turned out, as a result of this interaction during isothermal annealing, the formation of impurity complexes was observed, which, in general, did not affect the concentration and lifetime of current carriers [4]. The physical properties of these complexes differ from the properties of individual defects and impurity atoms.

In work [5] the effect of HT on the electrical conductivity of silicon single crystals doped with cobalt at temperatures of 373-1273 K, in the time interval 5-60 minutes, was investigated. Also, by the method of electron probe microanalysis, the decay sequences of microinclusions of impurity cobalt atoms under the influence of HT were studied. Based on the experimental results obtained, two stages in the kinetics of changes in the electrical properties of silicon with impurity microinclusions are distinguished. At the first stage of HT, the impurity Co atoms located in the lattice sites pass into interstices, leaving vacancies. At the second stage, the disintegration of Co microinclusions occurs, as a result of which the precipitated impurity atoms pass into free lattice sites, i.e. into an electroactive state, which leads to a sharp decrease in the value of the resistivity of the samples.

In this regard, in this work, we investigated the effect of HT on the resistivity of silicon doped with nickel, as well as changes in the morphological parameters of impurity microinclusions and nano-inclusions of nickel under the influence of HT.

2. Materials and methods

The studies were carried out on model samples of Si <Ni> n- and p-type. The samples were obtained on the basis of the initial single-crystal silicon of electronic conductivity of the KEF brand, with a resistivity $\rho = 10 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$. Diffusion of nickel in silicon was carried out at T = 1523 K. The temperature in the furnace was measured using a thermo-EMF of a platinum – platinum – rhodium thermocouple. To obtain samples of n-Si <Ni>, diffusion was carried out for t = 1 hour. And the p-Si <Ni> samples were obtained by diffusion annealing with a duration of t = 2 hours. After diffusion annealing, all samples were cooled at a rate $5 \cdot 10^{-2} \text{ K / s}$. The samples had the shape of a parallelepiped, the dimensions of which were 10 × 5 × 2 mm. After diffusion alloying, structural analyzes were performed and the

resistivity values of each sample were measured. Then the samples were subjected to isothermal treatment at temperatures of 673-1273 K, in the time interval 5-120 minutes, followed by cutting quenching. After each stage of annealing, the electrical properties of the samples were investigated. In order to clarify the effect of HT on the morphological parameters of impurity micro- and nanoinclusions, their structural states were studied before and after exposure to HT. Structural analysis of impurity microinclusions was carried out using a Superprobe JXA-8800R electron probe microanalyzer, which makes it possible to obtain accurate results of quantitative analysis of impurity accumulations, as well as to record their images in excellent quality.

3. Results and discussion

The results of studies of the dependence of the resistivity value ρ on the annealing time, in n-Si <Ni> samples, with $\rho_0 = 10^2 \Omega\cdot\text{cm}$ showed that during HT at the temperature of 673 K, in the time interval of 5-120 minutes, no significant changes occur. (curve 1 in Fig. 1). Heat treatment of samples at $T = 873 \text{ K}$ for 30 minutes leads to an increase in the value of ρ almost 6 times (curve 2 in Fig. 1). With a further increase in the annealing time to 120 minutes, it decreases by $\sim 15 \%$. With subsequent HT at $T = 1073 \text{ K}$ in the time interval of 20–25 minutes, an even more significant increase in the value of ρ is observed in n-Si <Ni> samples by approximately one order of magnitude (curve 3 in Fig. 1). With an increase in the annealing time, the curve passes through a maximum, then the ρ value of the samples decreases by approximately 10 %. In the dependences of the resistivity on the annealing time in the n-Si <Ni> samples, a certain character is observed, according to which, with an increase in the HT temperature, the discrepancy in the values of ρ and ρ_0 increases.

This character in the dependences of ρ on the HT time in n-Si <Ni> samples is explained by the fact that during thermal annealing at a temperature of $T = 873 \text{ K}$ for 30 minutes and at $T = 1023 \text{ K}$ for 20-25 minutes, there are impurity nickel atoms, those in interstitial states are transferred to the sites of the crystal lattice due to the formation of additional vacancies in the crystal structure of silicon [8]. With an increase in the temperature and time of HT, such a transition of impurity atoms increases, as a result of which the resistivity of the samples increases. A further increase in the annealing time to 120 minutes leads to a decrease in the value of ρ of the samples, which is associated with the saturation of vacancies in the crystal structure at the given values of the temperature and duration of annealing, as well as the formation of various complexes with the participation of impurity nickel atoms. As a result, the impurity nickel atoms pass electrically neutral states, which will lead to a decrease in the value of ρ of the samples.

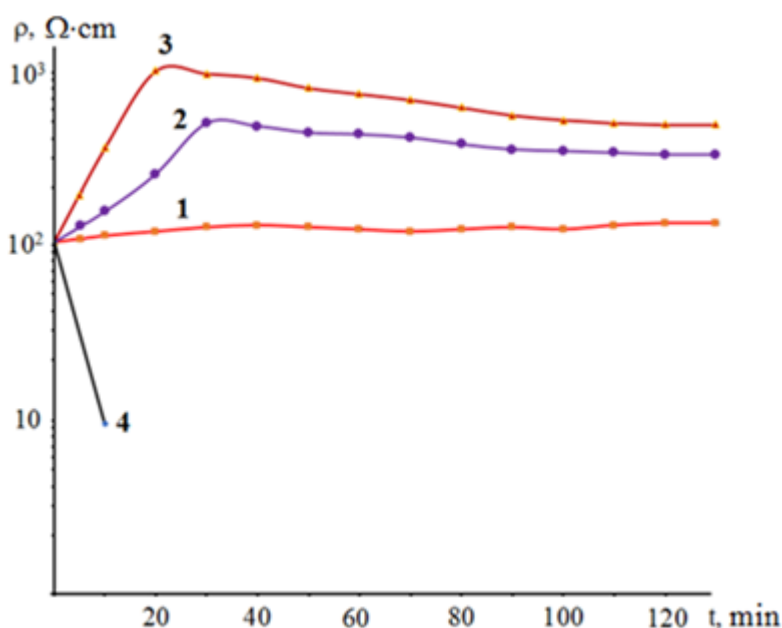


Fig. 1. Dependences of the value of ρ on the time of annealing in samples of n-Si <Ni> at HT: 1 – 673 K; 2 – 873 K; 3 – 1073 K; 4 – 1273 K

In the initial stage of HT at $T = 1273 \text{ K}$ in the n-Si <Ni> samples, a sharp decrease in the value of ρ is observed and within 8-10 minutes it acquires the value of the original sample (curve 4 in Fig. 1). In this case, such a change in the value of ρ of the samples has a unique character, since with an increase in the value of the HT temperature, the value of ρ of the samples should have increased at an even higher rate. However, the results of repeated experimental studies have shown the opposite, i.e. in fact, there is a sharp decrease in the value of ρ samples by almost one order of magnitude.

The results of similar studies of the dependence of the value ρ of on the annealing time, in samples p-Si <Ni>, with $\rho_0 = 1.8 \cdot 10^4 \Omega\text{-cm}$ showed that HT at a temperature of $T = 673 \text{ K}$, in the time interval 5–120 min to does not lead to significant changes (curve 1 in Fig. 2). A noticeable decrease in the values of ρ of the samples is observed during HT at $T = 873$ for 20 minutes, and it is approximately 40 % (curve 2 in Fig. 2). A further increase in the HT time does not lead to noticeable changes in the value of ρ . In the subsequent value of HT at $T = 1073 \text{ K}$ in the time interval 10-20 minutes, in the p-Si <Ni> samples there is a sharp decrease in the resistivity value to $\rho = 3 \cdot 10^3 \Omega\text{-cm}$ (curve 3 in Fig. 2). With an increase in the annealing time to 30 minutes, the curve passes through a minimum, after which an increase in the ρ value of the samples by $\sim 20 \%$ is observed. In p-Si <Ni> samples, the dependences of ρ on the annealing time also have a certain character, according to which, with an increase in the HT temperature, the minimum occurs earlier and the growth rate of the curves increases.

The observed decrease in the dependences of ρ on the HT time at $T = 873$ for 20 minutes, as well as at $T = 1073 \text{ K}$ in a time interval of 10-20 minutes in p-Si <Ni> samples is explained by the fact that under these conditions the concentration of electroactive nickel atoms increases. Such an increase in the concentration of impurity atoms occurs due to the transition of nickel atoms from the interstitial site to the sites of the crystal structure. With a further increase in the annealing time, the transition from lattice sites to interstices gradually prevails for nickel atoms, creating impurity complexes and complex chemical compounds [9], which are electrically neutral, which leads to an increase in the value of ρ of the samples.

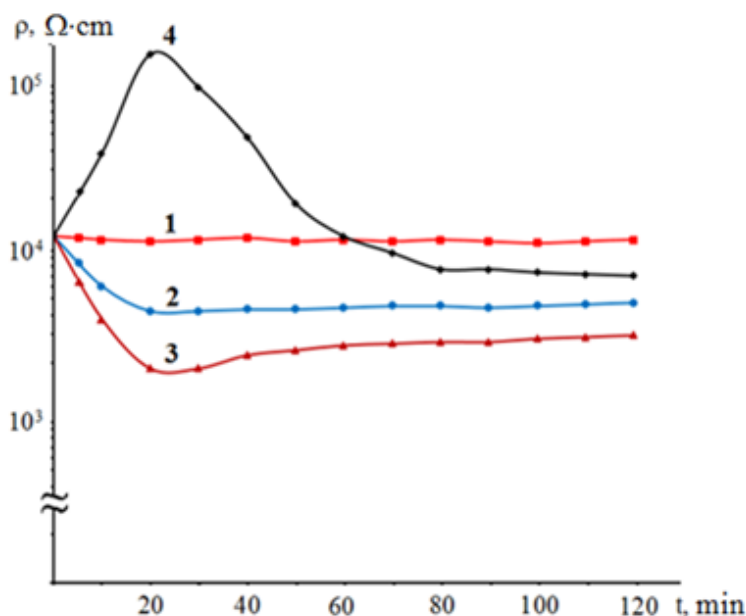


Fig. 2. Dependences of the value of ρ on the time of annealing in p-Si <Ni> samples at HT: 1 – 673 K; 2 – 873 K; 3 – 1073 K; 4 – 1273 K

During HT at $T = 1273 \text{ K}$ for 15 minutes, a sharp increase in the value of ρ for p-Si <Ni> samples is observed approximately 12 times, and in the next 5 minutes it reaches its maximum, after which a sharp decrease in the value of ρ is observed (curve 4 on fig. 2). With a further increase in the HT time, it continues to decrease and at $t = 80$ minutes it reaches its minimum value $\rho = 8.5 \cdot 10^3 \Omega\text{-cm}$. The observed sharp increase in the value of ρ for p-Si <Ni> samples during HT at $T = 1273 \text{ K}$ for 20 minutes occurs due to the decomposition of impurity nano-inclusions and nickel micro-inclusions in silicon. It is assumed that a decrease in the value of ρ with a further increase in the HT time occurs due to the formation of new electrically active impurity centers.

To elucidate the nature of such a change in the electrical conductivity of n- and p-type Si <Ni> samples, under the influence of HT, complex structural analyzes of impurity micro- and nano-inclusions were carried out using an electron probe microanalyzer before and after HT. The results obtained showed that in the bulk of n-Si <Ni> samples, the formation of single-layer impurity nickel nano-inclusions up to 700 nm in size, as well as relatively large multilayer impurity micro-inclusions, up to 7 μm in size, is observed. Single-layer nickel nano-inclusions up to 500 nm in size, as well as multilayer micro-inclusions, the maximum size of which is $\sim 3 \mu\text{m}$, are also formed in the volume of p-Si <Ni> samples. It was revealed that these impurity accumulations have different morphological parameters. Fig. 3 shows images of impurity nano-inclusions and micro-inclusions in n-Si <Ni> samples before and after HT at $T = 1273 \text{ K}$, in the secondary electron mode. As can be seen, impurity nano-inclusions of nickel with relatively small sizes, having needle-shaped, disc-shaped, and lenticular shapes, under the influence of HT completely disintegrate. Larger multilayer nickel micro-inclusions are subject to partial decomposition, i.e. after exposure to HT, splitting of the surface layers of such micro-inclusions is observed.

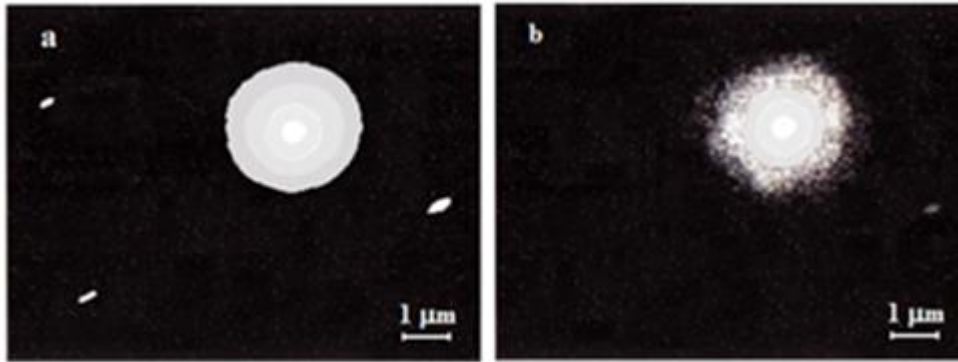


Fig. 3. Accumulations of impurity nickel atoms in n-Si <Ni> samples before (a) and after (b) HT at $T = 1273\text{ K}$

The results of similar studies with p-Si <Ni> samples are shown in Fig. 4 also showed that, under the influence of HT at $T = 1273\text{ K}$, the decay of nano-inclusions and the splitting of multilayer microinclusions are observed, i.e. disintegration of surface layers of microinclusions of impurity nickel atoms.

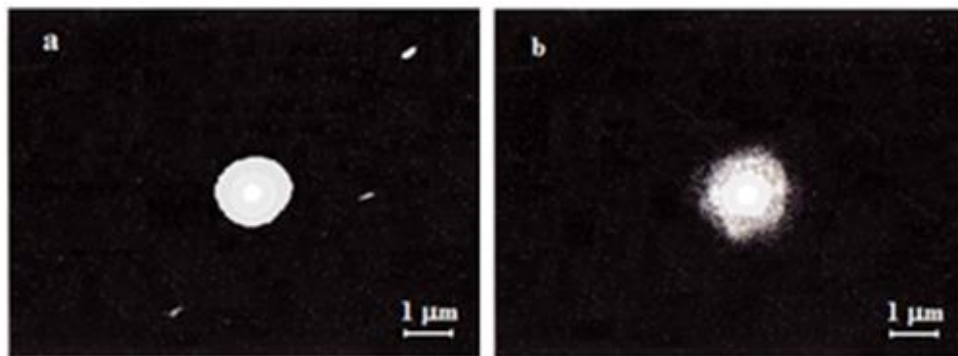


Fig. 4. Impurity microinclusions and nano-inclusions of nickel in p-Si <Ni> samples before (a) and after (b) HT at $T = 1273\text{ K}$

4. Conclusions

Thus, the results obtained show that under the influence of HT at $T < 873\text{ K}$, the electrical properties of Si <Ni> samples, both n- and p-type, remain without significant changes. HT at a temperature of $T = 873\text{ K}$ for 30 minutes and at $T = 1023\text{ K}$ for 20-25 minutes in n-Si <Ni> samples leads to an increase in the value of ρ , which is explained by the transition of impurity nickel atoms from interstitial states to lattice sites due to the formation of additional vacancies in the crystal structure of silicon. With an increase in the HT temperature, such a transition of impurity atoms increases, as a result of which the resistivity of the samples increases. In p-Si <Ni> samples, HT at temperatures of 873 K and 1073 K for 20 minutes leads to a decrease in the value of ρ , which is also due to an increase in the concentration of electroactive impurity nickel atoms, due to their transition from the interstitial state to the sites of the crystal lattice. Under the influence of HT at $T = 1273\text{ K}$, a sharp decrease is observed in n-Si <Ni> samples for 8-10 minutes, and in p-Si <Ni> samples within 20 minutes there is a significant increase in the value of ρ samples, which occur after due to the decay of nano-inclusions, as well as the splitting of larger microinclusions of impurity nickel atoms.

** This work was supported by research project supported by the Ministry of Innovative Development (F-FA-2021-433 "Theoretical and experimental studies of the possibility of room-temperature superconductivity at grain boundaries, interphase boundaries and layered sections of HTSC cuprates" HTSC – high temperature superconductor), The Republic of Uzbekistan.*

REFERENCES

1. Булярский, С.В. Термодинамика и кинетика взаимодействующих дефектов в полупроводниках / С.В. Булярский, В.И. Фистуль. – М.: Наука, 1997. – С. 352.
2. Горелик, С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. – М.: Металлургия, 2003. – С. 480.
3. Макаренко, Л.Ф. Образование и отжиг метастабильных комплексов межузельный кислород -межузельный углерод в кремнии n- и p-типа / Л.Ф. Макаренко, Ф.П. Коршунов, С.Б. Ластовский и др. // ФТП. – 2014. – Т. 48. – № 11. – С. 1492-1498.
4. Молохина, Л.А. Математическая модель роста фаз в двухкомпонентных многофазных системах при изотермическом отжиге / Л.А. Молохина, В.Е. Роголин, С.А. Филин и др. // Журнал физической химии. – 2017. – Т. 91. – № 9. – С. 1468-1475.

5. Тургунов, Н.А. Влияние термообработки на электрофизические свойства кремния, легированного кобальтом / Н.А. Тургунов // Узбекский физический журнал. – 2013. – Т. 15. – № 5-6. – С. 289-291.
6. Фистуль, В.И. Распад пересыщенных полупроводниковых твёрдых растворов / В.И. Фистуль. – М.: Металлургия, 1977. – С. 240.
7. Hao Q.Y., Xie X.J., Wang B.Z., Liu C.C. Effect of Annealing Temperature on the Properties of Silicon Crystal // Advanced Materials Research. 2012. Vol. 415-417. Pp. 1323-1326.
8. Masashi S., Yoshiaki I., Ichiro Y. On the nature of thermal equilibrium point defects in Si: Are the thermal equilibrium point defects in Si crystals Frenkel pairs or Schottky defects? // Japanese Journal of Applied Physics. 2017. Vol. 56. Number 4. P. 048005.
9. Nakatsuka O., Hasegawa M., Kato K., Taoka N., Zaima Sh. Formation and crystalline structure of Ni silicides on Si(110) substrate // Japanese Journal of Applied Physics. 2014. Volume 53, Number 5S2. P. 05GA12.
10. Zainabidinov S.Z., Musaev K.N., Turgunov N.A., Turaev A.R. Dopant microassociation mechanisms in Si<Mn> and Si<Ni> // Inorganic Materials. 2012. Vol. 48. Issue 11. pp. 1065-1069.

Материал поступил в редакцию 19.03.22

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МОРФОЛОГИЮ ПРИМЕСНЫХ СКОПЛЕНИЙ КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО НИКЕЛЕМ

Н.А. Тургунов¹, Р.М. Турманова², Э.Х. Беркинов³

¹ доктор физико-математических наук, ученый секретарь, ^{2,3} докторант
Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники
при Национальном университете Узбекистана (Ташкент), Узбекистан

***Аннотация.** В работе исследовано влияние термической обработки (ТО) на морфологические параметры примесных скоплений, а также на электрофизические свойства монокристаллов кремния, легированного никелем. Методом электронно-зондового микроанализа проведен сравнительный анализ морфологических параметров примесных микро- и нановключений никеля в кремнии до и после воздействия ТО. Выявлено, что в образцах n-Si<Ni> под воздействием ТО при $T = 1273$ K, в течение 8-10 минут наблюдается резкое снижение значения ρ образцов, а в образцах p-Si< Ni> наблюдается значительное увеличение значения ρ , происходящее за счет распада примесных микро- и нановключений примесных атомов никеля.*

***Ключевые слова:** примесные скопления, микровключения, морфология, нановключения, никель, удельное сопротивление, кремний.*

Chemical sciences

Химические науки

УДК 54

ПОЛУЧЕНИЕ КАТИОННЫХ АМФИФИЛОВ НА ОСНОВЕ ХОЛЕВОЙ КИСЛОТЫ**И.З. Алимов,**НИИ Таджикский национальный университет,
Центральная научно-исследовательская лаборатория и КЛД
Таджикского государственного медицинского университета им. Абуали ибни Сино
(Душанбе), Таджикистан

Аннотация. Автор начал исследования по синтезу катионных амфифилов на основе 3 α ,7 α -дигидрокси-12-кетохоловой кислоты.

Ключевые слова: сложные эфиры, жировая болезнь печени, неалкогольная жировая болезнь печени, биохимические исследования, глицидпроизводные холановые кислоты, жирные кислоты.

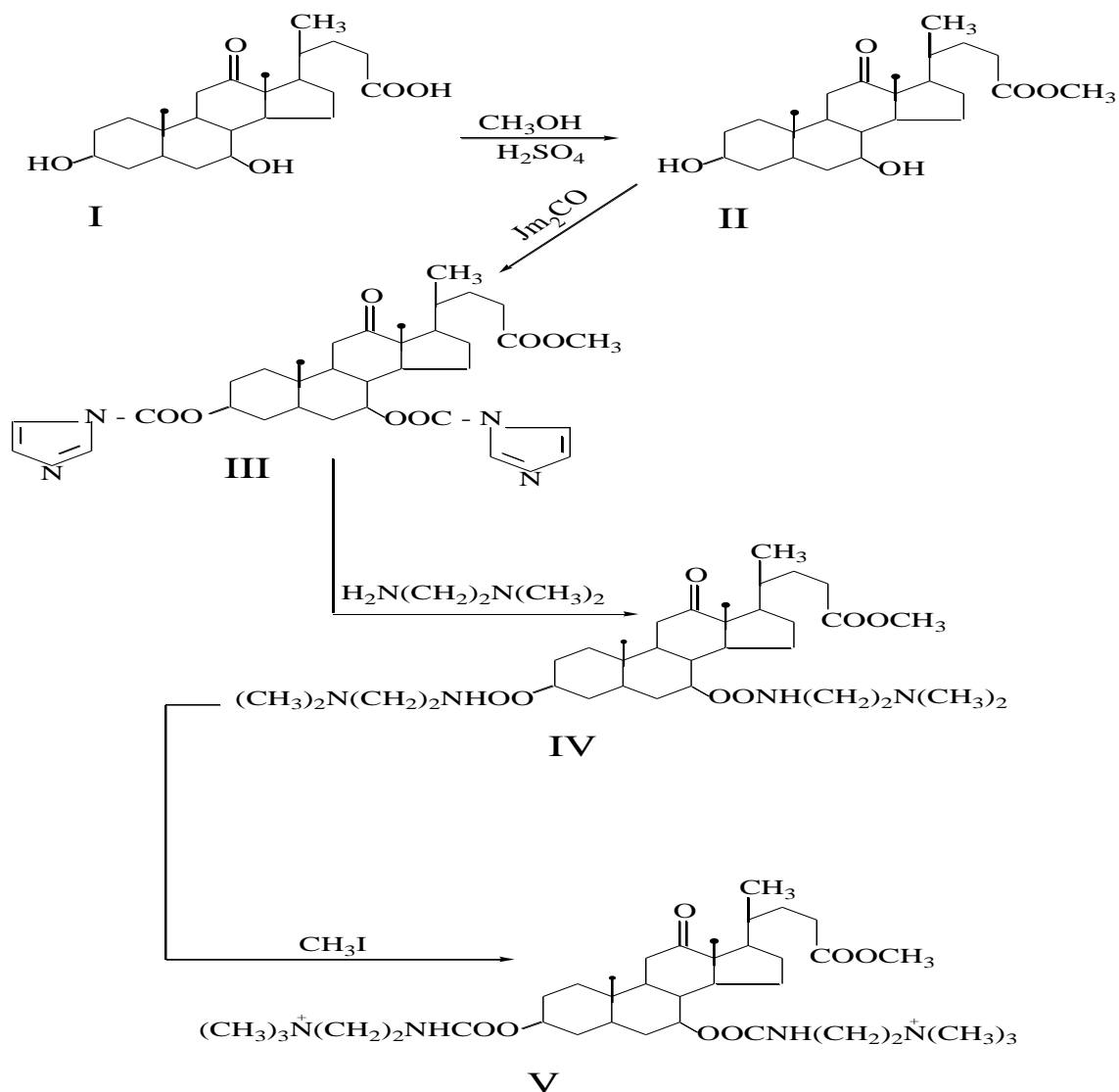
Химия стероидных соединений является одной из перспективных и интенсивно развивающихся областей современной органической химии, что связано со своеобразием ее биологической активности и большой практической ценностью. В современной медицинской науке появился интерес к принципиально новым технологиям, позволяющим осуществлять доставку новых блоков генетической информации в дефектные клетки для последующей экспрессии. В мировой медицине известно несколько сотен заболеваний, непосредственно связанных с нарушениями функционирования генов [1]. Подобные дефекты могут быть исправлены, если в клетки соответствующих органов и ткани направленно вводить генетический материал, который был бы сконструирован специальным образом и мог бы обеспечить синтез недостающего в организме ДНК, мРНК или олиго нуклеотидов в лечебных целях, что представляется актуальным.

Доставка генетического материала в клетку – это необходимый этап генной терапии. Для этого используют различные молекулярные конструкции вирусного и невирусного происхождения. Одним из превосходящих методов, обладающих высоким терапевтическим потенциалом, является метод липофекции, который основан на применении положительно заряженных липосом.

Среди используемых, в настоящее время, катионных липидов различных типов заметное место занимают соединения, гидрофобная часть которых представлена производными стероидного ряда. Многими исследователями было установлено, что структура стероида оказывает существенное влияние на эффективность трансфекции ДНК [2, 3].

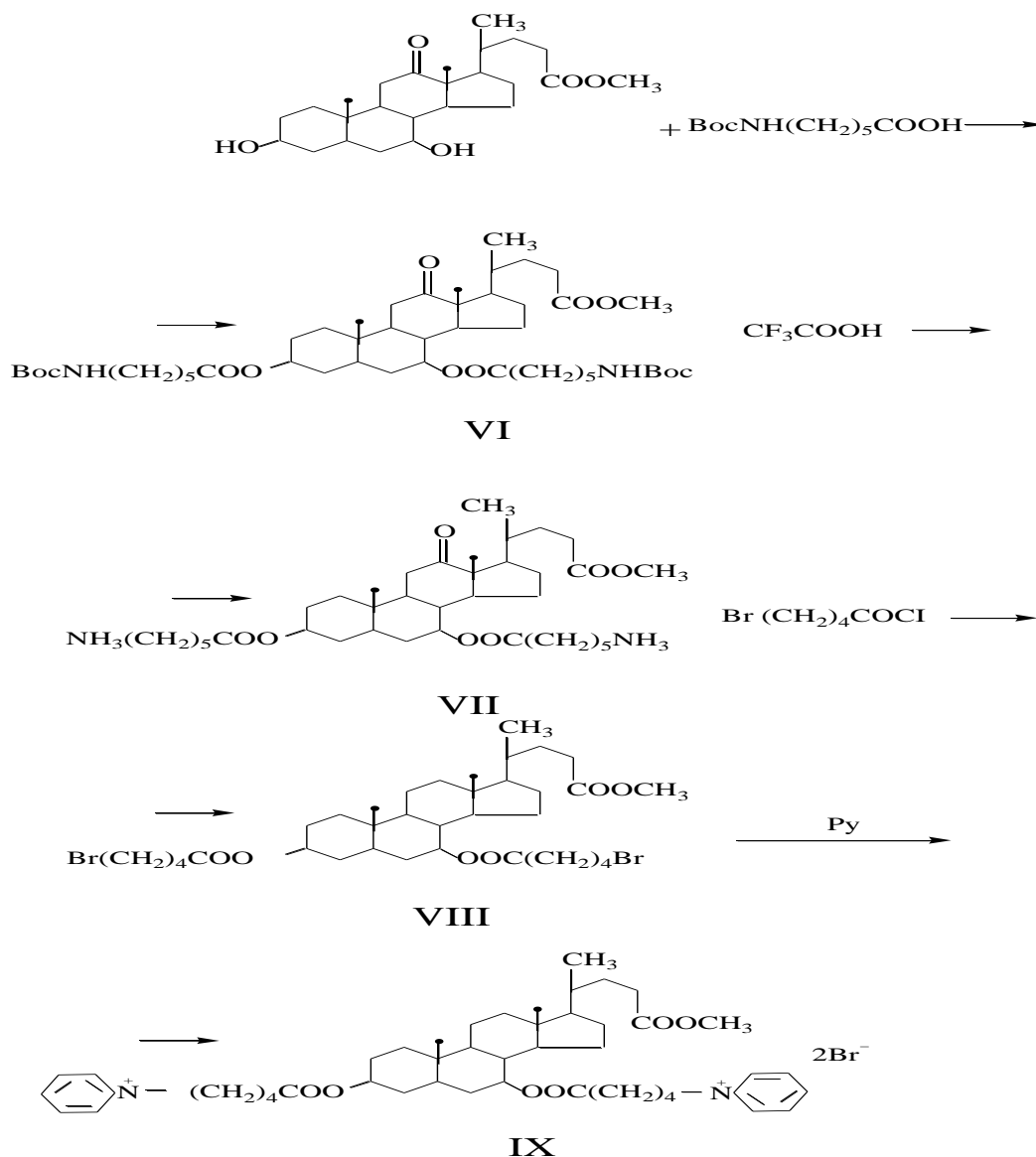
Поэтому дальнейшее изучение положительно заряженных липидов, в частности производных желчных кислот, может привести к созданию эффективных систем для введения в клетку различных биологически активных веществ: нуклеозидов, олиго-и поли нуклеотидов, гормонов, белков и других производных и синтетических полифункциональных молекул с отрицательно заряженным фрагментом.

В связи с этим нам пришлось начать исследования по синтезу катионных амфифилов на основе 3 α ,7 α -дигидрокси-12-кетохоловой кислоты. Использование в качестве гидрофобной части молекулы 3 α ,7 α -дигидрокси-12-кетохоловой кислоты, являющейся полифункциональным соединением, позволяет получать катионные амфи фило, содержащие несколько положительно заряженных групп. Такой вариант может оказать влияние на эффективность трансфекции, поскольку устойчивость комплексов липосома-ДНК (геносома) зависит от плотности положительного заряда на поверхности липосом.



+

Мы синтезировали катионные производные 3α,7α-дигидрокси-12-кетохоловой кислоты различными способами присоединения полярной группировки к стероидной части молекулы. В качестве исходных соединений использовали метиловый эфир 3α,7α-дигидрокси-12-кетохоловой кислоты (1), что обеспечивало защиту карбоксильной группы, необходимой для проведения последующих превращений, а также позволило изменять общую гидрофобность молекулы, влияющую, по-видимому, на эффективность трансфекции. С целью выявления взаимосвязи между структурой и биологической активностью мы синтезировали катионные липиды (v), см. схема реакции, где наблюдается азотистое основание.



Эфир 3 α ,7 α -дигидрокси-12-кетохолоевой кислоты более стабильный в биологических средах уретановой связи. При взаимодействии метилового эфира 3 α ,7 α -дигидрокси-12-кетохолоевой кислоты с 1,1-карбонилдиимидазолом в хлористом метиле и при катализе триметиламином был получен метиловый эфир 3 α ,7 α -бис (1-имидазолилкарбонилокси)-5 β -холан-24-овой кислоты-(III) с выходом 96 %. Затем эти соединения вводили в реакцию с NN-диметилендиамино в хлористый метилен и получили третичный амин (IV) с выходом 67 % соответственно. Соединения (IV) подвергали взаимодействию с иодистым метилом и после хроматографической очистки выделили дийодид метил-3 α ,7 α -бис (N,N,N-триметиламмониетилкарбамоилокси)-12-кето-5 β -холан-24-оата (V) с выходом 88 %.

Синтез катионных липид (VII), содержащих в полярной головке группу NH⁺₃, мы осуществляли путем ДСС-катализируемого ацилирования исходного эфира 3 α ,7 α -дигидрокси-12-кетохолоевой кислоты (II) N-Вос- ϵ -аминокапроновой кислотой в хлористом метиле. Выход продукта ацилирования (VI) составил 64 % соответственно. Последующее удаление Вос-защитной группы трифторуксусной кислотой в хлороформе привело к бистрифторфцетату метил-3 α ,7 α -бис (ϵ -аминокапроноилокси)-12-кето-5 β -холан-24-оата (VII) с выходом 90 %.

Наряду с соединениями, содержащими алифатические полярные головки, мы синтезировали катионный липид (IX) с пиридиниевым остатком (см, схема-реакции). С этой целью в метиловый эфир 3 α ,7 α -дигидрокси-12-кетохолоевой кислоты (II) вводили спейсерную группу реакцией с хлорангидридом 5-бромвалериановой кислоты. Соединение (VIII), полученное с выходом 81 %, нагревали в безводном пиридине, что привело к катионному липиду (IX) с выходом 90 %.

Индивидуальность и строение всех синтезированных соединений подтверждали ИК-спектральным элементарным анализом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеленин, А.В. Генная терапия на границе третьего тысячелетия. / А.В. Зеленин // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71. – № 5. – С. 387-404.
2. Fujiwara T., Hirashima N., Hasegawa S., Nakanisshi M., Ohwada T. // Bioorg. Med. Chem. 2001. V. 9. P. 1013-1024.
3. Nakakura V., Nishikawa M., Vamashita F., Hashida M. // Eur. J. Pharm. Sci, 2001. V. 13. P. 71-76.

Материал поступил в редакцию 29.03.22

PREPARATION OF CATIONIC AMPHIPHILES BASED ON CHOLIC ACID

I.Z. Alimov,

Research Institute of Tajik National University, Central Research Laboratory and KLD
of Avicenna Tajik State Medical University named after Abuali ibni Sino (Dushanbe), Tajikistan

Abstract. *In this regard, we had to develop research on the synthesis of cationic amphiphiles based on 3 α ,7 α -dihydroxy-12-ketocholic acid.*

Keywords: *esters, fatty liver disease, non-alcoholic fatty liver disease, biochemical studies, glycid derivatives of cholanic acids, fatty acids.*

УДК 61

ВЛИЯНИЕ 3 α ,7 β -ДИГИДРОКСИХОЛАНОВОЙ КИСЛОТЫ +УРСОСЛИТ НА ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЧНЫХ КИСЛОТ У БОЛЬНЫХ С МЕТАБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

Ш.Э. Олимова¹, Н.Ю. Самандаров², И.З. Алимов³

¹ соискатель, декан общего медицинского факультета, Республиканский медицинский колледж РТ,

² кандидат химических наук, доцент, докторант, ³ соискатель

^{2,3} НИИ Таджикского национального университета (Душанбе), Таджикистан

***Аннотация.** Образование желчных кислот могло бы рассматриваться не только в качестве компонента процесса желчеотделения, но и как частное проявление метаболической функции печени, поскольку оно связано с превращением жирных кислот в холевую кислоту и с соединением последней с определенными аминокислотами.*

***Ключевые слова:** метаболический синдром, препараты, урсослитам, сыворотка крови, метаболическая функция печени, газовый хроматограф.*

Актуальность. Поиск литературных источников показывает, что до настоящего времени отсутствуют сведения о газохроматографическом анализе содержания желчных кислот в сыворотке крови у больных метаболическим синдромом, а также случаи применения каких-либо препаратов в процессе терапии.

В связи с этим разработка и применение методов определения содержания желчных кислот является актуальной проблемой. Было бы интересно исследовать содержание желчных кислот в сыворотке крови у больных МС.

Целью настоящего исследования в этом направлении явилось влияние урсодезоксихолевой кислоты с урсослитом на характер изменения содержания желчных кислот при метаболическом синдроме.

В качестве объекта исследования использовали сыворотку крови 12 больных метаболическим синдромом до и после терапии вышеуказанными препаратами.

Содержание сывороточных желчных кислот определяли газохроматографическим методом, для чего использовали газовый хроматограф «Хром-5» (Чехия), с пламенно ионизационным детектором, а также при использовании режима программированных температур.

В таблице приведены результаты сравнительного анализа желчных кислот в сыворотке крови здоровых людей и больных метаболическим синдромом до и после лечения урсодезоксихолевой кислотой с урсослитом в течение 2-х месяцев.

Таблица

Сравнительное показателей содержания сывороточных кислот мг/мл

Группы больных	Лечение	Содержание желчных кислот (m + m) mg/ml					
		ЛХК	ДХК	ХДХК	Дег.ХК	ХК	Σж.к.
Больное метаболич. синдром (n = 14)	До	0,0041 ±	0,061 ±	0,096 ±	0,046 ±	0,27 ±	0,47 ±
	и	0,018	0,016	0,017	0,003	0,02	0,03
	после	0,0014 ±	0,0072 ±	0,0086 ±	0,0029 ±	0,0097 ±	0,029 ±
		0,006	0,002	0,01	0,0001	0,0007	0,001
Практически здоровые люди (n = 24)		0,0010 ±	0,0034 ±	0,0066 ±		0,0068 ±	0,017 ±
		0,0004	0,0009	0,007		0,0004	0,0005

Как видно из данных таблицы, у больных метаболическим синдромом, вероятно по причине нарушения синтетических функций печени, уровень сывороточных желчных кислот оказался значительно выше, почти в 28 раз, чем у лиц контрольной группы. Что касается содержания холевой кислоты, то оно увеличилось почти в 40 раз, по сравнению с лицами контрольной группы.

Повышение суммы концентрации желчных кислот свидетельствует о заметном снижении функции печени по очищению портальной крови от циркулирующих холатов. Кроме того, на фоне инсулинорезистентности печени содержание желчных кислот активно увеличивается. В общей сумме, желчные кислоты содержат ХК-0,27, ДХК-0,061, ХДХК-0,096, Дег.ХК-0,046 мг/мл, а что касается концентрации ЛХК, то она составляет – 0,0041 мг/мл.

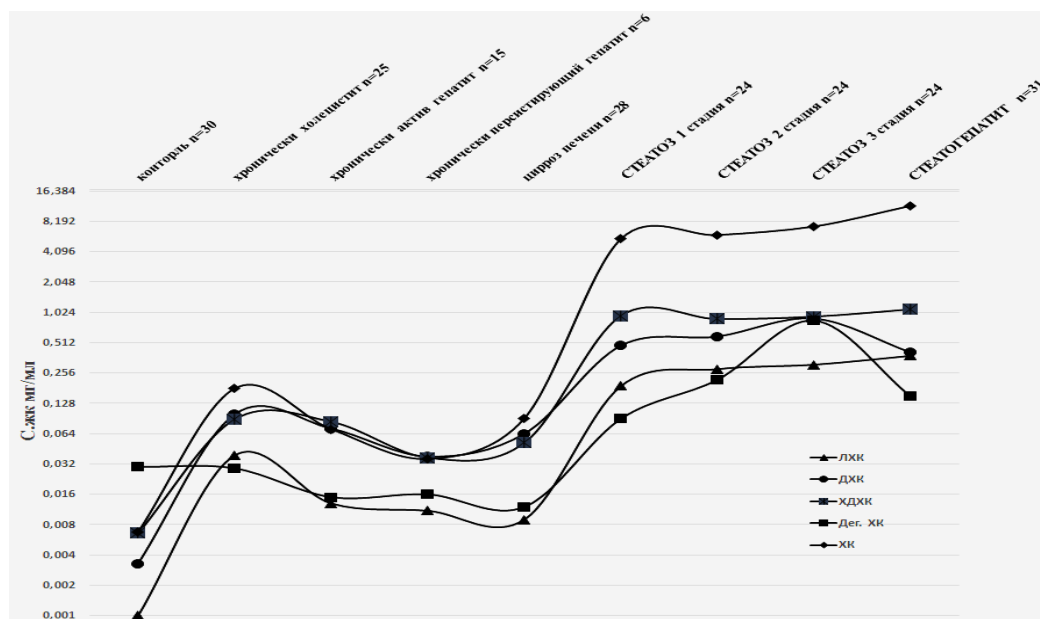


Рис. 1

Сумма желчных кислот возросла до 0,47 мг/мл.

На основании данных таблицы, построен график зависимости содержания желчных кислот в сыворотке крови больных метаболическим синдромом на фоне терапии урсодезоксихолевой кислоты с сиафором (см. рис. 1).

Этот показатель свидетельствует о том, что в организме наблюдаются не только периоды активного протекания заболевания, но и периоды, когда можно предположить мобилизацию адаптационного механизма организмом на пути интенсивного развития ожирения.

Причину увеличения концентрации холевой кислоты в сыворотке крови больных МС, которое составило 0,27 мг/мл из общей суммы желчных кислот, свидетельствует о нарушении синтеза и экскреции желчных кислот в крови воротной вены в периоды энтерогепатической циркуляции.

В дальнейшем рассматриваем и исследуем влияние урсодезоксихолевой кислоты в сочетании с сиафором на характер изменения в содержании желчных кислот в сыворотке крови у больных метаболическим синдромом.

Известно, что УДХК применяют в основном для растворения холестериновых желчных камней, (более 70 %).

Как видно из приведенных данных в таблице и на рисунке, результаты газохроматографического анализа желчных кислот у больных метаболическим синдромом до и после двухмесячного лечения УДХК+Урсослит происходит значительная нормализация желчных кислот.

После лечения УДХК+Урсослит в сыворотке больных МС наблюдалось достоверное снижение содержания всех желчных кислот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахрушева, Я.М. Жировой репатоз / Я.М. Вахрушева, Е.В. Сучкова // Тер. Арх. – 2006. – Т. 78. – № 11. – С. 83-86.
2. Кадыров, А.Х. Сравнительная оценка содержания желчных кислот сыворотке крови у больных с хроническим холециститом. “Актуальные проблемы физиологии человека и животных” / А.Х. Кадыров, А.К. Сайфудинов, Ф.Х. Мансурова. – Душанбе, 2003. – С. 55-59.
3. Мансуров, Х.Х. Метаболический синдром с проявлением желчнокаменной болезни / Х.Х. Мансуров, Г.К. Мироджов, Ф.Х. Мансурова и др. – Изд. “Дониш”, 2007. – С. 104-106.

Материал поступил в редакцию 07.04.22

**INFLUENCE OF 3 α ,7 β -DIHYDROXYCHOLANIC ACID +URSOSLIT ON CHANGES
IN THE CONTENT OF BILE ACIDS IN PATIENTS WITH METOBOLIC SYNDROME**

Sh.E. Olimova¹, N.Yu. Samandarov², I.Z. Alimov³

¹ Applicant, Dean of the General Medical Faculty,

² Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Doctoral Candidate, ³ Applicant

^{2,3} Research Institute of Tajik National University,
Republican Medical College (Dushanbe), Tajikistan

***Abstract.** The formation of bile acids could be considered not only as a component of the process of bile secretion, but also as a particular manifestation of the metabolic function of the liver, since it is associated with the conversion of fatty acids into cholic acid and the combination of the latter with certain amino acids.*

***Keywords:** metabolic syndrome, drugs, ursoslitam, blood serum, metabolic function of the liver, gas chromatograph.*

УДК 33.330

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ГИБРИДНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА****А.В. Бабкин¹, И.В. Либерман², П.М. Клачек³, С.И. Корягин⁴**¹ доктор экономических наук, профессор, ² кандидат физико-математических наук, доцент,
³ кандидат технических наук, доцент, ⁴ доктор технических наук, профессор¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
²⁻⁴ Балтийский федеральный университет им. И. Канта (Калининград), Россия

***Аннотация.** Целью настоящей работы является рассмотрение основ моделирования сложных киберфизических систем. Представлена универсальная схема моделирования и формализации сложных киберфизических систем. Приведена структура киберфизических систем управления сложными техническими системами и технологическими процессами на основе гибридного вычислительного интеллекта. Рассмотрена мета когнитивная среда моделирования сложных киберфизических систем. Как показали исследования, разработанный, на основе мета когнитивной среды моделирования сложных киберфизических систем, класс гибридных вычислительных моделей, позволяет в кратчайшие сроки создать комплекс принципиально новых типов киберфизических систем в виде систем управления, жизнеобеспечения, навигации и т.д. космического корабля, а также заложить основы для создания принципиально новой киберсоциальной системы на основе коллективного интеллекта.*

***Ключевые слова:** киберфизическая система, моделирование сложных систем, гибридный вычислительный интеллект, киберсоциальная система.*

Введение

В настоящее время в Европе и России активно обсуждают следующий мега этап социально-экономического развития человечества. Речь идёт о концепции, аспекты которой обсуждались в 2020-2021 годах на ряде известных Европейских и Российских форумов участниками научно-исследовательских и технологических организаций.

В 2021 г. в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого прошла научно-практическая конференция с международным участием "Индустрия 5.0., цифровая экономика и интеллектуальные экосистемы". Данная конференция стала первой в мире, полноценной научно-практической конференцией, на которой обсуждались теоретические и научно-прикладные аспекты концепции Индустрии 5.0. и кибер-социальных систем. За два дня работы конференции специалисты приняли участие в работе 10 десяти секций, которые проходили в очном и дистанционном форматах на базе 7 вузов и научных организаций на территории 4 федеральных округов России. В работе конференции приняли участие 489 человек, которые представляли 22 города России и 5 зарубежных стран. В рамках конференции была представлена, подробно, рассмотренная в работе [11] (рис. 1), нейро-экосистемная модель концепции Индустрия 5.0., которая позволяет гармонично объединить возможности киберфизических систем и технологий Индустрии 4.0 с коллективным интеллектом на основе нейро-цифрового объединения человеческого и искусственного интеллекта, что позволит обеспечить создание систем глобального архитектурного мышления в рамках организации когнитивного производства и промышленности, представляя собой по сути первый этап нового эволюционного процесса развития концепции Индустрии 4.0. и перехода к концепции Индустрии 5.0.

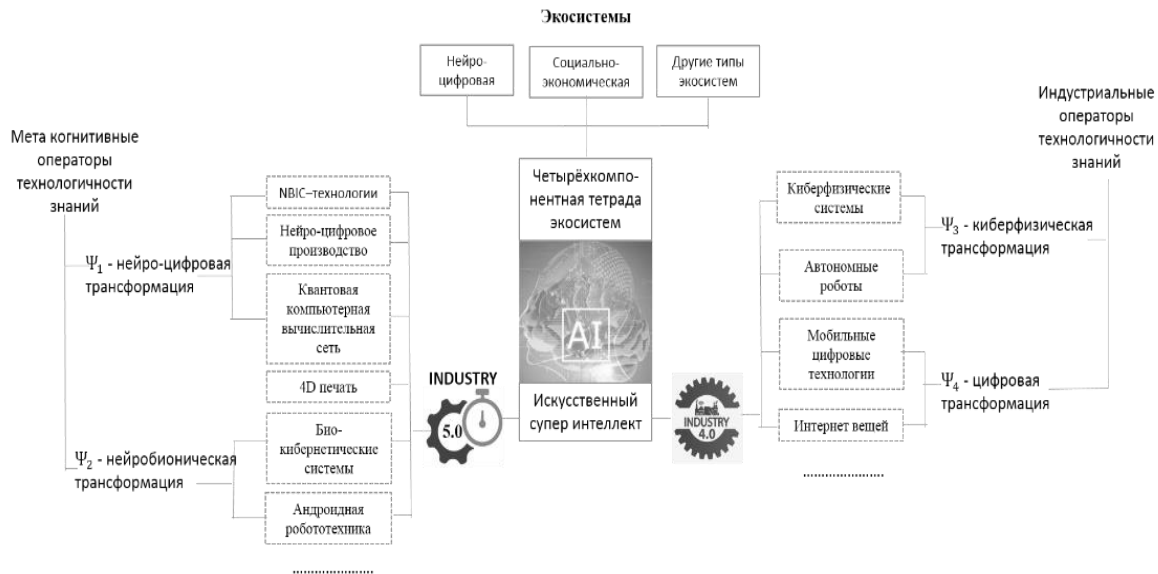


Рис. 1. Нейро-экосистемная модель концепции Индустрия 5.0. [11]

Реализация нейро-экосистемной модели концепции Индустрия 5.0. приведет к созданию новых классов сложных киберфизических и кибер-социальных систем Индустрии 5.0. [11], что потребует разработки принципиально новых методов их моделирования [4, 11]. В работах академиков РАН В. Л. Квинта [2] и Г.В. Клейнера [7] утверждается, что появление принципиально новых классов сложных киберфизических и кибер-социальных систем, характерных для Индустрии 5.0., вызовет необходимость разработки принципиально новых, в том числе компьютерных, методов их моделирования.

В рамках, представленного научного исследования, впервые рассмотрены основы моделирования сложных, киберфизических систем Индустрии 5.0. на основе методов гибридного вычислительного интеллекта (ГВИ).

Методы

В работе профессора А.В. Колесникова [8, раздел 1.1.2], впервые в мировой научной практике, рассмотрены свойства сложных задач-систем: системность, неоднородность, динамичность, неопределенность, полиязыковой характер, внутренняя несогласованность как следствие неоднородности, – характерные, в том числе для моделирования сложных, киберфизических систем Индустрии 5.0. В работе [9] рассмотрены основы гибридного интеллекта и технологии двух направленной гибридизации (рис. 2), на основе которых авторами разработана эволюционная модель синергетического гибридного вычислительного интеллекта [11], а также модель синергетической исследовательской среды на основе комплекса методов трансформации знаний [11]:

$$E^M = \langle MET^a, LANG^m, \Psi_i^{met\ met}, \Psi^{MET\ LANG} \rangle \quad (1),$$

где MET^a – множество микро уровней представлений автономных методов [11]:

$$\begin{aligned} :MET^a &= \{MET_{An}^a, MET_{St}^a, MET_{Lg}^a, MET_{Li}^a, MET_{Ep}^a\}, MET_{An}^a = \\ &= \{met_{An1}^a, \dots, met_{AnN_{An}}^a\}, MET_{St}^a = \{met_{St1}^a, \dots, met_{StN_{St}}^a\}, MET_{Lg}^a = \\ &= \{met_{Lg1}^a, \dots, met_{LgN_{Lg}}^a\}, MET_{Li}^a = \{met_{Li1}^a, \dots, met_{LiN_{Li}}^a\}, MET_{Ep}^a = \\ &= \{met_{Ep1}^a, \dots, met_{EpN_{Ep}}^a\} \end{aligned}$$

$LANG^m = \{LANG_1^m, \dots, LANG_{N_{LANG^m}}^m\}$ – множество гибридных конструкций, на основе пяти множеств микроуровневых представлений знаний An-, St-, Lg-, Li-знаниями и Ep-опытом вида [11].

Методы трансформации знаний:

$$\Psi_i^{met\ met}, \text{ при } i \in \overline{1,5} \text{ и } met_{d1}^a, j = l; d, q \in \{An, St, Lg, Li, Ep\}; d = p:$$

$$\Psi_1^{met\ met}: MET_{An}^a \rightarrow MET_{An}^a, \Psi_2^{met\ met}: MET_{St}^a \rightarrow MET_{St}^a,$$

$$\Psi_3^{met\ met}: MET_{Lg}^a \rightarrow MET_{Lg}^a, \Psi_4^{met\ met}: MET_{Li}^a \rightarrow MET_{Li}^a,$$

$$\Psi_5^{met\ met}: MET_{Ep}^a \rightarrow MET_{Ep}^a.$$

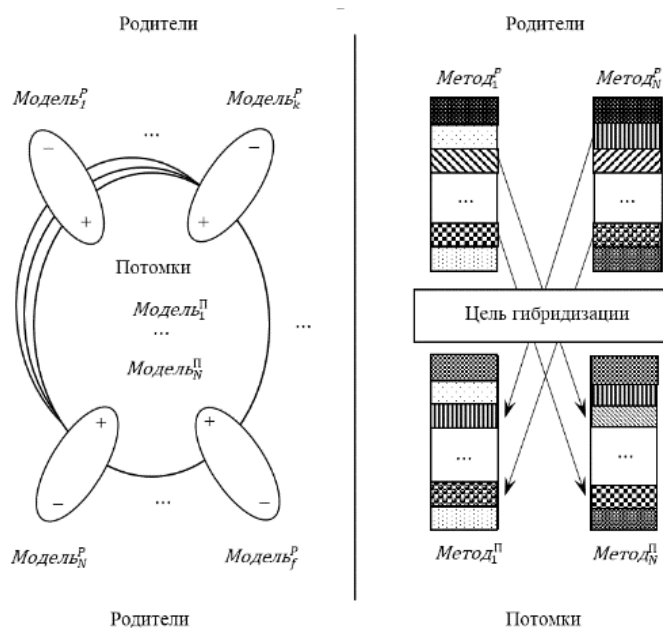


Рис. 2. Два подхода к понятию гибрида в информатике [8]

На рисунке 3 приведена универсальная схема моделирования и формализации сложных киберфизических систем Индустрии 5.0., полученная на основе модели синергетического гибридного вычислительного интеллекта [11].

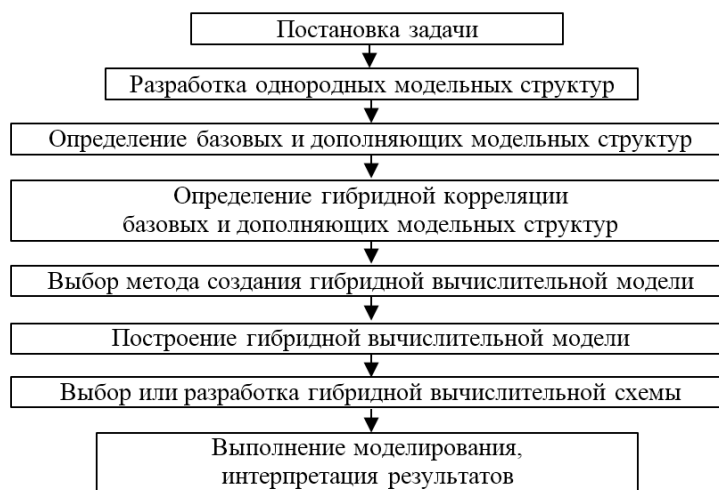


Рис. 3. Универсальная схема моделирования и формализации сложных киберфизических систем Индустрии 5.0.

В соответствии с, показанной на рисунке 3, универсальной схемой моделирования на основе ГВИ (подробно рассмотренной в работах [4, 11]), модель вычислений универсальной гибридной вычислительной модели представим в следующем виде:

$$\dot{m}_{ГВИ}^a |^{Г^a} = \langle E^M, M^u, M^h, T_{гс}, I^{гс} \rangle \quad (2)$$

где E^M – синергетическая исследовательская среда (1) [6];

$M^u = \{m_1^u, \dots, m_{N_u}^u\}$ – множество базовых модельных структур [4];

$M^h = \{m_1^h, \dots, m_{N_h}^h\}$ – множество дополняющих модельных структур [4];

$T_{гс}$ – таблица гибридных стратегий (см. пример для математического моделирования сложных технических и технологических систем, табл. 1); $I^{ГВИ}$ – интерпретатор, представляющий четверку процессов [4]:

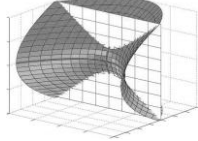
$$I^{ГВИ} = \langle I^{\Gamma 1}, I^{\Gamma 2}, I^{\Gamma 3}, I^{\Gamma 4} \rangle,$$

где $I^{\Gamma 1}$ – процесс исследования гибридной корреляции базовых и дополняющих модельных структур [11]; $I^{\Gamma 2}$ – процесс выбора в соответствии с $T_{гс}$ метода ГВИ [4]; $I^{\Gamma 3}$ – процесс разработки в соответствии с методом ГВИ гибридной вычислительной модели [11]; $I^{\Gamma 4}$ – процесс выбора или разработки гибридной вычислительной схемы [5].

Модель (1) имеет универсальный характер и применима для различных видов моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0. [3, 4, 11].

Таблица 1

Пример таблицы гибридных стратегий для математического моделирования сложных технических и технологических систем [4]

Метод ГВИ	Базовая модельная структура	Дополняющая модельная структура	Гибридная вычислительная модель
Метод генезиса знаний на основе эвристической коррекции базовой аналитической модели	$\dot{m}_a^a ^{Ca} = \langle F, I^a \rangle$ см. [4, 11]	$\dot{m}_f^a ^{CA} = \langle X, Y, KB, F^\mu, F^{TS}, F^y, I^f \rangle$ см. [4, 11]	Пример, см. таблица 2 (раздел апробация) 
Метод двух направленной гибридизации	$\dot{m}_a^a ^{Ca} = \langle F, I^a \rangle$ см. [4, 11]	$\dot{m}_f^a ^{CA} = \langle X, Y, KB, F^\mu, F^{TS}, F^y, I^f \rangle$ $\dot{m}_H^a ^{Ca} = \langle Ar, X, Y, M^H, Ed, I^{H1}, I^{H2} \rangle$ см. [4, 11]	Пример, см. в работах [4, 11]. 

На рисунке 4 представлена обобщенная функциональная структура интеллектуальной системы управления (ИСУ) сложными техническими системами и технологическими процессами на основе гибридного вычислительного интеллекта [5], дающая возможность осуществлять синтез, принципиально новых, интеллектуальных (высоко адаптивных) систем управления с переменной структурой, позволяющих: восстанавливать и создавать заранее неизвестные функциональные зависимости и использовать их для нейтрализации отрицательного влияния структурной и параметрической неопределенности; осуществлять возможность организации так называемых скользящих режимов – искусственного движения на поверхности переключения в пространстве состояний системы, что дает возможность сделать движение системы, не зависящее от варьируемых (неопределенных) параметров объекта при условии сохранения скользящего режима, а также добиться нечувствительности по отношению к изменяющимся параметрам системы, что в итоге позволяет увеличить быстродействие, качество процессов, в целом повысить производительность и эффективность использования оборудования (манипуляционных роботов, станков и др.), снизить энергопотребление, повысить точность реализации заданного программного движения управляемого объекта в условиях структурной и параметрической неопределенности.

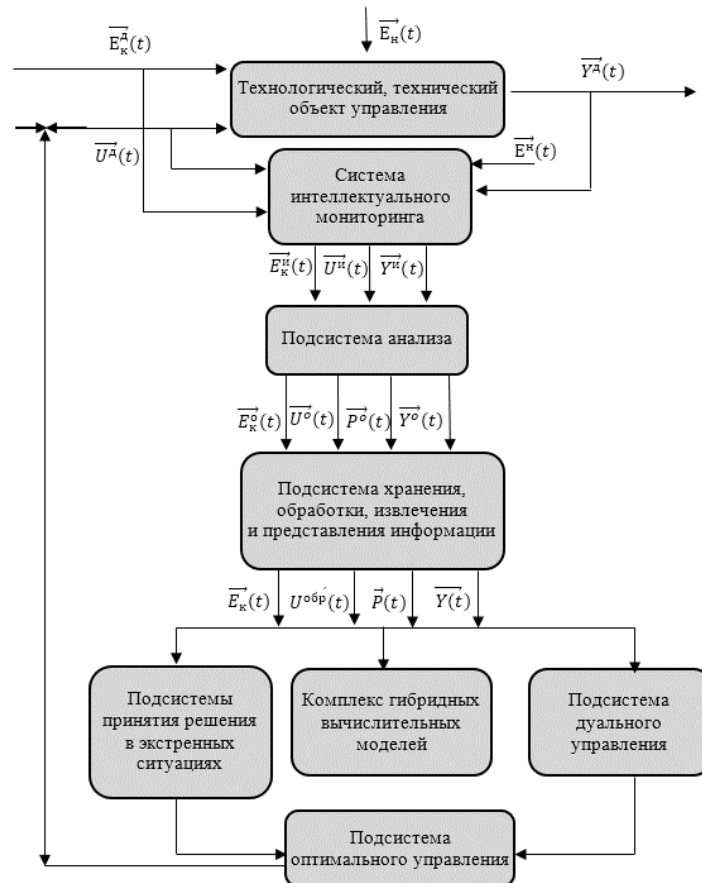


Рис. 4. Структура киберфизических систем управления сложными техническими системами и технологическими процессами Индустрии 5.0. на основе гибридного вычислительного интеллекта, верхние индексы характеризуют: δ – действительное значение; n – неконтролируемые параметры; u – измеренные значения; o – оценку параметров; нижние индексы: k – контролируемые возмущения

Апробация

С 2012 года компания SpaceX работает над многоразовой ракетой, которая теперь известна под названием Starship. Проект создания пилотируемого космического корабля многоразового запуска Starship является поворотным моментом в истории человечества, потому что он станет транспортным средством экспансии людей за пределы Земли, что позволит сделать человечество межпланетным видом. Начиная с создания тринадцатой версии корабля Starship (сентябрь 2019 г.), компания SpaceX впервые применила в процессе разработки мета когнитивную среду моделирования сложных кибер физических систем (рис. 5).

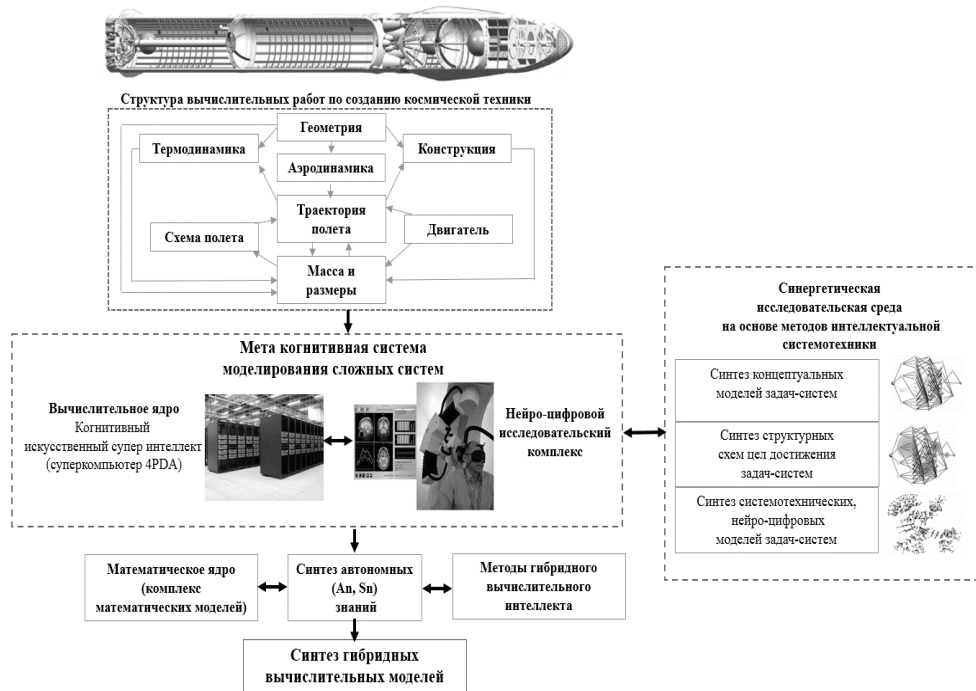


Рис. 5. Мета когнитивная среда моделирования сложных киберфизических систем

Мета когнитивная среда моделирования сложных киберфизических систем, основанная на применении синергетической модели коллективного интеллекта [11], посредством взаимодействия когнитивного искусственного интеллекта (на основе суперкомпьютера 4PDA) и нейро-цифрового исследовательского комплекса, позволяет в процессе моделирования сложных систем, исследовать нейробиологические механизмы человеческой иррациональности [3, 5], и получаемые на их основе эвристические знания [3, 5], с одной стороны, в взаимосвязи с рациональными механизмами мышления [11], и получаемыми на их аналитическими знаниями [5], с другой, обеспечивая, в том числе, возможность синтеза двух видов автономных знаний [4], необходимых для создания гибридных вычислительных моделей (2) [1]:

– аналитических (An знания) [11]. Знания, получаемые на основе нейробиологических механизмов человеческой рациональности, с формальной точки зрения данный тип знаний представлен методами классического математического анализа, математическим программированием, методом классической математики, поиском экстремумов функций, вариационным исчислением, методами математического программирования, методами математической статистики, теорией массового обслуживания и т.п.;

– эвристических (Sn знания [11]). Знания, получаемые на основе нейробиологических механизмов человеческой иррациональности. С формальной точки зрения данный тип знаний представлен методами искусственного интеллекта, инженерии знаний, экспертных систем, генетических алгоритмов и т.д.

В таблице 2 показан пример гибридной вычислительной модели (2), полученной на основе хорошо известной в научных кругах, базовой аналитической модели удельного импульса тяги двигателей космического корабля [10], применяемой, в том числе, при создании орбитального корабля-ракетоплана "Буран".

Таблица 2

Показательный пример гибридной вычислительной модели

Базовая аналитическая модель	Гибридная вычислительная модель
$W = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{RT_{кc}}{\mu} \left[1 - \left(\frac{p_a}{p_{кc}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$ <p>где: где k – показатель адиабаты; R – универсальная газовая постоянная; $T_{кc}$ – температура в камере сгорания; μ – молекулярная масса истекающего из сопла газа; $p_a, p_{кc}$ – давления на срезе сопла и в камере сгорания</p>	$W = \sqrt{\frac{2k}{k-1} \frac{RT_{кc}}{\mu} \left[\left(\frac{p_a}{p_{кc}} \right)^{m_f^{a2}} \right]}$ <p>где: $m_f^{a2} = \langle X(x_1, x_2 \dots), Y(y_1, y_2), KB, F^u, F^{TS}, F^V, I^f \rangle -$ модель вычислений в нечетких системах [2], представляющая собой высоко адаптивную (эвристическую) структуру, интегрированную в базовую аналитическую модель. $X(x_1, x_2 \dots)$ – пространство входных переменных зависящих, в свою очередь, от конструкции двигателя, топливных баков и других факторов</p>

Представленная в качестве примера, в таблице 3, гибридная вычислительная модель позволила сформулировать принципиально новые пути воздействия на скорость истечения и удельный импульс тяги двигателей в зависимости от ряда ранее не учитываемых факторов и переменных. Таким образом, разработанный, на основе мета когнитивной среды моделирования сложных киберфизических систем, класс гибридных вычислительных моделей, позволил в кратчайшие сроки создать комплекс принципиально новых, прототипов (от одиннадцатого к тринадцатому, рис. 6) космического корабля Starship, а также осуществить успешный, принципиально новый метод посадки корабля Starship, при котором космический аппарат сначала планирует горизонтально вниз с помощью двух нижних и двух головных стабилизаторов, а затем ближе к поверхности переворачивается из горизонтального положения в вертикальное и совершает успешную посадку (рис. 6).

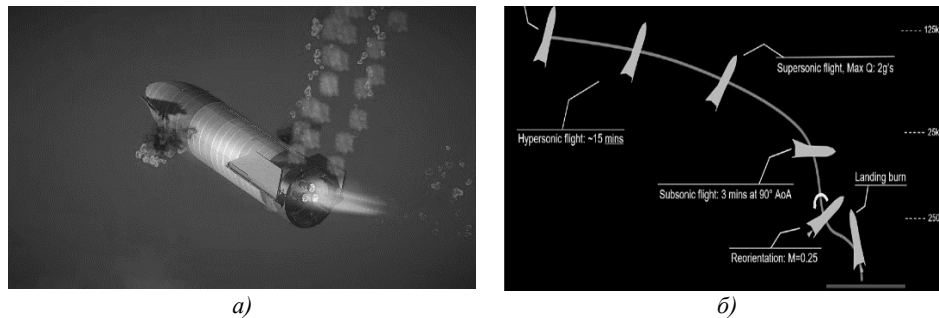


Рис. 6. а) тринадцатый прототип космического корабля Starship, б) принципиально новый метод посадки космического корабля Starship

Заключение

Для реализации задачи обеспечения не только межгалактических полетов, но и революционно нового способа исследования других миров, космический корабль Starship, по сути должен стать мыслящим существом, в виде особой кибер-социальной системы, со временем став частью созданной человечеством межпланетной нейросферы. Коллективный интеллект такого космического корабля должен будет органически интегрироваться (создать коллективный разум) не только с разумом астронавтов, но и с множеством различных когнитивных, киберфизических систем Индустрии 5.0. (систем управления, жизнеобеспечения, навигации и т.д.) космического корабля. Представленный в работе методологический базис и прикладной инструментарий моделирования сложных киберфизических систем Индустрии 5.0., позволит создать принципиально новый класс гибридных вычислительных моделей, в виде систем управления, жизнеобеспечения, навигации и т.д. космического корабля, а также заложить основы для создания принципиально новой киберсоциальной системы на основе коллективного интеллекта будущих прототипов корабля Starship, способного обеспечить межгалактические полеты и сделать человечества межпланетным видом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин, А.В. Индустрия 5.0: создание нейро-цифровых экосистем в экономике (на примере агропромышленного производства), с. 54-72. Экосистемы в цифровой экономике: драйверы устойчивого развития: монография / А.А. Алетдинова и др. / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина / А.В. Бабкин, С.И. Корягин, И.В. Либерман и др. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 778 с.
2. Квинт, В.Л. Концепция стратегирования / В.Л. Квинт. – СПб.: СЗИУ РАНХиГС, 2020. – Т. 2. – 164 с.
3. Клачек, П.М. Гибридные адаптивные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки / П.М. Клачек, С.И. Корягин, А.В. Колесников и др. – Калининград: БФУ им. И. Канта, 2011. – 374 с.
4. Клачек, П.М. Гибридный вычислительный интеллект. Основы теории и технологий создания прикладных систем. 2-е изд., доп. / П.М. Клачек, К.Л. Полуван, С.И. Корягин и др. – Калининград: БФУ им. И. Канта, 2020. – 340 с.
5. Клачек, П.М. Интеллектуальная системотехника / П.М. Клачек, С.И. Корягин, О.А. Лизоркина. – Калининград: БФУ им. И. Канта, 2015. – 214 с.
6. Клачек, П.М. Разработка синергетической исследовательской среды для моделирования сложных производственно-экономических систем. / П.М. Клачек, К.Л. Полуван, И.В. Либерман // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2019. – № 12 (2). – С. 112-117. <https://doi.org/10.18721/JE.12211>
7. Клейнер, Г.Б. Системно-ориентированное планирование: Россия, XXI век. / Г.Б. Клейнер // Вопросы политической экономии. – 2021. – Вып. 2. – С. 45-54.
8. Колесников, А.В. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / А.В. Колесников, И.А. Кириков. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 387 с., ил. – ISBN 978-5-902030-55-3
9. Колесников, А.В. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / Под ред. А.В. Колесникова / А.В. Колесников, И.А. Кириков, С.В. Листопад и др. – М.: ИПИ РАН, 2011. – 295 с., ил. – ISBN 978-5-902030-881
10. Сердюк, В.К. Проектирование средств выведения космических аппаратов: учеб. пособие для вузов 1 под ред. А.А. Медведова / В.К. Сердюк. – М: Машиностроение, 2014. – 504 с.
11. Федоров, А.А. Основы создания нейро-цифровых экосистем. Гибридный вычислительный интеллект / А.А. Федоров, С.И. Корягин, И.В. Либерман и др. – Калининград: БФУ им. И. Канта, 2021. – 241 с.

Материал поступил в редакцию 23.03.22

MODELING OF COMPLEX CYBERNETIC SYSTEMS BASED ON HYBRID COMPUTATIONAL INTELLIGENCE METHODS

A.V. Babkin¹, I.V. Liberman², P.M. Klachek³, S.I. Koryagin⁴

¹ Doctor of Economic Sciences, Professor, ² Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,

³ Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, ⁴ Doctor of Engineering Sciences, Professor

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

²⁻⁴ Immanuel Kant Baltic Federal University (Kaliningrad), Russia

Abstract. *The purpose of this work is to consider the basics of modeling complex cyberphysical systems. A universal scheme of modeling and formalization of complex cyberphysical systems is presented. The structure of cyberphysical control systems of complex technical systems and technological processes based on hybrid computational intelligence is given. The meta-cognitive environment of modeling complex cyberphysical systems is considered. Research has shown that a class of hybrid computational models developed on the basis of a meta-cognitive modeling environment for complex cyberphysical systems makes it possible to create a complex of fundamentally new types of cyberphysical systems in the form of control systems, life support, navigation, etc. spacecraft in the shortest possible time, as well as lay the foundations for creating a fundamentally new cyber-social system based on based on collective intelligence.*

Keywords: *cyberphysical system, modeling of complex systems, hybrid computational intelligence, cyber social system.*

УДК 67.02

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА САМОВОЗГОРАНИЕ СПЕЦКОКСА

М. Барбол, бакалавр,

Научный руководитель: Т.К. Исабек, доктор технических наук, профессор
Карагандинский технический университет, Казахстан

Аннотация. Целью и задачей статьи является исследование факторов, предотвращающих самовозгорание спецкокса при хранении в емкостях, на складах и открытых площадках.

Ключевые слова: самоускорение, температура, самовозгорание, тепло, площадь поверхности.

Самовозгорание спецкокса

В основе учения о возгорании лежат тепловая и цепная теории. При тепловом возгорании причиной ускорения реакции окисления является рост температуры, обусловленный превышением генерации тепла над ее расходом, а при цепном – превышение вероятности разветвления цепей над вероятностью их обрывов.

Количественная теория теплового возгорания была разработана академиком Н.Н. Семеновым.

Согласно этой теории, горение возникает в результате теплового возгорания, хотя само окисление при этом может протекать в виде цепных реакций.

Чисто цепное самовоспламенение – довольно редкое явление, так как оно протекает при низких давлениях и температуре, при которых самовоспламеняются немногие горючие вещества.

Самоускорение окисления в системах, в которых возможна разветвленная цепная реакция, может произойти при постоянной температуре.

Генерация тепла Q_1 (Вт) при окислении пропорциональна скорости реакции окисления U_o и в условиях неизотермического процесса находится по следующей формуле:

$$Q_1 = \frac{Q}{V U_o c^n} q p e^{-E/(RT)} \quad (1)$$

где q – удельная теплота окисления, Дж/м³;

p – плотность горючей массы, кг/м³;

V – объем горючей массы, м³;

c – константа n -го порядка реакции.

Для объяснения механизма возгорания можно принять условно, что отвод тепла с поверхности Q_2 (Вт) происходит по закону Ньютона и выражается следующей формулой:

$$Q_2 = \alpha S (T - T_o), \quad (2)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К);

S – площадь поверхности теплоотдачи, м²;

T – температура горючей смеси, К;

T_o – температура поверхности теплоотдачи, К.

Если предположить, что концентрация кислорода в смеси горючего и воздуха практически не меняется и коэффициент теплоотдачи не зависит от температуры, то в системе координат $Q - T$ уравнение (1) будет представлять собой экспоненту, а уравнение (2) – прямую линию (рис. 1).

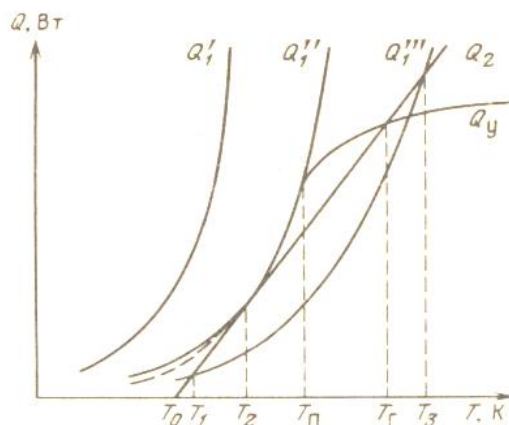


Рис. 1. График зависимости скорости генерации и отдачи тепла Q от температуры T

Кривые Q_1' , Q_1'' и Q_1''' соответствуют различным скоростям химического реагирования горючего вещества. При реакции по кривой Q_1' генерация тепла всегда превышает расход, и смесь горючее – воздух будет непрерывно саморазогреваться.

При тепловыделении по кривой Q_1''' самовозгорания не произойдет, так как генерация тепла меньше его отдачи.

Вначале смесь разогреется до температуры T_1 , после чего наступит устойчивое тепловое равновесие.

Если смесь нагреть до температуры T_2 , а затем предоставить самой себе, то температура понизится до T_1 .

Самоускоряющееся нагревание смеси возможно при ее подогреве до температуры T_3 .

Для случая генерации тепла по кривой Q_1'' самовозгорание смеси возможно без подвода тепла извне при превышении температуры T_2 , при которой наступает неустойчивое тепловое равновесие.

Применительно к газовым горючим смесям время с момента установления в горючем веществе температуры T_0 до достижения температуры самовоспламенения T_2 называется временем запаздывания самовоспламенения или временем индукции.

Из-за невозможности его измерения за *период индукции* обычно принимают время с момента начала нагрева до появления пламени.

Период индукции газовых и пылевых смесей измеряется секундами, в то время как у твердых горючих веществ он может достигать нескольких месяцев.

Объясняется это тем, что для угля скорость химического реагирования с кислородом не может неограниченно увеличиваться из-за тормозящего эффекта диффузии кислорода из газовой среды к поверхности окисления.

По данным исследований, тормозящее действие диффузии кислорода придает кривой Q_y , характеризующей зависимость скорости генерации тепла от температуры, S-образную форму (см. рис 1).

При этом влияние диффузии кислорода проявляется не только на стадии пламенного горения, но и на стадии низкотемпературного окисления.

Для угля наблюдается уменьшение скорости окисления во времени, что вызвано понижением начальной части кривой Q_y (показано пунктиром) и ведет к увеличению периода индукции.

Температура T_2 является для спеккокса границей перехода из стадии самонагрева в стадию возгорания.

При этой температуре горение, как таковое, еще отсутствует. Оно возникает и развивается при температуре T_n , превышающей критическую на 130-170°.

Температура устойчивого горения (T_c) при этом может достигать 1273 К и более.

В практике борьбы с эндогенными пожарами находит применение термин «инкубационный период самовозгорания».

За этот период по результатам ретроспективного анализа обычно принимается минимальное время от начала очистных работ в выемочном поле до момента обнаружения признаков пожара.

Термины «индукционный период» и «инкубационный период» не являются синонимами. Период индукции всегда меньше инкубационного периода за счет того, что стадии самонагрева предшествует время формирования скопления спеккокса и его нахождения в выработанном пространстве до момента создания условий, при которых генерация тепла начнет превышать его отвод.

Кроме того, для пожаров, возникающих в труднодоступных местах, всегда существует разрыв во времени между возникновением очага самовозгорания и его обнаружением по результатам газового или температурного контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веселовский, В.С. Научные основы борьбы с самовозгоранием углей / В.С. Веселовский, Г.А. Орлеанская и др. – М., изд. «Наука», 2003.
2. Веселовский, В.С. Самовозгорание промышленных материалов / В.С. Веселовский, Н.Д. Алексеева и др. – М., изд. «Наука», 2002.
3. Литвинов, А.Р. Технологии формирования пожаробезопасных породных отвалов» / А.Р. Литвинов, А.А. Харионовский, Е.В. Новикова и др. – М., «Уголь», июль, 2013.

Материал поступил в редакцию 21.03.22

**RESEARCH OF VARIOUS FACTORS FOR SPONTANEOUS
COMBUSTION OF A SPECIAL COKE**

M. Barbol, Bachelor Student,

Research advisor: **T.K. Isabek**, Doctor of Engineering Sciences, Professor
Karaganda Technical University, Kazakhstan

***Abstract.** The purpose and objective of the article is to study the factors that prevent spontaneous combustion of special coke when stored in containers, warehouses and open areas.*

***Keywords:** self-acceleration, temperature, spontaneous combustion, heat, surface area.*

УДК 622.272

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКИ ШАХТЫ КОСТЕНКО

Н. Мукашев, бакалавр,

Научный руководитель: Е.А. Абеуов, кандидат технических наук, старший преподаватель
Карагандинский технический университет, Казахстан

Аннотация. Целью и задачей статьи является выявление и анализ основных факторов, влияющих на эффективность технологии очистной выемки в условиях шахты Костенко

Ключевые слова: технология, уголь, канал, бассейн, очистной забой, проектирование.

Основной задачей повышения технико-экономического уровня добычи угля подземным способом является полное совершенствование горных работ: повышение концентрации и интенсификации горного производства, снижение удельных объемов проведения и поддержания горных выработок, а также улучшение их состояния, ликвидация многоступенчатости подземного транспорта, упрощение схем проветривания, повышение безопасности производства. Для выполнения этих вопросов в настоящем проекте принято:

- погоризонтный способ подготовки шахтного поля;
- схема подготовки выемочных столбов с возвраточной схемой проветривания по пластам, учитывая их склонность к самовозгоранию; полевая подготовка шахтного поля;
- система разработки длинными столбами с бесцеликовой технологией горных работ;
- в очистных забоях комплексы повышенного технологического уровня типа «Глиник», применение комбайнов типа SL, обеспечивающих увеличение коэффициента машинного времени на концевые операции, зачистку угля комбайнами, вспомогательные и подготовительно-заключительные операции, устранение отказов машин и механизмов;
- комбайновая технология проходки горных выработок по углю с проходческими комбайнами типа ГПКС;
- полная конвейеризация транспортирования угля;
- доставка в пакетах лесных материалов, металлической крепи и железобетонных изделий;
- напочвенные и монорельсовые дороги для доставки материалов, оборудования и людей по горным выработкам без наличия рельсового пути;
- исключение схем проветривания с движением воздуха по многоступенчатым наклонным выработкам;
- обособленное проветривание подготовительных забоев;
- фланговая схема проветривания, учитывая значительную длину шахтного поля.

Для проектирования и строительства шахты необходимо выполнение и решение следующих научно-исследовательских, конструкторских и экспериментальных работ и вопросов:

- рекомендации по технологии разработки угольных пластов, креплению и поддержанию подготовительных выработок, по борьбе с пожароопасностью;
- изыскание рациональных способов формирования искусственной кровли из обрушенных пород верхних слоев путем упрочнения их вяжущими растворами на основе местных материалов (глины, золы, и др.);
- возможность оставления породы в шахте.

Шахтный район. Костенко расположен в центральной части Карагандинской синклинали промышленной зоны Карагандинского угольного района Карагандинского бассейна. Административно сайт расположен в Октябрьском районе Караганды. Район экологически развит, связан с широкой сетью автомобильных и железных дорог, Караганда-угольной станцией. Обеспечен натуральными строительными материалами – песком, глиной, известняком. Электроснабжение осуществляется от государственных электрических сетей, водоснабжение – от очистных сооружений Иртыш-Карагандинского канала за счет городского водоснабжения. На промплощадке действует система коллекторов, через которую сточные воды из канализационных сооружений в объеме 833 м³ в сутки направляются в новую канализационную сеть Караганды через насосную станцию. Площадка шахты была открыта девятью вертикальными стволами, из которых три ствола (ячейка, лежащая посередине, и скальная ячейка и ячейка № 1) прошли до отметки 1-100 м от нижней технической границы.

Климат в регионе резко континентальный, зима суровая, а лето жаркое. Среднегодовая температура составляет плюс 2,5 °С, максимальная температура плюс 40 °С в июле, а минимальная минус 45 в январе. Средняя температура холодного января составляет минус 12,9 °С.

Высота снежного покрова 3-25 см.

Преобладающее направление ветра – юго-западное летом и северо-восточное зимой.

Рельеф спокойный, наклон в западном направлении. Разница в знаках 3-5 м.

Добываемый на шахте уголь используется для коксования и производства энергии. Крупные сорта угля

(+13 мм) используются для бытовых нужд и расслоения после обогащения, мелкие сорта угля в слоях K₄, K₆, K₇, K₁₀, K₁₂ используются для коксования после обогащения, необогащенные сорта угля в слоях K₃, K₂, K₁ – пылевидное сжигание используется для. К 1997 году добыча коксующегося угля в слоях K₄, K₆, K₇, K₁₀, K₁₂ снизилась с 2456 тыс. тонн до 1775 тыс. тонн, а добыча энергетического угля увеличилась с 900 тыс. тонн до 1575 тыс. тонн в год. В связи с этим, шахтный концентрат переведен на обогащение энергетического угля слоями K₃, K₂, K₁, а коксующийся уголь отправлен на другие заводы в бассейне для обогащения. Таким образом, в будущем ожидается, что поставки угля из шахты для коксования уменьшатся, а поставки энергии увеличатся. В настоящее время из-за нехватки мощностей концентратов для коксования часть коксующегося угля бассейна К и К ОК отправляется без энергии на обогащение. Мощность бассейна составляет 9 миллионов тонн в год, чтобы полностью покрыть весь коксующийся уголь обогащением. Планируется построить новый обогатительный комбинат на КОФ "Казахстан". Ввод в эксплуатацию этого завода позволит устранить дефицит коксового концентрата, возникший после 1998 года из-за перевода обогатительной фабрики Костенко только на термическую переработку угля. Завод будет перерабатываться на коксующийся уголь, который в настоящее время используется для производства энергии (3-4 миллиона тонн в год), а на шахте Костенко будет дефицит энергетического угля, что может быть компенсировано увеличением добычи угля из K₃, K₂, K₁. В существующей обогатительной фабрике глубокое обогащение этого угля (до 0,5 мм) позволяет подавать 4-26 % обогащенных золой деталей для сжигания пыли на тепловых электростанциях, что улучшает технико-экономические показатели электростанций и экологическую ситуацию в этих районах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров, П.В. Подземная разработка пластовых месторождений: Учебное пособие для вузов –4-е изд. / П.В. Егоров и др. – М.: Изд-во МГТУ, 2012. – 224 с.
2. Порцевский, А.К. Подземные горные работы. Учебное пособие в 4-х частях / А.К. Порцевский. – Москва, 2010.
3. Процессы при подземной разработке рудных месторождений. – Днепропетровск, 2015. – 202 с.

Материал поступил в редакцию 28.03.22

RESEARCH OF THE TECHNOLOGY OF CLEANING EXCAVATION OF THE KOSTENKO MINE

N. Mukashev, Bachelor Student,

Research advisor: **E.A. Abeuov**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
Karaganda Technical University, Kazakhstan

***Abstract.** The purpose and objective of the article is to identify and analyze the main factors affecting the efficiency of the technology of cleaning excavation in the conditions of the Kostenko mine.*

***Keywords:** technology, coal, canal, pool, treatment face, design.*

УДК 621.039.53

КЕРАМИЧЕСКИЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕАКТОР НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

И.Л. Шкарупа¹, А.К. Хмельницкий², М.И. Шкарупа³

¹ кандидат технических наук, руководитель группы анализа инновационной деятельности, ² заместитель генерального директора по научно-инновационной деятельности, ³ кандидат технических наук, доцент

^{1,2} АО «ОНПП Технология» им. А.Г. Ромашина»,

³ Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ, Россия

Аннотация. В статье предлагается использовать в качестве топлива нитрид урана, в качестве теплоносителя первого контура – Li^7 , в качестве теплоносителя второго контура – Ar , в качестве теплоносителя третьего контура – H_2O . Корпус реактора, внутрикорпусные детали, первый и горячая часть второго контура предлагается изготовить из высокотемпературных керамических композиционных материалов систем $C-SiC$ или ингибированного керамического материала на основе $SiC-SiC$, стойких в расплаве лития при температурах до $1250\text{ }^\circ\text{C}$. КПД АЭС увеличивается до 75 %.

Ключевые слова: атомный реактор, нитрид урана, конструкционная керамика, система $C-SiC$, теплоноситель литий.

Для устойчивого развития человечества требуется непрерывный рост электропотребления.

Так в 1990 году в мире было выработано 12 ПВт•ч электроэнергии, в 2020 году выработано уже 27 ПВт•ч электроэнергии. Прогноз потребления энергии в мире в 2050 году 66 ПВт•ч, т.е. рост за 30 лет вырастет в 2,44 раза [2].

Доля углеродной энергетики в мире в 2020 году составляла 87 %.

В 2011 году Европейский союз подтвердил намерение сократить выбросы парниковых газов на 80-95 % к 2050 году по сравнению с уровнем 1990 года. Чтобы достичь этих целей, выбросы энергетического сектора должны существенно сократиться – вплоть до нулевого уровня – к 2050 году [10]. Для этого потребуются широкомасштабное внедрение безуглеродных технологий выработки электроэнергии, прежде всего атомной энергетики.

Термоядерная энергетика – энергетика далёкого будущего. Проблема изготовления «первой стенки» в ближайшие 40 лет нерешаема. Стоимость создания и постройки термоядерных реакторов будет намного превышать стоимость ядерного реактора деления.

Потенциал расширения гидроэлектростанций практически исчерпан, дальнейшее затопление больших территорий не допустимо.

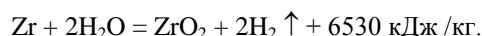
Прирост мощностей за счёт выработки электроэнергии на угольных и газовых станциях экологически неприемлем – огромный выброс CO_2 , велика доля отходов.

Солнечная и ветровая энергетика имеют ряд объективных ограничений для развития: большие инвестиционные затраты (батареи), большая материалоемкость, непостоянство выработки, негативное влияние на здоровье людей, затенение больших территорий, деградация отведённых под строительство территорий. Выработка энергии от ветра обычно составляет 25-35 % времени эксплуатации, а от Солнца – от 10 до 25 % времени эксплуатации.

Атомная энергетика дешёвая, экологичная (не создаёт парниковый эффект), безопасная, огромная энергоёмкость используемого топлива (затраты на перевозку топлива минимальны), возможна наработка нового топлива (бридеры) [13].

Параметры АЭС с водо-водяными реакторами обычно не превышают $330\text{ }^\circ\text{C}$ и 7,0 МПа. КПД у водо-водяных АЭС доходит до 35 %. Недостатками АЭС с водо-водяными реакторами на тепловых нейтронах (ВВЭР) являются: неблагоприятные последствия в случае запроектной аварии с учётом вступления в реакцию циркония с водой, т.к. в процессе реакции выделяется водород и огромное количество тепла; невозможность поднятия температуры топливной таблетки, изготовленной из оксида урана, в связи с малым коэффициентом её теплопроводности; невозможность осуществления замкнутого топливного цикла; низкий КПД АЭС.

Известно, что оболочки твэлов в ВВЭР изготавливаются из сплава циркония с ниобием. При температуре $1200\text{ }^\circ\text{C}$, которая достигается в процессе остаточного тепловыделения в случае запроектной аварии, произойдет экзотермическая реакция между цирконием и водой:



Для расчёта выбран ВВЭР-1000. С учетом массы циркония – 22 600 кг, находящимся в реакторе, выделится около 993 кг водорода и 148 ГДж тепла за счет реакции замещения, а также 140 ГДж тепла за счет последующего сгорания водорода в воздухе. Выделившаяся энергия эквивалентна энергии взрыва 69 тонн тротила. В случае заprojektной аварии будет разрушена защитная оболочка реакторного цеха и произойдет значительное заражение местности продуктами расщепления ядерного топлива. Частично сценарий реализовался на АЭС в городах Фукусима (Япония), Чернобыль (СССР) и Три-Майл Айленд (США).

Эксплуатирующийся в настоящее время реактор БН-800 имеет следующие характеристики: КПД 39,4 %, давление в первом и втором контурах, близкое к атмосферному, теплоноситель первого и второго контуров – натрий, температура на входе в теплообменник первого контура 547 °С, температура на выходе из теплообменника второго контура 505 °С, давление в третьем контуре 140 атм., теплоноситель третьего контура – вода. Внутриконтурные детали реактора БН-800 изготавливаются из нержавеющей стали и циркония. Реактор работает на быстрых нейтронах, следовательно, возможно сжигание в реакторе, в том числе и изотопа U^{238} ; появляется возможность осуществления замкнутого топливного цикла [1, 4, 12]. Недостатки данного технического решения: использование натрия в качестве теплоносителя первого и второго контуров, являющегося пожароопасным металлом; невозможность увеличения температуры первого контура до высоких температур, так как температура кипения натрия равна 883 °С; проблема сохранения целостности твэлов при больших флюенсах, что приводит к невозможности большого выгорания топлива при существующей конструкции; низкий коэффициент воспроизводства; высокий удельный показатель металлоёмкости; ограниченный ресурс работы АЭС; низкий КПД АЭС.

КРБН лишён этих недостатков.

Самое экономически выгодное и безопасное направление развития – высокотемпературные керамические реакторы на быстрых нейтронах (КРБН), которые безопасные, экологичные, могут «сжигать» U^{238} и нарабатывать плутоний, КПД АЭС с КРБН увеличивается до 75 %.

Для повышения температуры теплоносителей первого и второго контуров соответственно до температур 1250 °С и 1150 °С необходимо применение композиционных керамических материалов в качестве материала для изготовления деталей первого и горячей части второго контура.

На рисунке 1 приводится общая схема АЭС с КРБН.

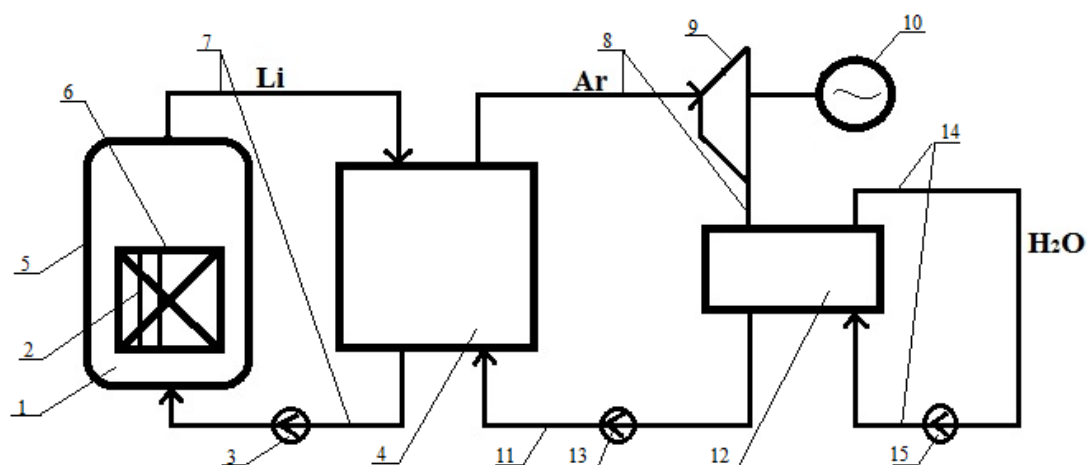


Рис. 1. Схема АЭС с КРБН: 1 – реактор, 2 – твэл, 3 – электрический насос, 4 – литий-аргонный теплообменник, 5 – корпус реактора, 6 – внутриконтурные детали, 7 – трубопроводы первого контура, 8 – горячая часть трубопровода второго контура, 9 – газовая турбина, 10 – генератор, 11 – холодная часть трубопровода второго контура, 12 – аргонно-водяной теплообменник, 13 – электрический насос второго контура, 14 – трубопровод третьего контура, 15 – насос для циркуляции воды в третьем контуре

Работает АЭС с керамическим реактором на быстрых нейтронах (1) следующим образом. Уран 238 и плутоний расщепляются при поглощении быстрых нейтронов в таблетках из нитрида урана или смеси нитрида урана с нитридом и оксидом плутония, с выделением энергии. Затем нагреваются стенки твэлов (2), изготовленные из материала на основе ингибированного композиционного керамического материала на основе C-SiC или ингибированного керамического материала на основе SiC-SiC, их температура около 1250 °С. Далее тепло передаётся к жидкому Li^7 теплоносителю первого контура, который нагревается до 1200 °С, Li^7 и перекачивается электрическим насосом (3) к литий-аргонному теплообменнику (4) и обратно в реактор; корпус реактора (5), чехлы твэлов, внутриконтурные детали (6), трубопроводы первого контура (7), горячая часть трубопровода второго контура (8), литий-аргонный теплообменник изготовлены из материалов на основе ингибированного композиционного керамического материала на основе C-SiC или ингибированного

керамического материала на основе SiC-SiC. В литий-аргонном теплообменнике литий передаёт тепло аргону, который нагревается до температуры 1150 °С и по трубопроводам горячей части второго контура подаётся в газовую турбину (9), где он отдаёт энергию турбине, при этом генератором (10) вырабатывается электроэнергия. Затем аргон по холодной части трубопровода второго контура (11) направляется в аргонно-водяной теплообменник (12), где он нагревает воду до 90 °С; далее аргон перекачивается электрическим насосом (13) снова попадает в литий-аргонный теплообменник, где он снова нагревается, а нагретая вода по трубопроводам третьего контура (14) подаётся на отопление зданий и сооружений; аргонно-водяной теплообменник и трубопроводы третьего контура изготавливаются из металла; далее вода, после передачи тепла зданиям и сооружениям вода с помощью электрического насоса (15) возвращается в аргонно-водяной теплообменник для повторного нагрева, при необходимости, возможно, добавлять воду в третий контур для компенсации её потерь [14].

КРБН имеет ряд преимуществ по сравнению с атомными реакторами на быстрых нейтронах, использующими в качестве топлива оксид и карбид урана, в качестве теплоносителя 1-го контура – натрий и свинец, а в качестве стенок твэлов – нержавеющей сталь.

В целях повышения энергетической безопасности мира в ядерной энергетике должны использоваться технологии нового поколения и замкнутый топливный цикл с реакторами на быстрых нейтронах с расширенным воспроизводством. Это обеспечит неограниченность ресурса ядерного топлива за счет перехода от использования изотопа U^{235} к использованию естественного урана, тория и плутония. Известно, что на земном шаре U^{238} в 143 раза больше, чем U^{235} . Огромное количество обеднённого урана ждёт своего часа вовлечения в хозяйственный оборот.

Реакторы на быстрых нейтронах в процессе работы вырабатывают не только электроэнергию и тепло, но и плутоний для ядерного оружия, их также можно использовать для уничтожения долгоживущих высокоактивных отходов.

При переходе от быстрых реакторов с натриевым теплоносителем БН к КРБН можно добиться улучшенных технико-экономических показателей.

Поставленные задачи решаются за счет того, что «керамизация» реактора позволит поднять температуру защитного чехла твэла с 720 °С до 1250 °С, а температуру теплоносителя на выходе из реактора – с 540 °С до 1200 °С. Температура аргона при выходе из теплообменника составит около 1150 °С, что приведет к повышению КПД АЭС с реактором КРБН-1000 до 75 %.

Конструкция КРБН позволит удешевить строительство, повысить единичную мощность реактора и основных компонентов энергоблока.

Исключение циркония, натрия, свинца и воды из внутрореакторного пространства повысит безопасность АЭС. В качестве ядерного топлива вместо оксида или карбида урана предлагается топливо на основе нитридов урана или нитрида урана и плутония. Вместо пожароопасного натрия и высокотемпературно-расплавляемого свинца в качестве теплоносителя первого контура предлагается Li^7 . Разделяя природный литий на Li^6 и Li^7 , первый изотоп целесообразно будет использовать в термоядерной энергетике и в оборонных целях, а второй изотоп – в атомной энергетике [15].

Высокая ядерная плотность нитрида урана (UN) при его использовании имеет преимущество перед топливом из карбида и оксида урана (см. таблицу 1). При использовании UN повышается эффективность использования первичного топлива и коэффициент воспроизводства вторичного топлива [16].

Таблица 1

Физико-механические свойства оксида, нитрида и карбида урана

Виды топлива	Плотность, г/см ³	Теплопроводность, Вт/м*К	Прочность на растяжение, МПа	Температура плавления, °С	α 10 ⁻⁶ °С ⁻¹
Оксид урана UO ₂	10,9	8,4 при 45 °С 2,6 при 1400 °С	8	2750	10
Нитрид урана UN	14,32	24 при 1200 °С	15	2850	10
Карбид урана UC	13,63	32,7 при 45 °С 23,6 при 2300 °С	13	2400	10

Высокий коэффициент теплопроводности UN позволит увеличить тепловые нагрузки в твэлах.

UN имеет высокую размерную стабильность при облучении, и его использование в ядерных реакторах позволяет достигнуть глубокого выгорания и, следовательно, снизить стоимость ядерного топливного цикла. Характерными особенностями простых и смешанных нитридов урана и плутония являются: высокая, по сравнению с оксидами, теплопроводность; повышенная плотность и лучшая способность к удержанию газообразных продуктов деления (ГПД) и снижению давления газа под оболочкой твэла.

Температура топлива из UN является более низкой по сравнению с температурой оксидного топлива при одинаковом объемном энерговыделении, что позволяет уменьшить выделение ГПД в процессе облучения.

Рабочая температура нитридного топлива существенно ниже его допустимой предельной температуры

эксплуатации. Более высокая плотность топлива из UN по сравнению с оксидным и карбидным топливом может при более низком обогащении приводить к большим скоростям расширенного воспроизводства, более короткому времени удвоения и большей длительности кампании топлива.

Совместимость топлива из UN с литиевым теплоносителем повышает безопасность работы КРБН.

Существует возможность изготовления не цилиндрических твэлов, а изготовление твэлов, например, шестигранной формы, при этом возможно увеличения соотношения «топливо: теплоноситель», а это, в свою очередь, приведёт к созданию в реакторе более жёсткого спектра нейтронов и соответственно меньшего их «нецелевого» использования, следовательно, коэффициент воспроизводства будет высоким.

Конструкция твэлов изменяется – увеличивается диаметр топливных таблеток и их высоты, что приведёт к их меньшему количеству, следовательно, к удешевлению изготовления, а также повышению коэффициента воспроизводства топлива.

За счёт увеличения температуры периферийной поверхности таблетки из нитрида урана по сравнению с температурой периферийной поверхности таблетки из оксида урана из-за резкого увеличения световой составляющей передача тепла к оболочке твэла существенно увеличится, несмотря на увеличение зазора между периферийной поверхностью таблетки и внутренней стенкой чехла твэла. Это позволит без потери тепловой эффективности резко увеличить объём для накопления газов, образующихся при расщеплении ядерного топлива, и не позволит создать большое давление газов внутри твэла. Также сохранится возможность набухания топлива без возможности контакта его с защитным чехлом. Увеличение диаметра топливных таблеток и, следовательно, изменение пропорции «топливо-теплоноситель» при применении Li^7 в качестве теплоносителя, сохранит «быстрый» спектр нейтронов в реакторе. Оптимальная высота таблеток лежит в диапазоне 5-100 мм. Если высота меньше 5 мм, то это приведет к увеличению количества таблеток, а таблетки высотой более 100 мм не технологичны. Оптимальный диаметр таблетки составляет 10-40 мм. Если диаметр меньше 10 мм, это приведет к увеличению количества таблеток, а в таблетках с диаметром более 40 мм будет перегреваться центр таблетки.

Изготавливаемые в настоящее время из сплава циркония оболочки твэлов и внутрикорпусные детали в реакторах (концевики твэлов и твэгов, дистанционные решётки тепловыделяющих сборок (ТВС), труба под сборку внутриреакторных детекторов (СВРД), труба центрального и канал направляющих) предлагается изготовить из материала на основе ингибированных материалов систем C-SiC и SiC-SiC.

Ингибированные материалы применяются с целью увеличить ресурс работы. Эти материалы имеют высокую химическую стойкость к H_2O , Na, K, Pb, Li и др.; высокую радиационную; сохраняют высокую прочность вплоть до температуры 1500 °С; из них возможно изготовить газонепроницаемые оболочки твэлов; SiC имеет высокую температуру плавления 2730 °С [8, 11].

Сечение захвата нейтронов у карбида кремния на порядки меньше, чем сечение захвата нейтронов у циркония, указанных в таблице 2.

Таблица 2

Сечение захвата нейтронов

Элемент	Сечение захвата нейтронов, барн
Цирконий	5
Кремний	0,13
Углерод	0,003

Эффективность использования нейтронов в КРБН резко возрастает.

Создание замкнутого топливного цикла позволит использовать U^{238} , находящийся в отработанном ядерном топливе и в обедненном гексафториде урана, оставшимся после обогащения. Уже произведённого обедненного урана хватит на много сотен лет [8].

Использование КРБН позволит увеличить глубину выгорания ядерного топлива и довести коэффициент воспроизводства до 1,45.

КРБН обеспечит новый уровень экологической безопасности за счет многократного снижения объемов отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов. Отходы будут «сжигаться» в КРБН. КРБН позволит увеличить срок службы АЭС до 100 лет, так как керамические композиционные материалы не ржавеют и практически не деградируют при облучении.

Использование Li^7 в качестве теплоносителя первого контура позволит поднять температуру теплоносителя на выходе из реактора до 1200 °С (температура кипения лития 1330 °С). Низкая температура плавления лития (180 °С) и его высокая температура кипения (1330 °С), малая упругость паров положительно влияют на безопасность реактора.

Ртуть, калий и натрий имеют температуру кипения существенно ниже 1200 °С, соответственно, эти материалы невозможно использовать в КРБН при высоких температурах.

Свинцово-висмутовая эвтектика имеет недостаток из-за превращения висмута при взаимодействии с нейтронами в высокорadioактивный полоний. Свинец требует высоких энергозатрат для его перекачки в первом контуре. Оксиды свинца активно взаимодействуют со многими материалами, в том числе с

керамическими, что затрудняет использование свинца в качестве теплоносителя 1-го контура. Проблема разогрева большого количества свинца для его плавления перед пуском реактора является сложной технической задачей (температура плавления свинца 327 °С) [6, 7].

Допустимые тепловые потоки за счёт высокого коэффициента теплопроводности лития практически не ограничивают критические тепловые нагрузки.

Литий является одноатомным металлом, поэтому проблем радиационных нарушений в теплоносителе не возникает. Li⁷ в реакторе не активируется. Литий более инертный материал и менее пожароопасный чем натрий и калий. Высокая электрическая проводимость лития позволяет использовать герметичные электронасосы постоянного и переменного тока. Литий – относительно дешёвый металл. Теплопроводность лития в 3,5 раза больше теплопроводности свинца, его теплоемкость в 27 раз больше теплоемкости свинца, к тому же литий более распространен в земной коре, чем свинец, что является преимуществами при использовании лития в качестве теплоносителя первого контура.

Объемная теплоемкость расплавленных металлов представлена в таблице 3.

Таблица 3

Теплоноситель	C _{py} , ккал/м ³ °С	
	t = 300 °С	t = 500 °С
Литий	618	505
Натрий	274	250
Сплав Na-K	169	157
Сплав Pb-Bi	366	354

При одинаковом гидравлическом сопротивлении контура, учитывая малую плотность лития, скорость лития примерно равна скорости Na или Na-K и примерно в 4 раза выше, чем расплава эвтектики Pb-Bi.

Литий имеет большую по сравнению с другими теплоносителями величину C_{py}·W, где (C_{py} – теплоёмкость, W – скорость), приведенную в таблице 4.

Таблица 4

Теплоноситель	Величина C _{py} ·W
	C _{py} ·W, ккал/м ³ ·сек °С при t = 500 °С
Литий	3530
Натрий	1750
Сплав Na-K	1100
Сплав Pb-Bi	620

Величина C_{py}·W имеет исключительно большое значение при конструировании ядерных энергетических транспортных установок в силу следующих обстоятельств:

а) пропорционально величине C_{py}·W имеется возможность снизить проходные сечения всего тракта первичного теплоносителя и, следовательно, сократить габарит и вес, а также упростить компоновку оборудования.

Литий позволяет сократить проходное сечение первичного контура при одинаковой мощности реактора и одинаковом подогреве ориентировочно по сравнению с натрием в 2,2 раза, со сплавом Na-K в 3,6 раза, эвтектикой Pb-Bi в 6,7 раза.

Большая для лития объёмная теплоемкость позволяет снизить пропорционально расход теплоносителя и снизить в затраты энергии на перекачивание теплоносителя в первом контуре;

б) большая для Li величина C_{py}·W особенно большое значение имеет для теплосъёма непосредственно в реакторе, поскольку прямо пропорционально C_{py}·W может быть уменьшено проходное сечение для теплоносителя в активной зоне при одинаковом подогреве теплоносителя и, следовательно, увеличена доля объема активной зоны, занимаемой замедлителем. Переход к литиевому теплоносителю даст, очевидно, за счет этого большую экономию в загрузке U²³⁵ по сравнению с натриевым или свинцово-висмутовым теплоносителем.

Уменьшение проходного сечения для теплоносителя в торцевых экранах (характерно практически для всех конструкций реакторов наличие потока теплоносителя в торцевых экранах) даёт улучшение торцевых экранов, что благоприятно скажется на величине загрузки по U²³⁵, а также на равномерности поля тепловыделения в активной зоне;

в) при сохранении для различных жидкометаллических теплоносителей одинакового проходного сечения в активной зоне реактора в случае применения литиевого теплоносителя, возможно, уменьшить температурный перепад между входом и выходом теплоносителя пропорционально C_{py}·W (в 2,2 раза по сравнению с Na, в 6,7 раза по сравнению с Pb-Bi). При одинаковой средней выходной температуре

теплоносителя указанное значительно увеличивает среднелогарифмические температурные перепады между первичным и вторичным теплоносителями. Это позволяет существенно уменьшить теплообменную аппаратуру, т.е. существенно уменьшить габариты и вес установки;

г) одновременно снижение температурного перепада теплоносителя между входом и выходом приводит к снижению максимальной температуры на стенке тепловыделяющего элемента при одинаковой средней температуре на выходе, поскольку превышение максимальной температуры теплоносителя на выходе над средней пропорционально Δt °С. Это обстоятельство имеет большое значение, поскольку хорошее выравнивание поля энерговыделения, особенно для малогабаритных гомогенных энергетических аппаратов весьма актуально;

д) большое значение $C_{py} \cdot W$ для лития дает больший, чем для других жидких металлов, простор при конструировании тепловыделяющих элементов, поскольку позволяет рассматривать тепловыделяющие элементы фильдовского типа.

Высокая теплопроводность лития в сочетании с высокой весовой теплоемкостью обеспечивает хорошие коэффициенты теплоотдачи к литию. В таблице 5 приводится сравнение для коэффициента теплоотдачи по отношению к литию, натрия и Pb-Bi при скоростях Li и Na $W = 7$ м/сек и скорости Pb-Bi $W = 2$ м/сек в ккал/м·час.

Таблица 5

Коэффициенты теплоотдачи

Теплоносители	t = 300 °С		t = 500 °С	
	d = 5·10 ⁻³ м	10·10 ⁻³ м	5·10 ⁻³ м	10·10 ⁻³ м
Литий	63100	48,300	61,700	45,600
Натрий	58200	39,200	49,200	33,400
Эвтектика Pb-Bi	15200	11,000	17,300	12100

Большие коэффициенты теплоотдачи для Li обеспечивают малые перепады температур между поверхностью тепловыделяющего элемента и теплоносителем и ведут к снижению максимальной температуры ТВЭЛ. Большие коэффициенты теплоотдачи для лития дают возможность уменьшить перепад между температурой оболочек тепловыделяющих элементов и литием.

Литий обладает достаточно хорошей электропроводностью и для лития, как и для натрия, могут быть созданы электромагнитные насосы с достаточно высоким КПД. Учитывая меньшие необходимые расходы для заданной установки, электромагнитный насос для лития окажется более простым.

Литий выгодно отличается от натрия тем, что Li⁷, на применение которого в качестве теплоносителя необходимо ориентироваться, не дает γ -активности при облучении его нейтронами. В результате этого литиевый контур не требует мощной защиты, которая необходима в случае использования натрия, значительно увеличивающего вес всей энергетической установки.

Литий, обладая малым удельным весом, даже при применении значительных объемов его, не дает заметного увеличения веса установки. Этот факт имеет немаловажное значение, в сравнении с применением в качестве теплоносителя Pb-Bi.

Литий является самым неактивным элементом из всех щелочных металлов. «литиевая» энергетическая установка будет более надежной и безопасной, чем при применении натрия или Na-K в качестве теплоносителя.

Литий в отличие от Pb-Bi сплава не даст α -активных аэрозолей, что позволяет упростить конструирование и эксплуатацию установки. Литий не взаимодействует с ингибированным карбидом кремния при температуре до 1300 °С. Литий обладает очень высокой скрытой теплотой испарения, это показано в таблице 6 [5].

Таблица 6

Теплота испарения

Температура, °С	Давление, атм.	Скрытая теплота испарения 1 кг лития, ккал/кг
1336	1	4680
1540	10	4100
1620	25	3800
1682	50	3500
1718	75	3300

Для испарения лития требуется значительное количество энергии, это также повышает безопасность АЭС.

Физические свойства жидкометаллических теплоносителей натрия, свинца и лития приведены в таблице 7.

Таблица 7

Физические свойства жидкометаллических теплоносителей

Параметры	Натрий	Свинец	Литий
Плотность при 450 °С, кг/м ³	845	10470	483
Температура, °С			
плавления	97,8	327,4	180
кипения	883	1737	1330
Теплопроводность при 450 °С, Вт/(м·К)	68,9	15,7	54,4
Теплоемкость при 450 °С, кДж/(кг·К)	1,272	0,155	4,181
Распространение в земной коре, %	2,85	1,6·10 ⁻³	2,1·10 ⁻³

Использование в качестве теплоносителя второго контура аргона позволит увеличить безопасность АЭС, так как исключена возможность контакта щелочного металла с водой [9].

Использование газовой турбины по сравнению с паровой турбиной позволит уменьшить габариты турбины; производить более быстрый запуск турбины; увеличить долговечность турбины за счет меньшей вибрации, а также меньшего количества трущихся деталей; уменьшить металлоемкость; повысить КПД.

Керамический композиционный материал на основе ингибированных C-SiC и SiC-SiC сохраняет высокую прочность при температурах до 1500 °С, радиационно-стойкие, инертные к расплаву лития, аргона и другим материалам [11].

Для повышения эффективности АЭС предусматривается возможность отопления зданий и сооружений третьим контуром, в качестве теплоносителя которого используется вода.

Переход к быстрым реакторам-бридерам наряду с тепловыми реакторами, а также переход на замкнутый топливный цикл позволит создать безопасную технологию получения энергии, в полной мере отвечающую требованиям устойчивого развития человеческого общества.

Технико-экономические показатели АЭС с реакторами БН-1200 и КРБН-1000 приведены в таблице 8 [3].

Таблица 8

Технико-экономические показатели

Технико-экономические показатели	Реактор БН-1200	Реактор КРБН-1000 (расчётные)
Коэффициент использования установленной мощности	0,9	0,95
КПД, %	45	75
Постепенное повышение выгорания МОКС-топлива с достигнутого уровня, %	20	40
Коэффициент воспроизводства	1,2	1,45
Снижение удельных показателей металлоемкости	1,7 раза	3 раза
Срок службы реактора	60	100

Оптимальное сочетание референтных и новых решений и возможность расширенного воспроизводства топлива позволяют отнести проект КРБН-1000 к ядерным технологиям четвертого поколения.

В городе Обнинске, где была построена Первая в мире АЭС, находится лучший университет в области атомной энергетики – Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ «МИФИ». В первом наукограде России – городе Обнинске находятся два Государственных Научных центра Российской Федерации, которые имеют компетенции по вышеуказанному направлению работ: Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского имеет огромный опыт работ по созданию реакторов на быстрых нейтронах; АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина» имеет многолетний опыт работ по созданию конструкционных керамических материалов, в том числе, в системах C- SiC и SiC-SiC.

Проведены предварительные оценочные работы по стойкости конструкционных керамических материалов в расплаве лития и стойкости материалов к радиационному облучению. Предварительные результаты работ обнадеживающие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонова, А.М. Атомные электростанции: учебное пособие / А.М. Антонова, А.В. Воробьев. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. – С. 275.
2. Бушуева, В.В. Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) / В.В. Бушуева, В.А. Каламанова. – Москва: ИЦ «Энергия», 2011. – 360 с.
3. Васильев, Б.А. Реактор на быстрых нейтронах БН-1200. / Б.А. Васильев // III Международный форум поставщиков атомной отрасли «АТОМЕКС 2011». – Москва, 2011. Режим доступа: http://www.atomeks.ru/old/mediafiles/u/files/presentA2011/Vasilev_B.A.pdf (дата доступа 16.04.2021).
4. Красин, В.П. Жидкометаллические теплоносители с точки зрения их совместимости с конструкционными материалами. / В.П. Красин, Е.В. Крылова, А.Ю. Музычка // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2016. – № 3. – С. 77-82.

5. Кузнецов, В.А. О возможности применения лития в качестве теплоносителя для малогабаритной транспортной энергетической установки / В.А. Кузнецов, Б.Ф. Громов, В.Я. Пупко. – Режим доступа: http://elib.biblioatom.ru/text/lider-komandnoy-igry_2007/go,92/ (дата доступа 13.04.2021).
6. Лазаренко, О.В. Система аварийного охлаждения реакторов на быстрых нейтронах. / О.В. Лазаренко, С.Е. Щеклеин // Сборник трудов конференции «Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – 2017. – С. 1039-1043.
7. Люблинский, И.Е. Физико-химические основы использования лития в жидкометаллических системах термоядерного реактора. / И.Е. Люблинский, А.В. Вертков, В.А. Евтихин // Вопросы атомной науки и техники. Серия: термоядерный синтез. – 2007. – № 4. – С. 13-44.
8. Магомедбеков, Э.П. Обедненный гексафторид урана – техногенное сырье для получения высокочистых неорганических фторидов. / Э.П. Магомедбеков, С.В. Чижевская, О.М. Клименко и др. // Атомная энергия. – 2011. – Том 111. – № 4. – С. 219-224.
9. Рабинович, В.А. Теплофизические свойства аргона. База данных по теплофизическим свойствам газов и их смесей, используемых в ЯЭУ. / В.А. Рабинович и др. // Государственная служба стандартных справочных данных в области использования атомной энергии. – Росатом. – НИЯУ МИФИ Головной научно-методический центр данных. – Режим доступа: <https://gsssd-rosatom.mephi.ru/DB-tp-02/Ar.php> (дата доступа 16.04.2021).
10. Смирнов, А. Энергосистема-2050: безуглеродное будущее. / А. Смирнов // Атомный эксперт – Обзор ИНОСМИ. – 2019. – № 8. – Режим доступа: https://atomicexpert.com/grid_2050_carbon-free_future (дата доступа 13.04.2021).
11. Сорокин, О.Ю. Высокотемпературные композиционные материалы с многослойной структурой (обзор). / О.Ю. Сорокин, Б.Ю. Кузнецов, Ю.В. Лунегова и др. // Электронный научный журнал «Труды ВИАМ». – 2020. – № 4-5. – С. 40-51.
12. Ташлыков, О.Л. Ядерные технологии: учебное пособие / О.Л. Ташлыков, С.Е. Щеклеин. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – С. 198.
13. Усынин, Г.Б. Реакторы на быстрых нейтронах / Г.Б. Усынин, Е.В. Кусмарцев. – Москва: Энергоатомиздат, 1985. – 289 с.
14. Шкарупа, И.Л. АЭС с керамическим реактором на быстрых нейтронах. / И.Л. Шкарупа, А.К. Хмельницкий // Россия. Заявка на изобретение № 2021106146 от 10.03.2021, G21D 1/00.
15. Юдицкий, В.Д. Контур с литиевым теплоносителем системы охлаждения ядерного реактора. / В.Д. Юдицкий, В.В. Синявский // Россия. Патент на изобретение № 2133512, G21D1/04, H01J45/00, заявка: 98107455/25, 13.04.1998, опубликовано: 20.07.1999.
16. Shepherd, D. Assessment of the readiness of advanced fuel and shell technologies for reactor systems of the third and fourth generation. Scientific portal "Atomic Energy 2.0". Available at: <https://www.atomic-energy.ru/articles/2014/04/01/47799> (accessed 16.04.2020.).

REFERENCES

1. Antonova A.M., Vorobyov A.V. Nuclear power plants: a textbook. Tomsk: Tomsk Polytechnic University Press, 2009, – p. 275.
2. Bushueva V.V., Kalamanova V.A. World Energy – 2050 (White Book). – Moscow: IC "Energiya", 2011. – 360 p.
3. Vasiliev B.A. Fast neutron reactor BN-1200. III International Forum of Suppliers of the nuclear industry "ATOMEX 2011". – Moscow, 2011. Electronic resource: http://www.atomeks.ru/old/mediafiles/u/files/presentA2011/Vasilev_B.A.pdf (accessed 16.04.2021).
4. Krasin V.P., Krylova E.V., Muzychka A.Yu. Liquid metal heat carriers from the point of view of their compatibility with structural materials. //Izvestiya SPbGETU LETI. – 2016. – № 3. – pp. 77-82.
5. Kuznetsov V.A., Gromov B.F., Pupko V.Ya. On the possibility of using lithium as a heat carrier for a small-sized transport power plant. Electronic resource: http://elib.biblioatom.ru/text/lider-komandnoy-igry_2007/go,92/ (accessed 13.04.2021).
6. Lazarenko O.V., Shcheklein S.E. System of emergency cooling of fast neutron reactors. // Proceedings of the conference "Energy and resource saving. Energy supply. non-traditional and renewable energy sources". – Yekaterinburg: Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin. – 2017. – p. 1039-1043.
7. Lublinsky I.E., Vertkov A.V., Evtikhin V.A. Physical and chemical bases of the use of lithium in liquid metal systems of a thermonuclear reactor. //Questions of atomic science and technology. Series: thermonuclear synthesis. – 2007. – № 4. – pp. 13-44.
8. Magomedbekov E.P., Chizhevskaya S.V., Klimenko O.M. Depleted uranium hexafluoride – technogenic raw materials for the production of high-purity inorganic fluorides. //Nuclear power. – 2011. – Vol. 111. – № 4. – pp. 219-224.
9. Thermophysical properties of argon. Database on the thermophysical properties of gases and their mixtures used in nuclear power plants. //State Service of Standard reference Data in the field of Nuclear Energy Use. – Rosatom. – MEFPI is the main Scientific and Methodological Data Center. Electronic resource: <https://gsssd-rosatom.mephi.ru/DB-tp-02/Ar.php> (accessed 16.04.2021).
10. Smirnov A. Power System-2050: carbon-free future. // Atomic Expert-Review of INOSMI – 2019. – № 8. Electronic resource: https://atomicexpert.com/grid_2050_carbon-free_future (accessed 13.04.2021).
11. Sorokin O.Yu., Kuznetsov B.Yu., Lunegova Yu.V. High-temperature composite materials with a multilayer structure (review). // Electronic scientific journal "Trudy VIAM". – 2020. – № 4-5. – p. 40-51.
12. Tashlykov O.L., Shcheklein S.E. Nuclear technologies: a textbook. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2018. – p. 198.
13. Usynin G.B., Kusmartsev E.V. Fast neutron reactors. – Moscow: Energoatomizdat, 1985. – 289 p.
14. Shkarupa I.L., Khmel'nitsky A.K. NPP with a ceramic reactor on fast neutrons. // Russia. Application for invention № 2021106146 of 10.03.2021, G21D 1/00.
15. Yuditsky V.D., Sinyavsky V.V. Circuit with lithium coolant of the nuclear reactor cooling system. Russia. Patent for invention № 2133512, G21D1/04, H01J45/00. Application: 98107455/25, 13.04.1998. Date of publication: 20.07.1999.

16. Shepherd, D. Assessment of the readiness of advanced fuel and shell technologies for reactor systems of the third and fourth generation. Scientific portal "Atomic Energy 2.0". Available at: <https://www.atomic-energy.ru/articles/2014/04/01/47799> (accessed 16.04.2020.).

Материал поступил в редакцию 22.02.22

CERAMIC HIGH-TEMPERATURE FAST NEUTRON REACTOR

I.L. Shkarupa¹, A.K. Khmelnitsky², M.I. Shkarupa³

¹ Candidate of Technical Sciences, Head of the Innovation analysis Group, ² Deputy General Director for Scientific and Innovative Activities, ³ Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

^{1,2} JSC "ONPP Technology" named after A.G. Romashin",

³ Obninsk Institute of Atomic Energy, NRU MEPhI, Russia

Abstract. *The article suggests using uranium nitride as a fuel, Li⁷ as a primary coolant, Ar as a second-circuit coolant, and H₂O as a third-circuit coolant. The reactor vessel, the internal parts, the first and the hot part of the second circuit are proposed to be made of high-temperature ceramic composite materials of C-SiC systems or inhibited ceramic material based on SiC-SiC, resistant to lithium melt at temperatures up to 1250 °C. The efficiency of nuclear power plants increases to 75 %.*

Keywords: *nuclear reactor, uranium nitride, structural ceramics, C-SiC system, lithium coolant.*

Agricultural sciences
Сельскохозяйственные науки

УДК 664.8/9

СУБЛИМАЦИОННАЯ СУШКА ЯГОД**С.Г. Каманова¹, Д.Б. Тоймбаева², Г.Х. Оспанкулова³**^{1,2} докторант PhD, ³ кандидат биологических наук,^{1,2} Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства, Китай³ Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина (Нур-Султан), Казахстан

***Аннотация.** В статье изложен литературный обзор, касающийся различных видов сушки продуктов; акцентировано на вакуумной сублимационной сушке. Несмотря на свою дороговизну, этот вид сушки является наиболее перспективным и обеспечивает структурную целостность и сохранение большинства исходных свойств сырья, таких как форма, аромат, цвет, вкус, текстура, питательная ценность, витамины и минералы.*

***Ключевые слова:** ягоды, сушка, сублимация.*

Фрукты и ягоды необходимы в рационе человека из-за содержания в них витаминов, минералов и антиоксидантов, и эти свойства следует сохранять при агропромышленной переработке [12]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) поощряет потребление 400 г фруктов в день [18, 19]. Однако скорая порча и сезонная доступность многих фруктов означает, что они не всегда доступны потребителям. Для решения этой проблемы промышленность часто предлагает переработанные фрукты, которые частично или полностью утратили свои физические, нутрицевтические и питательные свойства [29].

Собранные продукты садоводства – это живые ткани, метаболизм которых продолжается после сбора урожая. Они подвержены дыханию, потере воды и размягчению клеток на протяжении всей послеуборочной системы. Срок хранения продукта зависит от его вида, сорта и условий перед сбором урожая, особенно от качества и зрелости. Однако существует возможность контролировать срок хранения и качество продукции с помощью послеуборочного управления двумя наиболее важными факторами – дыханием и транспирацией. И то, и другое должно быть ограничено, но не остановлено, и надлежащий контроль температуры и относительной влажности является ключевым для максимального увеличения срока хранения и сохранения качества [6].

Свежие ягоды, содержащие биологически активные соединения, в естественных условиях являются скоропортящимися. Сушка – одна из самых эффективных методов обработки для продления срока хранения ягодных продуктов, при этом питательные вещества и активные компоненты ягод могут быть сохранены в значительной степени. Однако вкус и текстура конечного продукта значительно коррелируют в зависимости от методов сушки. Важно исследовать влияние различных методов сушки ягод на качество ягод для улучшения технологии и эффективности сушки [5, 6, 21, 33, 38].

Сушка ягод горячим воздухом является традиционным, самым простым и экономичным способом сушки продукта. Данный способ используют для сушки фруктов и овощей [19]. При сушке горячим воздухом основным способом передачи тепла является конвекция. В системах такого типа на скорость и общее время сушки могут влиять четыре основных фактора: физические свойства пищи (размер частиц и геометрия), физические свойства воздуха (температура, влажность, скорость) и конструктивные характеристики сушильного оборудования [9, 19]. Основными недостатками сушки горячим воздухом являются: неравномерность, получаемая в высушенном образце, более медленная скорость сушки по сравнению с другими методами, а также качество получаемого продукта. Исследования показали, что вкус, цвет и общее качество сушеных ягод можно улучшить с помощью альтернативных методов, к примеру, таких как сочетание горячего воздуха и микроволн [34].

Янг и др. сравнили метод сублимационной сушки, метод сушки с циркуляцией горячего воздуха, метод сушки в вакууме и метод сушки горячим воздухом с микроконвекцией во время процесса сушки черники [39]. Установлено, что в условиях сублимационной сушки в чернике в максимальной степени сохраняется содержание витамина А, витамина С, ниацина, а также не изменяется цвет, а лиофилизированные продукты имеют более высокую скорость регидратации и более низкую насыпную плотность. Mejía-Meza et al. [17] обнаружили, что по сравнению с вакуумной сушкой и сушкой горячим воздухом наименьшая потеря фенольных веществ (эллаговая кислота, кверцетин, флоридин, нарингин, кемпферол и антоцианы) была

обнаружена при сублимационной сушке. Таким образом, антиоксидантная способность ягод может быть сохранена в большей степени.

Микроволновая сублимационная сушка – это технология, которая использует микроволновый нагрев вместо нагрева горячей плиты и ускоряет скорость сушки за счет характеристик вращения диполя и ионной проводимости в электромагнитном поле. В настоящее время технология микроволновой сублимационной сушки применяется для сушки овощного супа быстрого приготовления [22, 24], картофеля и бананов [10] и позволяет ускорить сушку и снизить энергопотребление.

Микроволновый нагрев обеспечивает подачу энергии, которая не только практически не зависит от сухих слоев материала, подвергающихся вакуумной или сублимационной сушке, но и поглощается в основном во влажной области [33]. Поскольку замороженная область обладает высокой теплопроводностью, микроволновая энергия помогает сублимации сократить время сушки до 60-75 % [20, 25]. Кроме того, по сравнению с обычной сублимационной сушкой, сублимационная сушка с использованием микроволновой печи приводит к получению продуктов аналогичного или даже более высокого качества [2]. Тем не менее, микроволновая сублимационная сушка все еще не получила широкого применения в промышленности, поскольку есть еще множество технических проблем, например, коронные разряды, плавление и перегрев замороженного ядра, неравномерный нагрев и т.д. Кроме того, затраты на процесс не всегда ниже, чем при обычной сублимационной сушке. Неравномерность распределения электромагнитного поля в сушильной камере является недостатком метода сушки с использованием микроволновой печи.

При адсорбционной сублимационной сушке используется осушитель (например, силикагель) для создания высокого парообразования при низких температурах [14]. Адсорбент заменяет конденсатор и позволяет снизить общие затраты на 50 % по сравнению с традиционной сублимационной сушкой. Несмотря на множество преимуществ по сравнению с обычной сублимационной сушкой [3], качество адсорбционных сублимированных продуктов несколько снижается, а иногда и ухудшается по сравнению с качеством продуктов, получаемых при традиционной сублимационной сушке.

Псевдооживленную атмосферную сублимационную сушку можно определить тремя словами: адсорбция, псевдооживление и атмосферное давление [4]. Сокращение составляет примерно 34 % по сравнению с вакуумной сублимационной сушкой [36]. Однако время сушки увеличивается в 1,5-3 раза, так как использование атмосферного давления переключает управление процессом с тепломассообмена на массообмен, что делает кинетику чрезвычайно медленной. Кроме того, когда вместо вакуума используется атмосферное давление, качество продукции ухудшается, поскольку повышается риск разрушения продукта [37].

Вакуумная сублимационная сушка, или лиофилизация характеризуется высокой скоростью сушки, дефицитом кислорода и низкой температурой сушки, благодаря чему обеспечивается структурная целостность и сохранение большинства исходных свойств сырья – форма, аромат, цвет, вкус, текстура, биологическая активность, питательная ценность, витамины и минералы. Вещества, растворенные в воде, осаждаются в процессе сублимации, а неорганические соли, растворенные в воде, присутствуют равномерно, что позволяет избежать явления потери питательных веществ, вызываемой миграцией внутренней влаги на поверхность в обычном методе сушки [13].

Вакуумная сушка обладает различными преимуществами, в основном, обеспечивая температуру продукта ниже, чем при обычных методах сушки, и предотвращая контакт с воздухом, что может уменьшить окисление продукта. Вакуумная сушка применяется для обезвоживания цитрусовых соков, яблочных хлопьев и различных термочувствительных продуктов, в которых важно сохранение аскорбиновой кислоты [26].

В таблице 1 приведен анализ по существующим технологиям сублимационной сушки ягод.

Таблица 1

Анализ научно-технической литературы по существующим технологиям сублимационной сушки ягод

Метод	Достоинства	Недостатки	Автор
Сушка горячим воздухом	Экономичный процесс	Неравномерность, получаемая в высушенном образце, более медленные скорости сушки по сравнению с другими методами сушки.	Jayaraman K.S.; Das Gupta D.K. (1995); Grabowski S. и др. (2003).
Микроволновая сублимационная сушка	Продукты высокого качества	Может возникнуть множество технических проблем (например, коронные разряды, плавление и перегрев замороженного ядра, неравномерный нагрев и т.д.). Неравномерность распределения электромагнитного поля в сушильной камере.	Peltre R.P. и др. (1977); Barrett A.H. и др. (1997).
Адсорбционная сублимационная сушка	Недорогой процесс, затрачивается меньше времени на сушку продукта.	Качество адсорбционных сублимированных продуктов несколько снижается, а иногда и ухудшается за счет применения сорбентов.	Bell G.A., Mellor J.D. (1990a). Bell G.A., Mellor J.D. (1990b).

Окончание таблицы 1

Метод	Достоинства	Недостатки	Автор
Псевдооживленная атмосферная Сублимационная сушка	Благодаря псевдооживленному слою процесс заморозки идет быстрее.	Качество продукции не является превосходным, появляются большие повреждения продукта, использует большое количество абсорбента	Lombran`a J.I., Villar`an, M. (1997)
Вакуумная сублимационная сушка	Обеспечивается структурная целостность и сохранение большинства исходных свойств сырья – форма, аромат, цвет, вкус, текстура, биологическая активность, питательная ценность, витамины и минералы.	Дорогостоящий процесс	Sokhansanj S.; Jayas D.S (1995), B.A. Ермолаев (2011).

Далее наши исследования останутся более подробно на сублимационной сушке так как она является наиболее новой технологией в области консервирования пищевых продуктов. В первую очередь, данный метод был разработан для фармацевтической промышленности и сушки лекарств. В упрощенном виде сублимационная сушка представляет собой процесс сушки, при котором вода удаляется путем сублимации льда из ранее замороженного продукта [35]. Поскольку продукт обезвоживается в вакууме в замороженном состоянии, при температуре ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на заключительной стадии сушки (отделение связанной воды) температура в вакууме не превышает $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, продукт практически сохраняет свою структуру и форму, химический состав.

По сравнению с другими процессами сушки сублимационная сушка имеет много преимуществ. Хорошо известно, что фрукты [19], ягоды [11], овощи [23] имеют огромное значение для жизни и здоровья человека. Одним из наиболее важных эффектов в профилактике коронарного атеросклероза и других болезней является содержание в них волокон. Питательные вещества и витамины растворяются в продукте с высоким содержанием влаги, поэтому они могут легко и эффективно использоваться человеческим организмом. Только в последние десятилетия научные исследования были сосредоточены на биологически активных соединениях, таких как микроэлементы и фенольные соединения, которые также обладают антиоксидантными свойствами. Одна из самых важных задач в производстве продуктов питания – это сохранение этих ценных соединений. К сожалению, витамины, антиоксиданты, ароматизаторы и другие органические соединения не устойчивы к тепловым воздействиям, поэтому в некоторых традиционных технологиях обработки пищевых продуктов происходит значительная потеря конечного продукта.

В европейских странах, США, Канаде, Китае продукты сублимационной сушки (freeze-dried продукты) занимают в магазинах отдельные полки, являясь конечным продуктом для покупателя.

Экономические работы, проведенные в Молдавском научно-исследовательском институте, показали, что при использовании способов интенсификации процесса сублимационной сушки с помощью электрических и магнитных полей на установках периодического действия затраты на переработку 1 кг сырья можно уменьшить на 10-30 %. В работе В.В. Пойманова и Д.В. Воробьева освещено, что сушка сублимацией – один из наиболее эффективных методов консервирования продуктов, предназначенных для длительного хранения. Высокое качество продуктов сублимационной сушки общепризнано – материалы сохраняют объем, цвет, вкус, биологическую активность в большей степени, чем при других методах сушки. Это достигается специфическими условиями, при которых основное количество влаги удаляется путем возгонки льда в замороженном состоянии, что очень важно для термолабильных материалов [1].

Новое исследование, проведенное сертифицированной компанией ESOMAR по исследованию рынка и консалтингу, прогнозирует, что рынок замороженных сушеных фруктов и ягод будет расти с положительной скоростью до 2030 года. За рубежом это обеспечивается расширением выпуска установок периодического действия такими известными фирмами: «Хохвакуум», «Стоке», «Лейбольд-Хераеус», «Халл» и др. Растущий спрос в индустрии продуктов питания и напитков останется главным драйвером роста. Сублимированные ягоды имеют длительный срок хранения без ущерба для пищевой ценности, поэтому их потребление растет, особенно среди потребителей, заботящихся о своем здоровье [28].

В некоторых зарубежных исследованиях имеется информация о том, что сублимированные ягоды используются в качестве химиопрофилактических средств [30]. Данные 15-летних исследований подтверждают использование замороженных ягод для испытаний по профилактике рака пищеварительного тракта. В середине 1980-х годов было известно, что полифенол эллаговая кислота подавляла индуцированные канцерогеном опухоли пищевода у крыс при введении в их рацион [14]. Анализ 28 плодов показал, что все они содержат некоторое количество эллаговой кислоты, но самые высокие концентрации (630-1500 г/г сухого веса) были в ежевике, малине, клубнике и клюкве [7]. Эллаговая кислота в большом количестве содержится в мякоти и семенах, но мало в соке. Поскольку ягоды на 85-90 % состоят из воды, исследователи сконцентрировали эллаговую кислоту в 9-10 раз путем сушки замораживанием. Было обнаружено, что лиофилизированный препарат содержит активную эллаговую кислоту вместе со многими известными химиопрофилактическими

агентами, включая витамины А, С и Е и фолиевую кислоту; кальций и селен; – каротин, лютеин, галловая кислота, феруловая кислота, п-кумаровая кислота, кверцетин, некоторые антоцианы, – ситостерин, стигмастерин и кемпферол [31]. Что касается токсичности, обширные гистопатологические исследования крыс, которых кормили лиофилизированной черной малиной или клубникой (в качестве 5 и 10 % синтетической диеты в течение 9 месяцев, не выявили никаких признаков изменений каких-либо органах или ткани [32]. Кроме того, не были затронуты специфические для печени ферменты, а уровень холестерина в крови снизился примерно на 10 %. Таким образом, доказано, что сублимированные ягоды хорошо переносятся организмом. Также известно, что сублимационная сушка позволяет удерживать аскорбиновую кислоту, когда сушка вымораживанием проводится при низких температурах, сводя к минимуму порчу этого водорастворимого витамина [27]. Более того, сушеные ягоды можно употреблять непосредственно в качестве закусок или во многих других формах порошка для производства высококачественного пюре, джема, мороженого, детского питания, сухих завтраков, возможно регидратированных йогуртом и выпечкой [8].

В результате анализа научной литературы установлено, что на сегодняшний день вакуумная сублимационная сушка, несмотря на свою дороговизну, является наиболее перспективным методом, т.к. обеспечивает структурную целостность и сохранение большинства исходных свойств сырья, таких как форма, аромат, цвет, вкус, текстура, питательная ценность, витамины и минералы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пойманов, В.В. Разработка оборудования для вакуум-сублимационной сушки материалов / В.В. Пойманов, Д.В. Воробьев // Пищевая промышленность. – 2008. – № 11.
2. Barrett, A.N. N.H. et al. Optimization of dehydrated egg quality by microwave assisted freeze-drying and hydrocolloid incorporation // Journal of Food Processing and Preservation. – 1997. – Vol. 21. – No. 3. – Pp. 225-244.
3. Bell, G.A., Mellor J.D. Adsorption freeze-drying // Food Australia. – 1990. – Vol. 42. – No. 5. – С. 226-227.
4. Bell, G.A. et al. Further developments in adsorption freeze-drying // CSIRO Food Research Quarterly. – 1990. – Vol. 50. – No. 2. – Pp. 48-53.
5. Bustos, M.C. et al. The influence of different air-drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of berries // Journal of agricultural and food chemistry. – 2018. – Vol. 66. – No. 11. – Pp. 2714-2723.
6. Crane, J.H. This document was developed using information compiled during the National Mango Board-sponsored 2015-2017 research project, Mango Cultivar Evaluation Project-Phase 1. – 2017.
7. Daniel, E.M. et al. Extraction, stability, and quantitation of ellagic acid in various fruits and nuts // Journal of food composition and Analysis. – 1989. – Vol. 2. – No. 4. – Pp. 338-349.
8. El-Beltagy, A., Gamea G.R., Essa A.H.A. Solar drying characteristics of strawberry // Journal of food engineering. – 2007. – Vol.78. – No. 2. – Pp. 456-464.
9. Grabowski, S. et al. Kinetics and quality aspects of Canadian blueberries and cranberries dried by osmo-convective method // Drying Technology. – 2007. – Vol. 25. – No. 2. – Pp. 367-374.
10. Jiang, H., Zhang M., Mujumdar A.S. Physico-chemical changes during different stages of MFD/FD banana chips // Journal of Food Engineering. – 2010. – Vol. 101. – No. 2. – Pp. 140-145.
11. Jiang, Y. et al. Phenolic compounds in Lycium berry: Composition, health benefits and industrial applications // Journal of Functional Foods. – 2021. – Vol. 77. – Pp. 104340.
12. Kırmacı, V., Usta H., Menlik T. An experimental study on freeze-drying behavior of strawberries // Drying Technology. – 2008. – Vol. 26. – No. 12. – Pp. 1570-1576.
13. Lombraña, J.I., Villarán M.C. The influence of pressure and temperature on freeze-drying in an adsorbent medium and establishment of drying strategies // Food Research International. – 1997. – Vol. 30. – No. 3-4. – Pp. 213-222.
14. Mandal, S., Stoner G.D. Inhibition of N-nitrosobenzylmethylamine-induced esophageal tumorigenesis in rats by ellagic acid // Carcinogenesis. – 1990. – Vol. 11. – No. 1. – Pp. 55-61.
15. McMinn, W.A.M., Magee T.R.A. Principles, methods and applications of the convective drying of foodstuffs // Food and Bioproducts Processing. – 1999. – Vol. 77. – No. 3. – Pp. 175-193.
16. Mejia-Meza, E.I. et al. Improving nutritional value of dried blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) combining microwave-vacuum, hot-air drying and freeze-drying technologies // International Journal of Food Engineering. – 2008. – Vol. 4. – No. 5.
17. Montenegro-Bethancourt, G., Doak C.M., Solomons N. Fruit and vegetable intake of schoolchildren in Quetzaltenango, Guatemala // Revista panamericana de salud publica. – 2009. – Vol. 25. – Pp. 146-156
18. Mujumdar, A.S. (ed.). Handbook of industrial drying, revised and expanded. – CRC Press, 1995. – Vol. 2.
19. Orrego, C.E., Pamplona F., Pérez V.H. Low pressure water diffusivity measurements of freeze-dried tomato tree (*Cyphomandra betacea* (cav) send) juice // Ireche. – 2009. – Vol. 1. – No. 5. – Pp. 1-8.
20. Paško, P. et al. Bioactivity and cytotoxicity of different species of pitaya fruits—A comparative study with advanced chemometric analysis // Food Bioscience. – 2021. – Vol. 40. – Pp. 100888.
21. Peltre, R.P. et al. Applications of microwave heating to freeze drying: perspective. – 1977.
22. Piecko, J. et al. The effectiveness of vacuum-microwave drying methods in the preservation of Amelanchier berries (*Amelanchier canadensis* L. Medik.) // International Journal of Food Engineering. – 2017. – Vol. 13. – No. 6.
23. Qiao, F., Huang L., Xia W. A study on microwave vacuum dried re-structured lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) mixed with purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) snacks // Food and Bioproducts Processing. – 2012. – Vol. 90. – No. 4. – Pp. 653-658.
24. Rao, C.G. Engineering for storage of fruits and vegetables: cold storage, controlled atmosphere storage, modified atmosphere storage. – Academic Press, 2015.
25. Ren, G.Y. et al. The effect of glass transition temperature on the procedure of microwave-freeze drying of mushrooms (*Agaricus bisporus*) // Drying Technology. – 2015. – Vol. 33. – No. 2. – Pp. 169-175.

26. Rosenberg, U., Bogl W. Microwave thawing, drying, and baking in the food industry //Food technology (Chicago). – 1987. – Vol. 41. – No. 6. – Pp. 85-91.
27. Sadowska, K., Andrzejewska J., Klóska Ł. Influence of freezing, lyophilisation and air-drying on the total monomeric anthocyanins, vitamin C and antioxidant capacity of selected berries //International Journal of Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 52. – No. 5. – Pp. 1246-1251.
28. Shofian, N.M. et al. Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits //International Journal of molecular sciences. – 2011. – Vol. 12. – No. 7. – Pp. 4678-4692.
29. Silicka, I. et al. Analysis of hiving food processing technologies on the market //Journal of Regional Economic and Social Development. – 2020. – Vol. 1. – No. 12. – Pp. 171-181.
30. Sijtsema, S.J. et al. Consumption and perception of processed fruits in the Western Balkan region //LWT-Food Science and Technology. – 2012. – Vol. 49. – No. 2. – C. 293-297.
31. Stoner, G.D. et al. Cancer prevention with freeze-dried berries and berry components //Seminars in cancer biology. – Academic Press, 2007. – Vol. 17. – No. 5. – Pp. 403-410.
32. Stoner, G.D. et al. Isothiocyanates and freeze-dried strawberries as inhibitors of esophageal cancer //Toxicological sciences: an official journal of the Society of Toxicology. – 1999. – Vol. 52. – No. suppl_1. – Pp. 95-100.
33. Sunderland, J.E. Microwave freeze drying // Journal of Food Process Engineering. – 1980. – Vol. 4. – No. 4. – Pp. 195-212.
34. Sunjka, P.S. et al. Microwave-convective and microwave-vacuum drying of cranberries: A comparative study //Drying Technology. – 2004. – Vol. 22. – No. 5. – Pp. 1217-1231.
35. Venkatachalapathy, K., Raghavan G.S.V. Microwave drying of osmotically dehydrated blueberries //Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. – 1998. – Vol. 33. – No. 2. – Pp. 95-102.
36. Vračar, L. et al. Raspberries freeze drying process //Yugoslav Pomology. – 2004. – Vol. 38. – Pp. 147-148.
37. Wolff, E., Gibert H. Lyophilisation sous pression atmosphérique //Collection récents progr. – 1987.
38. Wolff, E., Gibert H. Atmospheric freeze-drying part 2: Modelling drying kinetics using adsorption isotherms //Drying Technology. – 1990. – Vol. 8. – No. 2. – Pp. 405-428.
39. Wu, L. et al. Vacuum drying characteristics of eggplants //Journal of Food Engineering. – 2007. – Vol. 83. – No. 3. – Pp. 422-429.
40. Yang, C.S.T., Atallah W.A. Effect of four drying methods on the quality of intermediate moisture lowbush blueberries // Journal of Food Science. – 1985. – Vol. 50. – No. 5. – Pp. 1233-1237.

Материал поступил в редакцию 11.03.22

FREEZING DRYING OF BERRIES

S.G. Kamanova¹, D.B. Toimbayeva², G.Kh. Ospankulova³

^{1,2} PhD Student, ³ Candidate of Biological Sciences

^{1,2} North-West Agriculture & Forestry University, China

³ Kazakh Agrotechnical University S. Seifullin (Nur-Sultan), Republic of Kazakhstan

Abstract. *The article presents a literature review on various types of drying products. The emphasis is on vacuum freeze drying, because despite its high cost, this type of drying is the most promising and ensures the structural integrity and preservation of most of the original properties of raw materials – shape, aroma, color, taste, texture, biological activity, nutritional value, vitamins and minerals.*

Keywords: *berries, drying, sublimation.*

УДК 628.3 (574.54)

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫМИ И КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫМИ ВОДАМИ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬЯ

Г.Б. Сарсенбаева, старший преподаватель
 НАО Университет им. Шакарима г. Семей, Казахстан

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оценки ущерба от загрязнения реки Сырдарья и показаны масштабы ущерба от загрязнения. Значительное влияние ирригации на природную и экологическую ситуацию в зоне орошаемого земледелия Казахстана было определено самой концепцией развития ирригации в Центральной Азии и Казахстане. Проблема сокращения существующих экологических условий на орошаемых землях Казахстана, особенно Южных и юго-восточных районов, и нормализация эколого-мелиоративной обстановки непосредственно связаны между различными водохозяйственными районами Кыргызстана и Узбекистана.

Ключевые слова: сточные воды, коллектор, дренаж, загрязняющие вещества, социально-экологический ущерб, очистка.

Река Сырдарья, протекающая между Кыргызстаном и Узбекистаном, содержит 1,75 г/л минерализации воды. Также, она загрязнена ядохимикатами, хлорорганическими пестицидами – ДДТ и ГХУГ, применяемыми на орошаемых землях. Минерализация воды повышается и на территориях Казахстана.

В целом, на орошаемых землях, в результате поступления солей с оросительными водами, происходило увеличение их запасов в почвах и грунтовых водах. Интенсивность их во многом зависит от минерализации оросительных вод и объема водозабора. В результате зарегулирования стока р. Сырдарьи с большой интенсивностью происходит необратимый почвенно-экологический процесс, где получило широкое развитие освоения орошаемых земель и объема сбрасываемых в реки КДВ и сточных вод в верхних течениях рек [1-4].

Таким образом, в результате антропогенного воздействия в природной среде бассейна р. Сырдарьи происходит накопление солей, в основном, в грунтовых водах, что может резко ухудшить мелиоративно-экологическую ситуацию на орошаемых землях и перевести ее из зоны контролируемых и учитываемых последствий в зону неконтролируемых и не учитываемых, как в бассейне Аральского моря.

Полный расчет ущерба народному хозяйству и государству, нанесенного в результате отрицательного воздействия хозяйственной деятельности на водные ресурсы, возможен на основе экономической оценки и учета факторов, влияющих на экологические ситуации региона, которые включают экономический, социально-экономический и социальный ущербы.

Экономический ущерб ($Э_y$) – потери от снижения качества продукции ($Э_c$), потери от недополучения продукции ($Э_n$), затраты на восстановление или поддержание нормального состояния природной среды ($Э_b$).

Социально-экономический ущерб ($СЭ_y$) – потери в здравоохранении и социальном обеспечении, связанные с ростом заболеваемости ($СЭ_z$), потери вследствие миграции, вызванной ухудшением состояния природной среды ($СЭ_n$), затраты на дополнительный отдых из-за неудовлетворительного состояния природной среды ($СЭ_o$).

Социальный ущерб ($С_y$) – эстетические потери, вследствие разрушения природной среды ($С_3$), психологические потери, вызванные неудовлетворительным состоянием зон отдыха ($С_n$), потери вызванные ухудшением экологических условий жизнедеятельности членов общества ($С_ж$). Все это является размером преобразуемого ущерба, наносимого народному хозяйству от загрязнения вод источников и определяется как сумма отдельных ущербов, то есть:

$$\sum U_{щ} = Э_y + СЭ_y + С_y = (Э_c + Э_n + Э_r + Э_b) + (СЭ_z + СЭ_n + СЭ_o) + (С_3 + С_n + С_ж)$$

Экономический ущерб от загрязнения водных источников, наносимый водопотребителями, осуществляющими различные мероприятия по восстановлению потерянной продукции, определяется по формуле:

$$Э_c = (Ц_1 - Ц_2)B_n$$

где, $Ц_1$ и $Ц_2$ – закупочная цена сельскохозяйственной продукции до и после загрязнения водоемисточника; B_n – годовой объем производства сельскохозяйственной продукции.

$$\Xi_{\text{н}} = \Delta B_{\text{п}}(C_1 - C_2 + \Delta K)$$

где, C_1 и C_2 – ежегодные издержки на производство продукции, соответственно до и после загрязнения источника, выноса гумуса; $\Delta B_{\text{п}}$ – снижение годового производства продукции при загрязнении водного источника и снижения плодородия почв; ΔK – увеличение удельных капитальных вложений у водопотребителя при загрязненном водоисточнике и потеря плодородных почв.

Экономическая оценка годового ущерба от годичного сброса загрязняющих примесей в водохозяйственный участок определяется по формуле:

$$\Xi_{\text{г}} = 144 \cdot B_{\text{к}} \cdot M$$

где, $B_{\text{к}}$ – константа, характеризующая водохозяйственные участки и бассейны рек; M – приведенная масса годового сброса примесей данным источником загрязнения в водный источник, усл.т/год и определяется по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^N A_i \cdot m_i$$

где, i – порядковый номер сбрасываемых примесей; m_i – общая масса годичного сброса i -ой примеси, т/год; N – общее число примесей, сбрасываемых в водный источник; A_i – показатель относительной опасности сброса i -го вещества в водоемы, усл.т/год, определяется по формуле:

$$A_i = 1/\text{ПДК}_{\text{р/х}/}$$

где, $\text{ПДК}_{\text{р/х}/}$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде, используемая для рыбохозяйственных целей, т/м³.

Значения A_i для некоторых распространенных загрязняющих веществ в зависимости от вида сточных вод приведены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные величины предотвращения экономического ущерба при использовании сточных вод для орошения

Показатели загрязнений	Приведенная масса годового сброса примесей (мм) усл, г/м	Концентрация загрязнений, содержание в сточной воде перед орошением, г/м ³	Степень почвенной очистки (ПДК), г/м ³	Количество снятых почвой загрязнений, т, г/м ³	Показатель относительно опасного сброса примесей i вещества (A_i)
Взвешенные вещества	Городские сточные воды	485,4	20,0	465,4	0,05
БПК5	23,3	120,0	3,0	117,0	0,33
ХПК	38,6	152,0	6,0	146,0	0,17
Азот общий	24,8	13,4	-	3,4	0,10
Взвешенные вещества	0,3	595,0	20,0	585,0	0,05
БПК5	Птицеводческие фабрики	1500,0	3,0	1497,0	0,33
ХПК	29,3	850,0	6,0	844,0	0,17
Азот общий	494,0	64,0	10,0	54,0	0,10
Взвешенные вещества	143,5	1987,0	20,0	1967,0	0,05
БПК5	5,4	-	-	-	-
ХПК	Сток животноводческого комплекса (КРС)	214,0	6,0	5208,0	0,17
Азот общий	98,4	805,0	10,0	795,0	0,10
Взвешенные вещества	-	143,0	20,0	123,0	0,05
БПК5	885,4	59,0	3,0	56,0	0,33
ХПК	79,5	313,0	6,0	307,0	0,17

Окончание таблицы 1

Показатели загрязнений	Приведенная масса годового сброса примесей (мм) усл, г/м	Концентрация загрязнений, содержание в сточной воде перед орошением, г/м ³	Степень почвенной очистки (ПДК), г/м ³	Количество снятых почвой загрязнений, т, г/м ³	Показатель относительно опасного сброса примесей i вещества (A_i)
Азот общий	Нормативно чистые воды промышленных предприятий	29,0	10,0	19,0	0,10
Взвешенные вещества	6,2	800,0	20,0	780,0	0,05
БПК5	18,5	-	-	-	-
ХПК	52,2	144,2	6,0	1436,0	0,17
Азот общий	1,9	1288,0	10,0	1278,0	0,10
Взвешенные вещества	Стоки мясокомбината	328,0	20,0	308,0	0,05
БПК5	39,0	-	-	-	-
ХПК	-	352	6,0	346,0	0,17
Азот общий	244,1	23	10,0	13,0	0,10
	Стоки хлопчато-бумажного комбината	15,4	-	58,8	1,3

Экономический ущерб от затрат на восстановление или поддержание нормального состояния природной среды, определяется по формуле:

$$Э_э = (Сб_1 - Сб_2) \cdot W_i$$

где, $Сб_1$ и $Сб_2$ – себестоимость очистки на 1 м³ воды до и после проведения отдельных этапов водоохранных мероприятий, тенге; W_i – объем загрязненных вод, м³.

Социально-экономический ущерб в связи с повышенной заболеваемостью определяется методом прямого счета, который заключается в сопоставлении показателей заболеваемости в исследуемом загрязненном и контрольном (незагрязненном) районах. При этом ущерб в связи с повышенной заболеваемостью ($СЭ_3$) определяется как сумма стоимости «непредвиденной» продукции и расходов на лечение.

$$СЭ_3 = Н + С_1 + С_2$$

где, $Н$ – стоимость недоданной продукции, тенге; $С_1$ – средства, затраченные на лечение в стационаре, тенге; $С_2$ – тоже самое на диспансеризацию больных, тенге.

$$Н = В \cdot П_{рд}$$

где, $В$ – средняя выработка одного работающего в день, тенге; $П_{рд}$ – число потерянных рабочих дней вследствие нетрудоспособности в связи с повышенной заболеваемостью.

$$С_1 = К \cdot Д$$

где, $К$ – стоимость койко-дней в стационаре, тенге; $Д$ – число дней пребывания в стационаре.

$$С_2 = К_1 \cdot Д_1$$

где, $К_1$ – стоимость одного посещения врача, тенге; $Д_1$ – длительность диспансеризации.

Потери вследствие миграции населения, вызванные ухудшением состояния природной среды ($СЭ_н$) и определяется как сумма «непроизведенной продукции и затраты на компенсацию».

$$СЭ_н = Н_1 + Э_к = (В_c \cdot Т_к) + (К_p \cdot П)$$

где, $Н_1$ – стоимость непроизведенной продукции в связи с миграцией кадров, тенге; $Э_к$ – затраты на компенсацию вследствие миграции населения, вызванной ухудшением состояния природной среды, тенге; $В_c$ – среднегодовая выработка одного работающего, тенге; $Т_к$ – текучесть кадров, в связи с ухудшением состояния

природной среды, ч; K_p – размер компенсационного расхода, получаемого вследствие миграции; Π – количество людей, изменяющих местожительство в связи с ухудшением состояния природной среды, чел.

Затраты на дополнительный отдых, необходимый из-за неудовлетворительного состояния природной среды ($CЭ_0$), определяем в виде суммы:

$$CЭ_0 = H + C_з = B \cdot \Pi_0 + K_c \cdot D_0$$

где, Π_0 – число потерянных рабочих дней для дополнительного отдыха, необходимого из-за неудовлетворительного состояния природной среды; K_c – стоимость койко-дней в домах отдыха и курортах-санаториях; D_0 – число дней пребывания в доме отдыха и курорте-санатории.

Наиболее сложным оказалось определение социальных ущербов, получаемых народным хозяйством от загрязнения водных ресурсов и их истощения. Поскольку плата за социальный ущерб от загрязнения окружающей среды не установлена, их ориентировочно можно определить на основе нормативов стоимости новых земель, как средства производства в народном хозяйстве, т.е.

$$C_y = (C_з + C_n + C_ж) = F(C_0 + K_з)$$

где, F – площадь зоны отдыха в бассейнах рек, га; C_0 – стоимость земель тенге/га; $K_з$ – капитальные вложения, затраченные на восстановление экологической ситуации зоны отдыха, тенге/га.

Убытки от загрязнения водных объектов приравнены к затратам, необходимым для восстановления качества загрязненной воды до требуемых кондиции. Величину убытков определяют в зависимости от массы сброшенных загрязнений (P_i), удельных величин убытков, вида загрязнения (i) и категорий водного объекта и определяют по формуле.

$$P_i = Q_i(K_{pi} - K_{hi}) \cdot t_i \cdot 10^{-6}$$

где, P_i – масса i -го загрязненного вещества, учитываемая при подсчете убытков (m_i); Q_i – расход возвратных вод с превышением i -го загрязняющего вещества, м³/ч; K_{pi} и K_{hi} – средние за период сброса концентрации i -го загрязняющего вещества, соответственно, фактическая и допустимая по нормативам и согласованная с органами по регулированию использования и охраны воды, г/м³; t_i – период сброса i -го загрязненного вещества, час.

При такой концентрации величину ущерба можно определить по приведенным затратам на очистку воды загрязненного источника до требований, предъявляемых «Правилами охраны поверхностных вод» по формуле:

$$Y_i = P_i \cdot C_y$$

где, Y_i – ущерб от загрязнения водных ресурсов, тенге; C_y – удельная величина убытков, наносимых народному хозяйству от массы сброшенных загрязняющих веществ, тенге/т.

На базе использования гидрогеологических и гидрохимических данных реки Сырдарья, приведенных затрат, нами определена величина социально-экологического ущерба от массы сброшенных сточных и КДВ с учетом вида и химического состава, а также его специфической особенности (таблица 2).

Как видно из таблицы 2 огромный социально-экологический ущерб Южно-Казахстанской и Кызылординской областями получен в бассейне р. Сырдарья, где широкое развитие получили орошаемое земледелие и промышленность, которые составляют 1425,235 млн. тенге.

Таблица 2

Социально-экономический ущерб от загрязнения р. Сырдарья в пределах Республики Казахстан

Источники загрязнения	Показатели		
	P_i , млн.т	C_y , тенге/т	Y_i , млн.тенге
Промышленность	0,25	130,14	32,535
Коммунальное хозяйство	0,52	130,32	67,766
Сельское хозяйство	0,015	126,0	1,894
КДВ с орошаемых земель	10,09	129,6	1297,3
Поверхностный сток с территории городов	0,20	128,7	25,74
Всего:	11,075	644,76	1425,235

Полный расчет ущерба народному хозяйству и государству, нанесенного в результате отрицательного воздействия хозяйственной деятельности на водные ресурсы, возможен на основе экономической оценки и учета факторов, влияющих на экологические ситуации региона, которые включают экономический, социально-экономический и социальный ущербы.

Таким образом, сегодня каждое суверенное государство имеет право требовать возмещения социально-экологического ущерба, возникающего при загрязнении водных ресурсов водопотребителями, расположенными в верхних течениях рек. Для этого необходимо разработать хозяйственный механизм природопользования, который обеспечивал бы наиболее полное согласование индивидуальных, коллективных и государственных интересов в деле охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров, М.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель / М.П. Айдаров. – М: Агропромиздат, 1985. – С. 304.
2. Байманов, Ж.Н. Использование сточных вод для промывки засоленных почв. / Ж.Н. Байманов // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Проблемы экологии АПК и охраны окружающей среды». – Алматы, НАЦАИ РК, 2017. – С. 40-42.
3. Мустафаев, Ж.С. Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане / Ж.С. Мустафаев. – Алматы: «Гылым», 1997. – С. 57.
4. Шомантаев, А.А. Гидрохимический режим водотоков и сельскохозяйственное использование сточных и коллекторно-дренажных вод в низовьях р. Сырдарья / А.А. Шомантаев. – Кызылорда, 2001.

Материал поступил в редакцию 15.04.22

SOCIO-ECOLOGICAL DAMAGE FROM POLLUTION BY SEWAGE AND COLLECTOR-DRAINAGE WATERS IN THE LOWER REACHES OF THE SYRDARYA RIVER

G.B. Sarsenbaeva, Senior Lecturer
Semey State University named after Shakarim, Kazakhstan

Abstract. *The article discusses the issues of assessing damage from pollution of the Syrdarya River and shows the magnitude of damage from pollution. The significant impact of irrigation on the natural and ecological situation in the irrigated agriculture zone of Kazakhstan was determined by the very concept of irrigation development in Central Asia and Kazakhstan. The problem of reducing the existing environmental conditions on the irrigated lands of Kazakhstan, especially in the Southern and south-eastern regions, and the normalization of the ecological and reclamation situation are directly linked between the various water management regions of Kyrgyzstan and Uzbekistan.*

Keywords: *wastewater, collector, drainage, pollutants, social and environmental damage, cleaning.*

Historical sciences and archeology

Исторические науки и археология

УДК 9.94

ДИСКРИМИНАЦИЯ И ПОЛОЖЕНИЕ ЯПОНСКОЙ ДИАСПОРЫ В ПЕРУ (1930-1947 ГГ.)**Д.А. Бабенко**, студент-магистрант

Дальневосточный федеральный университет (Владивосток), Россия

***Аннотация.** В данной статье подробно рассматривается процесс формирования и продвижения дискриминации в отношении японской диаспоры в Перу, анализируется роль перуанского правительства в вопросе дискриминационной политики по отношению к японцам на фоне Великой депрессии и Второй мировой войны, приведшие к окончательной депортации японцев в США из Перу. Также в статье рассмотрены законы, ущемляющие права японского населения в культурных, социальных, трудовых сферах жизни. Дискриминация японской общины оказала большое влияние на положение японской диаспоры в Перу, однако в послевоенный период перуанские японцы взглянули на Перу как на новую родину, при этом не утратив свою самобытность.*

***Ключевые слова:** японская диаспора, правительство, дискриминация, Перу, Вторая мировая война, США, депортация, Япония.*

Дискриминация японской диаспоры с середины 1930-х до начала Второй мировой войны

С 1918 по 1930 годы население японцев в Перу выросло с 9890 до 20385 человек, в связи с этим японская диаспора стала крупнейшей группой иммигрантов, превосходящая китайцев и итальянцев, которые начали постепенно исчезать в результате смешанных браков. Большая часть японского населения (87 %) была сосредоточена в Лиме, составляя 32 % от всех иностранных жителей в столичном регионе [8, 90].

Благодаря второй волне иммиграции, японская диаспора укрепляла свои позиции в Перу, вследствие чего японцы начали создавать собственные представительства в столице и близлежащих городах. К тому же развитие коммерческих предприятий и становление японцев как мелких предпринимателей повлияли на развитие японской общины в Перу. Данное расширение демонстрируется числом малых предприятий, созданных с 1920 по 1930 года, только в одной столице Лима к концу 30-х годов количество японцев, работающих в различных сферах, опережало не только других иммигрантов, но также и самих перуанцев. Например, профессор Тосио Янагида в своей работе указывает на то, что в Перу испанское слово «*relicuero*» (парикмахер) стало нарицательным именем по отношению к японцам [10, 45]. Согласно статистике, большинство японских иммигрантов работали в сфере таких услуг, как мелкая розничная торговля, вдобавок они открывали небольшие точки питания и парикмахерские на территории Лимы [9, 119].

Тот факт, что японцы в кратчайшие сроки смогли изменить свое положение с бедных наёмных рабочих на богатых предпринимателей, только ускорил антияпонские настроения в перуанском обществе, вследствие японскую диаспора столкнулась с расовой дискриминацией. Японские рабочие получали более высокую заработную плату по сравнению с перуанцами, последние были напуганы данной ситуацией, потому что трудолюбивые иммигранты преуспевают и отбирают рабочие места у обычных жителей Перу.

С наступлением Великой депрессии иностранные инвестиции перестали поступать в экономику Перу, социально-экономическая ситуация в стране заметно ухудшилась, так после одиннадцатилетнего пребывания на посту президента Аугусто Легия был отстранен от власти военным деятелем Луисом Мигелем Санчесом Серро [7, 83].

Вместе с падением правительства под эгидой Аугусто Легии японская диаспора потеряла свою основную поддержку в Перу. Во время президентства Санчеса Серро (1930-1933) и Оскара Бенавидеса (1933-1939) азиатские иммигранты, включая японцев, стали жертвами законов, ущемляющих их права и свободу. Например, принятый в 1932 году закон № 7505 гласил, что любой бизнес, принадлежавший иностранцам, должен принимать не менее 80 % граждан Перу в качестве сотрудников на предприятие [9, 128]. Данный закон заметно ударил по японцам, потому что большинство из них работали вместе со своими родственниками и друзьями. Далее указ от 1936 года, ограничивающий въезд 16 тысячам иностранным гражданам в страну, что было равносильно полному запрету на иммиграцию, поскольку число японцев в стране уже превышало 20 тысяч человек [7, 83].

Существует также предположение, что такая активная антияпонская кампания спонсировалась извне,

так как японцы могли мешать Великобритании, которая на тот момент являлась более активным игроком в экономической сфере. Так, во время Великой депрессии японцам, занятым в производстве хлопка, неоднократно выдвигались обвинения в экономическом империализме. Несмотря на то, что они контролировали менее 15 % от всего национального производства, японцы в этой сфере производства изображались как страшная угроза для мелких перуанских предпринимателей. Британским интересом же здесь служило ограничение японцев на дешевом перуанском рынке, таким образом Лондон объединился с мощным национальным аграрным обществом Перу в продвижении антияпонской кампании. Данный союз принес существенные дивиденды Британской Империи, а также все это привело к аннулированию перуанско-японского экономического соглашения от 1924 года [5, 151]. В результате такой политики был открыт путь для торговли хлопком Англии в Перу, что в свою очередь исключило право японцев участвовать на этом рынке.

Немалую роль в распространении антияпонского движения сыграли средства массовой информации. Например, в 1934 году газета «La Prensa» стала регулярно выпускать статьи антияпонского содержания, в которых кричащие заголовки «Проникновение Японии в Перу» предупреждали перуанское население об опасности японской диаспоры, влияющей на социально-экономическое положение в стране. В той же газете, опубликованной в 1937 году, японских иммигрантов назвали инструментом японского правительства для завладения перуанской землей [9, 124]. В начале 40-х годов антияпонские настроения возросли с новой силой, благодаря активной политической кампании, которую поддерживали все те же средства массовой информации. В обществе распространялись слухи о теории заговора японцев против перуанского общества, монополизации экономики Перу и дальнейшей приватизации перуанских предприятий японцами.

Реакция общества не заставила себя долго ждать, 13 мая 1940 года в Лиме произошел самый масштабный погром японской диаспоры за всю историю страны: группа учеников старшей школы Гуадалупе начала антияпонский марш в центре столицы, превратившийся в разбойное нападение на японские предприятия и жилые помещения, где проживали и работали японцы. В течение двух дней перуанцы совершали ряд нападений и поджогов, более пятисот человек были отправлены в японскую школу Лима, которая стала лагерем временного пребывания. Согласно статистике японского консульства в Лиме, 620 человек полностью лишились своего имущества, 316 человек решили вернуться в Японию, погибло 10 человек, сумма ущерба составила около 6 миллионов солей [9, 131]. После протеста японского правительства японская диаспора смогла получить частичную компенсацию, которая покрывала только одну четвертую от общего ущерба [7, 84].

Положение японской диаспоры во время и после Второй мировой войны

Атака японцев на американскую военную базу Пёрл-Харбор, привела ко вступлению США и всего американского континента в войну против Германии, Италии и Японии. В январе 1942 года в Рио-де-Жанейро состоялось III Совещание МИД американских государств, на котором было решено разорвать дипломатические отношения с государствами «оси» и прекратить с ними торговые и экономические связи. Также данное Совещание высказалось за мобилизацию стратегических и сырьевых ресурсов для совместной обороны Западного полушария под эгидой США. Участие Перу во Второй мировой войне выразилось в основном поставке стратегических материалов, сырья и продовольствия воюющим участникам антифашистской коалиции, главным образом США – сахара, хлопка, нефти, меди, серебра и ванадия, в свою очередь США поставлял военную технику и снаряжения для обороны государства [1, 118].

8 декабря 1941 года США объявили войну Японии, вследствие чего реакция перуанского правительства, считающегося союзником США и противником нацистской Японии, была незамедлительной, что только усугубило и так бедственное положение японцев, живущих не только в Перу, но во всей Латинской Америке.

Перу разорвало дипломатические отношения с Японией после нападения на Пёрл-Харбор, и социальная и правовая дискриминация японцев перуанского происхождения усилилась. Уже 10 декабря руководство страны создало новый свод законов, в котором был предусмотрен целый комплекс мер по ущемлению прав и свобод японцев в Перу.

В законе № 10442 было указано, что иммигрантам из стран гитлеровской коалиции запрещается иметь банковские счета в перуанских банках, поэтому правительство Перу по закону смогло получить активы и сберегательные средства японских предпринимателей [9, 132]. Кроме того, японцы лишились своей работы и имущества по всей стране, японские образовательные учреждения были конфискованы правительством, японцам запрещалось собираться в группы более трёх человек, не разрешалось печатать газеты и разговаривать на родном языке [8, 92].

После того, как президент США Франклин Делано Рузвельт подписал Указ № 9066 в феврале 1942 года, правительство инициировало принудительное переселение и массовое заключение под стражу 120 000 американцев японского происхождения. Вынужденные покинуть свои дома, они были отправлены в лагеря для военнопленных как «кузники без суда» на время войны [4]. Границы данного закона не ограничились лишь одними Соединёнными Штатами, в Перу же вслед за США была объявлена обязательная депортация японцев в лагеря для заключённых в США. Около 1800 японцев покинули Перу, в основном они были лидерами японских сообществ, бизнесменами и предпринимателями [3, 342].

Так большая часть японцев, прибывших из Латинской Америки, была отправлена в военные лагеря для

заключенных, расположенных в штатах Монтана, и Техас. Самый высокий процент (70 %) японцев, депортированных в США из всех латиноамериканских государств, были представителями японской диаспоры Перу. Основные причины, по которым перуанское правительство поддержало данную стратегию США по отношению к японцам, заключались в том, чтобы избежать въезда большего количества иммигрантов и избавиться от всех японцев и их потомков на территории своей страны [8, 92].

К тому же официально заявленная цель США состояла в том, чтобы обезопасить южную границу страны от проникновения или нападения японского врага, включая выходцев из Японии в Латинской Америке, проживающих в этом регионе на протяжении многих поколений. Согласно документам правительства США, проанализированным после войны, неофициальная цель состояла в том, чтобы приобрести людей японской национальности, которых можно было бы обменять на американских гражданских лиц, оказавшихся в Японии после нападения на Пёрл-Харбор [4].

В конце Второй мировой войны японские латиноамериканцы в США считались нелегальными иностранцами, поскольку их паспорта были конфискованы при въезде в лагерь, в результате чего они подвергались депортации и репатриации. Перуанское правительство разрешило вернуться в страну лишь этническим немцам, японцев же ожидал отказ при въезде в страну. Некоторые из них были депортированы в Японию, а 365 человек остались в США, но уже в 1953 году правительство США издало указ об отмене депортации японских латиноамериканцев, и через год они получили право на получение гражданства США. Менее 100 перуанских японцев, депортированных в США, получили разрешение вернуться в Перу [7, 85].

Что же касается японцев, переживших войну в Перу, то поражение Японии в войне было воспринято как национальное бедствие, вследствие этого практически всё население японской диаспоры решило не возвращаться на родину, а остаться в Перу и начать жить и работать как перуанские граждане на территории данного государства.

В самой же Латинской Америке, преимущественно в Бразилии, среди японцев появилась группа под названием 勝ち組 (качи-гуми) «Группа победителей», отрицавшая поражение Японии во Второй мировой войне. Несколько участников данной группировки появились и в Перу, агитируя ложные представления о победе Японии, они создали японские школы на базе своей организации. Однако, не встретив отклика у перуанских японцев, через несколько лет «качи-гуми» исчезли из Перу, а затем и со всего латиноамериканского континента [6, 134].

В 1947 году перуанское правительство аннулировало принятый во время войны закон, направленный против иммигрантов из стран «оси». В течение следующего десятилетия японская диаспора стала восстанавливаться на территории Перу: вновь были открыты японские школы для японских иммигрантов под юрисдикцией перуанского министерства просвещения; в 1960 году около 150 японцам дали разрешение на въезд в Перу, чтобы воссоединиться со своими семьями; возобновила работу и Японо-Перуанская ассоциация, которая была расформирована в начале войны [6, 135].

Таким образом, японцы, прибывшие в конце XIX века в Перу в качестве дешевой рабочей силы, за короткий срок смогли не только справиться со всеми трудностями, с которыми они столкнулись в первое десятилетие, им удалось достичь больших успехов в области мелкого предпринимательства и пойти вверх по социальной лестнице.

Уже к концу 1930-х годов японская диаспора стала крупнейшей группой иммигрантов в Перу, одновременно с этим на фоне успешного становления японцев в стране возрастают антияпонские настроения, которые продолжались до самого окончания Второй мировой войны. Японские организации и образовательные учреждения подвергались нападениям, многие японцы меняли фамилии и скрывались под чужими именами в Перу, другие иммигранты на свой страх и риск возвращались в Японию, однако и на своей родине они подвергались дискриминации со стороны японского общества, которое не воспринимало их как истинных японцев. Многие японцы были насильно депортированы в американские лагеря, откуда после войны они не только не смогли вернуться в Перу, но и окончательно стали гражданами нового для них государства – США.

После окончания Второй мировой войны и сокрушительного поражения Японии в войне первоначальная идея возвращения домой исчезла среди перуанских японцев, однако эти события повлияли на японскую диаспору, чтобы пересмотреть Перу как свою новую родину, при этом сохранив свою японскую самобытность внутри латиноамериканской страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строганов, А.И. Латинская Америка в XX веке: пособие для вузов / А.И. Строганов. – М.: Дрофа, 2002. – 416 с.
2. Higashide, Seiichi. Adios To Tears: The Memoirs Of A Japanese-Peruvian Internee In U.S. Concentration Camps // 1st University of Washington Press ed edition / Seiichi Higashide; Foreword by C. Harvey Gardiner. – University of Washington Press, 1993. – 278 p.
3. Kikumura – Yano Akemi. Encyclopedia of Japanese descendants in the Americas – An illustrated History of the Nikkei / ed. by Akemi Kikumura-Yano. – Japanese American National Museum, 2002. – 424 p.
4. Lee Erika. The WWII Incarceration of Japanese Americans Stretched Beyond U.S. Borders / Erika Lee // Time. – 2019. – December 4. – URL: <https://time.com/5743555/wwii-incarceration-japanese-latin-americans/> (Дата обращения: 20.12.2021).

5. Masterson D., Funada – Classen S. The Japanese in Latin America // The Asian American Experience / ed. by Daniel Masterson. – University of Illinois Press, 2004. – 335 p.
6. Miyake, Lika C. Forsaken and Forgotten: The U.S. Internment of Japanese Peruvians / Lika C. Miyake // The Asian American Law Journal. – 2002. – Vol. 9. – №1. – P. 163-193. Available at: <https://lawcat.berkeley.edu/record/1118080> (Дата обращения: 12.12.2021)
7. Shintani, Roxana. The Nikkei Community of Peru: Settlement and Development / Roxana Shintani // Ritsumeikan University: International Institute of Language and Culture Studies. – 2007. – Vol. 18. – №3. P. 79-94. – Available at: http://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/k-rsc/lcs/kiyou/18-3/RitsIILCS_18.3pp.79-94shintani.pdf (Дата обращения: 12.10. 2021)
8. Takenaka Ayumi. The Japanese in Peru: History of Immigration, Settlement and Racialization / Ayumi Takenaka // Journal of Latin American Perspectives. – 2004. – Vol. 31. – №3. – P. 77-98. – Available at: <https://www.jstor.org/stable/3185184> (Дата обращения: 05.11.2021)
9. アメリカ・モリモト. ペルーの日本人移民 los inmigrantes japoneses en el Perú. – 東京: 日本評論社, 1991. Амелия Моримото. Японские иммигранты в Перу. Пер. на яп. яз. – Токио: NIPPON HYORON SHA CO. LTD., 1991. – 206 с.
10. 柳田利夫. 移動とアイデンティティ生成: 日系二世の生活と地域. – 三田社会学: 三田社会学, 地域研究とオーラル・ヒストリー, 2010. – Vol. 7. – №15. – P. 43 – 52. = Янагида Тосио. Миграция и становление идентичности: жизнь и регион проживания второго поколения перуанских японцев / Тосио Янагида // Журнал социологии университета Мита. – 2010. – Т. 7. – № 15. – С. 43-52. – Mode of access: <https://iss.ndl.go.jp/books/R000000004-I11103279-00> (Дата обращения: 18.11.2021).

Материал поступил в редакцию 04.04.22

DISCRIMINATION AND THE SITUATION OF THE JAPANESE DIASPORA IN PERU (1930-1947)

D.A. Babenko, Master's Degree Student
Far Eastern Federal University (Vladivostok), Russia

Abstract. *This article examines in detail the process of formation and promotion of discrimination against the Japanese diaspora in Peru, analyzes the role of the Peruvian government in the issue of discriminatory policy towards the Japanese against the background of the Great Depression and World War II, which led to the final deportation of Japanese to the United States from Peru. The article also discusses laws that infringe on the rights of the Japanese population in cultural, social, and labor spheres of life. Discrimination against the Japanese community had a great impact on the situation of the Japanese diaspora in Peru, but in the post-war period, the Peruvian Japanese looked at Peru as a new homeland, while not losing their inexperience.*

Keywords: *Japanese diaspora, government, discrimination, Peru, World War II, USA, deportation, Japan.*

УДК 323.1 327.3 341.1 341.24

ПРАВОВАЯ ОСНОВА ВОЗМЕЩЕНИЯ РОССИЕЙ ВНЕШНЕГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ДОЛГА СССР

В.И. Быстренко, доктор исторических наук,
профессор кафедры философии и гуманитарных наук,
Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», Россия

***Аннотация.** Тридцать лет назад после ликвидации СССР России пришлось решать многие его проблемы. Внешний долг СССР, его обслуживание и возмещение был одной из самых трудных проблем, от которой зависело сохранение России как государства и признание миром новых независимых государств. В статье поставлена задача исследовать, как создавалась правовая основа возмещения долга западным инвесторам новыми странами, почему пришлось возмещать весь долг России. Статья написана на основе опубликованных источников: договоров, соглашений, меморандума, постановлений. Изучение документов показало, что ликвидация СССР не была спонтанной. Раздел имущества СССР раскрывает сложности во взаимоотношениях между союзными республиками, а потом независимыми государствами, дает возможность понять, почему у части руководства и населения новых стран разрослись русофобские настроения, почему возмещать долги пришлось России.*

***Ключевые слова:** Устав, Соглашение, Договор, правопреемство, Совет глав государств, меморандум, агрегированный показатель.*

Обоснование проблемы исследования, методологии исследования; цель статьи.

Величайшую трагедию XX века ликвидацию СССР формально связывают с документами, принятыми 8 и 21 декабря 1991 г. Наступил длительный период реального раздела государства на части. Было много сложных проблем, некоторые не решены и сегодня, а способы решения дают возможность некоторым субъектам и через треть века оспаривать результаты. В этом ничего удивительного нет, в истории на наших глазах впервые исчезло уникальное государство, объединявшее более ста народов на 1/6 части света. Важнейшими вопросами, от которых зависела безопасность мира и сохранение народов на постсоветском пространстве, были раздел территории, движимой и недвижимой собственности, вооруженных сил, ядерного оружия, ликвидация существующих вооруженных конфликтов. И все они решались с огромными трудностями. Особую остроту приобрел вопрос о внешнем долге СССР, без которого не могло быть сохранения России как суверенного государства и международного признания новых государств.

О том, как решалась эта проблема, написано много [2; 10; 23]. Существует теория государственного долга [2; 10], практическое решение [4; 23]. Целью настоящей работы является анализ процесса правового обеспечения, выработки условий возмещения государственного долга СССР государствами, появившимися на его развалинах, оценка взаимосвязи принимаемых решений и реальной практики, анализ причин, почему Россия взяла на себя ответственность за долги и почему некоторые страны до настоящего времени не признают правомерности такого решения.

Статья написана на основе опубликованной литературы и доступных источников. Следует отметить, что источники противоречивы. Трактовки некоторых событий сомнительны. Вопрос о правопреемственности России тоже подвергается сомнению до сих пор. Например, в феврале 2022 г. постпред Украины в ООН Сергей Кислица выразил сомнение в праве России быть членом Совета Безопасности ООН, заявив, что Россия не в состоянии документально подтвердить свои права постоянного члена в Совбезе ООН. Украина по-прежнему предъявляет претензии к России и по поводу собственности СССР. Решения, договоры, соглашения опубликованы. Они воссоздают сложности в решении вопросов раздела имущества СССР, но стенограммы заседаний пока недоступны, а именно они могут раскрыть позиции сторон, государственных деятелей, их аргументы и предложения. Необходимо учитывать, что финансовая сфера – стратегически важная для любого государства, поэтому многое в ней всегда недоступно для исследователей. Решения, договоры, соглашения опубликованы. Они воссоздают сложности в решении вопросов раздела имущества СССР, но стенограммы заседаний пока недоступны, а именно они могут раскрыть позиции сторон, государственных деятелей, их аргументы и предложения.

Основное содержание.

Сегодня господствует утверждение, что все государства в эпоху глобализации живут в кредит, даже развитые, процветающие, богатые. В 1985 году, когда объявили о перестройке, СССР имел внешний долг. В годы перестройки падение производства и нараставшие социально-экономические проблемы заставляли руководство СССР активнее брать средства в долг за рубежом, привлекали межгосударственные займы, банковские кредиты, предназначенные для финансирования закупок импортного оборудования, продовольствия, медикаментов и других товаров, необходимых для обеспечения жизнедеятельности населения

страны, свободные средства для покрытия текущих потребностей бюджета в форме финансовых кредитов и внешних облигационных займов. Долг рос очень быстро, хотя сегодня еще невозможно определить, по объективным причинам, или в силу некомпетентности руководства в этой сфере, или предательства и коррупции. Выход прибалтийских республик из СССР без всяких оговорок и возмещения затрат на их развитие означал рост затрат на возмещение долгов на остальные союзные республики. А средства СССР в это время распределялись не всегда с учетом вклада той или иной республики в общий бюджет, обстановка в республиках отличалась. В 1990-1991 г. даже в Москве были трудности с обеспечением населения, а в Прибалтийских республиках все было в достатке и разнообразии, но только для граждан, живущих там.

К 1991 г. общий внешний долг, по некоторым сведениям, вырос более, чем в два раза, составлял 73,8 млрд. долл., в том числе кредиторам – 33,6 млрд. долл., частным кредиторам – 27,4 млрд. долл., долги, не гарантированные Внешэкономбанком СССР, – 2 млрд. долл., краткосрочный долг – 12,8 млрд. долл. [4, С. 174]. Другие источники называли сумму более 80 млрд. долл. [16].

Помимо долгов перед другими государствами Советский Союз имел обязательства перед коммерческими предприятиями, банками, входящими в так называемый Лондонский клуб кредиторов. Кроме того, в обмен на некоторые ресурсы советские предприятия расплачивались долговыми бумагами – облигациями Внешэкономбанка (ВЭБ). Эта нагрузка также легла на плечи государства. Глубоко не исследована эффективность использования взятых средств. Единственное неопровержимое доказательство неэффективности – это развал СССР. СССР был должен странам Парижского клуба, Лондонского клуба, социалистическим и другим государствам.

СССР тоже давал кредиты, но в большинстве это были достаточно бедные африканские и латиноамериканские страны. Став членом Парижского клуба Россия в 1999 г. в соответствии с правилами Парижского клуба списала больше половины долга беднейших африканских стран, тем более, что требовать возврата долгов с этих стран было бессмысленно – денег у них все равно не было [16].

Экономическая ситуация в стране к концу 1980-х гг. создавала угрозу невозможности обслуживания внешнего долга, а вслед за этим санкций кредиторов. Гарантия обслуживания и погашения внешнего долга СССР являлась обязательным условием существования СССР в мире. В связи с этим до официальной ликвидации СССР в октябре 1991 г. в Москве собрались представители семи стран-кредиторов и союзных республик СССР и представитель от СССР. Обсудили вопрос о долгах и подписали «Договор о правопреемстве в отношении внешнего государственного долга и активов Союза ССР» (далее Договор) [3]. Принимали участие представители всех союзных республик и СССР как государство-предшественник. Участники совещания осознали невозможность гарантий погашения внешнего долга без решения вопросов по разделу активов СССР, приняли во внимание принципы международного права и положения Венской (1983 г.) конвенции «О правопреемстве государств в отношении государственной собственности, договорились о том, что считать активами СССР, обязались участвовать в погашении и нести расходы по обслуживанию государственного внешнего долга СССР в долях, согласованных сторонами, и подтвердили право собственности каждой из сторон на причитающуюся ей долю активов СССР [3]. В связи с Договором остро встал вопрос о стоимости активов СССР за рубежом.

Доля каждой из союзных республик СССР в задолженности по долгу на 1 января 1991 г. и активах на момент правопреемства была определена в процентах на основании согласованного сторонами единого «агрегированного показателя». Впервые в мировой практике был выведен «агрегированный показатель» распределения долей долга республик, исходя из их участия в экспорте, импорте, произведенном национальном доходе и численности населения СССР за 1986-1990 гг. По Договору распределение долга СССР, возникшего в 1991 году по продовольственным товарам и товарам народного потребления, должно было осуществляться по фактическому использованию государствами-правопреемниками (которых еще не было, а были союзные республики) полученных кредитов, остальное – по агрегированному показателю. Стороны решили, что моментом правопреемства в соответствии с Договором является 1 декабря 1991 г., а абсолютное выражение долей сторон в активах по состоянию на 1 декабря 1991 г. решено было определить не позднее 20 декабря 1991 г. Это вовремя не было сделано, что стало потом одним из источников противоречий.

Для урегулирования всех вопросов, связанных с реализацией Договора, создали Межгосударственный совет по наблюдению за обслуживанием долга и использованием активов, состоящий из полномочных представителей сторон (далее МС). Стороны уполномочили Внешэкономбанк СССР на обслуживание долга. По договору в течение месяца после его подписания нужно было принять Устав Межгосударственного совета, но он был подготовлен и принят только в марте 1992 г., когда уже не стало СССР. В соответствии с Уставом МС был создан из числа полномочных представителей сторон по Договору, был высшим органом управления Внешэкономбанком СССР (Уполномоченным банком), который выполнял функции агента сторон, подписавших Договор, в вопросах управления долгом и активами бывшего Союза ССР. МС на уровне экспертов создал постоянно действующий наблюдательный орган, располагающийся в г. Москве. Члены МС назначались высшими исполнительными органами суверенных государств. Сопредседателями МС были полномочные представители Российской Федерации и Украины, третий сопредседатель назначался на основе ротации из состава полномочных представителей других стран СНГ, подписавших Договор. Голоса в МС распределялись между его членами пропорционально долям, определенным для каждой из сторон по Договору

в его статье 4. Решения МС принимались квалифицированным большинством в 80 процентов голосов, представленных участвующими в заседании членами МС. Стороны, подписавшие Договор, имели право решающего голоса в МС, а не подписавшие Договор, имели право участия в работе МС в качестве наблюдателей. Председатель Банка или заместитель Председателя Банка отвечали только перед Межгосударственным советом по вопросам обслуживания внешнего долга, определенным Меморандумом о взаимопонимании от 28 октября 1991 года, а не перед Правлением или другим органом, которому подчинялся Внешэкономбанк [3; 19]. Устав подписали 8 государств, не подписали 4 (Азербайджан, Грузия, Туркмения, Узбекистан [19]). Таким образом, Устав МС, который принимался уже после ликвидации СССР, принципы принятия решений в МС обеспечивали преимущества России, но и большую ответственность.

28 октября 1991 г., одновременно с Договором, был принят Меморандум о взаимопонимании относительно долга иностранным кредиторам СССР и его правопреемников и Коммюнике (24 ноября 1991 г.), где был закреплен принцип солидарной ответственности и стороны объявили себя солидарно несущими ответственность за долг, что означало, что преемники все и каждый в отдельности несет ответственность за всю сумму долга и если не будет платить, то его автоматически прекращают кредитовать. Если же кто-то не будет платить, остальные берут на себя уплату [9].

До формальной ликвидации СССР Договор был продублирован 4 декабря 1991 г. в Москве, и участники договорились о механизме погашения и обслуживания задолженности (обязательств) СССР в иностранной валюте. Договор о правопреемстве в отношении внешнего долга и активов Союза ССР вступал в силу 4 декабря 1991 г. Подписи под ним поставили представители 8 союзных республик (Армении Белоруссии, Грузии, Киргизии, Казахстана, РФ, Таджикистана, Украины) [3]. Доли долговых обязательств (в процентах) были распределены следующим образом: Россия – 61,34; Украина – 16,37; Белоруссия – 4,13; Казахстан – 3,86; Узбекистан – 3,27; Азербайджан – 1,64; Грузия – 1,62; Литва – 1,41; Латвия – 1,14; Молдавия – 1,29; Киргизия – 0,95; Армения – 0,86; Таджикистан – 0,82; Туркмения – 0,70; Эстония – 0,62. Как показывают данные, подавляющая часть долга приходилась на Россию, шестая часть – на Украину, что соответствовало их вкладу в экономику СССР. 5 республик должны были заплатить менее 1 %.

В Договоре подробно был расписан механизм погашения долей, ответственность разных субъектов. А после принятия решения о ликвидации СССР и создании СНГ 30 декабря 1991 г. было заключено Соглашение о собственности бывшего Союза ССР за рубежом, в котором государства СНГ взаимно признали, что каждое из них имеет право на соответствующую фиксированную справедливую долю в собственности бывшего Союза ССР за рубежом и будет способствовать реализации этого права [17].

На 11 государств приходилось 95,23 %. Совокупная доля Грузии, Латвии, Литвы и Эстонии, составляющая 4,77 процента, не рассматривалась этим Соглашением. Стороны признали взаимозависимость между обязательством участвовать в погашении и нести расходы по обслуживанию государственного внешнего долга и возможностью реализации права собственности на причитающуюся каждому участнику долю всей собственности бывшего Союза ССР за рубежом. Оставалось определить количественные и стоимость натуральных показателей, а потом их разделить. Это тоже стало проблемой. Договор 4 декабря 1991 г. был вновь продублирован 13 марта 1992 г. Его подписали 8 государств. Для урегулирования всех вопросов решением Совета Глав Государств СНГ от 20 марта 1992 год создали Комиссию по правопреемству в отношении договоров, представляющих взаимный интерес. В Москве 6 июля 1992 г. представители государств СНГ подписали это соглашение [18]. Республика Узбекистан сделала предложение к нему. Она настаивала, чтобы Комиссия по правопреемству рассмотрела агрегированный показатель, определяющий долю государства Узбекистан в отношении внешнего долга бывшего СССР. У нас нет возможности показать, что их не устраивало, больше или меньше должна быть доля, в договоре даётся только содержание предложения [18].

Несмотря на создание межгосударственной комиссии по выработке критериев и принципов распределения всей собственности бывшего Союза ССР за рубежом, оказалось очень трудно провести инвентаризацию и оценить собственность СССР за рубежом, как и в целом в государстве, за короткое время, а готового варианта не было. На вопрос почему, напрашивается лишь одно объяснение – собственность в СССР была государственная, контролировало все операции государство и, если определение объема собственности вызывало трудности, значит либо этому в СССР не придавали должного внимания, либо плохо работали соответствующие государственные органы.

Для реализации принятого договора о долге важное значение имело решение вопроса о правопреемстве России. По этому вопросу тоже возникают и сегодня, как мы отмечали выше, споры.

При создании СНГ была декларирована лишь преемственность России в области международных обязательств СССР. Представители 11 стран СНГ в Алма-Ате 21 декабря 1991 г., ссылаясь на статью 12 Соглашения о создании Содружества Независимых Государств, «поддержали Россию в том, чтобы она продолжила членство СССР в ООН, включая постоянное членство в Совете Безопасности, и других международных организациях» [15]. Но вопрос о правопреемственности в отношении собственности СССР не решался безоговорочно. На этом основании некоторые делают вывод о том, что собственность СССР автоматически перешла к России. В действительности ни одно из 15 новых государств не постсоветском пространстве так не считало с первых дней после ликвидации СССР. Поэтому созданный Совет Глав Государств СНГ интенсивно занимался всеми вопросами, принимая массу решений, которые в силу ими же

принятых принципов не выполнялись, многие начали решаться стихийно, или на основе двусторонних договоров. Совет Глав Государств СНГ 21 декабря 1991 г. в Алма-Ате принял решение о правопреемственности [15]. Россия уведомила мир об этом нотой МИД РФ «Об осуществлении прав и выполнении обязательств, вытекающих из международных договоров, заключённых СССР» от 13 января 1992 г., проинформировав, иностранные государства о том, что Российская Федерация продолжает осуществлять права и выполнять обязательства, вытекающие из международных договоров, заключённых СССР [12]. Правопреемственность России сегодня пытается оспорить под разными предлогами Украина, поскольку не было решения ООН, как они считают, о передаче России членства в Совете Безопасности ООН. Однако тридцать лет назад не было сомнений в исторической обоснованности этого. В декабре 1991 г. сразу после принятия документов в Алма-Ате главы ряда государств, правительств, организаций заявили о признании России и 10 независимых государств (в Грузии в это время шла гражданская война, она вошла в СНГ позже). Американский президент Д. Буш признал, что дипломатические отношения СССР переходят на Россию, а с другими государствами они будут устанавливать отношения, в том числе и с Украиной и Беларусью, несмотря на то, что они были членами ООН с 1945 г. Официальный представитель ЕС 25 декабря 1991 г. в Гааге объявил, что ЕС рассматривает Россию как правопреемницу бывшего СССР, включая наследование ею прав, вытекающих из Устава ООН. В те дни подобную позицию высказали министр иностранных дел Франции, премьер-министр Японии и другие. С точки зрения мира, специального признания России не требовалось, признавать ее как государство не было необходимости, поскольку она была субъектом международного права сотни лет, считалась естественной исторической преемницей Российской империи, РСФСР, а теперь СССР. Другие новые государства ранее не имели государственности, не были ранее субъектами международного права, поэтому должны были проходить процедуру признания, согласившись с перечнем критериев, как например, в ЕС [11].

Не все новые государства могли и хотели оплачивать свою долю долга. Поэтому к вопросу о внешнем долге возвращались неоднократно в первой половине 1990-х гг.

Договор подписали, но по разным причинам не платили, принцип солидарности не действовал. Чтобы у кредиторов не возникали претензии и не осложнялись международные отношения Россия обслуживала весь долг, но для этого нужны были юридические основания. Тогда 13 января 1992 г. Президиум Верховного совета РФ взял под свою юрисдикцию Внешэкономбанк. Межгосударственный совет с этим согласился, подтвердил статус банка, каким он был определен в Договоре 4 декабря 1991 г. Банк осуществлял платежи по долгу, но деньги перечисляла только Россия [4, с. 174]. В 1992 г. ни от одного государства платежи не поступали. Кредиторы предъявляли требования только к России, угрожая финансовой блокадой (замораживанием счетов за рубежом, доходов от экспорта и т.д.). Поэтому в 1992 г. Москва начала переговоры о реструктуризации платежей, начали подписывать соглашения с республиками о «нулевом варианте». Первой подписала такое соглашение с РФ Туркмения в июле 1992 г. [19].

8 октября 1992 г. на заседании Парижского клуба кредиторов представитель России предложил им признать РФ единственным субъектом переговоров для обслуживания государственного долга, заявил, что Россия готова взять на себя погашение всех долгов СССР, а взаимные обязательства с другими странами она урегулирует на двусторонней основе [4]. Представители Правительств, участвующих стран-кредиторов и Правительства Российской Федерации 2 апреля 1993 года приняли заявление о признании РФ правопреемницей по долгу СССР вместо всех стран. Россия приняла на себя ответственность за погашение всего долга СССР.

В течение 1992-1995 гг. РФ заключила двусторонние соглашения с рядом государств-преемников СССР, по которым доля внешнего государственного долга обменивалась бы на их долю в зарубежной собственности. Таким образом, республики пошли по пути закрепления фактического владения собственностью Союза ССР за рубежом. Принимая на себя долги других преемников СССР, Российская Федерация должна была получить и соответствующую долю в активах. Российской Федерацией был заключен ряд таких соглашений.

Правительство Российской Федерации 9 октября 1995 г. приняло Постановление № 992 об их утверждении. На тот момент были утверждены Правительством Российской Федерации двусторонние соглашения с Азербайджаном, Молдавией, Грузией, Арменией, Казахстаном, Узбекистаном, Таджикистаном. Подписаны, но не все вступили в силу. С Молдавией, например, соглашение было подписано в 1993 г., вступило в силу только в 1997 г. [20], с Грузией только в 2001 г. Соглашение между Российской Федерацией и Украиной, подписанное в Москве 9 декабря 1994 г., в силу так и не вступило [21]. РФ подписала двусторонние соглашения, зафиксировавшие принятие Россией на себя обязательств данных государств в части внешнего долга СССР в обмен на их отказ от причитающейся им доли зарубежных активов СССР (так называемые соглашения о «нулевом варианте»).

Формула соглашений практически была одинакова. Они подтверждали все предшествующие договора, передавали, а Российская Федерация принимала на себя обязательства по выплате доли государства во внешнем государственном долге бывшего Союза ССР. Соглашения вступали в силу со дня его подписания. Так Россия стала правопреемницей долга СССР.

Своеобразную позицию заняла Украина. Она с первых дней после ликвидации СССР, будучи инициатором, учредителем СНГ, не участвовала в реализации многих принимаемых в рамках СНГ решений. Вопреки подписанному в декабре 1994 г. Российской Федерацией и Украиной межгосударственному

Соглашению, по которому Украина передала, а Российская Федерация приняла на себя обязательства по выплате доли Украины во внешнем государственном долге (статья 3), передала РФ свою долю в активах бывшего Союза ССР (статья 4), и признавала вопрос урегулированным (статья 5) [21], Украина не стала его выполнять, направила правительствам стран СНГ ноты с притязаниями на часть зарубежной недвижимости бывшего Союза ССР, тем самым блокировав реоформление на Российскую Федерацию прав собственности на недвижимое имущество бывшего СССР в этих странах. Притязания Украины, вероятно, имели основания. Нигде не фигурируют абсолютные показатели зарубежной собственности, она надеялась на большее. Действия Украины существенно усложняли на тот момент не только процесс перерегистрации прав Российской Федерации, но и проведение в этих странах инвестиционной политики и развитие коммерческой деятельности. Но следует учитывать, что решение этого вопроса зависело не только от России, они тогда все в равной степени участвовали в «инвентаризации собственности СССР» и несли за это ответственность. Как показывает современная Украина, для них характерно, что одни государственные деятели подписывают документы, другие нередко их не выполняют. В 1990-е гг. украинский министр внешних экономических связей Олег Слепичев в интервью агентству REUTERS заявлял, что Киев не признает правопреемства Москвы по внешнему долгу бывшего СССР, намерен потребовать своей доли зарубежных активов бывшего Союза. Причем решать этот спор, по его словам, Украина планировала вполне цивилизованно, включая обращение в Международный суд в Гааге. При этом долги не платили. Украина оставалась единственной из республик СНГ, которая не подписывала соглашение о «нулевом варианте». И несмотря на то, что Россия исправно продолжала выплачивать долги в одиночку, а Украина не справлялась не только с внешним долгом, но и с платежами Москве за энергоресурсы, Киев не оставлял надежды отсудить часть "советских" активов за рубежом – здания посольств, торгпредств, промышленные объекты и проч. Украинскими экспертами они в целом оценивались едва ли не в \$150 млрд. В силу этого они считали, что, если примут ответственность за свою часть долга (и активов), а потом реструктурируют его с кредиторами, это решит многие проблемы Украины. Точная сумма активов СССР к тому времени не была определена. Заграничная собственность СССР как часть его активов тоже не имела оценки. Россия уплатила за Украину ее долю долга, а Украина не отказалась от активов.

Россия выплатила последний внешний долг СССР, по сообщениям министерства финансов РФ, в августе 2017 г. 125,2 миллиона долларов Боснии и Герцеговине. Долг перед Боснией и Герцеговиной возник в связи с тем, что Россия признала ответственность по долгам СССР перед бывшей Югославией, уничтоженной в 1999 г. С другими бывшими югославскими республиками (Хорватией, Сербией, Черногорией, Македонией и Словенией) Москва полностью расплатилась в 2011-2016 годах. Долги СССР Россия выплачивала Чехии, Финляндии, Черногории, Китаю, Южной Корее, Кувейту, Франции, Великобритании, Нидерландам и другим странам мира [6].

Выводы.

Внешний долг СССР выплатила Россия, взяв на себя ответственность за все остальные государства на постсоветском пространстве на основе права. Правовая основа создавалась долго, трудно, не все государства подписали договор, соглашения, Меморандум и другие юридические документы, а подписавшие не всегда их выполняли в силу объективных и субъективных причин. Солидарной ответственности не получилось.

В современной истории не было государства, в котором существовала только государственная собственность (личная не принимается во внимание), объемы которой, как показала история СССР, не были просчитаны заранее, а чтобы делить, нужно было знать что, в каком количестве. Не существовало проверенных практикой в мире законов, как это делать. А юристы СССР, как мы считаем, не имели опыта решения таких вопросов, как, впрочем, и других, возникших на постсоветском пространстве.

Лидеры новых государств, все в прошлом бывшие партийные или государственные работники, были заняты внутренними проблемами становления государственности. Часть их не верила, что СССР ликвидирован навсегда, не готова была к долгим спорам в условиях продолжающегося кризиса, поэтому легко согласилась уступить России свой внешний долг в обмен на долю в собственности. Другая часть не хотела платить, пока не получит собственность, а кредиторы не намерены были ждать. Россия взяла на себя обязательства, потому что в глазах мира она была правопреемницей СССР, чтобы сохранить этот статус, могла заплатить и сделала это.

Правовая основа решения проблемы, хотя и опиралась на международную практику, была новой, хрупкой, меняющейся, а лидеры государств еще не готовы были к ответственности. Некоторые, стремясь влиться в «европейское сообщество», не понимали, что это длительный процесс, требующий учета интересов других, а не только свои собственные. Допускаем, что при решении вопросов внешнего государственного долга наряду с некомпетентностью ряда руководителей проявлялась и русофобская позиция. Опыт решения вопроса о возмещении государственного долга СССР убедительно опровергает бытующее сегодня определение СССР, а потом России, как империи, живущей за счет других, но доказывает, что проблемы решаются на постсоветском пространстве за счет России, ее народов.

Руководство России вынуждено было принять на себя международные обязательства СССР, ради сохранения ее государственности, предотвращения дальнейшего распада уже России, предотвращения новых конфликтов на постсоветском пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быстренко, В.И. Содружество Независимых Государств: итоги организации сотрудничества стран на постсоветском пространстве / В.И. Быстренко, В.Г. Ярославцев // Исторический бюллетень. – 2021. – № 2. – С. 28-37.
2. Вавилов, Ю.Я. Государственный долг. Учеб. пос. / Ю.Я. Вавилов. – М., Перспектива 2000. – 104 с.
3. Договор о правопреемстве в отношении внешнего государственного долга и активов Союза ССР [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901777444> (дата обращения 02.03.22)
4. Залинян, А.М. Судьба внешних долгов СССР / А.М. Залинян // Журнал "Коммерсантъ Власть" 07.06.1994 [Электронный ресурс] Режим доступа: [www.ysu.am > files](http://www.ysu.am/files) (дата обращения 13.10.22.)
5. Как Россия платила долги? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3390306> (дата обращения 03.02.2021.г.)
6. Калашникова, Н. Денежный рынок – Российские долги / Н. Калашникова // Коммерсантъ Власть. – № 20. от 07.06.1994 года [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/9957> (дата обращения 13.02.22.).
7. Калашникова, Н. Украина требует долю в долгах СССР / Н. Калашникова // Коммерсантъ. – № 50. 22.03.1994. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/5215867>(дата обращения 15.02.22.).
8. Корчагин, А. Управление внешней задолженностью России / А. Корчагин, Д. Вторьгин // Рынок ценных бумаг. – 2000. – № 5. – С. 21.
9. Мельничук, И.П. Актуальные аспекты правопреемства в международном праве (на примере государственной собственности бывшего Союза ССР за рубежом) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://demo.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&ts=xuSoTxSAHFdlq3QK1&cacheid=AB38AFC0DD6776C2F7A1F0600D1408EE&mode=splus&base=СЛ&n=18477&md=55FBE441C16C5E93E18> (дата обращения 15.10.22.)
10. Меморандумом о взаимопонимании от 28 октября 1991 года [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.lawwebs.ru/laws-6-10.html> (дата обращения 15.02.22.).
11. Письмо МИД РФ от 13.01.1992 N 11/Угп «Об осуществлении прав и выполнении обязательств, вытекающих из международных договоров, заключенных СССР» [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/pismo-mid-ff-ot-13011992-n-11ugp/> (дата обращения 02.03.22).
12. Постановление Совета Министров – Правительства РФ от 17 мая 1993 г. N 459 «О подписании с государствами-республиками бывшего СССР соглашений об урегулировании вопросов правопреемства в отношении внешнего государственного долга и активов бывшего СССР». [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rulaws.ru/government/Postanovlenie-Pravitelstva-RF-ot-17.05.1993-N-459/> (дата обращения 02.03.22).
13. Постановление Правительства РФ от 9 октября 1995 г. № 992 «Об утверждении соглашений между Российской Федерацией и государствами – участниками Содружества Независимых Государств об урегулировании вопросов правопреемства в отношении внешнего государственного долга и активов бывшего Союза ССР» <https://base.garant.ru/1118363/> (дата обращения 02.03.22).
14. Портанский, А. Россия – естественная правопреемница Союза в глазах мирового сообщества. / А. Портанский // Известия. 26 декабря 1991 г.).
15. Решение Совета Глав Государств Содружества Независимых Государств о правопреемственности России 21.12.1991. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1900103> (дата обращения 18.02.22.).
16. Романов, Д. Платежом красен: почему Россия возвращала долги СССР? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/4033459> (дата обращения 15.02.22.). <https://tass.ru/ekonomika/4033459> (дата обращения 02.03.22).
17. Соглашение Глав Государств Содружества Независимых Государств о собственности бывшего Союза ССР за рубежом 30 декабря 1991 г. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1901872> (дата обращения 02.03.22).
18. Соглашение стран СНГ о распределении всей собственности бывшего Союза ССР за рубежом» от 6 июля 1992 г. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1902072> (дата обращения 02.03.22).
19. Соглашение между Российской Федерацией и Туркменистаном об урегулировании вопросов правопреемства в отношении внешнего государственного долга и активов бывшего Союза ССР. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901876390> (дата обращения 13.02.22)..
20. Соглашение между Российской Федерацией и Молдавией об урегулировании вопросов правопреемства в отношении внешнего государственного долга и активов бывшего Союза ССР [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901955201> (дата обращения 13.02.22.)
21. Соглашение между Российской Федерацией и Украиной об урегулировании вопросов правопреемства в отношении внешнего государственного долга и активов бывшего Союза ССР [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902377833> (дата обращения 05.03.22.)
22. Устав Межгосударственного совета по наблюдению за обслуживанием долга и использованием активов Союза ССР 13.03.1992 [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901777530> (дата обращения 02.03.22).
23. Хайхадаева, О.Д. Государственный долг Российской Федерации: теоретические и исторические аспекты: Дисс. ... д-ра экон. наук / О.Д. Хайхадаева. – СПб, 2000. – С. 67.

Материал поступил в редакцию 27.03.22

**THE LEGAL BASIS FOR RUSSIA'S REIMBURSEMENT
OF THE EXTERNAL STATE DEBT OF THE USSR**

V.I. Bystrenko, Doctor of Historical Sciences,
Professor of the Department of Philosophy and Humanities,
Novosibirsk State University of Economics and Management «NINH», Russia

***Abstract.** Thirty years ago, after the liquidation of the USSR, Russia had to solve many of its problems. The external debt of the USSR, its service and compensation was one of the most difficult problems on which the preservation of Russia as a state and the recognition of the world of new independent states depended. The article sets the task to investigate how the legal basis for reimbursing debts to Western investors by new countries was created, why it was necessary to repay the entire debt of Russia. The article was written on the basis of published sources⁶: treaties, agreements, memorandum, resolutions.*

***Keywords:** Charter, Agreement, Treaty, succession, Council of Heads of State, memorandum, aggregated indicator.*

Наука и Мир / Science and world

Ежемесячный научный журнал

№ 4 (104), Том 2, апрель / 2022

Адрес редакции:
Россия, 400105, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр-кт Металлургов, д. 29
E-mail: info@scienceph.ru
www.scienceph.ru

Изготовлено в типографии ООО «Сфера»

Адрес типографии:
Россия, 400105, г. Волгоград, ул. Богунская, 8, оф. 528.

Учредитель (Издатель): ООО «Научное обозрение»
Адрес: Россия, 400094, г. Волгоград, ул. Перелазовская, 28.
E-mail: scienceph@mail.ru
<http://scienceph.ru>

ISSN 2308-4804

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Теслина Ольга Владимировна
Ответственный редактор: Малышева Жанна Александровна

Лукиенко Леонид Викторович, доктор технических наук
Боровик Виталий Витальевич, кандидат технических наук
Дмитриева Елизавета Игоревна, кандидат филологических наук
Валуев Антон Вадимович, кандидат исторических наук
Кисляков Валерий Александрович, доктор медицинских наук
Рзаева Алия Байрам, кандидат химических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Кондрашихин Андрей Борисович, доктор экономических наук, кандидат технических наук
Хужаев Муминжон Исохонович, доктор философских наук
Ибрагимов Лутфулло Зиядуллаевич, кандидат географических наук
Горбачевский Евгений Викторович, кандидат технических наук
Мадаминов Хуршиджон Мухамедович, кандидат физико-математических наук
Отажонов Салим Мадрахимович, доктор физико-математических наук
Каратаева Лола Абдуллаевна, кандидат медицинских наук
Турсунов Имомназар Эгамбердиевич, PhD экономических наук
Ачилов Ганижон Бабаджанович, кандидат биологических наук
Кузметов Абдулахмет Раймбердиевич, доктор биологических наук
Султанов Баходир Файзуллаевич, кандидат экономических наук
Максумханова Азизахон Мукадыровна, кандидат экономических наук
Кувнаков Хайдар Касимович, кандидат экономических наук
Якубова Хуршида Муратовна, кандидат экономических наук
Кушаров Зохид Келдиёрович, кандидат экономических наук

Подписано в печать 22.04.2022. Дата выхода в свет: 12.05.2022.

Формат 60x84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура Times New Roman. Заказ № 61. Свободная цена. Тираж 100.