

№ 1(91). 2024

**ВОПРОСЫ
СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ И ПРАКТИКИ.**
Университет им. В.И. Вернадского

16+

Ассоциация
«Объединенный университет
имени В.И. Вернадского»

ISSN 1990-9047
e-ISSN 2541-853X
DOI: 10.17277/issn.1990-9047

№ 1(91). 2024

**ВОПРОСЫ
СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ И ПРАКТИКИ.**

Университет им. В.И. Вернадского

Ассоциация
«Объединенный университет
имени В.И. Вернадского»

**Ассоциация «Объединенный университет
имени В.И. Вернадского»**

**ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ.
УНИВЕРСИТЕТ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО**

*Основан в 2006 году
Выходит 4 раза в год*

Учредители: Ассоциация «Объединенный университет имени В.И. Вернадского»
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ
ФГБОУ ВО «ТГТУ»

Ассоциированные члены:

Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского

Главный редактор

д-р техн. наук, профессор Н. С. Попов

СМИ журнал «Вопросы современной науки и практики.
Университет им. В.И. Вернадского» зарегистрировано Федеральной службой
по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия

Регистрационный номер СМИ ПИ № ФС77-23504 от 28.02.2006

*В соответствии с решениями президиума Высшей аттестационной комиссии при Мини-
стерстве науки и высшего образования РФ журнал «Вопросы современной науки и практи-
ки. Университет им. В.И. Вернадского» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных
журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты
диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук*

Представление материалов в редакционный отдел является конклюдентным действием.
Согласие авторов на опубликование материала, а также на размещение его
в электронных версиях журнала предполагается

ИЗДАТЕЛЬ ФГБОУ ВО «ТГТУ»

Адрес издателя: 392000, Тамбовская обл., г.о. город Тамбов, г. Тамбов,
ул. Советская, д. 106/5, помещ. 2. Тел. (4752) 63 10 19; e-mail: tstu@admin.tstu.ru

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

392000, Тамбовская обл., г.о. город Тамбов, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещ. 2.
Тел. (4752) 63 81 08; e-mail: eco@mail.tstu.ru

Редакторы: *О. В. Мочалина, И. М. Курносова*; редактор иностранного перевода *Н. А. Гунина*
Компьютерная верстка: *О. В. Мочалина, И. М. Курносова*

Подписано в печать 22.02.2024. Дата выхода в свет 13.03.2024.

Формат журнала 70×108/16. Усл. п. л. 14,525. Уч.-изд. л. 14,85. Тираж 100 экз. Цена свободная. Заказ 002.

Отпечатано в типографии ФГБОУ ВО «ТГТУ».

Адрес типографии: 392032, Тамбовская обл., г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112А.
Тел.: (4752) 63 03 91, (4752) 63 07 46

ISSN 1990-9047
e-ISSN 2541-853X
DOI: 10.17277/issn.1990-9047

Знак информационной продукции 16+

© Ассоциация «Объединенный университет
имени В.И. Вернадского», 2024
© Неправительственный экологический фонд
имени В.И. Вернадского, 2024
© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет инженерных технологий», 2024
© ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, 2024
© ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024

СОВЕТ РЕДАКТОРОВ

- Аксёнов Геннадий Петрович** – канд. геогр. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Институт истории естествознания и техники им. С. В. Вавилова РАН; тел.: +7(495) 988-22-80; e-mail: gen.aksenov@mail.ru
- Антипов Сергей Тихонович** – д-р техн. наук, профессор; заведующий кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ВГУИТ); тел.: +7(4732) 55-38-96; e-mail: post@vsuet.ru
- Битюков Виталий Ксенофонович** – д-р техн. наук, профессор; заслуженный деятель науки РФ; профессор кафедры «Информационные и управляющие системы», ВГУИТ; тел.: +7(4732) 55-42-67, 55-35-21; e-mail: post@vsuet.ru
- Бабушкин Вадим Анатольевич** – д-р с.-х. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» (МичГАУ); тел.: +7(47545) 9-45-01; e-mail: babushkin@mgau.ru
- Бешенков Сергей Александрович** – д-р пед. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Институт управления образованием Российской академии образования» (ИУО РАО); тел.: 8 9104754660; e-mail: srg57@mail.ru
- Горбашко Елена Анатольевна** – д-р экон. наук, профессор; проректор по научной работе, заведующий кафедрой «Проектный менеджмент и управление качеством», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»; тел.: +7(812) 310-22-09; e-mail: gorbashko.e@unecon.ru
- Ди Феличе Ренцо** – профессор инженерной химии отделения гражданской, химической и экологической инженерии Университета г. Генуи (Италия); тел.: +390103532924; e-mail: renzo.difelice@unige.it
- Езерский Валерий Александрович** – д-р техн. наук, профессор; заведующий кафедрой «Основы строительства и строительная физика», Белостокский политехнический институт (Польша); тел.: +7(4752) 63-89-75, +375 (29) 802-92-05; e-mail: wizer53@rambler.ru
- Завражнов Анатолий Иванович** – д-р техн. наук, профессор; академик РАН; почетный член Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского», главный научный сотрудник, МичГАУ; тел.: +7(47545) 5-22-33; e-mail: prezident@mgau.ru
- Зазуля Александр Николаевич** – д-р техн. наук, профессор; директор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»; тел.: +7(47545) 44-02-48; e-mail: viitin-adm@mail.ru
- Злобина Наталья Васильевна** – д-р экон. наук, профессор; директор института дополнительного профессионального образования, ТамбГТУ; тел.: +7(4752) 63-07-34; e-mail: idpo@tstu.ru
- Иванова Татьяна Юрьевна** – д-р экон. наук, профессор; заведующий кафедрой управления, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»; тел.: +7(8422) 32-06-97; e-mail: tivanova.j@gmail.com
- Иниеста Иисус** – д-р хим. наук, профессор; департамент физической химии Университета г. Аликанте (Испания); тел.: +34965909850; e-mail: jesus.iniesta@ua.es
- Краснянский Михаил Николаевич** – д-р техн. наук, профессор; ректор, ТамбГТУ; президент Ассоциации «Объединенный университет им. В. И. Вернадского»; тел.: +7(4752) 63-10-19; e-mail: tsu@tstu.ru
- Корнеева Ольга Сергеевна** – д-р биол. наук, профессор; проректор по научной и инновационной деятельности, заведующий кафедрой «Биохимия и биотехнологии», ВГУИТ; начальник управления науки и инноваций; тел.: +7(4732) 55-37-16; e-mail: korneeva-olgas@yandex.ru

- Кудеяров Валерий Николаевич** – д-р биол. наук, профессор; заслуженный деятель науки РФ; директор, ФГБУН «Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН»; тел.: +7(4967) 73-36-34; e-mail: kudeyarov@issp.serpukhov.su
- Матвейкин Валерий Григорьевич** – д-р техн. наук, профессор; заместитель генерального директора, ОАО «Корпорация «Росхимзащита»; заведующий кафедрой «Информационные процессы и управление», ТамбГТУ; тел.: +7(4752) 63-91-87; e-mail: valery.mat@rambler.ru
- Молоткова Наталия Вячеславовна** – д-р пед. наук, профессор; первый проректор, ТамбГТУ; тел.: +7(4752) 63-06-49; e-mail: molotkova.nv@tstu.ru
- Мищенко Елена Сергеевна** – д-р экон. наук, профессор; проректор по международной деятельности, ТамбГТУ; тел.: +7(4752) 63-20-02; e-mail: int@tstu.ru
- Мищенко Сергей Владимирович** – д-р техн. наук, профессор; заслуженный деятель науки и техники РФ; научный руководитель кафедры «Мехатроника и технологические измерения», ТамбГТУ; тел.: +7(4752) 63-08-70; e-mail: msv@tstu.ru
- Миньоне Андреа** – профессор факультета политических наук Университета г. Генуя (Италия); тел.: + 390102099067; e-mail: Andrea.Mignone@unige.it
- Печерская Эвелина Павловна** – д-р пед. наук, канд. экон. наук, профессор; заслуженный работник высшей школы РФ, директор Института систем управления ФГБОУ ВО «Самарский государственный экономический университет»; тел.: +7 9272057010; e-mail: pecherskaya@sseu.ru
- Попов Николай Сергеевич** – д-р техн. наук, профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ТамбГТУ; заслуженный работник высшей школы РФ; главный редактор; тел.: +7(4752) 63-03-65; e-mail: eco@mail.tstu.ru
- Пучков Николай Петрович** – д-р пед. наук, профессор кафедры «Высшая математика», ТамбГТУ; тел.: + 7(4752) 63-04-38; e-mail: puchkov.np@mail.tstu.ru
- Спирионов Сергей Павлович** – д-р экон. наук, профессор кафедр «Экономика», «Экономическая безопасность и качество», ТамбГТУ; тел.: +7(4752) 63-01-69; e-mail: spiridonov_sp@bk.ru
- Стяжкин Константин Кириллович** – д-р биол. наук, профессор; и.о. директора ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт биологического приборостроения»; тел.: +7(495) 490-57-07; e-mail: niibp@dol.ru
- Тарасова Наталия Павловна** – д-р хим. наук, профессор; член-корреспондент РАН; директор Института химии и проблем устойчивого развития, заведующая кафедрой ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»; тел.: +7(499) 973-24-19; e-mail: tarasnp@muctr.ru
- Толстяков Роман Рашидович** – д-р экон. наук, профессор, директор Института экономики и качества жизни, ТамбГТУ; тел.: +7(4752) 63-04-53; e-mail: tolstyakoff@mail.ru
- Филимонова Ольга Сергеевна** – ассистент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды», ТамбГТУ; ответственный секретарь; тел.: +7(4752) 63-03-65; e-mail: eco@mail.tstu.ru
- Федюк Роман Сергеевич** – д-р техн. наук, доцент, профессор Военного учебного центра, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»; тел.: +7(950) 281-79-45; e-mail: roman44@yandex.ru
- Фурсаев Дмитрий Владимирович** – д-р физ.-мат. наук, доцент; ректор ГБОУ ВО Московской области «Университет «Дубна»; тел.: +7(496) 216-60-01; e-mail: rector@uni-dubna.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Экология	7
Василенко Т. А., Черныш И. В. Очистка сточных вод от красителя метиленовый голубой золой от сжигания растительных и минеральных отходов после щелочной и солевой активации.....	7
Отрошко Н. А., Синюткина С. Е., Розенблюм Л. В., Шубина А. Г. Качество воды природных источников восточной части Тамбовского района.....	19
Стаценко В. Н., Гридасов А. В., Садыков Р. Х. Исследование жидкостной пленочной нейтрализации сварочных газовых выбросов.....	25
Стаценко Л. Г., Смирнова М. М., Цыренова Н. Б. Экологическая безопасность базовых станций и абонентских терминалов современных систем связи	35
Цховребов Э. С. Развитие системы экологически безопасного обращения с отходами с учетом социально-экономических факторов	44
Шаванов Н. Д., Панков П. П., Бесполитов Д. В., Коновалова Н. А., Евсюков С. А., Авсеев Н. Д., Фаткулин А. А., Лушпей В. П. Утилизация паровозных шлаков в составах композиционных материалов для усиления земляного полотна железнодорожного пути.....	63
Региональная и отраслевая экономика	74
Красюк И. А., Брагин А. Ю. Маркетинговый мониторинг как инструмент построения цифровой маркетинговой системы и управления конкурентоспособностью	74
Кунденко Б. И., Кунденко С. Б., Ершова Т. А., Волкова В. Н. Разработка методики планирования развития складских мощностей на основе анализа динамики движения потоков товара	88
Лазарев С. И., Долгова О. В., Шестаков К. В. Экономическая оценка применения электродиализного метода с охлаждением растворов в технологической схеме очистки сточных вод гальванических производств	100
Савин К. Н., Болдырева К. А., Дмитриева Е. Л. Концепция и инструменты бережливого производства	113
Педагогика	120
<i>Теория и методика обучения и воспитания</i>	120
Бредихин В. Е., Двухжилова И. В., Козачек А. В. Памятные места В. И. Вернадского: история строительства здания Тамбовской губернской земской управы и педагогические аспекты ее изучения (1903 – 1917 гг.)	120
Бородулина Н. Ю., Макеева М. Н., Ильина И. Е. Роль цифровой грамотности в обучении иностранному языку в техническом вузе	145
Григорьева В. С. К вопросу о методике обучения переводу и употреблению модальных частиц в речи (на материале немецкого языка)	157

CONTENTS

Ecology	7
Vasilenko T. A., Chernysh I. V. Removal of Methylene Blue Dye from Wastewater Resulting from Plant and Mineral Waste Incineration after Alkaline and Salt Activation	7
Otroshko N. A., Sinyutina S. E., Rosenblum L. V., Shubina A. G. Water Quality of Natural Sources in the Eastern Part of the Tambov District.....	19
Statsenko V. N., Gridasov A. V., Sadykov R. H. Research on Liquid Film Neutralization of Welding Gas Emissions.....	25
Statsenko L. G., Smirnova M. M., Tsyrenova N. B. Environmental Safety of Base Stations and User Terminals of Modern Communication Systems	35
Tshovrebov E. S. The Development of an Environmentally Safe Waste Management System Regarding Socio-Economic Factors.....	44
Shavanov N. D., Pankov P. P., Bespolitov D. V., Konovalova N. A., Evsyukov S. A., Avseenko N. D., Fatkulin A. A., Lushpey V. P. Recycling of Steam Slag in Composite Materials to Strengthen Railway Subgrades.....	63
Regional and Sectoral Economy	74
Krasyuk I. A., Bragin A. Yu. Marketing Monitoring as a Tool for Building a Digital Marketing System and Competitiveness Management	74
Kundenok B. I., Kundenok S. B., Ershova T. A., Volkova V. N. A Method for Planning Warehouse Capacity Based on the Analysis of the Goods Flow Movement Dynamics.....	88
Lazarev S. I., Dolgova O. V., Shestakov K. V. Economic Assessment of the Application of Electrodialysis Method with Solution Cooling in Wastewater Treatment of Galvanic Products	100
Savin K. N., Boldyreva K. A., Dmitrieva E. L. The Concept and Tools of Lean Manufacturing	113
Pedagogy	120
<i>Theory and Methodology of Teaching and Education</i>	120
Bredikhin V. E., Dvukhzhilova I. V., Kozachek A. V. Memorable Places of V. I. Vernadsky: History of the Construction of the Building of the Tambov Provincial Zemstvo Government and Pedagogical Aspects of his Study (1903 – 1917)	120
Borodulina N. Yu., Makeeva M. N., Ilyina I. E. The Role of Digital Literacy in Teaching a Foreign Language at a Technical University	145
Grigorieva V. S. On the Question of the Methodology for Teaching Translation and Use of Modal Particles in Speech (based on German Language)	157

УДК 658.567.1

DOI: 10.17277/voprosy.2024.01.pp.007-018

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЯ МЕТИЛЕНОВЫЙ ГОЛУБОЙ ЗОЛОЙ ОТ СЖИГАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПОСЛЕ ЩЕЛОЧНОЙ И СОЛЕВОЙ АКТИВАЦИИ

Т. А. Василенко, И. В. Черныш

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В. Г. Шухова», Белгород, Россия*

Ключевые слова: адсорбция; десорбция; зола от сжигания растительных и минеральных отходов; краситель метиленовый голубой; сорбционная емкость; сорбционный материал.

Аннотация: Представлены результаты по применению сорбционного материала, представляющего собой отход, полученный при совместном сжигании на производстве в котельном оборудовании отработанной отбеливающей глины, содержащей растительные масла (15 – 80 %), отхода механической очистки масличных семян и подсолнечной лузги, для очистки от красителя метиленовый голубой (МГ). Исследованы физико-химические свойства золы. Показано, что МГ сорбируется в полимолекулярной форме на исследуемых материалах и изотермы имеют S-образный вид. Изучена десорбция МГ из полученных образцов. При проведении десорбции установлен физический характер сорбции (краситель МГ вымывается с поверхности сорбционных материалов до 19,4 %).

Введение

К одним из распространенных загрязняющих веществ относятся красители. Методы очистки – фильтрование, адсорбция, коагуляция, очистка реагентами и др. Для этих целей используют отходы производства, природные минералы, биомассу растений. Поиск новых технологий очистки сточных вод не теряет своей актуальности. В работе [1] представлены результаты по использованию штаммов бактерий (*A. brasilense* Sp245, Sp107,

Василенко Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры экобиотехнологии, e-mail: LAND-VNA78@List.ru; Черныш Ирина Вениаминовна – аспирант кафедры экобиотехнологии, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», Белгород, Россия.

Sp7, *SR80*, *A. lipoferum Sp59b* и *A. tiophilum Bv-S*) из коллекции микроорганизмов Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, для которых характерен высокий уровень продукции некоторых ферментов, для очистки модельных растворов от красителей антрахинонового ряда (метилового оранжевого иремазола).

В работе [2] показана возможность получения активированных углей в результате паровоздушной активации отработанного антрацита. Активация при 850 °С обеспечивает увеличение сорбционной емкости полученных сорбентов по метиленовому голубому (МГ) (42...51 мг/г), что более чем в два раза по сравнению с образцами, полученными на основе необработанного антрацита (18...22 мг/г) при концентрации красителя 2 мг/дм³. Результаты исследований, представленные в работе [3] показали, что сорбционные материалы, полученные из отходов молотого кофе, характеризуются высокой сорбционной способностью по отношению как к катионным, так и анионным красителям. Дополнительная модификация раствором пероксида водорода существенно увеличивает площадь удельной поверхности сорбционных материалов за счет формирования более развитой поверхности и пористости. Существует опыт использования в качестве углеродсодержащего сорбционного материала твердого углеродного остатка, полученного после пиролиза изношенных резиновых покрышек [4]. Показано, что сорбционная емкость полученного материала по метиленовому синему составляет 2,881 мг/г.

В работе [5] представлены результаты по использованию в качестве сорбционного материала для очистки модельных растворов от красителя МГ многофункциональных композиционных материалов на основе природных и синтетических полимеров, содержащих в качестве неорганических наполнителей наночастицы магнетита Fe₃O₄. Композиционные материалы на основе полистирол / бентонит / магнетит получены методом механического диспергирования частиц магнетизированной глины в матрице полистирола. Максимальной сорбционной емкостью по МГ ($4,2 \cdot 10^{-4}$ ммоль/г) и эффективностью очистки (60 %) характеризуется материал ПС/бентонит/магнетит с содержанием наполнителя (магнетит) 5 %.

Низкая способность красителей к биологическому разложению лежит в основе низкой эффективности биологических методов очистки окрашенных сточных вод [6]. По этой причине обесцвечивание обычно выполняют физико-химическими методами. Считается, что сорбция является одним из наиболее экономичных и в то же время наиболее экологических методов обесцвечивания сточных вод [7]. Однако его технологическая и экономическая эффективность в основном определяется типом используемого сорбента. К сорбентам, которые наиболее часто используются для обесцвечивания сточных вод, относятся активированные угли. Предполагается, что в промышленных условиях 1 кг активированного угля может удалить около 250 г красителей из сточных вод красильни. Однако сорбционные материалы хорошего качества на основе активированных углей стоят дорого, поэтому ведется поиск их более дешевых заменителей [8]. Отработанный фильтровальный порошок (кизельгуровый шлам), образующийся при фильтрации растительного масла, рассмотрен в качестве углеродсодержа-

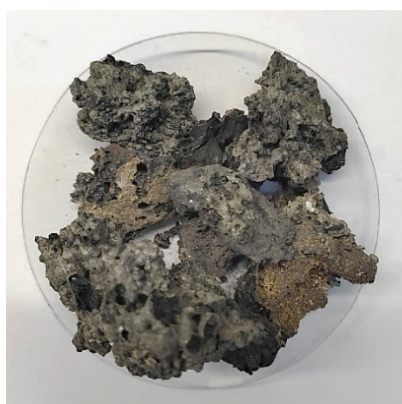
щего сорбционного материала после термообработки для очистки растворов от красителя МГ [9, 10]. В научной литературе [11, 12] в качестве сорбционного материала для удаления красителя МГ из водных сред предлагаются растительный опад и опилки платана; скорлупа арахиса и другие материалы. Такие отходы растительного происхождения, как скорлупа грецкого ореха, пивная дробина и гидролизный лигнин, применяются после стадии карбонизации как углеродсодержащие сорбционные материалы [13, 14].

Материалы и методы

Зола от сжигания подсолнечной лузги, отработанной отбеливающей глины, содержащей растительные масла, и отходов механической очистки масличных семян образуется при соотношении вышеуказанных в следующих долях 7 : 1 : 2 (преобладающим компонентом является подсолнечная лузга). Температура сжигания смеси в промышленном котельном оборудовании составляет 700 °С при производительности 5 т/ч. Проведены экспериментальные исследования по извлечению указанной золой красителя МГ из водных сред сорбционным способом. Зола представляет собой несгораемый остаток, состоящий из смеси минеральных оксидов (рис. 1). Данный отход образуется на предприятии АО «ЭФКО» (Алексеевка, Белгородская обл.) и в настоящее время не подлежит вторичному использованию. Общее количество отхода золы достигает до 6 тыс. т/год, поэтому вопрос его использования актуален. Отход имеет пористую поверхность, что дает возможность его использования в качестве сорбционного материала для удаления красителя МГ из водных сред. Преобладающим соединением является оксид кремния (содержание в золе – до 37 %), в меньшем количестве содержатся оксиды щелочноземельных и щелочных металлов: магния оксид – 11,54 % и калия оксид – 11,17 %.

Химический состав золы от сжигания лузги подсолнечной, отработанной отбеливающей глины, содержащей растительные масла, и отхода механической очистки масличных семян приведены ниже, %:

SiO ₂	36,95
MgO.....	11,54
K ₂ O.....	11,17
CaO.....	9,51
Al ₂ O ₃	9,24
P ₂ O ₅	8,8
Na ₂ O	6,56
Fe ₂ O ₃	3,85
SO ₂	1,63
TiO ₂	0,581
Хлориды	0,0681
MnO.....	0,0674
NiO	0,0142
CuO	0,0122
ZnO.....	0,0071



а)



б)

Рис. 1. Зола от сжигания лузги подсолнечной, отработанной отбеливающей глины, содержащей растительные масла, и отходов механической очистки масличных семян: а – исходный образец; б – после измельчения (размер фракции менее 1 мм)

Растворимость золы в нейтральной среде очень низкая и составляет 0,08 %, однако при повышении кислотности или щелочности среды растворимость увеличивается до 21 и 17 % соответственно. Наличие таких металлов, как калий, натрий, кальций, магний, образуют соединения, которые являются причиной высокой щелочности отхода (значение pH водной вытяжки отхода равно 10,48). Физико-химические свойства отхода золы от сжигания представлены далее.

Плотность, кг/м³:

истинная2157

насыпная.....922

pH водной вытяжки..... 10,48

Растворимость, %:

дистиллированная вода (pH = 7,0)..... 0,08

раствор соляной кислоты HCl (pH = 1,0) 21,03

раствор гидроксида натрия NaOH (pH = 14,0)..... 17,14

Удельная поверхность (прибор ПСХ-10), см²/г 878

Структура золы и энергодисперсионный состав определены на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU. В таблице 1 представлен элементный состав отхода. Поверхность золы неоднородная, содержание элементов на поверхности частиц золы варьирует при проведении сканирующей микроскопии. На первом месте в составе преобладает кислород, концентрация которого составляет 46,28 – 61,26 %; на втором – кремний (0,84 – 25,44 %); на третьем – калий (2,0 – 16,09 %); содержание углерода составляет 0,06 – 5,93 %.

На микрофотографиях (рис. 2) фиксируются открытые с утолщением макропоры (со средним диаметром более 50 нм). Фактический размер пор – от 0,5 до 1,5 мкм (рис. 2, а).

Таблица 1

Элементный состав золы от сжигания лузги подсолнечной, отработанной отбеливающей глины, содержащей растительные масла, и отходов механической очистки масличных семян

Элементный состав, %	Номер спектра					
	1	4	11	14	21	22
C	0,11	0,06	0,24	5,93	0,20	0,09
O	46,28	46,31	47,25	55,17	61,26	59,90
Na	7,43	2,07	0,54	1,38	6,84	7,66
Mg	2,04	4,79	2,46	4,20	1,78	3,62
Al	6,22	2,03	7,43	—	4,89	4,53
Si	25,44	17,28	23,39	0,84	19,18	17,77
P	—	1,79	0,73	3,82	—	0,41
S	0,38	2,22	—	1,30	0,25	—
Cl	—		0,61	—		
K	3,68	8,60	13,55	16,09	2,00	2,14
Ca	2,57	8,65	1,43	10,66	1,36	2,54
Ti	0,58	0,84	0,44	—	0,26	0,19
Fe	5,25	5,36	2,54	—	1,99	1,15

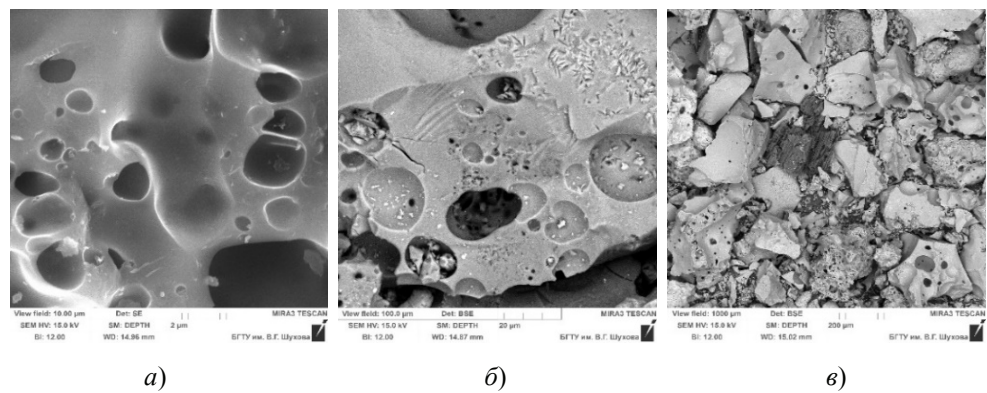


Рис. 2. Микрофотографии частиц золы при размере фракций, мкм:
а – 1...10; б – 1...100; в – 1...1000

Результаты и обсуждение

Отход имеет пористую поверхность, поэтому его можно использовать в качестве сорбционного материала. В работе применяли модифицированный материал, для этого вначале отход измельчали до порошкообразного состояния с размером фракции 1 мм. Предварительную химическую обработку в целях повышения сорбционной емкости проводили в следующем порядке. Модификацию осуществляли различными растворами: гидроксидом натрия – 5 и 20 %; солью хлорида натрия – 5 и 20 %. Время модифика-

ции – 24 ч. Отношение массы отхода золы к объему модифицирующего раствора готовили из соотношения Т : Ж = 1 : 10. После 24 ч взаимодействия пробы отфильтровывались через обеззоленный фильтр «Белая лента». Далее проводили отмывание модифицированной золы дистиллированной водой до нейтрального значения pH и высушивание при температуре 105 °С.

Материал после модификации использовался для адсорбционных исследований в отношении красителя МГ (начальные концентрации $C_{\text{МГ}}$ равны 50; 150; 300; 500; 1000; 1500 мг/дм³). Исходные значения pH приготовленных растворов, содержащих краситель МГ, при указанных начальных концентрациях находились в диапазоне от 5,439 до 5,961. Водная вытяжка из исходной золы имеет щелочную среду – 10,48. После установления сорбционного равновесия в колбах с модельными растворами и золой (Т : Ж = 1 : 100) значение pH растворов находилось в пределах от 9,00 до 9,12. Одним из существенных факторов удаления красителя является pH раствора. Степень кислотности существенно влияет на адсорбцию из-за присутствия в растворе водорода и гидроксильных ионов. Получены результаты адсорбции красителя в статических условиях на поверхности материалов до и после модификации. Начальная ($C_{\text{нач}} = 50 \dots 1500$ мг/дм³) и конечные концентрации красителя определяли фотометрическим методом на приборе спектрофотометр «СПЕКС ССП серии 705», при использовании светофильтра с длиной волны $\lambda = 400$ нм в кюветах с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм. Адсорбционную активность по метиленовому голубому X, мг/г, вычисляют по формуле

$$X = \frac{(C_{\text{нач}} - C_{\text{рав}}) V}{m}, \quad (1)$$

где $C_{\text{нач}}$, $C_{\text{рав}}$ – соответственно начальная и конечная концентрации МГ в модельных растворах после установления равновесия, мг/дм³; V – объем раствора, дм³; m – масса навески, г.

На рисунке 3 представлены изотермы адсорбции красителя МГ на исходной и модифицированной золе. Анализ данных изотерм адсорбции показал, что предельная адсорбция МГ составляет 10,53 мг/г при модификации исходной золы 20%-м раствором гидроксида натрия при исходной концентрации МГ, равной 1500 мг/дм³, что на 6,8 % выше, чем для нативной формы материала. Предельная адсорбция для исходной золы и золы, обработанной 5%-м раствором гидроксида натрия, практически равны (значения 9,87 и 9,73 мг/дм³ соответственно). Сорбционная емкость понижается на 23,7 и 27,1 % по отношению к исходной золе при модификации 5-ти и 20%-ми растворами хлорида натрия. Экспериментально установлено, что МГ сорбируется в полимолекулярной форме на исследуемых материалах и изотермы имеют S-образный вид.

Изучена десорбция МГ из полученных образцов. Для этого использовали высушенные образцы модифицированной и нативной золы после сорбции МГ, где его исходная концентрация составляла 1500 мг/дм³.

Десорбцию проводили дистиллированной водой (Т : Ж = 1 : 100) при времени установления равновесия 48 ч. Высвобождение МГ зависит от pH и ионной силы среды.

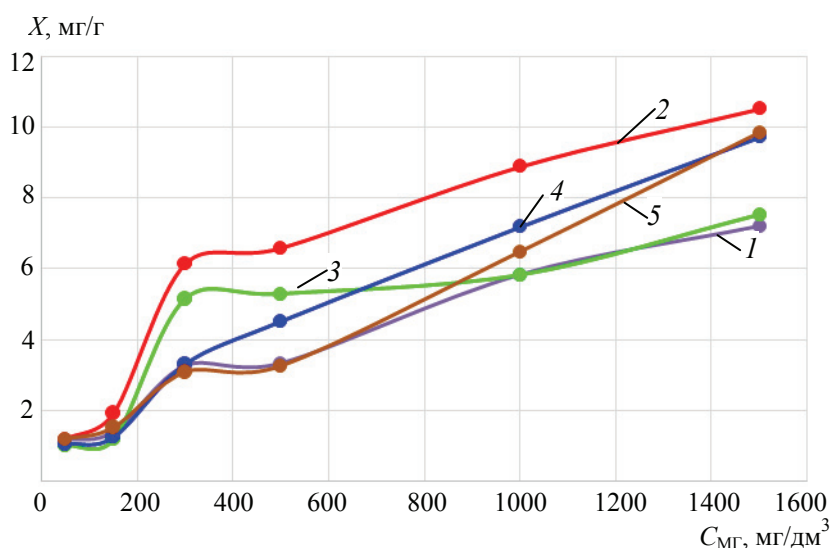


Рис. 3. Изотермы адсорбции красителя МГ на исходной и модифицированной золе (модификация щелочью и хлоридом натрия):
 1 – раствор щелочи NaOH (5 %); 2 – раствор щелочи NaOH (20 %);
 3 – раствор соли NaCl (5 %); 4 – раствор соли NaCl (20 %); 5 – исходная зола

Установлено следующее, краситель МГ вымывается с поверхности всех материалов от 18,2 до 19,4 %, что свидетельствует о физической адсорбции красителя. Покажем процентное вымывание красителя МГ с поверхности модифицированной и исходной золы при десорбции дистиллированной водой:

Растворы для модификации золы, %	
NaOH:	
5	18,2
20	18,9
NaCl:	
5	18,0
20	18,9
Исходная зола	19,4

Анализ ИК-спектров исходных сорбционных материалов – золы от сжигания растительных материалов и отбелной глины до и после сорбции красителя МГ, показал следующие изменения: для связей О–Н и С–Н фиксируются изменения положений и интенсивности полос поглощения ν (рис. 4). В частности, широкая полоса, имеющая значение $3458,37\text{ см}^{-1}$ в спектре исходного сорбционного материала золы, после сорбции МГ смещается в низкочастотную область и проявляется с большей интенсивностью в положении $3431,36\text{ см}^{-1}$, которое характерно для валентных колебаний связи гидроксильных групп (О–Н). После сорбции МГ фиксируется значительный эффект увеличения интенсивности полосы $1051,2\text{ см}^{-1}$, характерной для деформационных колебаний связей О–Н. Валентные асимметричные и симметричные колебания связей С–Н в исходном сорбционном материале характеризуются узкими полосами при $2926,01$ и $2854,65\text{ см}^{-1}$, которые на ИК-спектре золы после сорбции МГ смещаются

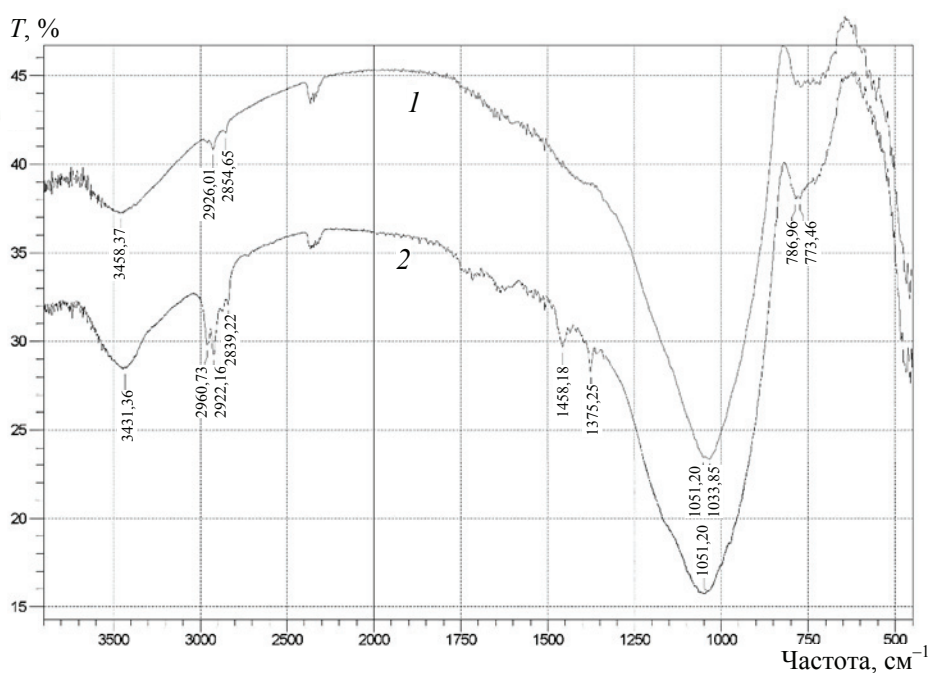


Рис. 4. ИК-спектры сорбционного материала до сорбции красителя МГ (1) и после (2)

в низкочастотную область – в положения $2922,16$ и $2854,65\text{ см}^{-1}$ соответственно, с увеличением интенсивности и появляется дополнительная полоса при $2960,75\text{ см}^{-1}$. После сорбции МГ появляется полоса $1458,12\text{ см}^{-1}$ с достаточной интенсивностью, которая характеризует деформационные колебания связей С–Н. По другим данным появление полос в области $1450\ldots1410\text{ см}^{-1}$ можно отнести как к карбонатам, так и группам С–О–С, С–Н, С–ОН [15, 16]. Смещение в низкочастотную область, согласно литературным данным [17, 18], свидетельствует об ионизации функциональных групп, которые имеются на поверхности сорбционного материала, и образовании связи между ними и молекулами МГ.

Таким образом, можно заключить, что функциональные группы О–Н и С–Н, присутствующие на поверхности сорбционного материала золы, преимущественно участвуют в процессе сорбции молекул красителя МГ из водных растворов, что согласуется с литературными данными.

Заключение

Проведенные эксперименты свидетельствуют, что отход – зола от сжигания лузги подсолнечной, отработанной отбеливающей глины, содержащей растительные масла, и отходов механической очистки масличных семян, можно потенциально рассматривать как сырье для получения композиционного сорбционного материала, при его измельчении и с последующей химической обработкой. Данная зола образуется при совместном сжигании на производстве в котельном оборудовании ($T = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$) отработанной отбеливающей глины, содержащей растительные масла (от 15 до 80 %), отхода механической очистки масличных семян и подсолнечной лузги для очистки от красителя МГ.

Исследованы физико-химические свойства золы; значение рН водной вытяжки равно 10,48; удельная поверхность измельченного порошкообразного материала, прошедшего через сито с размером ячеек 1 мм, составляет $878 \text{ см}^2/\text{г}$. Модификацию порошка золы проводили различными растворами: гидроксидом натрия – 5 и 20 %; хлоридом натрия – 5 и 20 %. Модификация золы 20%-м раствором NaOH повышает сорбционные свойства золы с 6,5 до 8,9 мг/г при концентрации МГ в растворе $1000 \text{ мг}/\text{дм}^3$, и с 3,3 до 6,6 мг/г при концентрации МГ в растворе $500 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Предельная адсорбция МГ при модификации исходной золы 20%-м раствором NaOH при исходной концентрации МГ, равной $1500 \text{ мг}/\text{дм}^3$, на 6,8 % выше, чем для нативной формы материала. Сорбционная емкость понижается на 23,7 и 27,1 % по отношению к исходной золе при модификации 5%-м и 20%-м растворами NaCl. Следует констатировать, что МГ сорбируется в полимолекулярной форме на исследуемых материалах и изотермы имеют S-образный вид. Исследование процессов десорбции показало, что краситель МГ вымывается с поверхности всех материалов от 18,2 до 19,4 %, что свидетельствует о физической адсорбции красителя на исследуемом материале, основополагающем при взаимодействии экспериментально полученных сорбционных материалов и адсорбата.

Работа выполнена с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В. Г. Шухова.

Список литературы

1. Биодegradация синтетических красителей бактериями рода *Azospirillum* / С. А. Воробьева, М. А. Купряшина, Е. Г. Пономарёва, А. М. Петерсон, В. Е. Никитина // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 328–329. doi: 10.18500/1816-9775-2017-17-3-328-329
2. Физико-химические основы новой технологии получения активированных углей на основе антрацита / К. Б. Хоанг, З. К. Ондаганова, С. М. Пестов [и др.] // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2017. – № 5(113). – С. 26 – 32.
3. Минь Фам Тхань. Исследование адсорбции красителей материалами, полученными из отходов молотого кофе / Фам Тхань Минь, О. Е. Лебедева // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2017. – Т.17, № 5. – С. 756 – 763. doi: 10.17308/sorpchrom.2017.17/436
4. Асташина, М. В. Утилизация твердого углеродного остатка пиролиза и резиновой крошки изношенных шин для очистки сточных вод / М. В. Асташина, А. А. Булатова // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – № 17(69). – С. 61 – 68.
5. Кинетика сорбции метиленового голубого на пленочных композитах полистирол/бентонит/магнетит / О. В. Алексеева, А. Н. Родионова, Н. А. Багровская, А. В. Носков, А. В. Агафонов // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 378 – 383. doi: 10.7868/S0044185618040083
6. Review on Hybrid Energy Systems for Wastewater Treatment and Bio-Energy Production / P. F. Tee, M. O. Abdullah, I. A. W. Tan, N. K. A. Rashid, M. A. M. Amin, C. Nolasco-Hipolito, K. Bujang // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – No. 54. – P. 235 – 246.
7. Abou-Shady, A. Electro-Agric, a Novel Environmental Engineering Perspective to Overcome the Global Water Crisis Via Marginal Water Reuse / A. Abou-Shady,

H. El-Araby // Natural Hazards Research. – 2021. – Vol. 1, No. 4. – P. 202 – 226. doi: 10.1016/j.nhres.2021.10.004

8. Groundwater Quality and Health Assessments Based on Heavy Metals and Trace Elements content in Dakhla Osis, New Valley Governorate, Egypt / H. M. Saleh, S. B. Eskander, H. H. Mahmoud, M. I. Abdou // Water Science. – 2022. – Vol. 36, No. 1. – P. 1 – 12. doi: 10.1080/23570008.2021.2018540

9. Отработанный кизельгуровый шлам маслоэкстракционного производства – сырье для получения сорбционного материала / И. В. Старостина, С. В. Свергузова, Д. В. Столяров [и др.] // Вестник технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 16. – С. 133 – 136.

10. Извлечение красителя метиленовой голубой из растворов биомассой опилок платана / В. А. Белый, С. В. Свергузова, И. Г. Шайхiev [и др.] // Химия и химическая технология. – 2023. – Т. 66, № 5. – С. 139 – 145. doi: 10.6060/ivkkt.20236605.6757

11. Сорбционные свойства листового опада платана по отношению к красителю метиленовому голубому / С. В. Свергузова, И. Г. Шайхiev, Ж. А. Сапронова, А. В. Святченко // Chemical Bulletin. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 5 – 13.

12. Получение углеродсодержащих сорбционных материалов из вторичного растительного сырья / А. И. Везенцев, Тьяу Нгуен Хоай, Н. Г. Габрук [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 18 (267). – С. 15 – 20.

13. Руденко, Е. Ю. Адсорбенты из отходов пивоваренной промышленности для удаления загрязнений из природных и сточных вод / Е. Ю. Руденко // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 10. – С. 16 – 21. doi: 10.18412/1816-0395-2022-10-16-21.

14. Получение активированных углей из гидролизного лигнина с использованием отходов стадии карбонизации / В. В. Самонин, Е. А. Спиридонова, М. Л. Подвязников [и др.] // Экология и промышленность России. – 2022. – № 26(9). – С. 4 – 9. doi: 10.18412/1816-0395-2022-9-4-9

15. Платонова, Д. С. Модифицированные сорбенты из сапропеля для очистки сточных вод / Д. С. Платонова, А. В. Гурин, Л. Н. Адеева // Экология и промышленность России. – 2016. – № 20(11). – С. 20 – 25. doi: 10.18412/1816-0395-2016-11-20-25

16. Filip, Z. Microbial Utilization and Transformation of Humic Acid-Like Substance Extracted from a Mixture of Municipal Refuse and Sewage Sludge Disposed of in a Landfill / Z. Filip, W. Pecher, J. Berthelin // Environmental Pollution. – 2000. – Vol. 109, No. 1. – P. 83 – 89. doi: 10.1016/S0269-7491(99) 00229-8

17. Кислотно-основная активация углеродсодержащего сорбционного материала и его применение для извлечения красителя метиленовой голубой из водных сред / И. В. Старостина, Д. О. Половнева, Ю. Л. Макридина, Е. В. Локтионова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2021. – № 4(82). – С. 29 – 38. doi: 10.17277/voprosy.2021.04.pp.029-038

18. Диденко, Т. А. Кислотно-основная активация углеродно-минерального материала и его применение для извлечения ионов меди (II) из водных растворов / Т. А. Диденко, А. О. Богданова // Омский научный вестник. – 2015. – № 3(143). – С. 358 – 361.

References

1. Vorobeva S.A., Kupryashina M.A., Ponomareva E.G., Peterson A.M., Nikitina V.E. [Biodegradation of Synthetic Dyes Bacteria of the Genus *Azospirillum*], *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya* [News of Saratov University. New episode. Series: Chemistry. Biology.

Ecology], 2017, vol. 17, no. 3, pp. 328-329. doi: 10.18500/1816-9775-2017-17-3-328-329 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Hoang K.B., Ondaganova Z.K., Pestov S.M. [et al.]. [Physico-chemical bases of a new technology for producing activated carbons based on anthracite], *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzheniye* [Water purification. Water treatment. Water supply], 2017, no. 5(113), pp. 26-32. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Pham Thanh Minh, Lebedeva O.E. [Investigation of the adsorption of dyes by materials obtained from ground coffee waste], *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy* [Sorption and chromatographic processes], 2017. vol. 17, no. 5, pp. 756-763, doi: 10.17308/sorpchrom.2017.17/436 (In Russ., abstract in Eng.)

4. Astashina M.V., Bulatova A.A. [Disposal of solid carbon residual pyrolysis and rubber crush of wire tires for waste water treatment], *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'* [Construction and technogenic safety], 2019. no. 17(69). pp. 61-68, doi: 10.7868/S0044185618040083 (In Russ., abstract in Eng.)

5. Alekseeva O.V., Rodionova A.N., Bagrovskaya N.A., Noskov A.V., Agafonov A.V. [Kinetics of methylene blue sorption on poly-styrene film composites/bentonite/magnetite], *Fizikokhimiya poverkhnosti i zashchita materialov* [Surface physical chemistry and material protection], 2018. vol. 54, no. 4. pp. 378-383 (In Russ., abstract in Eng.)

6. Tee P.F., Abdullah M.O., Tan I.A.W., Rashid N.K.A., Amin M.A.M., Nolasco-Hipolito C., Bujang K. Review on hybrid energy systems for wastewater treatment and bio-energy production, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, no. 54, pp. 235-246.

7. Abou-Shady A., El-Araby H. Electro-agric, a novel environmental engineering perspective to overcome the global water crisis via marginal water reuse, *Natural Hazards Research*, 2021, vol. 1, no. 4, pp. 202-226. doi: 10.1016/j.nhres.2021.10.004

8. Saleh H.M., Eskander S.B., Mahmoud H.H., Abdou M.I. Groundwater quality and health assessments based on heavy metals and trace elements content in Dakhla Osis, New Valley Governorate, Egypt, *Water Science*, 2022, vol. 36, no. 1, pp. 1-12, doi: 10.1080/23570008.2021.2018540

9. Starostina I.V., Sverguzova S.V., Stolyarov D.V., Porozhniuk Ye.V., Anichina Ya.N., Shaikhiev I.G. [Spent kieselguhr sludge from oil extraction production - raw material for obtaining sorption material], *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2017, vol. 20, no. 16, pp. 133-136 (In Russ., abstract in Eng.)

10. Belyy V.A., Sverguzova S.V., Shaikhiev I.G., Sapronova Zh.A., Voronina Yu.S. [Extraction of the methylene blue dye from solutions with sycamore biomass sawdust], *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Chemistry and chemical technology], 2023, vol. 66, no 5. pp. 139-145. doi: 10.6060/ivkkt.20236605.6757 (In Russ., abstract in Eng.)

11. Sverguzova S.V., Shaykhiev I.G., Sapronova Zh.A., Svyatchenko A.V. [Sorption properties of sycamore leaf litter in relation to methylene blue dye], *Chemical Bulletin*, 2020. vol. 3, no. 4, pp. 5-13 (In Russ., abstract in Eng.)

12. Vezenzev A.I., Nguen Hoay Tyau, Gabruk N.G., Oleynikova I.I., Chuteeva T.A. [Production of carbon-containing sorption materials from secondary vegetable raw materials], *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki* [Scientific statements of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences], 2017. vol. 18, no. 267, pp. 15-20 (In Russ., abstract in Eng.)

13. Rudenko E.Yu. [Waste-derived adsorbents from brewing industry for pollutant removal in natural waters and wastewaters], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2022, vol. 26, no. 10, pp. 16-21. doi: 10.18412/1816-0395-2022-10-16-21 (In Russ., abstract in Eng.)

14. Samonin V.V., Spiridonova E.A., Podvyaznikov M.L., Khrylova E.D., Khokhlachev S.P., Klischevskaya L.S. [Obtaining Activated Carbons from Hydrolysed

Lignin Using Waste Products of the Carbonization Process], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2022, vol. 26, no. 9, pp. 4-9. doi: 10.18412/1816-0395-2022-9-4-9 (In Russ., abstract in Eng.)

15. Platonova D., Gurin A., Adeeva L. [Modified sorbents from sapropel for wastewater treatment], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], 2016, no. 20(11), pp. 20-25. doi: 10.18412/1816-0395-2016-11-20-25 (In Russ., abstract in Eng.)

16. Filip Z., Pecher W., Berthelin J. Microbial utilization and transformation of humic acid-like substance extracted from a mixture of municipal refuse and sewage sludge disposed of in a landfill, *Environmental Pollution*, 2000, vol. 109, pp. 83-89. doi: 10.1016/S0269-7491(99) 00229-8

17. Starostina I.V., Polovneva D.O., Makridina Yu.L., Loktionova E.V. [Acid-basic activation of carbon-containing sorption material and its application for extraction of methylene blue dye from aquatic media], *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2021, vol. 4, no. 82, pp. 29-38. doi: 10.17277/voprosy.2021.04.pp.029-038 (In Russ., abstract in Eng.)

18. Didenko T.A., Bogdanova A.O. [Acid-base activation of carbon-mineral material and its application for extraction of copper (II) ions from aqueous solutions], *Omskiy nauchnyy vestnik* [Omsk Scientific Bulletin], 2015, no. 3(143), pp. 358-361 (In Russ., abstract in Eng.).

Removal of Methylene Blue Dye from Wastewater Resulting from Plant and Mineral Waste Incineration after Alkaline and Salt Activation

T. A. Vasilenko, I. V. Chernysh

*Belgorod State Technological University
named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia*

Keywords: adsorption; desorption; ash from burning plant and mineral waste; methylene blue dye; sorption capacity; sorption material.

Abstract: The paper presents the results on the use of sorption material, which is a waste obtained from the co-combustion of waste bleaching clay containing vegetable oils (15–80 %), waste from the mechanical cleaning of oil seeds and sunflower husks for cleaning from the methylene blue (MB) dye. The physicochemical properties of ash were studied. It was shown that MG is adsorbed in a polymolecular form on the materials under study and the isotherms are S-shaped. The MB desorption from the obtained samples was studied. During desorption, the physical nature of sorption was established (MB dye is washed out from the surface of sorption materials up to 19.4 %).

© Т. А. Василенко, И. В. Черныш, 2024

КАЧЕСТВО ВОДЫ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАМБОВСКОГО РАЙОНА

Н. А. Отрошко, С. Е. Синютина,
Л. В. Розенблюм, А. Г. Шубина

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет
имени Г. Р. Державина», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: питьевая вода; показатели качества; природные источники.

Аннотация: Употребление воды из источников нецентрализованного водоснабжения несет определенные риски из-за отсутствия контроля качества и невозможности регулировки состава. Проведен мониторинг качества воды из четырех природных источников восточной части Тамбовского района. Определены обобщенные (водородный показатель, общая жесткость, минерализация (сухой остаток), перманганатная окисляемость) и микробиологические показатели. По результатам работы показано, что вода всех исследованных источников не может быть рекомендована к употреблению на постоянной основе.

Введение

Вода – одно из основных химических веществ, жизненно необходимых для человека. Право человека на доступ к питьевой воде надлежащего качества является одним из важнейших базовых прав человека [1]. Качество воды для нужд населения регулируется Российским законодательством [2]. Роспотребнадзор проводит периодические проверки соответствия качества водопроводной и артезианской воды. Качество водопроводной воды многие жители считают недостаточным и подвергают сомнению ее пригодность для питья и приготовления пищи, поэтому используют бытовые фильтры для доочистки водопроводной воды, автоматы для продажи питьевой воды, а также сервисы по ее доставке. Выбор любого из этих вариантов будет безопасным, поскольку вода, которая продается, имеет сертификат качества, а доочистке подвергается водопроводная вода, качество

Отрошко Наталья Александровна – кандидат химических наук, доцент кафедры биохимии и фармакологии, e-mail: nataliaotrosko@gmail.com; Синютина Светлана Евгеньевна – кандидат химических наук, доцент, заведующая кафедрой биохимии и фармакологии; Розенблюм Людмила Васильевна – старший преподаватель кафедры биохимии и фармакологии; Шубина Анна Геннадиевна – кандидат химических наук, доцент кафедры биохимии и фармакологии, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», Тамбов, Россия.

которой в нашей стране контролируется. Тем не менее многие люди испытывают необъяснимое доверие к воде из природных источников: многочисленных родников, ключей и, в меньшей степени, колодцев, которая имеет в их глазах некий, почти сказочный, ореол «живой» воды, и ее качество редко подвергается сомнению. «Православные люди верят, что вода из святых источников помогает избавиться от различных недугов и даже излечить от опасных болезней. Многочисленные исследования все чаще подтверждают факт того, что родниковая освященная вода обладает целебными свойствами и содержит в себе много полезных для человеческого организма минеральных соединений. Если вы вдруг захотите оздоровиться или просто привезти домой хорошую чистейшую воду, предлагаем вашему вниманию список святых источников Тамбовской области, посетить которые будет не только полезно, но и интересно» [3]. Единственный критерий, который использует потребитель такой воды при определении ее качества, – внешний вид воды и ее органолептические показатели: если вода прозрачная и вкусная, она пригодна к употреблению и более предпочтительна, чем хлорированная «неживая» водопроводная. Естественно, что такие критерии абсолютно недостаточны для оценки реального качества питьевой воды.

Для исследования качества воды взяты пробы из четырех источников в восточной части Тамбовского района (рис. 1).

Цель работы – определение безопасности употребления данной воды для питья и приготовления пищи.



Рис. 1 Расположение исследованных источников:

1 – река Студенка; 2 – источник в районе истока реки Мошляйки;
3 – ручей Гремячка; 4 – источник на территории усадьбы Тулинова

Методика эксперимента

Забор воды проводился в стеклянную тару, которая затем плотно закрывалась. Исследования осуществлялись в течение двух дней после забора два раза – в апреле (после таяния снега) и июне 2023 года.

Согласно СанПиН 2.1.3684-21, качество питьевой воды из подземных источников оценивается по следующим группам показателей: микробиологические, органолептические, обобщенные, неорганические и органические вещества, радиологические [4]. Микробиологические, органолептические и обобщенные показатели необходимо контролировать 1 – 3 раза в сезон, неорганические и органические вещества и радиологические показатели – один раз в год. Для оценки качества воды источников выбраны обобщенные (водородный показатель, общая жесткость, минерализация (сухой остаток), перманганатная окисляемость) и микробиологические показатели. Также оценивалось содержание железа, поскольку для Тамбовской области характерно его избыточное содержание [5], а также содержание йода, так как проблема йододефицита актуальна для всех регионов Российской Федерации [6].

Определение проходило согласно методикам [7 – 12]. С помощью экспресс-теста для микробиологического контроля «Петритест» (подложка) проводилось определение общего микробного числа (**ОМЧ**) или количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (**КМАФАнМ**).

Экспериментальные результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты определения показателей качества водопроводной водой и воды исследуемых источников в сравнении с нормативами. Нормативы приведены: 1 – согласно СанПиН 2.1.4.559-96 (для водопроводной воды) и 2 – СанПиН 2.1.4.1116-02 (для бутилированной воды).

Согласно данным, водородный показатель воды из источников около истока реки Мошляйки и реки Студенки ниже нормы для водопроводной воды и ниже нормы на фасованную воду для всех четырех исследованных источников. Данный результат коррелирует со сравнительно низким содержанием гидрокарбонатов в воде.

Общая минерализация, содержание хлоридов, гидрокарбонатов и общая жесткость в образцах гораздо ниже соответствующих показателей водопроводной воды.

По показателю «жесткость» вся исследованная вода попадает в категорию «очень мягкая» (жесткость до 1,5 мг-экв/л) и ни один из четырех источников не соответствует нормативу физиологической полноценности питьевой воды по СанПиН 2.1.4.1116-02.

При определении концентрации катионов магния и кальция установлено, что по содержанию иона магния исследованная природная вода соответствует нормативу физиологической полноценности питьевой воды по СанПиН 2.1.4.1116-02, а по содержанию кальция – нет (наблюдается пониженное содержание).

Таблица 1

Физико-химические показатели качества воды природных источников

Показатель	Норматив		Вода водопро- водная	Источники (апрель/июнь)			
	1	2		1	2	3	4
pH	6...9	6,5...8,5	7,44	6,38/6,42	5,78/5,81	5,33/5,48	6,12/6,09
Общая минера- лизация (сухой остаток), мг/л	1000	100...1000	548	123/106	134/152	103/92	275/248
Жесткость об- щая, мг-экв/л	7	1,5...7,0	3,4	1,1/0,8	0,5/0,5	0,5/0,4	1,1/1,0
Кальций, мг/л	–	25...130	60,1	20	12	8	24
Магний, мг/л		5...65	46,2	7	5		10
Окисляемость перманганатная, мг O ₂ /л	5	3	0	0,1948	0,0095	0,0285	0,0048
Хлориды, мг/л	350	250	54	10/8	11/13	10/9	25/20
Гидрокарбона- ты, мг/л	–	30...400	399	102/83	58/61	55/45	120/104
Йод, мг/л		10...125	–				
Железо суммар- ное, мг/л	0,3		< 0,5				
ОМЧ, КОЕ/мл	Не более		0	0 / 0			0 / 2
	50	20					

Ни в одном из образцов не обнаружены йодиды. Железо в образцах также не обнаружено. Однако чувствительность использованного метода – 0,5 мг/л, что выше нормативного значения, поэтому с полной определенностью нельзя утверждать, что исследованная вода соответствует нормативу. Тем не менее значительного превышения данного показателя не наблюдается.

Величина перманганатной окисляемости значительно ниже нормы во всех образцах, что свидетельствует о низком содержании органических примесей.

Общее микробное число для всех образцов практически равно нулю как в весенний, так и летний периоды.

Выводы

Вода всех четырех исследованных источников имеет незначительные отклонения от норматива по показателям «водородный показатель», «жесткость», «кальций». Отклонение не очень велико, тем не менее данная вода не может быть рекомендована для постоянного использования в пищевых целях.

Список литературы

1. Резолюция 64/292, принятая Генеральной Ассамблеей 28 июля 2010 года – URL : <https://undocs.org/Home/Mobile?FinalSymbol=A%2FRES%2F64%2F292&Language=E&DeviceType=Desktop&LangRequested=False> (дата обращения: 02.11.2023).
2. Статья 23. Обеспечение качества питьевой воды // О водоснабжении и водоотведении : федер. закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ (ред. от 19.12.2022). – Текст электрон. – URL : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/b7bcb8b539d9bd4892de760d103ccf944aa7455b/ (дата обращения: 01.11.2023).
3. Кузнецова, М. Святые источники Тамбовской области / М. Кузнецова // Like&Go: городской журнал о местах и событиях. – Текст электрон. – URL : <https://likengo.ru/tambov/guide/svyatye-istochniki-tambovskoy-oblasti-1496.html> (дата обращения: 01.11.2023).
4. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий от 28 января 2021 г. № 3 // Норматика. – 2021. – Текст электрон. – URL : https://urfu.ru/fileadmin/user_upload/common_files/docs_units/oseb/SanPiN_2.1.3684-21_ot_28.01.2021_Sanitarno-ehpidemiologicheskie_trebovaniya_k_soderzhaniju_territorii_gorodskikh_i_selskikh_poselenii_k_vodnym_obekt.pdf (дата обращения: 01.11.2023).
5. Рязанов, А. В. Анализ качества питьевой воды в городе Тамбове / А. В. Рязанов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 5-3. – С. 2913 – 2916.
6. Региональная целевая программа «Профилактика йододефицитных заболеваний на 202X–202X годы» (Проект) / Е. А. Трошина, Н. М. Платонова, Н. П. Маколина [и др.] // Проблемы эндокринологии. – 2022. – Т. 68, № 3. – С. 21 – 29. doi: 10.14341/probl13120
7. ГОСТ 18164–72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка. – Введ. 01.01.1974. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 4 с.
8. ГОСТ 31954–2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости. – Введ. 01.01.2014. – М. : Стандартиформ, 2018. – 18 с.
9. ГОСТ 23268.12–78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Метод определения перманганатной окисляемости. – Введ. 01.01.1980. – М. : Стандартиформ, 1983. – 4 с.
10. ГОСТ 23268.17–78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения хлорид-ионов. – Введ. 01.01.1980. – М. : Стандартиформ, 1983. – 5 с.
11. ГОСТ 23268.3–78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения гидрокарбонат-ионов. – Введ. 01.01.1980. – М. : Стандартиформ, 1983. – 5 с.
12. ГОСТ 23268.16–78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения йодид-ионов. – Введ. 01.01.1980. – М. : Стандартиформ, 1983. – 5 с.

References

1. <https://undocs.org/Home/Mobile?FinalSymbol=A%2FRES%2F64%2F292&Language=E&DeviceType=Desktop&LangRequested=False> (accessed 02 November 2023).
2. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/b7bcb8b539d9bd4892de760d103ccf944aa7455b/ (accessed 01 November 2023).
3. <https://likengo.ru/tambov/guide/svyatye-istochniki-tambovskoy-oblasti-1496.html> (accessed 01 November 2023).
4. https://urfu.ru/fileadmin/user_upload/common_files/docs_units/oseb/SanPiN_2.1.3684-21_ot_28.01.2021_Sanitarno-ehpidemiologicheskie_trebovaniya_k_soderzhaniju_

territorii_gorodskikh_i_selskikh_poselenii_k_vodnym_obekt.pdf (accessed 01 November 2023).

5. Ryazanov A.V. [Analysis of drinking water quality in the city of Tambov] // *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Bulletin of Tambov University. Series: Natural and technical sciences], 2013, vol. 18, no. 5-3, pp. 2913-2916. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Troshina E.A., Platonova N.M., Makolina N.P., Belovalova I.M., Senyushkina E.S., Mel'nichenko G.A., Dedov I.I. [Regional target program "Prevention of iodine deficiency diseases for 202X–202X" (Project)], *Problemy endokrinologii*. [Problems of Endocrinology], 2022, vol. 68, no. 3, pp. 21-29. doi: <https://doi.org/10.14341/probl13120> (In Russ., abstract in Eng.)

7. GOST 18164-72. *Voda pit'evaya. Metod opredeleniya soderzhaniya sukhogo ostatka* [Drinking water. Method for determination of total solids content], Moscow: IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 2003, 4 p. (In Russ.)

8. GOST 31954-2012. *Voda pit'evaya. Metody opredeleniya zhestkosti* [Drinking water. Methods for determining hardness], Moscow: Standartinform Publ., 1983, 18 p. (In Russ.)

9. GOST 23268.12-78. *Vody mineral'nye pit'evye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metod opredeleniya permanganatnoi okislyaemosti* [Drinking medicinal, medicinal-table and natural-table mineral waters. Method of determination of permanganate oxidation], Moscow: Standartinform Publ., 1983, 4 p. (In Russ.)

10. GOST 23268.17-78. *Vody mineral'nye pit'evye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya khlorid-ionov* [Drinking medicinal, medicinal-table and natural-table mineral waters. Methods of determination of chloride-ions]. Moscow: Standartinform Publ., 1983, 5 p. (In Russ.)

11. GOST 23268.3-78. *Vody mineral'nye pit'evye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya gidrokarbonat-ionov* [Drinking medicinal, medicinal-table and natural-table mineral waters. Methods of determination of hydrocarbonate ions], Moscow: Standartinform Publ., 1983, 5 p. (In Russ.)

12. GOST 23268.16-78. *Vody mineral'nye pit'evye lechebnye, lechebno-stolovye i prirodnye stolovye. Metody opredeleniya iodid-ionov* [Drinking medicinal, medicinal-table and natural-table mineral waters. Methods of determination iodide ions], Moscow: Standartinform Publ., 1983, 5 p. (In Russ.)

Water Quality of Natural Sources in the Eastern Part of the Tambov District

N. A. Otroshko, S. E. Sinyutina, L. V. Rosenblum, A. G. Shubina

Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia

Keywords: drinking water; quality indicators; natural sources.

Abstract: Drinking water from non-centralized water supply sources possessed certain risks due to the lack of quality control and the impossibility of adjusting the composition. Monitoring of water quality from four natural sources in the eastern part of the Tambov region was carried out. Generalized (hydrogen index, total hardness, mineralization (dry residue), permanganate oxidation) and microbiological indicators were determined. The results of the study show that the water of all the studied sources cannot be recommended for consumption on an ongoing basis.

© Н. А. Отрошко, С. Е. Синютина, Л. В. Розенблум, А. Г. Шубина, 2024

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОСТНОЙ ПЛЕНОЧНОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ СВАРОЧНЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

В. Н. Стаценко, А. В. Гридасов, Р. Х. Садыков

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
Владивосток, Россия*

Ключевые слова: абсорбция; вода; газовые выбросы; жидкостная нейтрализация; критериальное обобщение; окись и двуокись углерода; окись серы; пленка; экспериментальный стенд.

Аннотация: Для снижения концентрации вредных газовых выбросов и аэрозолей в сварочных процессах предложено использование жидкостной нейтрализации, при которой организовано пленочное течение жидкости по вертикальным пластинам. При движении газов или загрязненного воздуха между пластинами пленка жидкости интенсивно абсорбирует газообразные и твердые загрязняющие вещества. На экспериментальном стенде проведено исследование интенсивности абсорбции в пленку воды окиси и двуокиси углерода, а также окиси серы. В экспериментах изменялись скорость газа, расход жидкости, концентрация вредных веществ в газе. В результате анализа полученных результатов выявлены оптимальные скорость газа и значение орошения. При этом концентрацию окиси и двуокиси углерода возможно снизить на 30 – 45 %, а концентрацию окиси серы – в 1,5 – 2 раза на длине контакта 0,6...1,0 м. Обобщение полученных результатов в широком диапазоне изменения концентраций газа, расходов жидкости и скорости движения загрязненного газа получено в виде зависимостей между числами Шервуда, Рейнольдса и Шмидта, по которым возможно рассчитать коэффициенты массоотдачи при различных длинах контакта пленки воды и газа и габаритные характеристики нейтрализатора вредных газовых выбросов.

Введение

Интенсификация сварочных процессов, применение новых легированных материалов в сварных конструкциях, новых методов сварки и термической резки приводят к появлению в зоне дыхания сварщиков большого

Стаценко Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор департамента промышленной безопасности, e-mail: vladsta@mail.ru; Гридасов Александр Валентинович – кандидат технических наук, директор департамента промышленной безопасности; Садыков Руслан Ханафьевич – аспирант департамента промышленной безопасности, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия.

количества вредных веществ. В связи с этим необходима разработка и внедрение эффективных методов борьбы с выделяющимися вредными веществами, их надежной локализации путем создания местных портативных нейтрализующих устройств, встроенных в технологическое оборудование.

Вредные газообразные вещества, попадая в организм, вызывают тяжелые поражения всего организма. К наиболее вредным газам, выделяющимся при сварочных технологиях, относятся:

- окислы азота (особенно двуокись азота), вызывающие заболевания легких и органов кровообращения;
- окись углерода (угарный газ) – бесцветный газ, при концентрации свыше 1 % приводит к раздражению дыхательных путей, вызывает потерю сознания, одышку, судороги и поражение нервной системы;
- двуокись углерода (углекислый газ) – обладает удушающим действием, особо опасен в закрытых и плохо вентилируемых помещениях;
- озон образуется при сварке в инертных газах, вызывает раздражение глаз, сухость во рту и боли в груди.

Выпускные газы транспортных энергетических установок также содержат, кроме твердых частиц несгоревшего топлива, аналогичные вредные газообразные продукты сгорания. Из применяемых методов жидкостной нейтрализации наибольшую степень извлечения токсичных газов имеет химическая абсорбция, а наибольшее распространение, как наиболее простой, дешевый и доступный метод, получила физическая абсорбция, абсорбентом в которой используется обычная пресная вода [1 – 6].

Жидкостные пленочные массообменные аппараты широко используются в химической технологии в качестве абсорберов газообразных сред в жидкость, нисходящее движение которой организуется внутри вертикальных труб или на плоской вертикальной поверхности [7 – 9]. Такие аппараты возможно использовать и для очистки уходящих газов, выделяемых, например, при сжигании органического топлива или проведении различных технологических операций, связанных с выбросами значительного количества токсичных газов и аэрозолей [10 – 12].

Для выполнения расчетов процессов абсорбции необходимо определять величины коэффициентов массоотдачи между газом и пленкой жидкости. При массопередаче между газом и жидкостью существуют сопротивления газовой и жидкой фаз. Доля каждого из фазовых сопротивлений определяется растворимостью газов. Для хорошо растворимых газов доля сопротивления жидкой фазы невелика, этим сопротивлением пренебрегают. К таким газам можно отнести NH_3 , HCl , SO_2 .

Для плохо растворимых газов (CO_2 , CO , NO) основное сопротивление массопередаче сосредоточено в жидкой фазе. Тогда сопротивлением газовой фазы можно пренебречь [1]. Для умеренно растворимых газов сопротивления каждой из фаз соизмеримы и пренебрегать ими нельзя.

Для описания процессов тепло- и массообмена обычно используются критериальные уравнения [13]. Каждое из них применимо для определенных условий организации рабочего процесса, конструктивных особенностей аппаратов и т.д. Численные значения коэффициентов при критериях имеют значительные расхождения. Это объясняется тем, что исследования

проводятся в узких диапазонах изменения параметров газа и пленки жидкости и применяются различные условия эксперимента.

Цель статьи – исследовать и обобщить в критериальной форме интенсивность снижения концентрации окиси и двуокиси углерода, а также окиси серы в установке жидкостной пленочной нейтрализации (абсорбирующей средой является вода). Для реализации данной цели разработаны методики экспериментов и методология их проведения, а на основе экспериментальных результатов – методика их критериальной обработки и получены численные значения критериальных зависимостей.

Материалы и методы

В работе для очистки воздуха от газовых выбросов и аэрозолей предлагается использование жидкостного пленочного нейтрализатора [7, 10, 14]. Данная установка представляет собой закрытый корпус с вертикально установленными пластинами, в верхней части которых закреплены пленкообразующие устройства. С их помощью жидкость растекается по обеим сторонам пластин в виде пленки. Загрязненный газ поступает в корпус снизу через входной патрубок и движется вверх между пластинами. Благодаря большой площади контакта пленка жидкости как абсорбент интенсивно поглощает газообразные и твердые загрязняющие вещества и, стекая вниз по пластинам, удаляется из корпуса нейтрализатора. Жидкость после очистки и нейтрализации может подаваться на пленкообразующие устройства для повторного использования. Нейтрализаторы такого типа обладают существенным достоинством – низким гидравлическим сопротивлением, малым брызго- и влагоуносом, что является важным фактором для создания портативных устройств очистки газов.

Для изучения рабочих процессов, происходящих в жидкостном пленочном нейтрализаторе, проведены исследования на экспериментальном стенде, основными элементами которого являлись латунные пластины длиной 1100 и 600 мм [14]. Они жестко закреплены в корпусе с патрубками входа загрязненного и выхода очищенного воздуха. Подача воды на латунную пластину осуществляется через пленкообразующее устройство, пленка воды движется вниз по поверхности рабочей пластины, а очищаемый воздух – вверх, при их контакте происходят процессы абсорбции газов в пленку жидкости. Для измерения скорости воздуха используется трубка Прандтля с U-образным жидкостным манометром, расход жидкости определяется объемным способом и контролируется по жидкостному манометру. Концентрация двуокиси углерода CO_2 определяется с помощью интерферометра ШИ-10, оксидов углерода CO и серы SO_2 – с помощью переносного многокомпонентного газоанализатора МАГ-6П.

Основной задачей исследований является определение зависимости изменения концентрации различных газовых загрязнений по длине рабочей пластины. В настоящей работе в качестве газового загрязнения воздуха использовались окись углерода CO с начальной концентрацией $40 \dots 80 \text{ мг/м}^3$, двуокись углерода CO_2 ($30 \dots 90 \text{ г/м}^3$) и окись серы ($0,2 \dots 0,33 \text{ г/м}^3$). Результаты измерений изменения концентраций в воздухе двуокиси углерода CO_2 и окиси углерода CO по длине контакта при скорости воздуха $V_{\text{воз}} = 1 \dots 4 \text{ м/с}$ представлены на рис. 1.

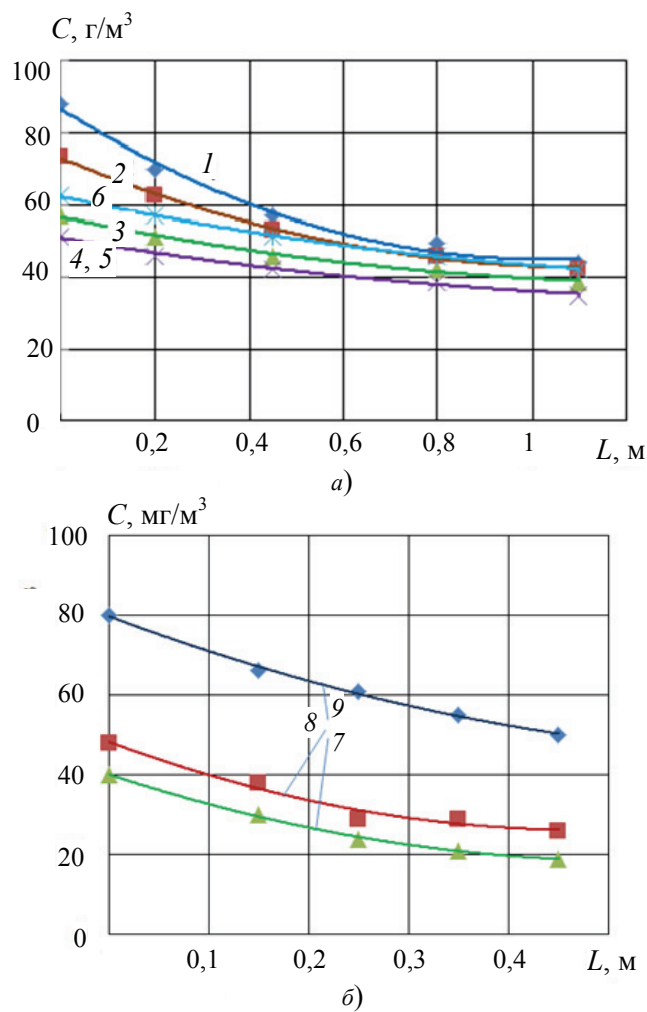


Рис. 1. Изменение концентрации CO_2 (а) и CO (б) по длине контакта L :
 $Re_Г = 20 \cdot 10^3$: 1 – $Re_{пл} = 110$; 2 – 230; $Re_Г = 31 \cdot 10^3$: 3 – $Re_{пл} = 76$; 4 – 45; 5 – 28;
 $Re_Г = 19 \cdot 10^3$: 6 – $Re_{пл} = 76$; $Re_Г = 2,2 \cdot 10^3$, $Re_{пл} = 278$: 7, 8, 9 – с начальными
концентрациями C_0 соответственно 40, 50, 80 мг/м³

В качестве характеристик процесса абсорбции используются критерии $Re_Г$ (газовый) и $Re_{пл}$ (пленочный):

$$Re_Г = V_{воз} (d_{эkv} / \nu_Г); \quad (1)$$

$$Re_{пл} = \Gamma_v / \nu_{пл}, \quad (2)$$

где $d_{эkv} = \sqrt{4S/\pi}$ – эквивалентный диаметр, м; S – площадь сечения рабочего канала, м²; $\Gamma_v = G_v / \Pi$ – орошение пластины, м²/с; G_v – объемный расход пленки, м³/с; Π – смоченный периметр, м; $\nu_Г$, $\nu_{пл}$ – кинематические вязкости воздуха и пленки соответственно, м²/с.

Результаты исследования

При исследованиях абсорбции получены следующие результаты.

1. Зависимость снижения концентрации газа по длине рабочей пластины имеет экспоненциальный характер. Наиболее значительное изменение концентрации происходит на начальном рабочем участке.

2. Интенсивность изменения концентрации газа по длине значительно зависит от его начальной концентрации: чем выше начальная концентрация, тем значительней ее изменение.

3. При использовании воды в качестве абсорбирующей среды оптимальная скорость воздуха составляет $V_{\text{воз}} = 0,8 \dots 1$ м/с, оптимальное значение орошения составляет $\Gamma_v = (3,3 \dots 3,8) \times 10^{-4}$ м²/с.

4. Концентрации окиси и двуокиси углерода возможно снизить на 30 – 45 %, а окиси серы – в 1,5 – 2 раза на длине контакта 0,6...1 м.

5. Расход жидкости слабо влияет на интенсивность абсорбции. Так, в диапазоне изменения критерия $Re_{\text{пл}} = 28 - 76$ изменение концентраций отличается незначительно (см. рис. 1, а, кривые 3 – 5).

Обобщение результатов исследований абсорбции газов в пленку жидкости проведено в системе безразмерных критериев с учетом размерных параметров пленочного течения жидкости, предложенного в [15],

$$Sh = A Re_{\Gamma}^m Re_{\text{пл}}^n Sc^p (\delta/L)^k, \quad (3)$$

где $Sh = \beta \delta / \rho D$ – число Шервуда; $\beta = g_{\Gamma} / \Delta C$ – коэффициент массоотдачи, кг/(м²·с); $g_{\Gamma} = G_{\text{аб}} / S_{\text{аб}}$ – удельный поток абсорбированного газа, кг/(м²·с); $G_{\text{аб}}$ – поток абсорбированного газа, кг/с; $S_{\text{аб}} = \Pi \Delta L$ – площадь абсорбции, м²; Π – смоченный периметр, м; ΔL – участок канала, м; ΔC – концентрационный напор (движущая сила абсорбции), кг/кг; ρ – плотность среды, кг/м³; δ – толщина пленки, м; L – длина контакта, м; $Sc = \nu_{\text{пл}} / D$ – число Шмидта; D – коэффициент диффузии, м²/с.

Составляющие критериев Re_{Γ} и $Re_{\text{пл}}$ представлены в уравнениях (1), (2). В расчетах критериев Re_{Γ} , $Re_{\text{пл}}$ и Sc использованы экспериментальные и справочные данные.

Для окиси и двуокиси углерода коэффициенты кинематической вязкости и диффузии выбирались для пленки воды, окиси серы – воздушной среды.

Поток абсорбированного газа $G_{\text{аб}}$ на каждом участке рабочего канала ΔL находится по измеренным значениям его концентрации в потоке воздуха перед C_{i-1}^{Γ} и за участком C_i^{Γ} , кг/м³,

$$G_{\text{аб}} = G_{\text{воз}} (C_{i-1}^{\Gamma} - C_i^{\Gamma}), \quad (4)$$

где $G_{\text{воз}}$ – расход воздуха в рабочем канале, м³/с.

Концентрация абсорбированного газа в пленке воды в конце участка $C_i^{\text{пл}}$, кг/кг, и концентрационный напор ΔC , кг/кг, рассчитываются по следующим зависимостям:

$$C_i^{\text{пл}} = C_{i-1}^{\text{пл}} + \frac{G_{\text{аб}}}{G_{\text{пл}}} ; \quad (5)$$

$$\Delta C_i^{\text{пл}} = C_i^{\text{г}} - C_i^{\text{пл}} , \quad (6)$$

где $C_{i-1}^{\text{пл}}$ – концентрация абсорбированного газа в пленке перед участком рабочего канала, кг/кг; $G_{\text{пл}}$ – массовый расход пленки воды, кг/с.

При расчете средних значений коэффициента массоотдачи на участках разной длины контактный концентрационный напор ΔC рассчитывается по средним значениям концентраций в воздухе и пленке.

При противоточном движении воздуха и пленки воды расчет начальной (по ходу воздуха) концентрации абсорбированного газа в пленке воды (в нижней части рабочей пластины), кг/кг, проводился по массовому балансу по зависимости

$$C_0^{\text{пл}} = \frac{G_{\text{воз}} (C_0^{\text{г}} - C_L^{\text{г}})}{G_{\text{пл}}} , \quad (7)$$

где $C_0^{\text{г}}$, $C_L^{\text{г}}$ – концентрации газа в воздухе в начале и конце рабочего канала соответственно, кг/м³.

Конечная концентрация абсорбированного газа в пленке воды $C_L^{\text{пл}} = 0$.

Результаты обработки данных по локальным значениям абсорбции двуокиси углерода CO_2 в пленке пресной воды в широком диапазоне изменения критериев $\text{Re}_{\text{г}}$, $\text{Re}_{\text{пл}}$ показаны на рис. 2, а; по средним значениям абсорбции – рис. 2, б. Критерий K_D представляет собой комплекс критериев

$$K_D = \text{Re}_{\text{г}}^{0,6} \text{Re}_{\text{пл}}^{0,15} \text{Sc}^{0,33} (\delta/L) . \quad (8)$$

Критериальные уравнения, описывающие результаты этих данных, имеют вид:

– для локальных значений на каждом участке рабочего канала

$$\text{Sh} = 2,6 \text{Re}_{\text{г}}^{0,5} \text{Re}_{\text{пл}}^{0,13} \text{Sc}^{0,28} (\delta/L)^{0,86} ; \quad (9)$$

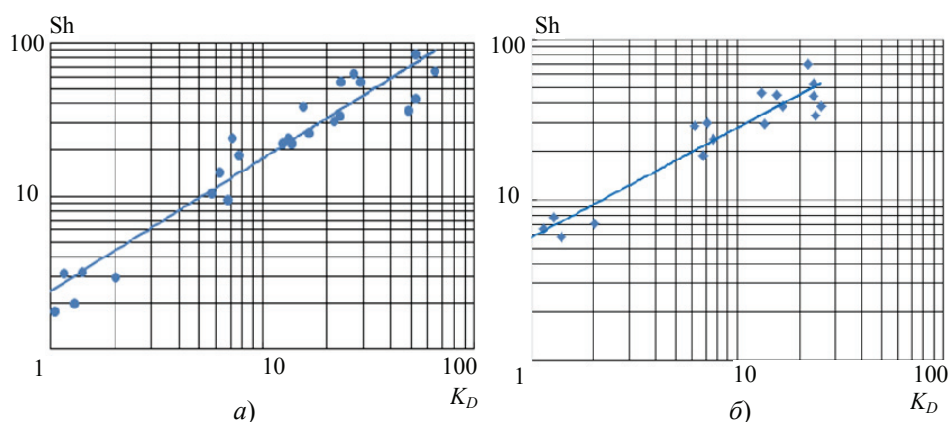


Рис. 2. Обработка экспериментальных данных по локальным (а) и средним (б) значениям абсорбции CO_2 в безразмерных координатах

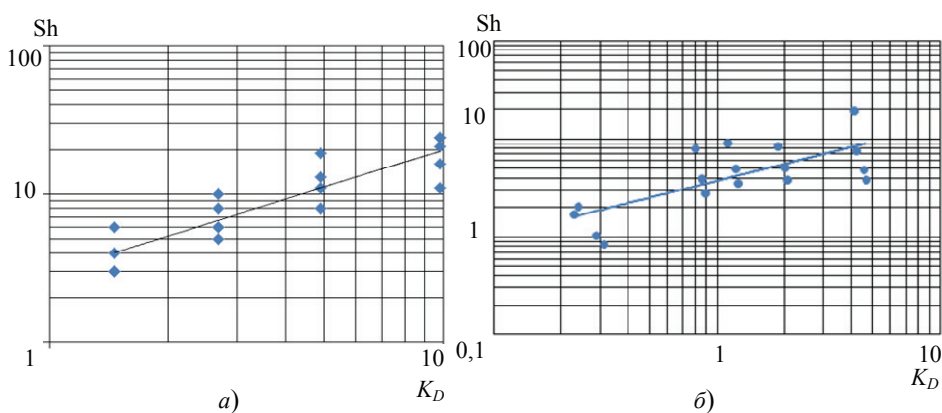


Рис. 3. Обработка экспериментальных данных по локальным значениям абсорбции CO (а) и SO_2 (б) в безразмерных координатах

– для средних значений массоотдачи на участках рабочего канала разной длины

$$Sh = 5,1 Re_{\Gamma}^{0,45} Re_{пл}^{0,11} Sc^{0,25} (\delta/L)^{0,76}. \quad (10)$$

Экспериментальные данные обобщаются уравнениями (9), (10) с погрешностью $\pm 15\%$.

Результаты обработки данных по абсорбции окиси углерода CO и окиси серы SO_2 в пленке пресной воды для локальных значений на каждом участке рабочего канала представлены на рис. 3.

Критериальные уравнения, описывающие результаты данных исследований, имеют вид:

– для окиси углерода CO (с погрешностью $\pm 20\%$)

$$Sh = 2,9 Re_{\Gamma}^{0,5} Re_{пл}^{0,12} Sc^{0,27} (\delta/L)^{0,83}; \quad (11)$$

– для окиси серы SO_2 (с погрешностью $\pm 25\%$)

$$Sh = 3,7 Re_{\Gamma}^{0,34} Re_{пл}^{0,1} Sc^{0,2} (\delta/L)^{0,57}. \quad (12)$$

Заключение

Полученные критериальные зависимости позволяют рассчитать значения коэффициентов массоотдачи и поток абсорбции газа в пленку жидкости по длине контакта и, соответственно, габаритные характеристики жидкостных пленочных массообменных аппаратов в широком диапазоне изменения концентраций газа, расходов жидкости и скорости движения загрязненного воздуха или газа.

В результате анализа процесса абсорбции окиси- и двуокиси углерода в пленочном жидкостном аппарате можно сделать вывод, что при использовании воды в качестве абсорбирующей среды оптимальная скорость движения газов $V_{\text{воз}} = 0,8 \dots 1,0$ м/с, оптимальное значение орошения

$G_v = (3,3 \dots 3,8) \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, при этом концентрация газов CO и CO₂ снижается на 30 – 45 %, SO₂ – в 1,5 – 2 раза.

Данный метод может использоваться для очистки технологических выбросов, а также выпускных газов от различных энергетических установок, в которых обычно содержатся токсичные газообразные компоненты.

Основная задача следующих исследований – определение изменения концентрации таких токсичных технологических выбросов, как NO и NO₂, а также аэрозольных загрязнений от длины контакта при жидкостной пленочной нейтрализации. Результаты исследований будут обобщаться в виде критериальных зависимостей.

Список литературы

1. Седнин, В. А. Анализ эффективности технологий извлечения диоксида углерода из продуктов сгорания / Р. С. Игнатович, В. А. Седнин // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2022. – № 65 (6). – С. 524 – 538. doi: 10.21122/1029-7448-2022-65-6-524-538
2. Рамм, В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Химия, 1976. – 655 с.
3. Пименова, Т. Ф. Производство и применение сухого льда, жидкого и газообразного диоксида углерода / Т. Ф. Пименова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 208 с.
4. Очистка технологических газов / под ред. Т. А. Семеновой. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Химия, 1977. – 488 с.
5. Механизм и кинетика хемосорбции углекислого газа водным раствором карбоната натрия / А. В. Старкова, А. Ф. Махоткин, А. С. Балыбердин, И. А. Махоткин // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 15. – С. 76 – 81.
6. Yu, C. -H. A Review of CO₂ Capture by Absorption and Adsorption / C. -H. Yu, C. -H. Huang, C. -S. Tan // Aerosol Air Qual. Research. – 2012. – Vol. 12, Issue 5. – P. 745 – 769. doi: 10.4209/aaqr.2012.05.0132
7. Бабак, В. Н. Массообмен в орошаемых плоскопараллельных каналах при прямоточном ламинарном движении жидкости и газа / В. Н. Бабак // Теоретические основы химической технологии. – 2019. – Т. 53, № 6. – С. 634 – 646. doi: 10.1134/S0040357119050014
8. Babak, V. N. Two-Phase Mass Exchange in Irrigated Tubular Packing for the Concurrent Laminar Phase Flow/ V. N. Babak // Theor. Found. Chem. Eng. – 2015. – Vol. 49, No. 5. – P. 636.
9. Генералов, М. Б. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств / М. Б. Генералов, В. П. Александров, В. В. Алексеев. – 2004. – 832 с.
10. Бернавская, М. В. Комплексное решение проблемы экологической безопасности автономных гидротехнических сооружений / М. В. Бернавская, В. Н. Стаценко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 12. – С. 3 – 12.
11. Вострикова, М. А. Анализ эффективности работы систем очистки дымовых газов морских судов от примесей при использовании абсорберов и скрубберов / М. А. Вострикова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 4. – С. 66 – 69.
12. Гришагин, В. М. Сварочный аэрозоль : образование, исследование, локализация, применение : монография / В. М. Гришагин. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 213 с.
13. Кутателадзе, С. С. Основы теории теплообмена. / С. С. Кутателадзе. – М. : Атомиздат, 1979. – 416 с.

14. Стаценко, В. Н. Метод жидкостной пленочной нейтрализации токсичных газовых выбросов / В. Н. Стаценко, М. А., Еременко, М. В. Бернавская // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2020. – № 2 (43). – С. 88 – 95. doi: 10.24866/2227-6858/2020-2-9

15. Накоряков, В. Е. О совместном тепломассопереносе при пленочной абсорбции / В. Е. Накоряков, Н. И. Григорьева // Теплообмен и гидродинамика при кипении и конденсации. – 1979. – С. 278 – 284.

References

1. Sednin V.A., Ignatovich R.S., Sednin V.A. [Analysis of the effectiveness of technologies for extracting carbon dioxide from combustion products], *Energetika. Iz-vestiya vysshihkh uchebnykh zavedeniy i energeticheskikh ob'yedineniy SNG* [News from higher educational institutions and energy associations of the CIS], 2022, no. 65 (6), pp. 524-538, doi: 10.21122/1029-7448-2022-65-6-524-538 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Ramm V.M. *Absorbtsiya gazov* [Absorption of gases], Moscow: Khimiya, 1976, 655 p. (In Russ.)

3. Pimenova T.F. *Proizvodstvo i primeneniye sukhogo l'da, zhidkogo i gazo-obraznogo dioksida ugleroda* [Production and application of dry ice, liquid and gaseous carbon dioxide], Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982, 208 p. (In Russ.)

4. Semenovoy T.A. (ed.) *Ochistka tekhnologicheskikh gazov* [Purification of process gases], Moscow: Khimiya, 1977, 488 p. (In Russ.)

5. Starkova A.V., Makhotkin A.F., Balyberdin A.S., Makhotkin I.A. [Mechanism and kinetics of chemisorption of carbon dioxide by an aqueous solution of sodium carbonate], *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan Technological University], 2011, no. 15, pp. 76-81. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Yu C.-H., Huang C.-H., Tan C.-S. A Review of CO₂ Capture by Absorption and Adsorption, *Aerosol Air Qual. Research*, 2012, vol. 12, issue 5, pp. 745-769, doi: 10.4209/aaqr.2012.05.0132

7. Babak V.N. [Mass transfer in irrigated plane-parallel channels during direct-flow laminar movement of liquid and gas], *Teoreticheskiye osnovy khimicheskoy tekhnologii* [Theoretical foundations of chemical technology], 2019, vol. 53, no. 6, pp. 634-646, doi: 10.1134/S0040357119050014 (In Russ., abstract in Eng.)

8. Babak V.N. Two-Phase Mass Exchange in Irrigated Tubular Packing for the Concurrent Laminar Phase Flow, *Theor. Found. Chem. Eng.*, 2015, vol. 49, no. 5, 636 p.

9. Generalov M.B., Aleksandrov V.P., Alekseyev V.V. *Mashiny i apparaty khimicheskikh i neftekhimicheskikh proizvodstv* [Machines and apparatus for chemical and petrochemical production], 2004, 832 p. (In Russ.)

10. Bernavskaya M.V., Statsenko V.N. [Integrated solution to the problem of environmental safety of autonomous hydraulic structures], *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)* [Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)], 2014, no. 12, pp. 3-12. (In Russ., abstract in Eng.)

11. Vostrikova M.A. [Analysis of the efficiency of systems for purifying smoke gases of sea ships from impurities when using absorbers and scrubbers], *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Vestnik BSTU im. V.G. Shukhova], 2015, no. 4, pp. 66-69. (In Russ., abstract in Eng.)

12. Grishagin V.M. *Svarochnyy aerosol': obrazovaniye, issledovaniye, lokalizatsiya, primeneniye : monografiya* [Welding aerosol: formation, research, localization, application: monograph], Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2011, 213 p. (In Russ.)

13. Kutateladze S.S. *Osnovy teorii teploobmena* [Fundamentals of the theory of heat transfer], Moscow: Atomizdat, 1979, 416 p. (In Russ.)

14. Statsenko V.N., Yeremenko M.A., Bernavskaya M.V. [Method of liquid film neutralization of toxic gas emissions], *Vestnik inzhenernoy shkoly DVFU* [Bulletin of the FEFU engineering school], 2020, no. 2 (43), pp. 88-95, doi: 10.24866/2227-6858/2020-2-9 (In Russ., abstract in Eng.)

15. Nakoryakov V.Ye., Grigor'yeva N.I. [On joint heat and mass transfer during film absorption], *Teploobmen i gidrodinamika pri kipenii i kondensatsii* [Heat transfer and hydrodynamics during boiling and condensation], 1979, pp. 278-284. (In Russ., abstract in Eng.)

Research on Liquid Film Neutralization of Welding Gas Emissions

V. N. Statsenko, A. V. Gridasov, R. H. Sadykov

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Keywords: absorption; water; gas emissions; liquid neutralization; criterion generalization; carbon monoxide and dioxide; sulfur oxide; film; experimental stand.

Abstract: To reduce the concentration of harmful gas emissions and aerosols in welding processes, it is proposed to use liquid neutralization, in which a film flow of liquid is organized along vertical plates. When gases or contaminated air move between the plates, the liquid film intensively absorbs gaseous and particulate pollutants. Absorption intensity into the film of water carbon monoxide and dioxide, as well as sulfur oxide, was studied at the experimental stand. In the experiments, the gas rate, liquid flow rate, and the concentration of harmful substances in the gas were changed. As a result of the analysis of the results obtained, the optimal gas speeds were identified and the importance of irrigation. In this case, the concentration of carbon monoxide and carbon dioxide can be reduced by 30 – 45 %, and the concentration of sulfur oxide – by 1.5 – 2 times over a contact length of 0.6 – 1.0 m. Generalization of the results obtained in a wide range of changes in gas concentrations, liquid flow rates and the speed of movement of the contaminated gas was obtained in the form of dependencies between the Sherwood, Reynolds and Schmidt numbers, from which it is possible to calculate the mass transfer coefficients at different contact lengths of the water and gas film and the overall characteristics of the neutralizer of harmful gas emissions.

© В. Н. Стаценко, А. В. Гридасов, Р. Х. Садыков 2024

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ И АБОНЕНТСКИХ ТЕРМИНАЛОВ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова, Н. Б. Цыренова

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
Владивосток, Россия*

Ключевые слова: базовая станция; мобильный терминал; плотность потока энергии; предельно допустимые уровни; поглощенная мощность; электромагнитное излучение.

Аннотация: Рассмотрен вопрос электромагнитной безопасности базовых станций и абонентских терминалов современных систем связи. Проанализировано воздействие электромагнитных полей, создаваемых оборудованием связи, на здоровье человека и окружающую среду. Приведен обзор международных стандартов и рекомендаций по электромагнитной безопасности, а также сравнение влияния разных поколений стандартов связи, существующих мобильных терминалов с точки зрения экологической безопасности. Рассмотрены существующие методы и технологии, способные снизить негативное влияние электромагнитного излучения в набирающем популярность стандарте мобильной связи 5G. Приведен пример возможной реализации одного из методов снижения уровня электромагнитного излучения, воздействующего на голову человека при использовании мобильной связи. На основе проведенного анализа воздействия электромагнитных излучений, исходящих от оборудования связи, на организм человека и окружающую среду сделан вывод о необходимости более глубокого изучения данного вопроса и осуществления контроля электромагнитного излучения мобильных систем связи.

Введение

В современном мире технологии связи играют ключевую роль в жизни общества, обеспечивая коммуникацию, доступ к информации и возможность обмена данными на глобальном уровне. Однако развитие техно-

Стаценко Любовь Григорьевна – доктор физико-математических наук, профессор департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения, e-mail: statsenko.lg@dvfu.ru; Смирнова Мария Михайловна – старший преподаватель департамента электроники, телекоммуникации и приборостроения; Цыренова Нарана Будажаповна – магистрант, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия.

логий связи также ставит перед нами новые вызовы и проблемы, одной из которых является обеспечение электромагнитной безопасности используемых систем. Базовые станции и абонентские терминалы современных систем связи являются источниками электромагнитных излучений (ЭМИ), которые могут оказывать негативное влияние на здоровье человека, экосистему и техническое оборудование. В связи с этим изучение вопросов электромагнитной безопасности и разработка мер по ее обеспечению становятся актуальными задачами, решение которых необходимо для обеспечения устойчивого развития и безопасности связи в будущем.

Электромагнитный фон окружающей среды изменяется за счет увеличения количества радиообъектов, что приводит к неравномерности радиопокрытия. Согласно [1 – 3], источниками электромагнитных полей, оказывающими наибольшее воздействие на человека, являются системы мобильной связи, а именно линия связи от базовой станции к абонентскому терминалу на открытом воздухе (напряженность электрического поля $E = 0,3 \dots 0,7$ В/м) и линия связи от мобильного терминала к базовой станции в общественном транспорте ($E = 0,5 \dots 1,0$ В/м).

Рекомендации по определению предельно допустимого уровня излучения

В России уровень электромагнитного излучения регулируется санитарными правилами и нормами 2.2.4/2.1.8.055-96, 2.1.8/2.2.4.1383-03 и гигиеническими нормативами 2.1.8./2.2.4.019-94, согласно которым в РФ существуют единые предельно допустимые уровни (ПДУ), измеряемые в интенсивностях (плотностях потока энергии (ППЭ)), Вт/см², для населения, проживающего на прилегающей селитебной территории, ППЭ от антенн базовых станций (БС) должна составлять не более 10 мкВт/см², а ППЭ от радиотелефонов – не более 100 мкВт/см². Плотность потока энергии, Вт/см³, в области головы для мобильного терминала с ненаправленной антенной можно рассчитать [4]

$$I = \frac{P}{4\pi r^2},$$

где P – мощность источника излучения, Вт; r – расстояние от источника излучения до тела человека, см.

В других странах при определении ПДУ ориентируются на уровень ЭМИ, влияние которого может привести к очевидно опасным последствиям. За рубежом ПДУ относится к значению SAR (*англ.* Specific Absorption Rate – коэффициент удельной поглощенной мощности, выраженной на единицу массы тела, Вт/кг). В ближней зоне [5]

$$SAR = \sigma \frac{E^2}{\rho},$$

где σ – удельная электропроводность ткани человека, См/м; ρ – плотность ткани человека, кг/м³; E – напряженность электрического поля в ткани, В/м.

Предельно допустимые уровни SAR отличаются в зависимости от принятых в стране рекомендаций: ICNIRP 2020, ICNIRP 1998, FCC 1996 и др.

Влияние электромагнитного излучения на человека и окружающую среду

Исследования не дают каких-либо последовательных доказательств неблагоприятного воздействия на здоровье радиочастотных полей на уровнях, ниже тех, которые вызывают нагрев. Исследования различных групп по всему миру (ARPANSA – Австралия, ANSES – Франция, Health – Канада, FAS – Швеция, HPA/PHE – Соединенное Королевство, FDA – США и др.) по данному вопросу в последние десятилетия вызывают разногласия: некоторые ученые утверждают, что негативные эффекты имеют место быть, в то время как другие это отрицают, но в рекомендации выносят предложения уменьшить воздействие ЭМИ и продолжить исследования [6 – 8].

Микроволновое излучение оказывает влияние не только на людей, но и на животных и растительные организмы, причем растения и деревья, по данным многочисленных исследований, подвергаются более сильному воздействию, в основном не из-за их более деликатной структуры, а из-за их статичности, которая приводит к постоянному облучению. В местах, прилегающих к базовым станциям, наблюдается наиболее сильное антропогенное воздействие ЭМИ на растения [9]. Наименьший уровень интенсивности электромагнитного излучения базовыми станциями, который может негативно влиять на рост растений, составляет $0,1 \dots 10 \text{ мВт/м}^2$ [10]. В работе [11] предполагают, что именно поляризованные волны глубже проникают в растительный покров и способны нарушить электрохимический баланс клеток. Длительное воздействие ЭМИ вызывает ухудшение внешнего состояния растений и замедление роста [12].

Подавляющее большинство исследований обычно проходят в специализированных лабораториях, где присутствуют факторы, отличающиеся от реального мира. В качестве объектов часто используются крысы, мыши и другие животные с биологическим строением, отличным от человеческого. Из-за этих различий результаты экспериментов не всегда могут быть полностью применимы к человеческому телу.

Излучение базовых станции воздействует на все тело человека, но с малой интенсивностью, в то время как мобильные терминалы воздействуют локально, но с большей интенсивностью, например, на головной мозг, щитовидную железу и т.д. Воздействие ЭМП БС круглосуточное и постоянное, а абонентских терминалов – периодическое и кратковременное [13]. В течение последних трех десятилетий проведены различные исследования по вопросу электромагнитной безопасности базовых станций в условиях различной застройки. При сравнении полученных результатов с некоторыми международными стандартами и рекомендациями замечено, что максимальное измеренное значение составляло всего 0,007 % от ПДУ ICNIRP и 0,005 % от ПДУ FCC [14]. Более того, измеренные значения были обусловлены не только мобильными базовыми станциями, но и всеми другими источниками излучения в диапазоне от 200 кГц до 3 ГГц. В то же время, согласно [15], показатели SAR в среднем выше на 0,3 Вт/кг пределов, установленных Международной комиссией по защите от неионизирующего излучения.

Мощность излучения мобильного телефона зависит от состояния канала связи с базовой станцией. При повышении уровня сигнала базовой станции в месте расположения приемника уменьшается мощность излучения мобильного телефона. Ведущие компании-производители мобильных телефонов придерживаются значения удельного коэффициента поглощения (SAR), равного 1,6 Вт/кг, которое рекомендовано Федеральной комиссией по связи (FCC). Согласно расчетам, при соблюдении данной рекомендации максимальное время ежедневного использования телефона человеком составляет не более 24 мин [16]. В список моделей телефонов с наибольшим SAR (Вт/кг) попали: Motorola Edge (1,79), OnePlus 6T (1,55), Sony Xperia XA2 Plus (1,41), OnePlus 7T (1,4), Google Pixel 4 XL (1,39), Redmi K20 Pro (1,33) [17]. При сравнении поколений стандартов беспроводной связи [18] можно заметить следующие тенденции: с каждым новым поколением увеличивается мощность базовой станции, мобильного телефона; возрастает выброс CO₂; повышается SAR. Технические средства сетей 5G вызывают больший нагрев кожных тканей по сравнению с устройствами сетей 4G и 3G. В свою очередь 5G практически не ведет к нагреву всего тела, а локализует воздействие, в отличие от технологии 4G. В сетях 5G используются миллиметровые волны, передаваемые на более короткие расстояния, имеющие меньшую проникающую способность. Они могут проникать в кожу на глубину до 0,41 мм (42 ГГц), а излучение сетей 4G – на глубину до 1 мм. В сетях 5G используется большое количество базовых станций. Воздействие ЭМИ возрастает в стандартах 5G по сравнению с предыдущими поколениями связи, несмотря на увеличение рабочей частоты [19].

Подходы, способные снизить мощности передатчиков, уровни воздействия ЭМИ и значения SAR в сетях 5G

1. Технология MIMO (*англ.* Multiple Input – Multiple Output, множественный вход – множественный выход) предполагает использование нескольких приемопередающих антенн для получения направленного луча в сторону абонентского терминала, что позволяет уменьшить мощность передачи.

2. Метод формирования диаграммы направленности (*англ.* Beam-forming). Используются антенные решетки для фокусирования ЭМИ в направлении каждого пользователя мобильного телефона.

3. Технология D2D (*англ.* device-to-device). Эта технология прямой связи между устройствами, которая позволяет им обмениваться данными напрямую без участия базовой станции, что позволяет снизить мощность передачи, увеличить скорость передачи данных и снизить нагрузку на сеть.

4. Зеленый Интернет вещей (Green IoT). Данная технология поможет снизить парниковый эффект и уменьшить передаваемые мощности более чем на 30 %.

5. Экранирование SAR (SAR shielding). Основной принцип действия строится на применении метаматериалов или ферритов для снижения уровня излучения электромагнитных полей при экранировании излучения от мобильного телефона, планшета и других устройств в сторону головы. Рассмотрим данную технологию подробно.

Пример возможной реализации экрана SAR

Процесс экранирования SAR включает в себя использование специальных материалов и конструкций для создания «барьера» между источником излучения и телом пользователя. Эти материалы могут включать металлизированные экраны, ферритовые бусины или специальные покрытия на печатной плате устройства.

Далее приводится исследование метаповерхностной структуры с элементами SRR (англ. Split Ring Resonator – резонатор в виде разомкнутого кольца) (рис. 1). Элемент SRR представляет собой кольцевую структуру с вырезом, имитирующим электрическую емкость. Кольцо интегрировано в контур, геометрия которого оптимизирована методом эволюционного алгоритма. Расчет модели и ее алгоритмическая оптимизация проводились в программной среде CST Software Suite. Металлизация выполнена медью толщиной 35 мкм, диэлектрическая подложка толщиной 2,1 мм выполнена из полиимида с коэффициентом диэлектрической проницаемости 3,5. Геометрические размеры поверхности 24 мм на 24 мм.

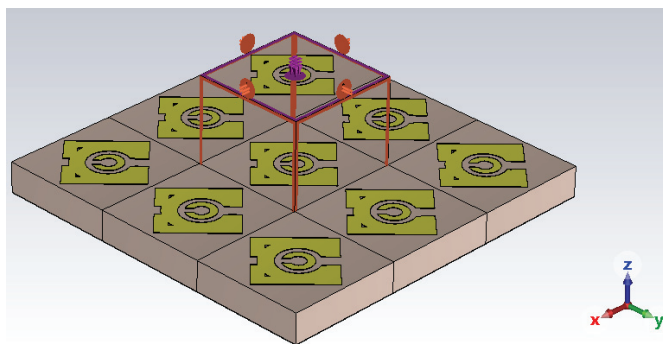


Рис. 1. Метаповерхностная структура с элементами SRR

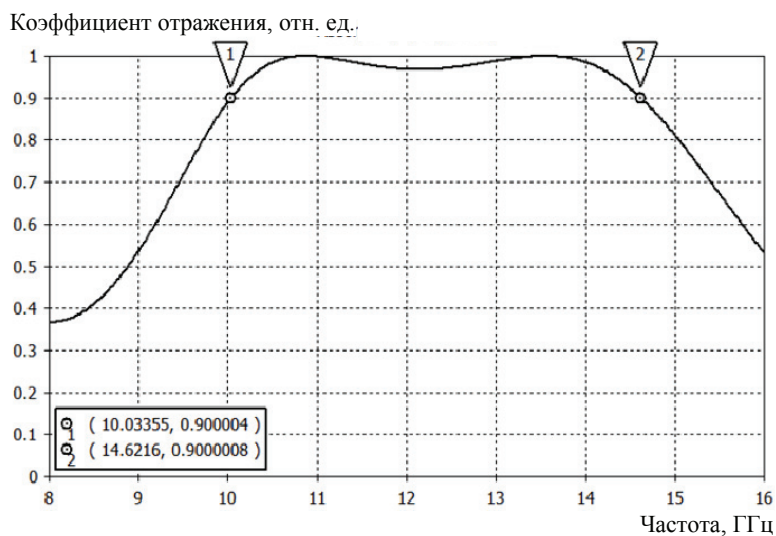


Рис. 2. График частотной зависимости коэффициента поглощения при прямом падении волны

Имитационное моделирование проводилось при условии падения волны под прямым углом к поверхности. Результатом проведенной симуляции является график частотной зависимости коэффициента поглощения (рис. 2). Из графика следует, что поглощение волны на уровне 90 % от общей энергии происходит в интервале от 10,03 до 14,62 ГГц. При нормальном падении волны на смоделированную поверхность происходит поглощение в частотной полосе шириной 4,59 ГГц.

Заключение

Активное развитие беспроводных сетей связи приводит к увеличению числа базовых станций и мобильных терминалов, что делает необходимым более детальное рассмотрение такого фактора загрязнения окружающей среды, как электромагнитное излучение. Результаты исследований различаются, но все ученые призывают принять меры для снижения уровня излучения. В настоящее время проводятся исследования для определения общей опасности электромагнитного воздействия на население, вызванного использованием технологий сотовой связи 3G, 4G и 5G. В стандарте связи 5G проводятся работы по снижению уровня электромагнитного излучения, поглощаемого организмом человека. Все это приводит к необходимости более тщательного наблюдения и контроля уровней электромагнитного излучения мобильных систем связи. В работе показаны технологии и методы, которые могут использоваться для снижения уровня излучения электромагнитных волн в мобильных сетях связи, что приведет к снижению негативного воздействия на человека и окружающую среду. Представлен пример поглощающей структуры в рамках технологии SAR shielding, показывающий эффективное поглощение в полосе частот шириной 4,59 ГГц.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности по проекту № FZNS-2023-0008.

Список литературы

1. Сведения о проникновении подвижной связи (статистические данные) : сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. – Текст: электрон. – URL : <https://digital.gov.ru/opendata/7710474375-proniknpodvsvyaz/> (дата обращения: 12.01.2024).
2. Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure in Everyday Microenvironments in Europe: A Systematic Literature Review / S. Sagar, S. Dongus, A. Schoeni [et al.] // Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. – 2018. – Vol. 28, No. 2. – P. 147 – 160. doi:10.1038/jes.2017.13
3. Comparison of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure Levels in Different Everyday Microenvironments in an International Context / S. Sagar, S. M. Adem, B. Struchen [et al.] // Environment International. – 2018. – Vol. 114. – P. 297 – 306. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.036
4. Черных, С. В. Анализ влияния микроволнового излучения сотовой связи на человека / С. В. Черных // Инновации в информатике. – 2018. – Т. 12, № 3. – С. 37 – 47.
5. Non-Invasive Estimation of Whole Body Averaged SAR by the Personal RF Dosimeter Measurements / R. K. Kwate, A. Derkaoui, B. Elmagroud [et al.] // 2019

7th Mediterranean Congress of Telecommunications (CMT). – Fez, Morocco, 2019. – P. 1 – 4. doi: 10.1109/CMT.2019.8931366

6. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2006. – 238 p.

7. International Committee on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Exposure to High Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (100 kHz – 300 GHz) / J. Juutilainen, I. Lagroye, J. Miyakoshi [et al.] // In book: Vecchia P., Matthes R., Ziegelberger G., Lin J., Saunders R., Swerdlow A. Review of Experimental Studies of RF Biological Effects (100 kHz – 300 GHz). – ICNIRP: Oberschleisheim, Germany, 2009. – P. 90 – 303.

8. Vijayalaxmi, I. International and National Expert Group Evaluations: Biological/Health Effects of Radiofrequency Fields / I. Vijayalaxmi, M. R. Scarfi // International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH). – 2014. – Vol. 11, No. 9. – P. 9376 – 9408. doi: 10.3390/ijerph110909376

9. Radio-Frequency Electromagnetic Field (RF-EMF) Exposure Levels in Different European Outdoor Urban Environments in Comparison with Regulatory Limits / D. Urbinello, W. Joseph, A. Huss [et al.] // Environment International. – 2014. – Vol. 68. P. 49 – 54. doi: 10.1016/j.envint.2014.03.007

10. Halgamuge, M. N. Reduced Growth of Soybean Seedlings after Exposure to Weak Microwave Radiation from GSM 900 Mobile Phone and Base Station / M. N. Halgamuge, K. Y. See, J. L. Eberhardt // Bioelectromagnetics. – 2015. – Vol. 36, No. 2. – P. 87 – 95. doi: 10.1002/BEM.21890

11. Panagopoulos, D. J. Real versus Simulated Mobile Phone Exposures in Experimental Studies / Panagopoulos D. J., O. Johansson, G. L. Carlo // Biomed Research International. – 2015. – No. 4. – P. 607053. doi: 10.1155/2015/607053

12. Influence of Microwave Frequency Electromagnetic Radiation on Terpene Emission and Content in Aromatic Plants / M. L. Soran, M. Stan, Ü. Niinemets, L. Copolovici // Journal of Plant Physiology. – 2014. – Vol. 171, No. 15. – P. 1436 – 1443. doi: 10.1016/j.jplph.2014.06.013

13. Electromagnetic Field Exposure Assessment in Europe Radiofrequency Fields (10 MHz – 6 GHz) / P. Gajšek, P. Ravazzani, J. Wiart [et al.] // Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. – 2015. – Vol 25, No. 1. – P. 37 – 44. doi: 10.1038/jes.2013.40

14. Ahmed, A. J. Electromagnetic Radiation Evaluations of some Cellular Base Stations in Kasala / A. J. Ahmed, H. E. Idris // Journal of Electronics and Communication Engineering. – 2016. – Vol. 11, No. 1. – P. 53 – 60.

15. El Amrani, E. Specific Absorption Rate (SAR) in Humain Body Exposed to Wirless Base Station Fields / E. El Amrani, T. Mazri, N. Hmina // International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI). – Targoviste, Romania, 2017. – P. 1 – 5. doi: 10.1109/ECAI.2017.8166419

16. Sharma, A. B. A Review: Source and Effect of Mobile Communication Radiation on Human Health / A. B. Sharma, O. S. Lamba // Advances in Wireless and Mobile Communications. – 2017. – Vol. 10, No. 3. – P. 423 – 435.

17. SAR values of mobile phones : Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). – URL: https://www.bfs.de/EN/home/home_node.html (дата обращения: 12.0.2024).

18. Srivastava, A. Energy Efficient Transmission Trends Towards Future Green Cognitive Radio Networks (5G): Progress, Taxonomy and Open Challenges / A. Srivastava, M. S. Gupta, G. Kaur // Journal of Network and Computer Applications. – 2020. – Vol. 168, No. 1. – P. 102760. doi: 10.1016/j.jnca.2020.102760

19. Nasim, I. Analysis of Human EMF Exposure in 5G Cellular Systems / I. Nasim. – 2019. – 56 p.

References

1. available at: <https://digital.gov.ru/opendata/7710474375-proniknpodsvyaz/> (accessed 12 January 2024).
2. Sagar S., Dongus S., Schoeni A. [et al.] Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure in Everyday Microenvironments in Europe: A Systematic Literature Review, *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 2018, vol. 28, no. 2, pp. 147-160. doi:10.1038/jes.2017.13
3. Sagar S., Adem S.M., Struchen B. [et al.] Comparison of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure Levels in Different Everyday Microenvironments in an International Context, *Environment International*, 2018, vol. 114, pp. 297-306. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.036
4. Chernykh S.V. [Analysis of the influence of microwave radiation from cellular communications on humans], *Innovatsii v informatike* [Innovations in computer science], 2018, vol. 12, no. 3, pp. 37-47. (In Russ., abstract in Eng.)
5. Kwate R.K., Derkaoui A., Elmagroud B. [et al.] Non-Invasive Estimation of Whole Body Averaged SAR by the Personal RF Dosimeter Measurements, *2019 7th Mediterranean Congress of Telecommunications (CMT)*, Fez, Morocco, 2019, pp. 1-4. doi: 10.1109/CMT.2019.8931366
6. *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*. IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2006, 238 p.
7. Juutilainen J., Lagroye I., Miyakoshi J. [et al.] International Committee on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Exposure to High Frequency Electromagnetic Fields, Biological Effects and Health Consequences (100 kHz–300 GHz), In book: Vecchia P., Matthes R., Ziegelberger G., Lin J., Saunders R., Swerdlow A. *Review of Experimental Studies of RF Biological Effects (100 kHz – 300 GHz)*, ICNIRP: Oberschleisheim, Germany, 2009, pp. 90-303.
8. Vijayalaxmi I., Scarfi M.R. International and National Expert Group Evaluations: Biological/Health Effects of Radiofrequency Fields, *International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH)*, 2014, vol. 11, no. 9, pp. 9376-9408. doi: 10.3390/ijerph110909376
9. Urbinello D., Joseph W., Huss A. [et al.] Radio-Frequency Electromagnetic Field (RF-EMF) Exposure Levels in Different European Outdoor Urban Environments in Comparison with Regulatory Limits, *Environment International*, 2014, vol. 68, pp. 49-54. doi: 10.1016/j.envint.2014.03.007
10. Halgamuge M.N., See K.Y., Eberhardt J.L. Reduced Growth of Soybean Seedlings after Exposure to Weak Microwave Radiation from GSM 900 Mobile Phone and Base Station, *Bioelectromagnetics*, 2015, vol. 36, no. 2, pp. 87-95. doi: 10.1002/BEM.21890
11. Panagopoulos D.J., Johansson O., Carlo G.L. Real versus Simulated Mobile Phone Exposures in Experimental Studies, *Biomed Research International*, 2015, no. 4, pp. 607053. doi: 10.1155/2015/607053
12. Soran M. L., Stan M., Niinemets Ü., Copolovici L. Influence of Microwave Frequency Electromagnetic Radiation on Terpene Emission and Content in Aromatic Plants, *Journal of Plant Physiology*, 2014, vol. 171, no. 15, pp. 1436-1443. doi: 10.1016/j.jplph.2014.06.013
13. Gajšek P., Ravazzani P., Wiart J. [et al.] Electromagnetic Field Exposure Assessment in Europe Radiofrequency Fields (10 MHz – 6 GHz), *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 2015, vol 25, no. 1, pp. 37-44. doi: 10.1038/jes.2013.40

14. Ahmed A.J., Idris H.E. Electromagnetic Radiation Evaluations of some Cellular Base Stations in Kasala, *Journal of Electronics and Communication Engineering*, 2016, vol. 11, no. 1, pp. 53-60.
 15. El Amrani E., Mazri T., Hmina N. Specific Absorption Rate (SAR) in Humain Body Exposed to Wirless Base Station Fields, *International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, Targoviste, Romania, 2017, pp. 1-5. doi: 10.1109/ECAI.2017.8166419
 16. Sharma A.B., Lamba O.S. A Review: Source and Effect of Mobile Communication Radiation on Human Health, *Advances in Wireless and Mobile Communications*, 2017, vol. 10, no. 3, pp. 423-435.
 17. SAR values of mobile phones : Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). available at: https://www.bfs.de/EN/home/home_node.html (accessed 12 January 2024).
 18. Srivastava A., Gupta M. S., Kaur G. Energy Efficient Transmission Trends Towards Future Green Cognitive Radio Networks (5G): Progress, Taxonomy and Open Challenges, *Journal of Network and Computer Applications*, 2020, vol. 168, no. 1, pp. 102760. doi: 10.1016/j.jnca.2020.102760
 19. Nasim I. *Analysis of Human EMF Exposure in 5G Cellular Systems*, 2019, 56 p.
-

Environmental Safety of Base Stations and User Terminals of Modern Communication Systems

L. G. Statsenko, M. M. Smirnova, N. B. Tsyrenova

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Keywords: base station; mobile terminal; energy flux density; maximum permissible levels; absorbed power; electromagnetic radiation.

Abstract: The issue of electromagnetic safety of base stations and subscriber terminals of modern communication systems is considered. The impact of electromagnetic fields created by communication equipment on human health and the environment is analyzed. An overview of international standards and recommendations on electromagnetic safety is provided, as well as a comparison of the impact of different generations of communication standards and existing mobile terminals from the point of view of environmental safety. Existing methods and technologies that can reduce the negative impact of electromagnetic radiation in the increasingly popular 5G mobile communications standard are considered. An example of the possible implementation of one of the methods for reducing the level of electromagnetic radiation affecting the human head when using mobile communications is given. Based on the analysis of the impact of electromagnetic radiation emanating from communication equipment on the human body and the environment, it was concluded that a more in-depth study of this issue and monitoring of electromagnetic radiation of mobile communication systems is necessary.

© Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова, Н. Б. Цыренова, 2024

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ С УЧЕТОМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Э. С. Цховребов

*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций
МЧС России», Москва, Россия*

Ключевые слова: отходы; прогнозирование; промышленный симбиоз; ресурсосбережение; социальный аспект; техногенные аварии; технологии; экологическая безопасность; экономическая эффективность.

Аннотация: Рассмотрены научно-методические подходы к оценке социальной и экономической эффективности создания экологически безопасной системы обращения с отходами, в том числе формирования сети экоиндустриальных симбиозов или инновационных объектов в сфере ресурсосбережения и вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот. Предмет исследования – процесс техногенного воздействия образующихся отходов на окружающую среду. Цель работы – разработка научных подходов к формированию системы экологически безопасного обращения отходов с учетом социально-экономических факторов, направленной на предупреждение техногенных чрезвычайных ситуаций. В качестве основного принципа принят системный подход к экологически безопасному обращению ресурсных компонентов завершившей срок эксплуатации, бывшей в употреблении строительной и иной продукции – не в виде опасных отходов, а в качестве востребованных обществом вторичных материальных и энергетических ресурсов. Проведен анализ методик оценки экономической эффективности проектов в области ресурсосбережения, обработки и утилизации отходов. Сформированы подходы к формированию экономически эффективной, экологически безопасной инфраструктуры по переработке отходов. Показана социально-экономическая эффективность создания промышленных симбиозов отходоперерабатывающей инфраструктуры. Полученные

Цховребов Эдуард Станиславович – кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник Центра мониторинга и прогнозирования ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий), e-mail: rebrovstanislav@rambler.ru, Москва, Россия.

результаты исследования предназначены для использования в процессе формирования ресурсосберегающей системы экологически безопасного обращения с использованной продукцией при разработке территориальных схем и региональных программ обращения с отходами, организации комплексной системы прогнозирования и предупреждения техногенных чрезвычайных ситуаций и их неблагоприятных последствий для окружающей среды, территорий, жизнедеятельности населения, объектов экономики.

Введение

За последние десятилетия ресурсный вектор развития экономики России не способствовал стратегическому направлению сохранения, рационального использования и приумножения природно-ресурсного потенциала страны: почти все национальные проекты сводятся к изъятию природных ресурсов из природной среды, а инфраструктурные инвестиционные проекты имеют цель – максимальное извлечение прибыли при минимизации затрат, в том числе на охрану окружающей среды. основополагающий ориентир современного экономического развития – прибыль в итоге и определяет содержание бизнес-планирования инвестиционного проекта. Такие составляющие бизнес-моделей, как энерго- и ресурсосбережение, использование вторичных ресурсов (**ВР**), санитарно-гигиеническая, техническая, противопожарная безопасность, охрана труда, жизни и здоровья работающих, в лучшем случае определяются формально, описательно, без обосновывающих расчетов, всесторонней оценки, анализа существующей производственно-экономической ситуации, прогнозирования возможных аварийных и техногенных чрезвычайных ситуаций, перспективного планирования экологически безопасного развития хозяйственной деятельности [1 – 4].

Инвесторы и владельцы бизнеса ориентированы большей частью на бюджетное финансирование в виде государственных дотаций, субсидий, а также на получение сверхприбыли за счет деятельности по приему твердых коммунальных отходов (**ТКО**), не вкладываясь в полном объеме в экологические мероприятия. Все это приводит к остановке реализации данных проектов еще на этапе проектирования, ввода в эксплуатацию, ухудшению экологической и санитарной обстановки, судебным спорам. Такие примеры известны в Подмосковье, Татарстане, Архангельской области и других регионах.

При этом действующие правовые нормы не регулируют обязательность проведения оценки экологической или социально-экономической эффективности инвестиционных бизнес-проектов. Это способствует потенциальной экологической опасности возводимых объектов, их деятельности, связанной с образованием опасных выбросов, сбросов, отходов, возможности возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций с неблагоприятными последствиями для жизнедеятельности населения, окружающей среды [4 – 6].

Вместе с тем объекты обращения с отходами относятся к комплексу жизнеобеспечения населенных пунктов и классифицируются как объекты особо высокого уровня ответственности (уровень 1а по ГОСТ Р 54257–2010). Ввиду потенциальной опасности для окружающей среды и здоровья населения, обозначенный вид экономической деятельности требует неукоснительного соблюдения всех необходимых экологических и санитарных требования, правил, норм, стандартов, нормативов.

Следует принимать во внимание, что при создании объектов, комплексов, систем обращения с отходами необходимо учитывать множественность факторов, которая обуславливается повышенным экологическим, экономическим и социальным риском, в том числе аварийных и техногенных чрезвычайных ситуаций, сопровождающим строительство и эксплуатацию данных объектов.

В настоящем исследовании проработан ряд новых подходов к развитию организационно-технических систем экологически безопасного обращения с отходами с учетом социально-экономических факторов. Данные подходы реализованы на основе создания экопромышленных симбиозов, в рамках перехода комплекса жизнеобеспечения техносферных территорий на ресурсосберегающий технологический уклад экологически безопасного обращения использованной продукции.

Материалы и методы

Материалы для проведения исследования: законодательные и подзаконные акты, методические рекомендации в сфере переработки отходов, экономической оценки проектов, опубликованные труды зарубежных исследователей в области экономики замкнутого цикла, концепции «ноль отходов» [5 – 9], экономической оценки проектов [10 – 14], работы отечественных ученых в рассматриваемой области [15 – 19], исследования в сфере создания экотехнопарков [20 – 24].

Методика исследования основывается на системном анализе материалов исследуемой междисциплинарной предметной области.

Результаты исследования

На *первом* этапе исследования систематизированы и проанализированы методики, рекомендации по оценке технико-экономической эффективности проектов, аналогичных области переработки отходов.

В отличие от подходов, принятых в ведущих индустриальных странах мира, в национальных методических документах осуществляется количественная оценка показателей, отражающих коммерческую и(или) бюджетную эффективность инвестиционных проектов без учета существующих и перспективных экологических, социальных показателей, относимых к внешним эффектам. Продолжает доминировать нормативно-методический подход в виде не связанных в рамках комплексной оценки негативного воздействия на окружающую среду и между собой отдельных методик оценки экономического ущерба (экологического вреда), наносимого конкретным видам природных объектов (водоемам, земельным ресурсам, атмосферному воздуху, недрам).

При включении в финансово-экономический анализ инвестиционного проекта реальных и перспективных показателей природоохранных затрат, прогнозируемых величин ущерба (вреда) различным компонентам природной среды, а также рисков их возникновения, значительно возрастающая величина условно-постоянных затрат и внереализационных расходов (сверхлимитные платежи за негативное воздействие на окружающую среду, штрафные санкции, иски в возмещение экологического ущерба) может в результате способствовать квалификации бизнес-проекта как экономически нецелесообразного, убыточного и непривлекательного для госбюджета или инвесторов [16, 18].

В настоящее время при оценке эффективности инвестиций анализируется показатель эффекта – прибыль или доход от вложенных средств, сравниваются затраты с суммой полученного дохода или прибыли. Во главу угла, как правило, ставятся следующие критерии: при определении альтернативных вариантов равного качества выбирается обычно самый дешевый; цель проекта должна быть достигнута наименее затратным способом; минимальный срок окупаемости проекта; учет устойчивости инвестора к реализации проекта; расчет на бюджетное софинансирование [16 – 18].

При оценке инвестиционных проектов прогнозный анализ воздействия на окружающую среду, как правило, не проводится. Этому есть определенные причины. Сейчас, в эпоху слабо контролируемого государством рыночного капитализма в России, выгодно «выжать» из проекта в кратчайшие сроки максимальную прибыль без учета отдаленных последствий.

Однако, если речь идет об окупаемости затрат, о компенсации или возврате инвестору вложенных им средств, то оценке подлежат не только прибыль или доход, но и экологические издержки всех видов. Для анализа планируемой величины возврата инвестору вложенных им средств подлежат объективной прогнозной оценке может только чистая прибыль, остающаяся в распоряжении акционерного общества после уплаты всех налогов, платежей, расходов, издержек, поступающих в бюджеты. Поэтому всесторонний обоснованный анализ экологического риска реализации бизнес-проекта имеет важнейшее значение для судьбы самого проекта и вложенных в него финансовых средств [16 – 19].

В ходе оценки экологического риска бизнес-проекта следует учитывать ряд экологических показателей, существенным образом влияющих на экономическую устойчивость планируемого бизнеса. К ним следует отнести природоохранные ограничения: площадь земельного участка, размер санитарно-защитной зоны предприятия, объем (лимит) забираемой воды для технологических целей, нормативы допустимых выбросов, сбросов, образования отходов и лимиты на их размещение, ограничения вблизи нахождения охранных зон и пр. В другую группу, связанную с санитарно-гигиеническими нормами, входит обеспечение качества, экологической и гигиенической безопасности производственного и сопряженных с ним хозяйственных процессов (подготовка, хранение, складирование, погрузка-разгрузка, транспортирование), а также непосредственно самой продукции. Данные ограничения, своевременно и в полном объеме учитывае-

мые при проведении эколого-экономической оценки бизнес-проекта, напрямую будут влиять на устойчивый динамичный производственный процесс, объемы и качество выпускаемой продукции. С другой стороны, их игнорирование уже в ходе реализации бизнес-проекта может привести к возникновению уголовной, административной и гражданско-правовой ответственности за нарушение экологических, санитарных и иных норм, правил, стандартов и, в конце концов, к приостановлению, запрещению деятельности производства.

Для инвестиционных проектов, связанных с производством новой продукции, модернизацией производства, внедрением инновационных технологий, по мнению автора, наиболее оптимальным, актуальным, обоснованным в правовом плане и эффективным считается затратный превентивный подход «затраты – выгоды», позволяющий при всесторонней комплексной, обоснованной оценке уже на стадии бизнес-планирования учесть все экологические издержки, выгоды и риски. Включение данных показателей в финансово-экономический анализ проектов способствует положительной оценке их инвестиционной привлекательности, высокой конкурентоспособности экологически безопасной продукции, прибыльности инвестиций в условиях ограниченных ресурсов капитала и должно стать решающим фактором при выборе проекта. По расчетам ученых и специалистов государственного учреждения «Научно-исследовательский центр по проблемам управления ресурсосбережением и отходами» реальный дисконтированный срок окупаемости таких проектов с учетом всего комплекса природоохранных издержек может составлять 5 – 7 лет (без учета возврата заемных средств). Но при этом будут обеспечены переход на ресурсосберегающий технологический уклад, стабильность, безопасность производства, занятых работников, окружающей среды, а также экономический рост, конкурентоспособность экологически чистой продукции, минимизация экологического риска и проблем с исполнением законодательства [1 – 4].

Как показал проведенный анализ, серьезным препятствием для использования ресурсосберегающих технологий и выпуска продукции из вторичного сырья является установленная практика получения государственных дотаций и субсидий. В рамках соответствующих методик и методических рекомендаций предоставление инвестиций в виде бюджетных предполагает срок окупаемости капитальных затрат не более 1–2 лет [1 – 4]. Необходимость возврата бюджетных средств в короткий срок заставляет товаропроизводителя поднимать цену на продукцию, изготовленную из вторичного сырья, что делает ее неконкурентоспособной на рынке, а бизнес-проект – в итоге экономически нецелесообразным.

Поэтому без пересмотра организационно-управленческих, нормативно-правовых и финансово-экономических подходов к государственному инвестированию и экономическому стимулированию ресурсосберегающей деятельности, включая вовлечение ВР в хозяйственный оборот, никакое развитие отходоперерабатывающей отрасли и предпринимательства в данной сфере не представляется перспективным.

Как показывает мировой опыт, создание прибыльного производства продукции с использованием вторичных материальных и энергетических ресурсов (**ВМР и ВЭР**) может быть реализовано посредством промышленно-коммунальных симбиозов – комплекса взаимосвязанных объектов коммунальной, транспортной и технологической инфраструктуры, обеспечивающего полный цикл экологически безопасных услуг населению и хозяйствующим субъектам, выпуска и выведения на рынок промышленной продукции с использованием ВР в организационно-правовой форме экоиндустриальных парков [20 – 24].

По результатам анализа отечественной литературы, в рамках реализации *второго* этапа исследования, определены характерные особенности формирования сети экоиндустриальных парков в России в ближайшей и среднесрочной перспективе:

- территориальная привязка к промышленным и иным объектам – источникам негативного воздействия на окружающую среду;
- стремление к обеспечению высокого уровня рентабельности продукции, работ, услуг в краткосрочном периоде;
- межотраслевой характер деятельности, ориентация на развитие новых научно-промышленных симбиозов по инновационным направлениям научно-технологического развития;
- объединение в одном замкнутом цикле производственной деятельности с эффективным вовлечением в хозяйственный оборот ее результатов, включая побочные продукты, возвратные материалы, отходы, ВР; лабораторно-аналитических испытательных и научно-исследовательских центров, обеспечивающих создание и защиту технико-технологических инноваций, патентных разработок, изобретений, стандартов организации, технических условий и регламентов, сертификацию, консалтинговые услуги, а также маркетинговых структур, реализующих импорт создаваемых технологий, продукции на региональные, межрегиональные или международные рынки или ориентированные под задачи крупных компаний, корпораций, холдингов;
- развитие новых структурных форм финансово-организационного взаимодействия: государственно-частное партнерство, Hi-Tech Park, экопромышленный (экоиндустриальный) парк;
- взаимовыгодное экономическое партнерство хозяйствующих субъектов на основе материально-сырьевых, товарных, энергетических потоков;
- межотраслевое и межсубъектное взаимодействие хозяйствующих субъектов смежных отраслей и секторов экономики, развитие горизонтальных экономических связей по предмету правового и экономического регулирования «отходы – сырье – продукция»;
- внедрение ресурсоемких, ресурсосберегающих технологий, существенно снижающих административную, экономическую нагрузку на хозяйствующие субъекты в сфере охраны окружающей среды и обращения с отходами.

Экономические и смежные с ними критерии и показатели формирования экоиндустриальных парков (промышленных симбиозов) как научно-промышленных симбиозов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Критерии и показатели деятельности эконоиндустриальных парков

Кри- терии	Показатели
1	2
Организационно-экономические	а) создание единого функционального организационно-правового и технико-экономического пространства: информационные и энергетические сети, система снабжения, институциональная поддержка, компетенции; б) формирование устойчивых сбалансированных оптимальных материально-сырьевых и энергетических потоков и связей между участниками, инфраструктурными объектами эконоиндустриального парка; в) включение в состав участников промышленного симбиоза хозяйствующих субъектов с видами деятельности: – производственно-хозяйственная (в результате которой образуются отходы производства и потребления); сбор, накопление, обработка, утилизация, обезвреживание отходов; – реализация вторичных материальных и энергетических ресурсов; – изготовление продукции, производство работ, оказание услуг, генерация энергии с использованием ВР, полученных в результате деятельности эконоиндустриального парка; – разработка технологий, проектирование и выпуск техники, оборудования, машин, механизмов, необходимых для обеспечения технико-технологических процессов производственной деятельности участников симбиоза; – транспортно-логистическая, учебно-образовательная, научно-исследовательская деятельность; – консалтинговые, маркетинговые и коммерческие услуги
Технико-экономические	а) организация оптимизированной сбалансированной, цикличной организационно-технической схемы на всех стадиях обращения с отходами, а также получения и реализации полученных из них вторичных ресурсов; б) уровень утилизации отходов производства – не менее 60 – 70 %, отходов потребления – не менее 40 – 50 % от количества принятых на обработку отходов (на уровне ведущих стран мира); в) выпуск по результатам деятельности эконоиндустриального парка не менее 5 – 10 видов вторичных материальных ресурсов, обладающих высокими потребительскими технико-эксплуатационными, иными свойствами и характеристиками, соответствующих требованиям нормативно-технической документации к сырью, материалам, топливу, иной продукции (ГОСТ, ГОСТ Р, СТО, ТУ, ТР), в отношении которых имеется техническая возможность и экономическая целесообразность использования, что обеспечивает устойчивую востребованность и гарантированный сбыт вторичного сырья на отечественном и международном рынках
Финансово-экономические	а) приемлемая взаимовыгодная договорная система финансово-экономической деятельности для всех участников симбиоза, обеспечивающая необходимый для устойчивого развития хозяйствующих субъектов экономический результат (прибыль, рентабельность и пр.); б) снижение финансовой нагрузки на участников симбиоза по налогам, сборам, платежам, штрафным санкциям, в том числе в сфере охраны окружающей среды; в) положительные инвестиционные индексы и показатели бюджетной эффективности, макроэкономического эффекта, внутренней доходности, рентабельности, чистой текущей приведенной стоимости; динамический срок окупаемости проекта не более 4–5 лет;

1	2
Финансово-экономические	г) достаточный для устойчивого развития хозяйствующих субъектов уровень выручки от реализации произведенной с использованием вторичных ресурсов продукции за пределами экоиндустриального парка, в общем объеме выручки от произведенных продукции (работ)
Социально-экономические	а) создание рабочих мест; б) высокий уровень оплаты труда; в) полная обеспеченность сотрудников социальным пакетом, жильем, детскими дошкольными и образовательными учреждениями; г) содействие созданию благоприятной среды для развития малого и среднего предпринимательства; повышения качества жизни населения, улучшения инвестиционного и инновационного климата, обеспечения занятости трудоспособного населения, а также созданию условий для разворачивания на базе технопарков конкурентоспособных промышленных производств; д) предоставление бизнесу качественных объектов производственной недвижимости, инфраструктуры для эффективного развития

Основополагающий принцип отнесения производственной деятельности к категории экоиндустриального парка (промышленного симбиоза) в сфере ресурсосбережения и обращения с отходами приведен на рис. 1.

При формировании технологической схемы подобного рода комплекса интегрированных объектов необходимо учитывать предпосылки для его успешного функционирования:

- оптимальные, экологически безопасные, экономически эффективные организационно-технические системы и технологии раздельного сбора, изолированного накопления, обработки, утилизации отходов;
- достаточный, стабильный во времени поток поступающих отходов;
- наличие устойчивого спроса на результирующие продукты экономической деятельности: вторичное сырье, энергоносители;
- налаженные на высоком уровне межотраслевые межсубъектные взаимодействия участников промышленного симбиоза.

Состав участников таких производственных комплексов может варьироваться исходя из постав-



Рис. 1. Основной принцип отнесения производственной деятельности субъектов экономической деятельности к категории промышленных симбиозов в сфере обращения с отходами

ленных производственно-экономических целей и задач, вида и назначения выпускаемой продукции, инфраструктурных особенностей. В процессе планирования экоиндустриального парка по комплексной обработке, утилизации, обезвреживанию отходов строительства и коммунального хозяйства формируются следующие группы участников (рис. 2).

Товарной продукцией, производимой по результатам экономической деятельности предприятий 2-й группы, являются обработанные обособленные группы вторичных материальных ресурсов, доведенные (восстановленные) в соответствии с документами по стандартизации до уровня материалов, сырья, топлива, иной продукции, обладающие заданными

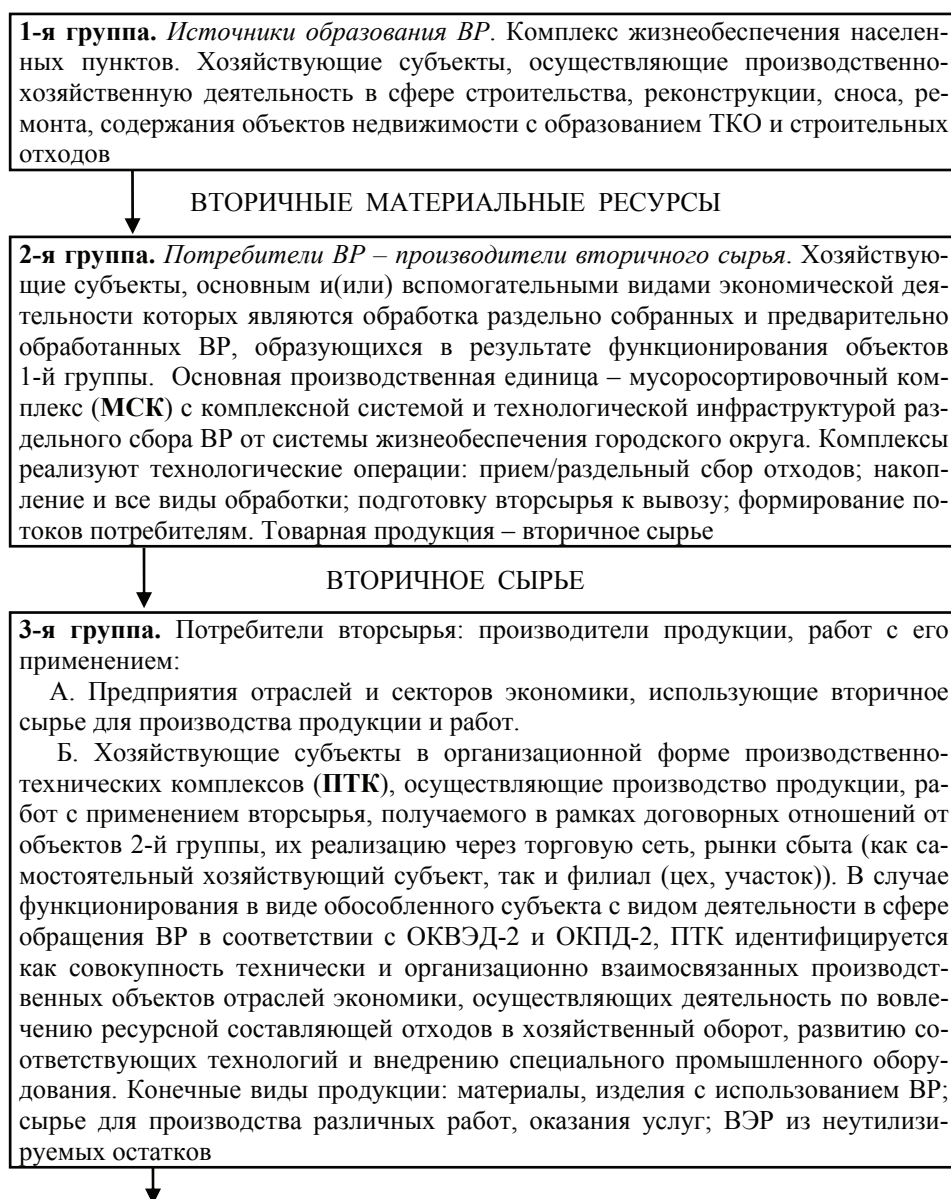


Рис. 2. Взаимодействующие участники экоиндустриального парка (начало)

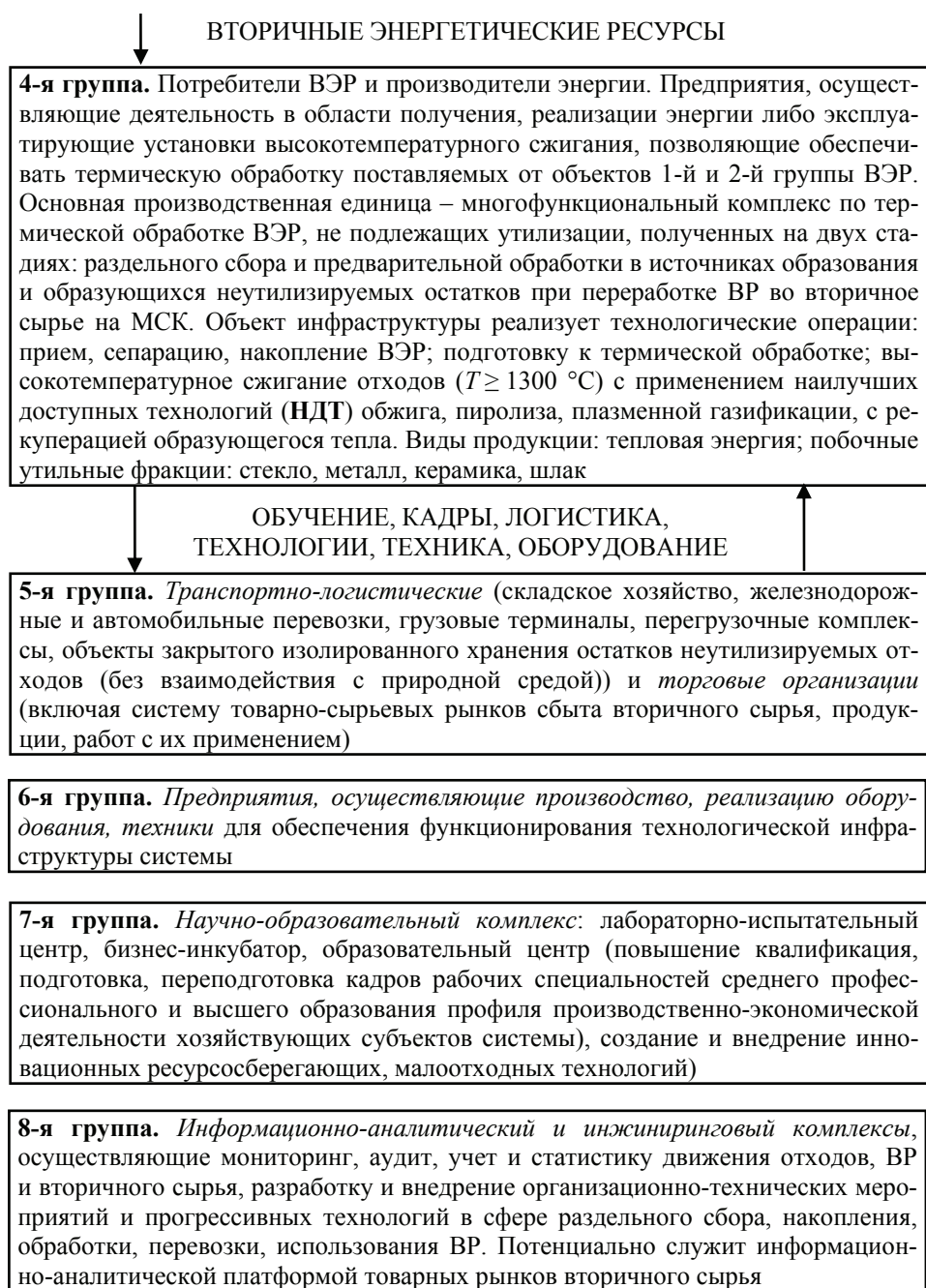


Рис. 2. Окончание

технико-эксплуатационными свойствами и потребительскими характеристиками, уровнем качества и безопасности, востребованные рынком для выпуска продукции, проведения работ, получения (генерации энергии). Например, в рассматриваемой специфике жизнеобеспечения, строительства, ремонта и благоустройства населенных пунктов видами товарной продукции экоиндустриального парка в форме вторичного сырья могут быть:

- дробленые минеральные материалы для ремонтно-строительных и благоустроительных работ;
- полимерная крошка в качестве полуфабриката для выпуска изделий различного назначения в отраслях экономики;
- древесные пеллеты, брикеты;
- добавки с высоким содержанием азота, фосфора, калия к органическим удобрениям для улучшения плодородия почв и биопродуктивности земель;
- мелкодисперсная минеральная зола в виде минеральных, пластифицирующих добавок, заполнителя для производства кирпича, бетона, строительных растворов, асфальтобетона, керамических изделий;
- техногенный грунт в качестве материала для проведения строительных, рекультивационных и ландшафтных работ.

Предметом взаимосвязанного функционирования означенных подсистем в едином замкнутом цикле выступает материально-сырьевой поток, включающий четыре составляющие:

- 1) входной – поступление в логистическую систему – на объект строительства, ремонта, ЖКХ материалов, изделий из внешней среды;
- 2) внутренний – осуществление логистических операций внутри системы в процессе превращения использованных материалов и сырья или потребленной продукции в отходы, раздельного сбора, предварительной обработки их ресурсной составляющей в источниках образования;
- 3) выходной внутри системы – транспортирование ВР на объекты промышленной обработки и переработки во вторичное сырье;
- 4) внешний – направление вторичного сырья, продукции с его применением из логистической системы во внешнюю среду потребителям. Остальные потоки протекают во внешней среде, за пределами логистической системы обращения ресурсов и сырья.

Формирование системы промышленных симбиозов может способствовать оживлению российской науки, инновационному прорыву в части разработки и внедрения, выведения на отечественный и международный рынки высокотехнологичной продукции с использованием ВР, энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий. Оптимально сформированная инфраструктура может содействовать данному процессу наряду с совершенствованием регулятивно-административной системы экономического стимулирования таких научно-промышленных симбиозов. При этом следует констатировать, что в научных, образовательных учреждениях в полной мере не проводятся высокоэффективные для внедрения в отечественной промышленности комплексные исследования, посвященные актуальной проблематике нормативно-правового обеспечения, экономики, организации и управления ресурсосбережением, вовлечения ВР в хозяйственный оборот.

Инновационным научно-практическим инструментарием обоснования экономической, экологической и ресурсной эффективности ресурсосберегающих инновационных проектов создания данных субъектов экономической деятельности может являться экономико-математическое моделирование в виде построения взаимосвязанных циклических моделей, формализующих оптимальное обращение ресурсов и инновационное ресурсосберегающее развитие всего промышленного симбиоза. Комплекс моделирова-

ния ресурсосбережения в данном случае представляет собой взаимосвязанную систему моделей, описывающих различные аспекты ресурсосберегающего функционирования объектов и реализующих решение круга поставленных в инвестиционном проекте социально-экономических, экологических и технико-технологических задач.

Методологическая сущность предлагаемого подхода заключается в нахождении оптимального соотношения между затрачиваемыми на реализацию проекта ресурсами (природными, материальными, энергетическими, трудовыми, финансовыми и др.), вторичными ресурсами, заданными качественными характеристиками и технико-эксплуатационными показателями выпускаемой продукции, производимых работ, оказываемых услуг с использованием ВМР и ВЭР, экологической безопасностью, прибыльностью такого проекта.

В качестве целевых индикаторов результативности экоиндустриального парка (промышленного симбиоза) рассматриваются следующие эффекты:

- экономический (показатели прибыли, рентабельности, сроков окупаемости, внутренней доходности и т.п.);
- экологический (снижение экологического вреда компонентам природной среды, исчисляемого соответственно в количественных показателях снижения загрязнений: сбросов, выбросов, размещаемых отходов и в их денежном выражении);
- ресурсосберегающий (сокращение использования природных ресурсов, энергии, возврат в хозяйственный оборот вторичных ресурсов);
- социально-инфраструктурный (развитие промышленной, научно-технической, социальной инфраструктуры, модернизация, техническое перевооружение действующих производств, создание новых рабочих мест, инвестиционная привлекательность региона).

Для общего случая построения ресурсосберегающих циклических моделей в качестве технико-экономических показателей рассматриваются:

- количество и стоимость ресурсов на всех этапах их обращения;
- количество и стоимость выпускаемой продукции, выполняемых работ, оказываемых услуг, генерации энергии;
- ресурсоемкость, как показатель материалоемкости и энергоемкости при изготовлении, ремонте и утилизации продукции;
- ресурсопотребление (ресурсоиспользование), как расходование ресурсов различных видов на стадиях жизненного цикла объекта, продукции;
- ресурсосодержание, включающее показатели состава и содержания сосредоточенных в продукции, услугах и работах ресурсов, определяющие свойства продукции, связанные с наличием в ее составе материальных и/или энергетических ресурсов;
- ресурсоэкономичность, характеризующая расходование материальных и энергетических ресурсов в процессе эксплуатации, ремонта и утилизации продукции;
- показатели использования ВР;
- показатели применения безотходных, ресурсосберегающих технологий;
- иные показатели, связанные с оценкой различных ресурсов.

- удельные инвестиции, текущие расходы по i -му инновационному проекту;

- система оценок свойств выпускаемой продукции (производимой работы).

Критериями и целевыми показателями (индикаторами) ресурсосберегающей модели бизнес-планирования для каждого участника экоиндустриального парка в этом случае становятся следующие составляющие:

- сокращение потребления невозобновляемых природных ресурсов и их замещение ВМР и ВЭР, альтернативными возобновляемыми источниками энергии;

- максимальное вовлечение технологического брака, потерь, остатков в производственный цикл посредством использования инновационных ресурсосберегающих технологий и эффективных организационно-технических мероприятий;

- выпуск качественной, безопасной, конкурентоспособной продукции с высокими технико-эксплуатационными свойствами и показателями с использованием ВР;

- минимизация образующихся и размещаемых отходов, выбросов, сбросов;

- совершенствование, модернизация, улучшение показателей и характеристик технологических процессов, конструкций, изделий, методов их моделирования и проектирования в целях ресурсосбережения; применение типовых материалоемких конструкций и изделий; оптимальный расход ресурсов и сырья; рациональный выбор материалов и конструктивных элементов в целях минимизации остатков и потерь;

- оптимизация организации хранения и учета материалов, сырья, изделий; снижение уровня убыли, порчи и потерь; контроль за сохранностью и качеством в процессе хранения, использования, сбыта;

- повторное использование обработанных технических и поверхностных (снеговых, талых) вод в производственно-хозяйственных процессах;

- оптимизация организационно-технологической модели производства; учет всех требований, норм и правил погрузочно-разгрузочных операций, складирования, транспортирования материальных ресурсов в целях максимального снижения количеств безвозвратных потерь.

Данные показатели подлежат оценке и анализу как на предпроектной стадии инвестиционного процесса, так и на стадиях разработки бизнес-плана, проектной документации, стандартов организации, технических условий.

Таким образом, в ходе исследований обосновываются показатели экономической эффективности не отдельных бизнес-проектов по конкретным хозяйствующим субъектам, а бизнес-модели экоиндустриального парка в целом, как инновационного комплексного экологического ресурсосберегающего проекта с учетом сложившихся социально-экономических и иных условий, требований, факторов, ограничений.

Сформированные по результатам настоящего исследования технические и социально-экономические индикаторы эффективности предлагаемой ресурсовосстановительной системы экологически безопасного жизнеобеспечения на основе симбиоза хозяйствующих субъектов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технико-экономические индикаторы эффективности
ресурсовосстановительной системы экологически
безопасного жизнеобеспечения

Наименование целевого показателя (предложение по результатам исследований)	Единицы измерения
<i>Технико-технологические</i>	
Количество введенных в эксплуатацию производств по выпуску продукции из ВР в результате технического перевооружения, модернизации объектов (с наименованием видов ВР, продукции, работ, произведенных с их использованием)	ед. / (т, шт., 3 2 м , м)
Количество объектов, процессов, на которых внедрены мероприятия, НДТ по ресурсосбережению до уровня безотходного/малоотходного производства (с указанием экономии природных ресурсов, сырья при выпуске единицы товара)	ед. (%)
Количество внедренных комплексов раздельного сбора и предварительной обработки, реализующих извлечение ВР и побочных продуктов (возвратного сырья)	ед.
Количество внедренных комплексов раздельного сбора и обработки ВР, включая стационарные и передвижные пункты сбора вторичного сырья	ед.
<i>Социально-экономические</i>	
Доля (стоимость) ВР в материальных затратах на выпуск продукции, работ	% (млн р.)
Доля (стоимость) генерированной энергии с использованием ВЭР в общем объеме энергопотребления	% (млн р.)
Объем товарооборота (рынка) вторичного сырья	млн р.
Количество наименований продукции, работ, услуг, при производстве (выполнении, оказании) которых установлен норматив использования ВР	ед.
Объем товарооборота (рынка) продукции, работ, услуг, энергии, произведенных (выполненных, оказанных) с использованием ВР (по наименованиям)	млн р.
Доля товарооборота продукции, работ с использованием ВР в ВВП региона	%
Объем региональной поддержки хозяйствующим субъектам, осуществляющим выпуск продукции с применением ВР (субсидии, дотации, целевые программы)	млн р.
Количество и стоимость продукции, работ, энергии, произведенных с использованием ВР, закупаемых по заказам государственными, муниципальными организациями и учреждениями у производителей	(т, куб. м, гкал) / млн р.
Количество выпущенных специалистов по специальностям, связанным с профессиональной деятельностью в сфере обращения с отходами и ВР	чел.
Количество новых рабочих мест, созданных на предприятиях инфраструктуры	чел.
Предотвращенный экологический вред/экономический ущерб окружающей среде	т /млн р.

Заключение

Полученные результаты, при их внедрении органами местного самоуправления и региональными операторами, позволят достичь следующих эффектов:

- экономического, связанного с увеличением количества и стоимости выделенных вторичных ресурсов, доведенных до уровня вторичного сырья, снижения себестоимости обработки отдельно собранных отходов;
- экологического, вызванного уменьшением поступления не утилизируемых отходов на полигонное захоронение, тем самым снижая экологический вред биологическим, водным и земельным ресурсам, атмосферному воздуху;
- природно-ресурсного, определенного экономией невозобновляемых природных ресурсов в производственных процессах в результате замещения вторичными ресурсами, выделенными из отходов;
- социального – в связи с повышением уровня защищенности граждан от угроз экологической опасности, чрезвычайных ситуаций техногенного характера, их негативных последствий для жизнедеятельности населения;
- социально-экономического, вызванного снижением тарифов для населения на вывоз и утилизацию мусора, а также осознанием гражданами необходимости отдельного сбора этих отходов, их обработки, максимального использования для собственных хозяйственных нужд, эффективным экономическим стимулированием данных процессов;
- организационно-управленческого, связанного с налаживанием полноценной объективной системы учета, мониторинга обращения вторичных ресурсов в хозяйственном обороте.

В дальнейшем, для усовершенствования Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года, планируется разработать организационно-управленческую систему экологически безопасного обращения с отходами, а также программы, концепции, методики, рекомендации правил в данной сфере.

Список литературы

1. Вопросы эколого-экономической оценки инвестиционных проектов по переработке отходов в строительную продукцию / Е. В. Баришевский, Е. Г. Величко, Э. С. Цховребов, У. Д. Ниязгулов // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 3(102). – С. 260 – 272. doi: 10.22227/1997-0935.2017.3.260-272
2. Организационно-экономические и правовые аспекты создания и развития производственно-технических комплексов по переработке золошлаковых отходов в строительную и иную продукцию / И. С. Кожуховский, Е. Г. Величко, Ю. К. Цельковский, Э. С. Цховребов // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 6(129). – С. 756 – 773. doi: 10.22227/1997-0935.2019.6.756-773
3. Цховребов, Э. С. Эколого-экономические аспекты планирования размещения и проектирования промышленных объектов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов / Э. С. Цховребов // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, № 11(122). – С. 1326 – 1340. doi: 10.22227/1997-0935.2018.11.1326-1340

4. Цховребов, Э. С. Формирование региональных стратегий управления обращением с вторичными ресурсами / Э. С. Цховребов // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 4(127). – С. 450 – 463. doi: 10.22227/1997-0935.2019.4.450-463
5. Elgizawy, S. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study / S. Elgizawy, S. El-Haggar, K. Nassar // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 145. – P. 1306 – 1313. doi:10.1016/j.proeng.2016.04.168
6. Murray, R. Zero waste / R. Murray. – Greenpeace Environmental Trust, 2002. – 211 p.
7. Domenech, T. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States / T. Domenech, B. Bahn-Walkowiak // Ecological Economics. – 2019. – Vol. 155. – P. 7 – 19. doi:10.1016/j.ecolecon.2017.11.001
8. Kirchherr, J. Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions / J. Kirchherr, D. Reike, M. Hekkert // SSRN Electronic Journal. – 2017. – No. 127. – P. 9. doi:10.2139/ssrn.3037579
9. Barriers and Drivers in a Circular Economy: the Case of the Built Environment / J. Hart, K. Adams, J. Gieseke [et al.] // Procedia CIRP. – 2019. – Vol. 80, No. 1. – P. 619 – 624.
10. Ehresman, T. Environmental Justice and Conceptions of the Green Economy / T. Ehresman, C. Okereke // International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics. – 2015. – Vol. 15, No. 1. – P. 13 – 27. doi: 10.1007/s10784-014-9265-2
11. Graczyk, A. Analysis and Assessment of Ecological Policy Instruments of Res in Accordance with Sustainable Development Principles / A. Graczyk // Research Papers of the Wrocław University of Economics. – 2015. – No. 409. – P. 207 – 217.
12. Bedrunka, K. Sustainable development jako współ – czesna koncepcja i strategia rozwoju regionalnego [Sustainable Development as a Contemporary Concept and Strategy Of Regional Development] / K. Bedrunka, K. Malik // Research Papers of the Wrocław University of Economics: Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. – 2014. – No. 339. – P. 11 – 22. doi: 10.15611/pn.2014.339.01
13. Application Method for Optimization in Solid Waste Management System in the City of Niš / D. Marković, D. Janošević, M. Jovanović, V. Nikolić // Facta universitatis. Series: Mechanical Engineering. – 2010. – Vol. 8, No. 1. – P. 63 – 76.
14. Mazzanti, M. Waste Generation, Waste Disposal and Policy Effectiveness. Evidence on Decoupling from the European Union / M. Mazzanti, R. Zoboli // Resources Conservation and Recycling. – 2008. – Vol. 52, No. 10. – P. 1221 – 1234. doi: 10.1016/j.resconrec.2008.07.003
15. Римшин, В. И. Вторичные ресурсы: переработка и использование / В. И. Римшин // Вестник Поволжского ГТУ. – 2018. – № 2. – С. 98–99.
16. Исаенко, Л. Н. Учет экологических факторов в бизнес-планировании как реализация оптимальной эколого-экономической стратегии фирмы / Л. Н. Исаенко, М. Л. Самсонова // Вестник Южно-росийского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. – 2013. – № 2. – С. 166 – 169.
17. Нужина, И. П. Оценка эффективности инвестиционного проекта как инструмент эколого-экономического регулирования инвестиционно-строительной деятельности в регионе / И. П. Нужина // Региональная экономика: теория и практика. – 2010. – № 6. – С. 64 – 72.
18. Дасковский, В. Б. Оценка эффективности инвестиций в советской и рыночной экономике / В. Б. Дасковский, В. Б. Киселев // Инвестиции в России. – 2014. – № 6(233). – С. 3 – 15.
19. Медведева, О. Е. Методические рекомендации по осуществлению эколого-экономической оценки эффективности проектов намечаемой хозяйственной деятельности / О. Е. Медведева. – М. : Торгово-промышленная палата РФ : Союз-

экспертиза, 2004. – 96 с. – URL: <http://www.ecopolicy.ru/upload/File/MetRecEff.doc> (дата обращения: 11.01.2024).

20. Kechichian E. Mainstreaming Eco-Industrial Parks / E. Kechichian, Mi Hoon Jeong. – The World Bank Group, 2016. – 131 p.

21. Gibbs, D. Reflections on Implementing Industrial Ecology through Eco-Industrial Park Development / D. Gibbs, P. Deutz // *Journal of Cleaner Production*. – 2007. – Vol. 15, No. 17. – P. 1683 – 1695. doi: 10.1016/j.jclepro.2007.02.003

22. The Conceptual Model of an Eco-Industrial Park Based Upon Ecological Relationships / E. Liwarska-Bizukojc, M. Bizukojc, A. Marcinkowski, A. Doniec // *Journal of Cleaner Production*. – 2009. – Vol. 17, No. 8. – P. 732 – 741. doi: 10.1016/j.jclepro.2008.11.004

23. Roberts, B. H. The Application of Industrial Ecology Principles and Planning Guidelines for the Development of Eco-Industrial Parks: an Australian Case Study / B. H. Roberts // *Journal of Cleaner Production*. – 2004. – Vol. 12, No. 8–10. – P. 997 – 1010. doi: 10.1016/j.jclepro.2004.02.037

24. Tessitore, S. Eco-Industrial Parks Development and Integrated Management Challenges: Findings from Italy / S. Tessitore, T. Daddi, F. Testa // *Sustainability*. – 2015. – Vol. 7, No. 8. – P. 10036 – 10051. doi: 10.3390/su70810036

References

1. Barishevsky E.V., Velichko E.G., Tshovrebov E.S., Niyazgulov U.D. [Issues of ecological and economic assessment of investment projects for waste processing into construction products], *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2017, vol. 12, no. 3(102), pp. 260-272. doi: 10.22227/1997-0935.2017.3.260-272 (In Russ., abstract in Eng.).

2. Kozhukhovskiy I.S., Velichko E.G., Tselykovskiy Y.C., Tshovrebov E.S. [Organizational, economic and legal aspects of creating and developing technological complexes on recycling ash and slag waste in construction and other products], *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2019, vol. 14, no. 6(129), pp. 756-773. doi: 10.22227/1997-0935.2019.6.756-773 (In Russ., abstract in Eng.).

3. Tshovrebov E.S. [Ecological and economic aspects of planning the placement and design of industrial facilities for the processing, disposal, disposal of waste], *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2018, vol. 13, no. 11(122), pp. 1326-1340. doi: 10.22227/1997-0935.2018.11.1326-1340 (In Russ., abstract in Eng.).

4. Tshovrebov E.S. [Formation of regional strategies for managing the management of secondary resources], *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2019, vol. 14, no. 4(127), pp. 450-463. doi: 10.22227/1997-0935.2019.4.450-463 (In Russ., abstract in Eng.).

5. Elgizawy S., El-Haggar S., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study, *Procedia Engineering*, 2016, vol. 145, pp. 1306-1313. doi:10.1016/j.proeng.2016.04.168

6. Murray R. *Zero waste*. Greenpeace Environmental Trust, 2002. 211 p.

7. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition Towards a Resource Efficient Circular Economy in Europe: Policy Lessons from the EU and the Member States, *Ecological Economics*, 2019, vol. 155, pp. 7-19. doi:10.1016/j.ecolecon.2017.11.001

8. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions, *SSRN Electronic Journal*, 2017, no. 127, pp. 9. doi:10.2139/ssrn.3037579

9. Hart J., Adams K., Giesekam J. [et al.]. Barriers and Drivers in a Circular Economy: the Case of the Built Environment, *Procedia CIRP*, 2019, vol. 80, no. 1, pp. 619-624.

10. Ehresman T., Okereke C. Environmental Justice and Conceptions of the Green Economy, *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 2015, vol. 15, no. 1, pp. 13-27. doi: 10.1007/s10784-014-9265-2
11. Graczyk A. Analysis and Assessment of Ecological Policy Instruments of Res in Accordance with Sustainable Development Principles, *Research Papers of the Wroclaw University of Economics*, 2015, no. 409, pp. 207-217.
12. Bedrunka K., Malik K. [Sustainable Development as a Contemporary Concept and Strategy Of Regional Development], *Research Papers of the Wroclaw University of Economics: Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wroclawiu*, 2014, no. 339, pp. 11-22. doi: 10.15611/pn.2014.339.01
13. Marković D., Janošević D., Jovanović M., Nikolić V. Application Method for Optimization in Solid Waste Management System in the City of Niš, *Facta universitatis. Series: Mechanical Engineering*, 2010, vol. 8, no. 1, pp. 63-76.
14. Mazzanti M., Zoboli R. Waste Generation, Waste Disposal and Policy Effectiveness. Evidence on Decoupling from the European Union, *Resources Conservation and Recycling*, 2008, vol. 52, no. 10, pp. 1221-1234. doi: 10.1016/j.resconrec.2008.07.003
15. Rimshin V.I. [Secondary resources: processing and use], *Vestnik Povolzhskogo GTU [Bulletin of the Volga State Technical University]*, 2018, no. 2, pp. 98-99. (In Russ., abstract in Eng.).
16. Isaenko L.N., Samsonova M.L. [Consideration of environmental factors in business planning as the implementation of the optimal ecological and economic strategy of the company], *Vestnik YURGGU (NPI) [Bulletin of the Southern State University (NPI)]*, 2013, no. 2, pp.162-165. (In Russ., abstract in Eng.).
17. Nuzhina I.P. [Evaluation of the effectiveness of an investment project as an instrument of ecological and economic regulation of investment and construction activities in the region], *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika [Regional Economics: theory and practice]*, 2010, no. 6, pp. 64-72 (In Russ., abstract in Eng.).
18. Daskovsky V.B., Kiselev V.B. [Evaluation of the effectiveness of investments in the Soviet and market economy], *Investitsiyi v Rossii [Investments in Russia]*, 2014, no. 6(233), pp. 3-15 (In Russ., abstract in Eng.).
19. Medvedeva O.E. *Metodicheskie rekomendatsii po osushestvleniyu ekologo-ekonomicheskoy otsenki effektivnosti proektov namechaemoy hozyaystvennoy deyatel'nosti* [Methodological recommendations for the implementation of ecological and economic assessment of the effectiveness of projects of planned economic activity], Moscow: Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation, Soyuzexpertiza Publ., 2004. 96 p. URL: <http://www.ecopolicy.ru/upload/File/MetRecEff.doc> (accessed 11 January 2024). (In Russ., abstract in Eng.).
20. Kechichian E., Jeong Mi Hoon. Mainstreaming Eco-Industrial Parks. The World Bank Group. 2016. 131 p.
21. Gibbs D., Deutz P. Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development, *Journal of Cleaner Production*, 2007, vol. 15, no. 17, pp. 1683-1695. doi: 10.1016/j.jclepro.2007.02.003
22. Liwarska-Bizukojc E., Bizukojc M., Marcinkowski A., Doniec A. The Conceptual Model of an Eco-Industrial Park Based Upon Ecological Relationships, *Journal of Cleaner Production*, 2009, vol. 17, no. 8, pp. 732-741. doi: 10.1016/j.jclepro.2008.11.004
23. Roberts B.H. The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study, *Journal of Cleaner Production*, 2004, vol. 12, no. 8-10, pp. 997-1010. doi: 10.1016/j.jclepro.2004.02.037.
24. Tessitore S., Daddi T., Testa F. Eco-Industrial Parks Development and Integrated Management Challenges: Findings from Italy, *Sustainability*, 2015, vol. 7, no. 8, pp. 10036-10051. doi: 10.3390/su70810036

The Development of an Environmentally Safe Waste Management System Regarding Socio-Economic Factors

E. S. Tshovrebov

All-Russian Research Institute on Problems of Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, Russia

Keywords: waste; forecasting; industrial symbiosis; resource saving; social aspect; man-made accidents; technologies; environmental safety; economic efficiency.

Abstract: Scientific and methodological approaches are used to assess the social and economic efficiency of creating an environmentally friendly waste management system, including the formation of a network of eco-industrial symbioses or innovative facilities in the field of resource conservation and the involvement of secondary resources in economic circulation. The subject of the study is the process of technogenic impact of generated waste on the environment. The purpose of the paper is to develop scientific approaches to the formation of a system of environmentally safe waste management, taking into account socio-economic factors, aimed at preventing man-made emergency situations. As a basic principle, a systematic approach to the environmentally safe handling of resource components of end-of-life, used construction and other products has been adopted - not in the form of hazardous waste, but as secondary material and energy resources in demand by society. An analysis of methods for assessing the economic efficiency of projects in the field of resource conservation, waste treatment and disposal was carried out. Approaches to the formation of a cost-effective, environmentally friendly infrastructure for waste processing have been developed. The socio-economic efficiency of creating industrial symbioses of waste processing infrastructure is shown. The obtained research results are intended for use in the process of forming a resource-saving system for environmentally safe handling of used products when developing territorial schemes and regional waste management programs, organizing an integrated system for forecasting and preventing man-made emergencies and their adverse consequences for the environment, territories, and population, economic entities.

© Э. С. Цховребов, 2024

УТИЛИЗАЦИЯ ПАРОВОЗНЫХ ШЛАКОВ В СОСТАВАХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

**Н. Д. Шаванов, П. П. Панков, Д. В. Бесполитов,
Н. А. Коновалова, С. А. Евсюков, Н. Д. Авсеенко,
А. А. Фаткулин, В. П. Лушпей**

*ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей
сообщения», Иркутск, Россия;*

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта –
филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет
путей сообщения», Чита, Россия;*

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
Владивосток, Россия*

Ключевые слова: золошлаковые отходы; композиционные материалы; криоструктурирование; органо-неорганические материалы; паровозные шлаки; стабилизирующая добавка; структурообразование; усиление земляного полотна; утилизация отходов.

Аннотация: Обоснована возможность получения композиционных материалов с улучшенными функциональными свойствами для усиления земляного полотна, содержащих паровозный шлак, стабилизированный добавкой на основе гелеобразующего полимера. Показан механизм структурообразования полученных органо-неорганических материалов, состоящих из

Шаванов Николай Дмитриевич – аспирант, ассистент кафедры «Техносферная безопасность», e-mail: shavanov.nikolay@mail.ru, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», Иркутск, Россия; Панков Павел Павлович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского проектно-технологического бюро «ЗаБИЖТ-Инжиниринг»; Бесполитов Дмитрий Викторович – кандидат технических наук, младший научный сотрудник Научно-исследовательского проектно-технологического бюро «ЗаБИЖТ-Инжиниринг»; Коновалова Наталия Анатольевна – доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского проектно-технологического бюро «ЗаБИЖТ-Инжиниринг»; Евсюков Сергей Андреевич – студент; Авсеенко Надежда Дмитриевна – доктор медицинских наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность», Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», Чита, Россия; Фаткулин Анвир Амрулович – доктор технических наук, профессор, директор Дальневосточного регионального учебно-методического центра (ДВ РУМЦ); Лушпей Валерий Петрович – доктор технических наук, профессор, профессор департамента мониторинга и освоения георесурсов, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия.

макромолекул высокомолекулярных веществ и неорганических включений, подвергшихся криогенной обработке. Структура образца отличается разнородностью порового пространства, для которого характерно наличие мелкопористых и крупнопористых областей, что определяет его теплофизические свойства. Выявлено, что показатель прочности при сжатии образцов, подвергшихся трем циклам криогенной обработки и последующему высушиванию на воздухе, составил 3,5 МПа, теплопроводность – 0,17 Вт/(м·К). Установлено, что полученный композиционный материал является водонепроницаемым и морозостойким, что позволяет рекомендовать его для усиления земляного полотна в сложных климатических и инженерно-геологических условиях.

Введение

Приоритетной задачей Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г., направленной на повышение надежности объектов железнодорожной инфраструктуры, является разработка способов усиления основной площадки земляного полотна для обеспечения стабильности геометрии рельсовой колеи. Эффективный способ повышения устойчивости и несущей способности земляного полотна – устройство защитных слоев с высокими эксплуатационными характеристиками [1, 2]. При этом значительное количество проектных решений сводится к увеличению слоев непучинистых грунтов, введению химических веществ или цементно-песчаных растворов, применению геотекстильных материалов (нетканного геотекстиля, геоячеек, георешеток, геосеток) [3, 4]. К недостаткам подобных проектных решений можно отнести значительную материалоемкость и трудоемкость, слабую структурную прочность и химическую стойкость используемых материалов. В этой связи разработка эффективных составов композиционных материалов, улучшающих физико-механические свойства и морозостойкость защитных слоев, представляется актуальной задачей. Вовлечение в их составы крупнотоннажных отходов производства, являющихся нетрадиционным минеральным сырьем в производстве строительных материалов [5, 6], позволит также решить ряд острых экологических проблем.

В качестве минерального сырья для получения подобных композиционных материалов может быть использован паровозный шлак, накопленный на берегу озера Байкал в районе железнодорожной станции Слюдянка Восточно-Сибирской железной дороги. Паровозный шлак образуется при эксплуатации ретропоезда, который курсирует в теплое время года по однопутной неэлектрифицированной Кругобайкальской железной дороге и является объектом притяжения туристов [7, 8]. При этом движение на паровозной тяге предполагает очистку зольника каждые 100 км, что способствует формированию отвалов паровозных шлаков. Проявление эрозионных процессов на отвалах паровозных шлаков приводит к значительной техногенной нагрузке в центральной экологической зоне Байкальского региона, ухудшению санитарного состояния территорий, деградации почв,

изменению геохимии ландшафтов. Разработка способов крупнотоннажного прямого использования паровозных шлаков в составах композиционных материалов, применяемых при строительстве, реконструкции и ремонте объектов железнодорожной инфраструктуры, представляется актуальной задачей, соответствующей государственной политике в области обеспечения экологической безопасности Российской Федерации.

Проведенный патентный поиск в области получения композиционных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками, позволил выявить, что многие технические решения направлены на повышение физико-механических свойств материала за счет изменения коллоидно-химических свойств посредством введения стабилизирующих добавок различной природы (А. с. СССР №№ 530932; 655775; 694597; 812869). Введение в составы композитов пластифицирующих добавок способствует повышению пластичности смеси, понижению водоцементного отношения, увеличению плотности и прочности материалов (А. с. СССР №№ 481661; 608871; 914699). Увеличение морозостойкости и долговечности материалов для устройства оснований дорожных одежд обеспечивается введением в их состав веществ, заполняющих воздушные поры и уменьшающих водонасыщение грунтов (А. с. СССР №№ 655775; 914699). Использование гидрофобизирующих добавок, снижающих водопоглощение, вызывает повышение водоустойчивости композитов (А. с. СССР №№ 655774; 863745). Применение веществ, способствующих образованию прочных пространственных структур, приводит к улучшению эксплуатационных характеристик строительных материалов (А. с. СССР №№ 834320; 876842), а образование гидрофобных органоминеральных структур вызывает повышение показателей морозостойкости и водостойкости (А. с. СССР №№ 658219; 876842).

Авторами работ [9, 10] показана эффективность использования стабилизирующих добавок полимерной природы, позволяющих обеспечить омоноличивание мелкораздробленных частиц. Большой научный и прикладной интерес вызывают системы, состоящие из гелеобразующего полимера, удерживаемого им растворителя и дисперсных наполнителей [11 – 16]. В связи с этим актуальным является разработка составов композиционных материалов для усиления земляного полотна, содержащих золошлаковые отходы, стабилизированные добавкой на основе гелеобразующего полимера.

Цель работы – разработка способов утилизации паровозного шлака станции Слюдянка в составе композиционных материалов для усиления земляного полотна железнодорожного пути.

Материалы и методы

Алюмосиликатный состав исходного минерального сырья изучали методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) с помощью спектрометра эмиссионного Optima 5300DV (Perkin Elmer) по схеме ICP95A.

Термические особенности шлака изучены посредством методов дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и термогравиметрии (ТГ) на синхронном термоанализаторе STA 449F1 NETZSCH (диапазон

температур 30...1000 °С, атмосфера аргона, шаг 20 °С/мин, программа NETZSCH Proteus Analysis, v 5.2.1).

Фазовый состав шлака изучали методом порошковой дифракции на рентгеновском дифрактометре D8 Advance BRUKER AXS (40 кВ, 40 мА, CuK α , Ni-фильтр, шаг сканирования 0,02°, экспозиция 1 с, программа EVA DiffraPlus, PDF-2).

Удельная поверхность шлака изучена на приборе Товарова с постоянной 29,91; влажность по ГОСТ 8735–88; плотность – ГОСТ 9758–2012; стойкость к железистому и силикатному распаду – ГОСТ 9758–2012. Показатель удельной эффективной активности естественных радионуклидов установлен в соответствии с требованиями ГОСТ 30108–94 на спектрометре-радиометре гамма- и бета-излучений РАДЭК МКГБ-01 и гамма-спектрометре РАДЭК МКСП-01.

Прочность при сжатии определяли на образцах-кубах, выдержанных в течение 60 суток на воздухе при температуре (20 $\pm$ 2) °С. Предел прочности при сжатии определяли при скорости движения плиты гидравлического пресса (3,0 $\pm$ 0,3) мм/мин.

Водонепроницаемость образцов изучали методом воздухопроницаемости. Данный метод основан на наличии экспериментально установленной статистической зависимости между воздухопроницаемостью поверхностных слоев композиционного материала и его водонепроницаемостью, определенной по методу «мокрое пятно». Параметром, характеризующим воздухопроницаемость, является значение времени, за которое давление в камере устройства снижается на определенную величину.

Определение теплопроводности проводили с помощью измерителя теплопроводности материалов МИТ-1 зондовым методом, основанным на измерении изменения температуры зонда за определенное время при его нагреве постоянной мощностью (диаметр зонда 6,0 мм). Зонд помещали внутрь образца с обеспечением их максимального теплового контакта. Для этого в образце сверлили отверстие диаметром (6,0 + 0,1) мм, глубиной 100 мм.

Дозировки паровозного шлака и стабилизирующей добавки в образцах композитов определяли экспериментальным путем. Количество вносимого шлака лимитировалось потерей текучести гетерофазной системы. Для изучения показателя прочности при сжатии и водонепроницаемости изготовлены образцы-кубы размером ребра 150 мм. Изучение теплопроводности проводили на образцах-цилиндрах диаметром (100 $\pm$ 5) мм.

Паровозный шлак перемешивали со стабилизирующей добавкой с последующим уплотнением на виброплощадке в течение (3,0 $\pm$ 0,1) мин при частоте (2900 + 100) колебаний/мин и амплитуде (0,40 + 0,05) мм. Сырьевую смесь в формах замораживали в морозильной камере при температуре минус (22 $\pm$ 2) °С в течение 8 ч. Размораживание образцов проводили при температуре (20 $\pm$ 2) °С в течение 2 ч. Образцы подвергали трем циклам замораживания / оттаивания, после чего образцы извлекали из форм и высушивали на воздухе на протяжении 60 суток.

Микроструктуру паровозного шлака и образцов композиционных материалов после криогенной обработки и последующего высушивания исследовали на двухлучевом сканирующем электронном микроскопе Tescan Lyra 3 XMN + EDS AZtec X-Max 80 Standart, напыление углерод, толщи-

на / плотность покрытия ~ 10 нм/2,25 г/см³. Электронные изображения получены с помощью детектора отраженных электронов BEI/BSE. Электронные изображения с топографической характеристикой поверхности образца накапливались с помощью детектора вторичных электронов SEI/SE.

Формирование структуры композиционного материала изучали методом компьютерной рентгеновской микротомографии на рентгеновском микротомографе SkyScan 1272 (Bruker microCT, Бельгия) со следующими параметрами съемки образцов: фильтр Al 0,25 мм (напряжение рентгеновского источника 60 кВ, текущий ток 180 мкА), вращение образца 0...180° с шагом 0,2°, размер пиксела изображения 14 или 15 мкм, формат изображения 1224 × 820 пикселей (экспозиция 326 мс). Реконструкция изображений проводилась в программе NRecon 1.7.1.0 (Bruker microCT), диапазон значений – от 700 до 7000 в единицах Хаунсфилда (HU). Двухмерные и трехмерные изображения образцов подготовлены с помощью программ DataViewer 1.5.3.4 (64-bit) и CTvox 3.3.0 r1403 (64-bit) (Bruker microCT) соответственно. Расчет значений общей пористости образцов проведен согласно методикам Bruker microCT в программе CT Analyser version 1.16.9.0 + (64-bit).

Результаты и обсуждение

Алюмосиликатный состав шлака ω , масс. %: 0,02 MnO; 0,05 P₂O₅; 0,27 Na₂O; 0,30 CaO_{св}; 0,40 SO₃; 0,41 TiO₂; 1,04 K₂O; 1,73 MgO; 2,29 CaO; 3,55 Fe₂O₃; 9,00 C; 20,50 Al₂O₃; 50,50 SiO₂; 10,00 – потери при прокаливании. Показатель удельной поверхности частиц – 240 м²/кг; влажность – 0,68 %; средняя плотность – 1360 кг/м³; полный остаток зольной фракции – 22 %; стойкость к железистому и силикатному распаду – 7,67 и 40,00 % соответственно. Шлак по гидравлическим свойствам является инертным, содержание CaO_{св} – 0,3 масс. %. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K) в образце шлака составила (242 ± 25) Бк/кг, что позволяет их использовать в строительной индустрии без ограничений.

Данные рентгенофазового анализа свидетельствуют, что шлак содержит кордиерит Fe₂Al₃(AlSi₅O₁₈) (3 %), анортит CaAl₂Si₂O₈ (16 %), кварц SiO₂ (22 %), кристобалит SiO₂ (24 %), муллит 3Al₂O₃·2SiO₂ (35 %) (рис. 1, а).

На термограмме (рис. 1, б) паровозного шлака отмечен экзотермический эффект при 665 °С с потерей веса около 16 %, что связано с процессом остаточного окисления органических веществ. Диссоциация карбонатов сопровождается проявлением слабого эндотермического эффекта с максимумом при 657 °С. Методом сканирующей электронной микроскопии установлено, что паровозный шлак состоит из полидисперсных фракций крупных частиц неправильной формы с размерами более 1 мм, обладающих системой макро- и микропор (рис. 2).

Образцы композиционного материала получали из паровозного шлака, модифицированного стабилизирующей гелеобразующей полимерной добавкой в соотношении 2 : 1. Стабилизирующая добавка представляет

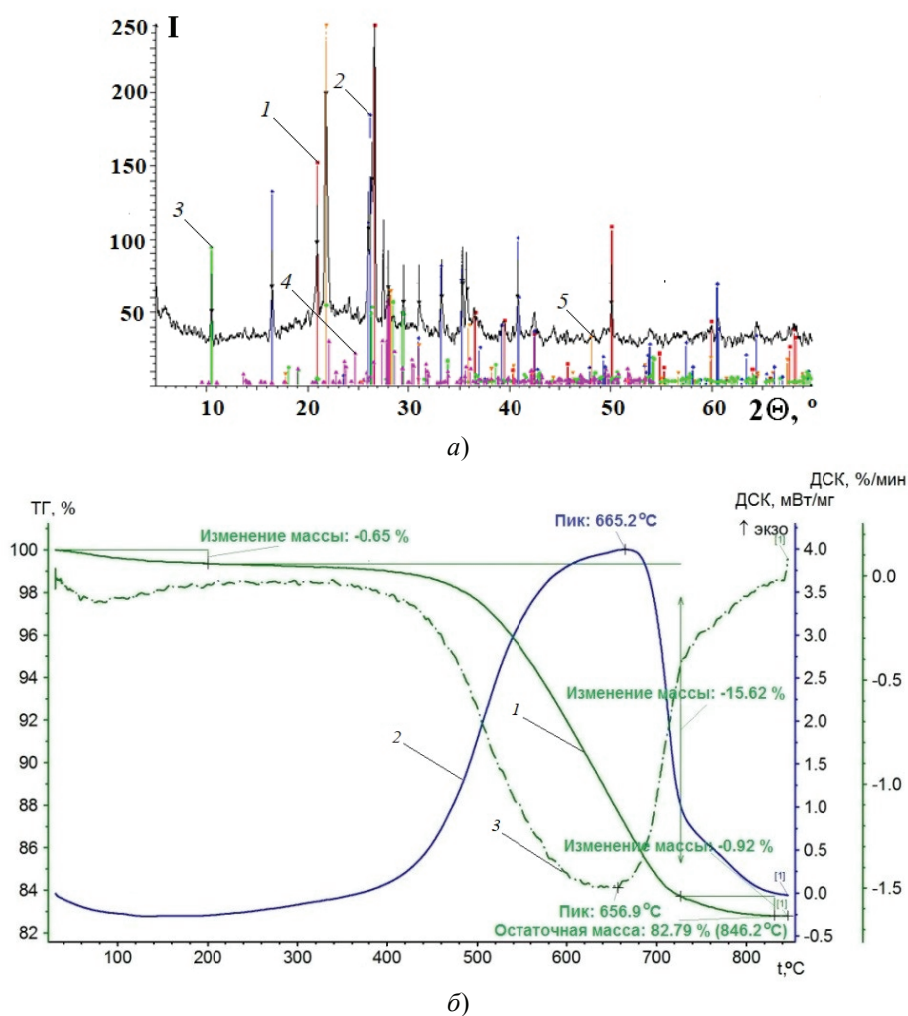


Рис. 1. Дифрактограмма (а) и термограмма (б) шлака:
а – кварц 1, муллит 2, кордиерит 3, анортит 4, кристобалит 5;
б – ТГ 1, ДСК 2, ДТГ 3

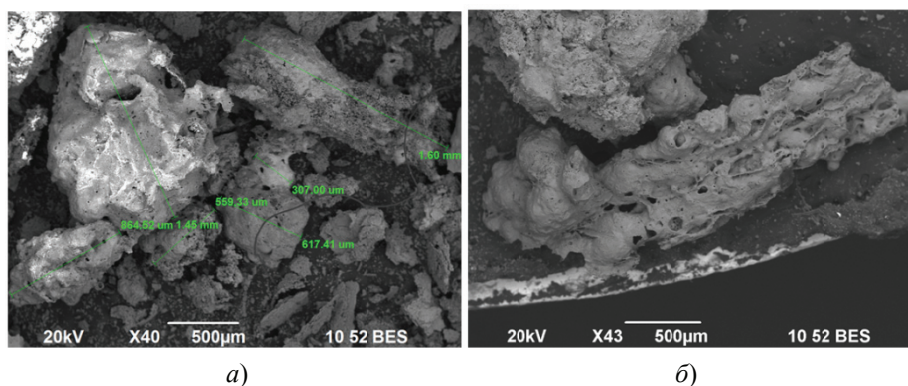


Рис. 2. Микрофотографии СЭМ образца паровозного шлака,
содержащего крупные частицы (а)
и частицы с выраженной системой макро- и микропор (б)

собой прозрачную вязкую жидкость; плотность, определенная пикнометрическим методом, составляет $1,22 \text{ г/см}^3$; $\text{pH} = 8$. Условия синтеза: водная среда, температура реакционной среды 60°C ; массовое соотношение высокомолекулярных веществ – $4 : 6$; концентрация в растворе активного компонента – 100 г/л . Установлено, что показатель прочности при сжатии композиционного материала после криогенной обработки и высушивания на воздухе составил $3,5 \text{ МПа}$, теплопроводность – $0,17 \text{ Вт/(м·К)}$. Выявлено, что композит является водонепроницаемым и морозостойким, что позволяет рекомендовать его для усиления земляного полотна в сложных климатических и инженерно-геологических условиях.

Механизм структурообразования образцов изучен методами сканирующей электронной микроскопии и компьютерной рентгеновской микротомографии. Установлено, что криогенная обработка способствует формированию микроструктуры гетерофазной морфологии с системой макро- и микропор (рис. 3).

Криогенная обработка приводит к кристаллизации растворителя и концентрированию полимерной составляющей в незамерзшей жидкой фазе, что способствует усилению межмолекулярных взаимодействий «полимер – полимер» и формированию устойчивых узлов пространственной сетки. Кристаллизация растворителя может проходить в пространстве макропор уже сформированной полимерной структуры, что вызывает физическое расширение макропор и увеличение числа межмолекулярных контактов полимера в их стенках, тем самым повышая жесткость материала и его упрочнение. После криогенной обработки и высушивания микроструктура образца принимает вид единой плотной массы, состоящей из частиц шлака и полимерной составляющей (см. рис. 3).

Методом компьютерной рентгеновской микротомографии изучены структурно-морфологические признаки и особенности пустотного пространства образцов после криогенной обработки, в том числе с последующим высушиванием. Композиционный материал, изученный после трех циклов замораживания / оттаивания, характеризуется сложной структурой пустотного пространства в объеме минерально-полимерной сетки, пористость образца составила $19,11\%$ (рис. 4, а).

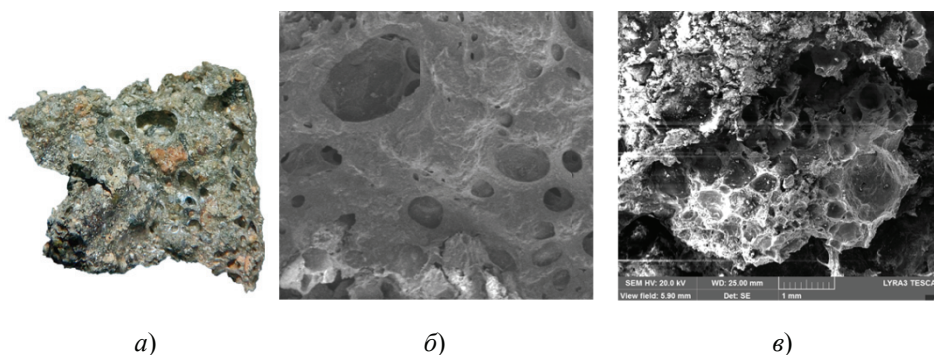


Рис. 3. Микрофотографии СЭМ композиционного материала после криогенной обработки и последующего высушивания:
а – общий вид; б, в – системы макро- и микропор соответственно

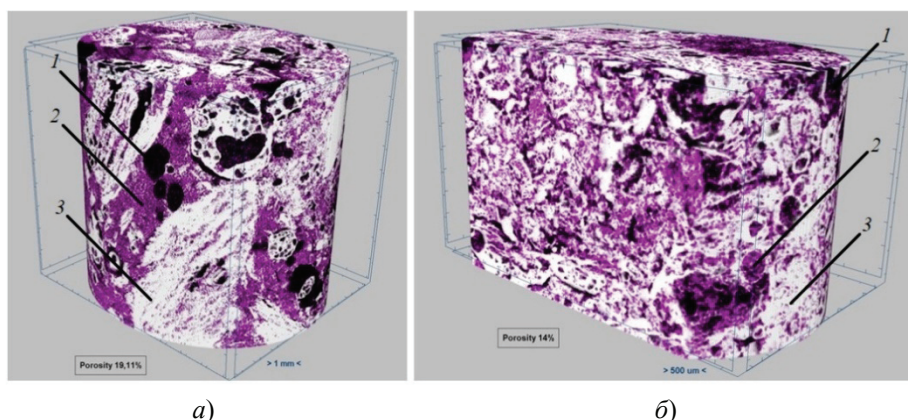


Рис. 4. Микротомографическое объемное изображение распределения воздушных пор 1, стабилизирующей добавки 2 и шлака 3 после криогенной обработки (а), криогенной обработки и высушивания (б)

Заключение

Закономерности и характер изменения пористости образца после криогенной обработки и высушивания играют важную роль в формировании свойств композиционного материала. Высушивание образца в течение 60 суток приводит к разнородности порового пространства, для которого характерно наличие как мелкопористых, так и крупнопористых областей (см. рис. 4, б). Пористость образца после высушивания составила 14 %. Таким образом, высушивание композита в течение 60 суток способствует уменьшению его пористости в 1,5 раза, при этом сохранение порового пространства при высушивании определяет оптимальное значение показателя теплопроводности композита без потери его прочности.

Работа выполнена в рамках гранта ОАО «РЖД» для молодых ученых на проведение научных исследований, направленных на создание новой техники и технологий для применения на железнодорожном транспорте «Разработка полимерных композиционных материалов для теплоизоляции и усиления земляного полотна железнодорожного пути на слабом основании» (договор № 5103671 от 26.12.2022 г.).

Список литературы

1. Валиев, Н. А. Защита от деградации многолетнемерзлых грунтов на снеготаносимых участках / Н. А. Валиев, Д. А. Ковенькин // Путь и путевое хозяйство. – 2021. – № 11. – С. 23 – 26.
2. Ашпиз, Е. С. Предотвращение деградации многолетнемерзлых грунтов в основании насыпей железных дорог / Е. С. Ашпиз, Л. Н. Хрусталева // Криосфера Земли. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 45 – 50. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2020-5(45-50)
3. Котова, И. А. Технико-экономическое сравнение технологических вариантов устройства подбалластных защитных слоев с использованием объемной георешетки / И. А. Котова, А. В. Чижов, О. Г. Юдин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 1(40). – С. 36 – 45.

4. Indraratna, B. Deformation and Degradation Mechanics of Recycled Ballast Stabilised with Geosynthetics / B. Indraratna, W. Salim // *Soils and Foundations*. – 2003. – Vol. 43, No 4. – P. 35 – 46. doi: 10.3208/sandf.43.4_35
5. Advances in Ground Improvement Using Waste Materials for Transportation Infrastructure / B. Indraratna, Y. Qi, M. Tawk, A. Heitor, Ch. Rujikiatkamjorn, K. S. Navaratnarajah // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Ground Improvement*. – 2022. – Vol. 175, no. 1. – P. 3 – 22. doi: 10.1680/jgrim.20.00007
6. Орешкин, Д. В. Экологические проблемы комплексного освоения недр при масштабной утилизации техногенных минеральных ресурсов и отходов в производстве строительных материалов / Д. В. Орешкин // *Строительные материалы*. – 2017. – № 8. – С. 55 – 63. doi: 10.31659/0585-430X-2017-751-8-55-63
7. Бибаева, А. Ю. Анализ структуры туристского потока в Слюдянский район Иркутской области / А. Ю. Бибаева // *Успехи современного естествознания*. – 2020. – № 7. – С. 61 – 69. doi: 10.17513/use.37433
8. Фефелов, И. В. Видовой состав и количество птиц на участке Кругобайкальской железной дороги Ангасольская-Баклань в июне 2008 и 2014 гг. / И. В. Фефелов // *Байкальский зоологический журнал*. – 2015. – № 1(16). – С. 110 – 112.
9. Structural Formation of Soil Concretes Based on Loam and Fly Ash, Modified with a Stabilizing Polymer Additive / N. Konovalova, P. Pankov, V. Petukhov, R. Fediuk, M. Amran, N. Vatin // *Materials*. – 2022. – Vol. 15, No. 14. – P. 4893. doi: 10.3390/ma15144893
10. Road Soil Concrete Based on Stone Grinder Waste and Wood Waste Modified with Environmentally Safe Stabilizing Additive / N. Konovalova, P. Pankov, D. Bespolitov, V. Petukhov, I. Panarin, E. Fomina, V. Lushpey, A. Fatkulin, A. Othman // *Case Studies in Construction Materials*. – 2023. – Vol. 19, No. 12. – P. e02318. doi: 10.1016/j.cscm.2023.e02318
11. Study of Cryostructurization of Polymer Systems. IX. Poly(vinyl alcohol) Cryogels Filled with Particles of Cross-Linked Dextran Gel / V. I. Lozinsky, A. I. Zubov, V. K. Kulakova, E. F. Titova, S. V. Rogozhin // *Journal of Applied Polymer Science*. – 1992. – Vol. 44, No. 8. – P. 1423 – 1435. doi: 10.1002/app.1992.070440813
12. Study of Cryostructuration of Polymer Systems. 24. Poly(vinyl alcohol) Cryogels Filled with Particles of Strong Anion-Exchanger: Properties of the Composite Materials and Potential Application / E. N. Savina, A. Hanora, F. M. Plieva, I. Y. Galaev, B. Mattiasson, V. I. Lozinsky // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2005. – Vol. 95, No. 3. – P. 529 – 238. doi: 10.1002/app.21227
13. Strength Properties of Ice-Soil Composites Created by Method of Cryotropic Gel Formation / N. K. Vasiliev, A. A. Ivanov, V. V. Sokurov, I. N. Shatalina, K. N. Vasilyev // *Cold Regions Science and Technology*. – 2012. – Vol. 70. – P. 94 – 97. doi: 10.1016/j.coldregions.2011.09.003
14. Millon, L. E. Compression Properties of Polyvinyl Alcohol–Bacterial Cellulose Nanocomposite / L. E. Millon, C. J. Oates, W. Wan // *Journal of Biomedical Materials Research*. – 2009. – Vol. 90, No. 2. – P. 922 – 929. doi: 10.1002/jbm.b.31364
15. Fabrication and Characterization of Metal Organic Frameworks / Polyvinyl Alcohol Cryogel and their Application in Extraction of Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs in Water Samples / Y. Wang, Y. Zhang, J. Cui, S. Li, M. Yuan, T. Wang, Q. Hu, X. Hou // *Analytica Chimica Acta*. – 2018. – Vol. 1022. – P. 45 – 52. doi: 10.1016/j.aca.2018.03.056
16. Thermal Characterization by DSC and TGA Analyses of PVA Hydrogels with Organic and Sodium MMT / F. Reguieg, L. Ricci, N. Bouyacoub, M. Belbachir, M. Bertoldo // *Polymer Bulletin*. – 2020. – Vol. 77, No. 1. – P. 929 – 948. doi: 10.1007/s00289-019-02782-3

References

1. Valiev N.A., Kovenkin D.A. [Protection against degradation of permafrost soils in snow-covered areas], *Put' i putevye hozyajstvo* [Path and track facilities], 2021, no. 11, pp. 23-26. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Ashpiz E.S., Xrustalev L.N. [Preventing the degradation of permafrost soils at the base of railway embankments], *Kriosfera Zemli* [Earth's cryosphere], 2020, vol. 24, issue 5, pp. 45-50. doi: 10.21782/KZ1560-7496-2020-5(45-50) (In Russ., abstract in Eng.)
3. Kotova I.A., Chizhov A.V., Yudin O.G. [Technical and economic comparison of technological options for constructing sub-ballast protective layers using a three-dimensional geogrid], *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshheniya* [Bulletin of the Siberian State Transport University], 2017, no. 1(40), pp. 36-45. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Indraratna B., Salim W. Deformation and Degradation Mechanics of Recycled Ballast Stabilised with Geosynthetics, *Soils and Foundations*, 2003, vol. 43, no 4, pp. 35-46. doi: 10.3208/sandf.43.4_35
5. Indraratna B., Qi Y., Tawk M., Heitor A., Rujikiatkamjorn Ch., Navaratnarajah S.K.. Advances in Ground Improvement Using Waste Materials for Transportation Infrastructure, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Ground Improvement*, 2022, vol. 175, no. 1, pp. 3-22. doi: 10.1680/jgrim.20.00007
6. Oreshkin D.V. [Environmental problems of integrated subsoil development with large-scale utilization of technogenic mineral resources and waste in the production of building materials], *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials], 2017, no. 8, pp. 55-63. doi: 10.31659/0585-430X-2017-751-8-55-63 (In Russ., abstract in Eng.)
7. Bibaeva A.Yu. [Analysis of the structure of tourist flow to the Slyudyansky district of the Irkutsk region], *Uspexi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances of modern natural science], 2020, no. 7, pp. 61-69. doi: 10.17513/use.37433 (In Russ., abstract in Eng.)
8. Fefelov I.V. [Species composition and number of birds on the Angasolskaya-Baklan section of the Circum-Baikal railway in June 2008 and 2014], *Bajkal'skij zoologicheskij zhurnal* [Baikal Zoological Journal], 2015, no. 1(16), pp. 110-112. (In Russ., abstract in Eng.)
9. Konovalova N., Pankov P., Petukhov V., Fediuk R., Amran M., Vatin N. Structural Formation of Soil Concretes Based on Loam and Fly Ash, Modified with a Stabilizing Polymer Additive, *Materials*, 2022, vol. 15, no. 14, pp. 4893. doi: 10.3390/ma15144893
10. Konovalova N., Pankov P., Bespolitov D., Petukhov V., Panarin I., Fomina E., Lushpey V., Fatkulín, Othman A. Road soil concrete based on stone grinder waste and wood waste modified with environmentally safe stabilizing additive, *Case Studies in Construction Materials*, 2023, vol. 19, no 12, pp. e02318. doi: 10.1016/j.cscm.2023.e02318
11. Lozinsky V.I., Zubov A.I., Kulakova V.K., Titova E.F., Rogozhin S.V. Study of cryostructurization of polymer systems. IX. Poly(vinyl alcohol) cryogels filled with particles of cross-linked dextran gel, *Journal of Applied Polymer Science*, 1992, vol. 44, no. 8, pp. 1423-1435. doi: 10.1002/app.1992.070440813
12. Savina E.N., Hanora A., Plieva F.M., Galaev I.Y., Mattiasson B., Lozinsky V.I. Study of cryostructuration of polymer systems. 24. Poly(vinyl alcohol) cryogels filled with particles of strong anion-exchanger: Properties of the composite materials and potential application, *Journal of Applied Polymer Science*, 2005, vol. 95, no. 3, pp. 529-238. doi: 10.1002/app.21227
13. Vasiliev N.K., Ivanov A.A., Sokurov V.V., Shatalina I.N., Vasilyev K.N. Strength properties of ice-soil composites created by method of cryotropic gel

formation, *Cold Regions Science and Technology*, 2012, vol. 70, pp. 94-97. doi: 10.1016/j.coldregions.2011.09.003

14. Millon L.E., Oates C.J., Wan W. Compression properties of polyvinyl alcohol-bacterial cellulose nanocomposite, *Journal of Biomedical Materials Research*, 2009, vol. 90, no. 2, pp. 922-929. doi: 10.1002/jbm.b.31364

15. Wang Y., Zhang Y., Cui J., Li S., Yuan M., Wang T., Hu Q., Hou X. Fabrication and Characterization of Metal Organic Frameworks / Polyvinyl Alcohol Cryogel and their Application in Extraction of Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs in Water Samples, *Analytica Chimica Acta*, 2018, vol. 1022, pp. 45-52. doi: 10.1016/j.aca.2018.03.056

16. Reguieg F., Ricci L., Bouyacoub N., Belbachir M., Bertoldo M. Thermal characterization by DSC and TGA analyses of PVA hydrogels with organic and sodium MMT, *Polymer Bulletin*, 2020, vol. 77, no. 1, pp. 929-948. doi: 10.1007/s00289-019-02782-3

Recycling of Steam Slag in Composite Materials to Strengthen Railway Subgrades

**N. D. Shavanov, P. P. Pankov, D. V. Bespolitov,
N. A. Konovalova, S. A. Evsyukov, N. D. Avseenko,
A. A. Fatkulin, V. P. Lushpey**

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia;
Transbaikal Institute of Railway Transport – Branch of Irkutsk State
Transport University, Chita, Russia;
Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*

Keywords: ash and slag waste; composite materials; cryostructuring; organic-inorganic materials; locomotive slag; stabilizing additive; structuring; strengthening the subgrade; recycling.

Abstract: The paper substantiates the possibility of obtaining composite materials with improved functional properties for strengthening the subgrade, containing locomotive slag stabilized by an additive based on a gel-forming polymer. The mechanism of structure formation of the resulting organic-inorganic materials, consisting of macromolecules of high-molecular substances and inorganic inclusions subjected to cryogenic treatment, is shown. The structure of the sample is distinguished by the heterogeneity of the pore space, which is characterized by the presence of fine-porous and large-porous regions, which determines its thermophysical properties. It was revealed that the compressive strength of samples subjected to three cycles of cryogenic treatment and subsequent air drying was 3.5 MPa, thermal conductivity – 0.17 W/(m·K). It has been established that the resulting composite material is waterproof and frost-resistant, which makes it possible to recommend it for strengthening the subgrade in difficult climatic and engineering-geological conditions.

© Н. Д. Шаванов, П. П. Панков, Д. В. Бесполитов, Н. А. Коновалова,
С. А. Евсюков, Н. Д. Авсеенко, А. А. Фаткулин, В. П. Лушпей, 2024

УДК 339.138

DOI: 10.17277/voprosy.2024.01.pp.074-087

МАРКЕТИНГОВЫЙ МОНИТОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ МАРКЕТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ И УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ

И. А. Красюк, А. Ю. Брагин

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург, Россия*

Ключевые слова: бизнес-процессы; компетенции; конкурентные преимущества; маркетинг; стратегия; управление; цифровая экономика.

Аннотация: Создание цифровой маркетинговой системы требует наличия достоверной и конкретной информации, проведения маркетингового мониторинга, трансформации электронного контура информационной системы, в том числе маркетинговой, в цифровой. Системный анализ, автоматизация информационного обеспечения позволяют осуществлять маркетинговое проектирование на основе многочисленных данных. Поставленные цели, решаемые задачи определяют выбор информационного сопровождения маркетингового инструментария. Мониторинг маркетинговых проблем и своевременное принятие маркетинговых решений определяет необходимость применения проактивного управления. Реализация проактивного подхода создает условия для стратегического планирования и определения резервов развития. Реализация маркетинговых стратегий на принципах компетентностного подхода обеспечивает инновационный вектор развития и повышение экономической эффективности функционирования промышленных компаний. В работе акцентировано внимание на необходимости оценки уровня владения маркетинговыми компетенциями, результаты которой окажут влияние на качество разработки и реализа-

Красюк Ирина Анатольевна – доктор экономических наук, профессор высшей школы передовых цифровых технологий, e-mail: iri-krasjuk@yandex.ru; ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия; Брагин Алексей Юрьевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Международные экономические отношения», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург, Россия.

ции проактивных стратегий, конкурентоспособность промышленных компаний. Маркетинговый мониторинг определяет возможные сценарии развития и дальнейшие направления проводимых маркетинговых исследований.

Введение

Развитие цифровой экономики обуславливает вопросы, связанные с функционированием маркетинговой информационной системы. Промышленные компании активно применяют цифровые технологии для производства и продвижения своей продукции. Создание цифровой маркетинговой информационной системы способствует разработке обоснованных маркетинговых решений. Особенности маркетинга B2B определяют возможности использования и применения общепринятых подходов к построению маркетинговой информационной системы. Сложность производственного процесса и технологического выполнения обязательств по обслуживанию, специализированные нишевые рынки и применение передовых производственных технологий формируют условия и факторы построения систем информационного обеспечения маркетинга. Создание «электронных нервных систем» интегрирует все цифровые процессы, объединяющие направления деятельности компании, обеспечивает доступ к финансовым, производственным и другим базовым операциям. Наличие достоверной и конкретной информации создает условия для превращения стратегического мышления в непрерывный процесс, интегрированный с функционированием инновационной бизнес-модели. Корпоративные функции «электронной нервной системы» представлены на рис. 1 [1]. При помощи компьютерных инструментов управленческие работники получают доступ к необходимой информации, разрабатывают эффективные управленческие решения на основе выявления тенденций и закономерностей развития промышленного бизнеса. Наличие обратной связи с клиентами и релевантной информации обеспечивают возможности оперативного планирования и повышают скорость адаптации к происходящим изменениям. Эффективный контур «электронной нервной системы» обеспечивает динамичность бизнес-процессов, повышает результативность коммерческой деятельности. Веб-стиль работы промышленной компании создает условия для разработки и внедрения новых стратегий развития, трансформации электронного контура информационной системы в цифровой.

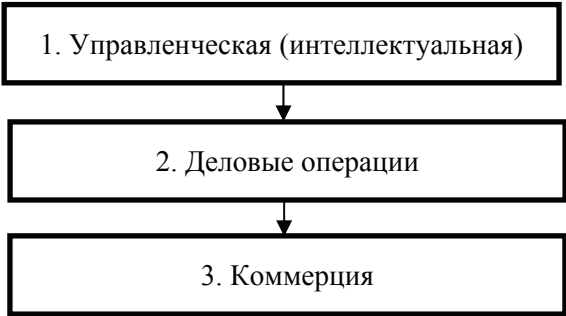


Рис. 1. Корпоративные функции «электронной нервной системы»

«Любая информация, имеющая отношение к деятельности предприятия, существующая во всемирной паутине, должна быть обработана с целью получения дополнительной ценности – напрямую или опосредованно. В этой связи системы класса e-Business (e-Commerce – частный случай) рассматриваются как обязательный компонент корпоративной информационной системы» [2]. Накопительный эффект информации проявляется в создании ценности.

Сложность производственного ландшафта, особенности функционирования нишевых рынков определяют необходимость построения системы информационного обеспечения. «Электронная нервная система» интегрирует бизнес-процессы в единый цифровой контур, обуславливает необходимость систематизации и оценки большого объема аналитических данных, проведения маркетинговых исследований.

Маркетинговые исследования на рынке B2B имеют следующие особенности:

- число респондентов небольшое;
- размер выборки ограничивается узкой специализацией респондентов;
- необходимо наличие информации об особенностях функционирования компании;
- релевантность информации зависит от внедряемых инновационных разработок.

Эффективность управленческих решений по стимулированию бизнес-инноваций зависит от скорости обработки большого объема разнообразной аналитической информации.

Автоматизация управления с клиентами и мониторинг системного анализа позволяют разрабатывать персональные коммерческие предложения, осуществлять маркетинговое проектирование на основе полученных многочисленных данных, направленных на решение маркетинговых проблем. В современных условиях для проведения маркетинговых исследований применяют инструменты и методы междисциплинарного характера. К целям и решаемым задачам маркетинговых исследований можно отнести:

- прогнозирование технологических изменений и технологический форсайт;
- сценарный анализ изменений внешней среды;
- оценку и прогнозирование изменения потенциала рынка;
- выявление неудовлетворенных потребностей.

Особенности поставленных целей, решаемых маркетинговых задач определяют выбор областей, объектов и направлений маркетинговых исследований. Особенности формирования и развития маркетинговой информационной системы рассмотрены в работах [3 – 7] и др. Исследование особенностей формирования и развития маркетинговой информационной системы в цифровой среде является актуальной задачей современного маркетинга.

Методы исследования. Труды ученых и практиков, специализирующихся на проблемах создания, развития, функционирования маркетинговой информационной системы в цифровой среде составили методологическую основу исследования. При проведении исследования использовались

методы системного анализа, абстрактно-логический, диалектический, монографический, сравнения и обобщения.

Постановка проблемы. Интеграционные процессы в экономике, цифровизация производства, применение передовых производственных технологий обусловили в качестве основного инструмента обеспечения конкурентных преимуществ управление маркетинговой деятельностью. Планирование маркетинговой деятельности в условиях динамично развивающейся цифровой среды приобретает особую актуальность в соответствии с современными трендами и возможностями развития промышленности.

Анализ последних исследований и публикаций. Научная дискуссия по вопросам организации маркетинговой деятельности, систематизации стратегического маркетингового инструментария и развития цифрового маркетинга отражена в работах отечественных и зарубежных исследователей и практиков [8 – 13] и др. Цифровая маркетинговая информационная система – это сбор, обработка, анализ информации о внутренней и внешней среде при помощи цифровых инструментов, необходимой для принятия маркетинговых решений. Комплекс требований к маркетинговой информационной системе формируется в зависимости от возможностей и потребностей компании. Программа развития цифровой маркетинговой информации разрабатывается на основе клиентоориентированного подхода, целесообразно применение систем управления взаимоотношения с клиентами СКМ (*англ.* Customer Relationship Management), что определяет клиентоцентричность функционирования бизнес-моделей.

Определение проблемы. Значение маркетинга в современных условиях возрастает, применение новых инструментов для взаимодействия с участниками промышленной экосистемы, оптимизация бизнес-процессов, повышение рентабельности инвестиций в маркетинг требуют переосмысления и пересмотра направлений развития маркетинговой деятельности. Внедрение цифровых технологий и моделей для повышения эффективности маркетинговой деятельности направлены на построение эффективной системы маркетингового планирования и управления.

Цель работы – определение логики взаимодействия маркетингового мониторинга и проактивного управления бизнесом, обоснование необходимости применения компетентностного подхода при разработке и реализации проактивной стратегии, определении значимости маркетинговых компетенций в формировании конкурентоспособности.

Маркетинговый мониторинг – инструмент устойчивого социально-экономического развития

Маркетинговая парадигма развития является актуальной в качестве философии ведения современного бизнеса, однако традиционные приемы и методы осуществления маркетинговой деятельности уже не могут обеспечить планируемый коммерческий результат. Поэтому вопросы развития маркетинговой информационной системы, внедрение цифровых технологий и моделей являются актуальными. Дейв Чаффи в 2010 г. создал модель планирования коммуникаций с клиентами RACE, разработанную для управления маркетингом компании, преимущественно в цифровой среде.

Она состоит из 4 этапов и охватывает все точки соприкосновения с клиентами (*англ.* Reach, Act, Convert, Engage – соответственно охват, действие, конверсия, вовлеченность).

Цель структуры RACE – определение направлений развития цифрового маркетинга для повышения его результативности. Модель RACE – стратегический инструмент, который обобщает маркетинговые действия в цифровой среде и предлагает комплекс маркетинговых мероприятий по управлению «жизненным циклом клиента».

Динамика экономических явлений внешней среды формирует содержание деструктивных факторов, формат новых требований потребителя и условия функционирования промышленного рынка. Усиление конкурентной борьбы, решение маркетинговых проблем требуют систематизации подходов к организации маркетинговой деятельности и «...грамотного использования маркетинговых инструментов, принципов и функций стратегического менеджмента, современного инструментария экономико-математического моделирования, направленных на поддержку процессов принятия решений. Получение, систематизация, оценка и использование маркетинговой информации, характеризующей состояние и тенденции развития внешней и внутренней среды предприятий, являются основой для принятия адекватных и своевременных управленческих решений по удержанию постоянных и привлечению новых потребителей» [14].

Однако мониторинг практического опыта организации деятельности промышленных компаний показал, что характерно неполное применение маркетинговых инструментов, что обуславливает научно-практический интерес к вопросам информационного обеспечения маркетинговой деятельности. Маркетинговая деятельность становится залогом успешного функционирования промышленных компаний, выступает в роли системного интегратора формирования направлений развития инновационной деятельности. Положительная динамика коммерческой деятельности предусматривает увеличение объемов продаж, что требует наличия полной и достоверной информации о промышленном рынке. Маркетинговая информация способствует устранению неопределенности и позволяет осуществить оценку фактической ситуации на промышленном рынке. Насыщение высокотехнологических рынков, поддержание конкурентной устойчивости создают условия для разработки модели информационного обеспечения маркетинговой деятельности, совершенствования маркетинговых бизнес-процессов, построения инновационной бизнес-модели. Функционирование модели информационного обеспечения промышленной деятельности способствует внедрению маркетинговых инструментов и разработке эффективных маркетинговых стратегий. Гибкость, мобильность, способность к адаптации и реагированию на изменения внешней среды опираются на трансформацию бизнес-процессов, необходимую для решения стратегических задач. Международная организация по стандартизации предложила использование методологии IDEF0 (стандарт ISO 9001 : 2000). Данная методология направлена на применение системы функционального моделирования (набор взаимодействующих и взаимосвязанных блоков (процессы, операции, действия). Важной задачей, стоящей перед российским бизнесом, является формирование такой системы

управления, которая обеспечивала бы долгосрочное социально-экономическое развитие. Наличие релевантной информации повышает эффективность управления и обуславливает необходимость применения системы мониторингов.

Маркетинговый мониторинг – важный инструмент устойчивого социально-экономического развития компании, реализация которого предполагает выполнение следующих действий: диагностику состояния и определение тенденций развития исследуемого объекта, разработку рекомендаций по совершенствованию маркетинговой деятельности. Результатом становится изменение параметров для обеспечения конкурентоспособности. Конкурентные преимущества – фактор, определяющий позицию компании в конкурентной среде. Оценка факторов маркетинговой среды направлена на выявление сильных и слабых сторон, определение угроз и возможностей, принятие обоснованных маркетинговых решений. «Теория конкурентных преимуществ выделяет два подхода: рыночный (школа планирования И. Ансоффа и позиционирования М. Портера) – источник конкурентных преимуществ – внешние факторы; ресурсный (школа ресурсов, способностей и компетенций) – акцент на внутренних параметрах, возможностях и маркетинговом потенциале. Маркетинговый потенциал – это интегральная характеристика, позволяющая оценить степень использования маркетингового ресурсного обеспечения. Маркетинговый мониторинг рынка необходим для формирования системы эффективного управления промышленным бизнесом» [15]. В результате его проведения происходит изучение конкурентной среды и обработка информации для разных уровней управления, он становится инструментом стратегического развития. Маркетинговая активность промышленных компаний на этапе замедления рынка достигает своего оптимального значения, поэтому проведение маркетингового мониторинга позволяет принять эффективные инструментальные решения. Данные маркетинговые мероприятия направлены на изменение маркетинговой политики и совершенствование системы маркетингового управления. Промышленные компании самостоятельно проводят маркетинговый мониторинг, целью которого является повышение конкурентоспособности и построение стратегического прогноза изменений деловой среды. Следовательно, мониторинг маркетинговых проблем и своевременное принятие маркетинговых решений позволяют уменьшить количество неблагоприятных ситуаций и обеспечить их успешное преодоление.

Проактивное управление бизнесом

Проактивное управление – оценка рисков и своевременная реакция на изменения при помощи стратегических инструментов, направленных на преодоление проблем, кризисных ситуаций и определение резервов развития. Проактивный подход ориентирован на стратегическое планирование, учет потенциальных рисков и опасностей и прогнозирование возможностей. Развитие продвинутой аналитики, предикативного (предиктивного) анализа, применение симуляторов и вариативных моделей формируют новое содержание бизнес-анализа. Предиктивная (предикативная) прогно-

стическая аналитика базируется на использовании методов статистики, теории игр, анализа данных для оценки текущих событий и исторических данных. Большое распространение получил метод скоринговых моделей. Определение параметров (факторов) предиктора, оказывающих влияние на прогнозируемое событие, совокупность предикторов формирует модель предиктивной аналитики и создает условия для реализации проактивного маркетинга. Проактивный маркетинг нацелен на удовлетворение скрытых, латентных желаний клиента, разработку офферов, имеющих реальную ценность для потребителя. Проактивная маркетинговая стратегия – система маркетинговых решений, реализация которых опережает действия конкурентов, на основе совершенствования бизнес-процессов и реализации проактивных решений при помощи офлайн и онлайн маркетинговых инструментов.

Реактивный подход – реагирование на внешние обстоятельства, построение взаимоотношений в экосистеме под влиянием факторов макросреды. Проактивный подход – активное влияние на процессы, факторы в соответствии с бизнес-стратегией компании. Проактивность предполагает проведение мероприятий по изменению условий ведения бизнеса, встраивание его в экосистему. Проактивное мышление – повышение степени вовлеченности в процессы, оказывающие влияние на позиции компании, посредством достижения операционных и стратегических целей, независимо от вызовов внешней среды. Реактивная маркетинговая стратегия – комплекс маркетинговых мероприятий, которые компания совершает под воздействием конкурентной среды. Она может иметь пассивный или защитный характер. Реализация реактивной стратегии не требует маркетинговых действий по продвижению. Результатом становится снижение объема продаж и пересмотр маркетинговой стратегии. Для B2B сегмента характерно коллективное принятие решений. Поэтому взаимодействие с лицами, принимающими решение, требует наличия профессиональных компетенций. Проактивная компания разрабатывает план маркетинговых действий, позволяющих осуществлять оценку каждого сегмента и реализовывать маркетинговые решения разной направленности и уровня интенсивности взаимодействия (рис. 2).

Неопределенность, сложность и подвижность внешней среды создают условия для структурных диспропорций экономического развития. Следовательно, для проведения маркетингового мониторинга нужны специалисты с высоким уровнем экспертности, что позволит выявить узкие места маркетинговой деятельности, определить маркетинговые проблемы и разработать маркетинговые стратегии на принципах компетентностного подхода. Компетентностный подход – условие обеспечения высокого уровня функционирования рыночных субъектов, который предполагает сочетание знаний, умений, навыков, компетенций, стратегического мышления, ориентацию на инновационный вектор развития и повышение экономической эффективности. Реализация проактивной стратегии базируется на совокупности определенных подходов и методов, используемых руководством для решения задач по достижению конкурентоспособности.



Рис. 2. Маркетинговый мониторинг и проактивное управление бизнесом

Достоверная информация – ценный ресурс, неправдивая информация имеет высокую скорость распространения, поэтому информационная и коммуникативная компетентности формируют маркетинговую компетентность.

Маркетинговые компетенции – источник конкурентных преимуществ

Компетентностный подход получил широкое распространение в образовании, однако постепенно он становится востребованным и в сфере бизнеса [16]. Автор работы [17] отмечает, что: «...создание конкурентного преимущества означает формулирование и реализацию стратегии, которая опиралась бы на уникальность портфеля ресурсов и способностей каждой фирмы». Происходит акцентирование внимания на значимости нематериальных активов (знаний, компетенций), необходимых для реализации стратегии предприятия [18]. Исследование маркетинговой среды, определение маркетинговых проблем позволяют определить различные сценарии развития. Качество принимаемых маркетинговых решений зависит от содержания маркетинговых компетенций: своевременное принятие решений, умение работать в команде, инновационность и креативность, способность к анализу, владение инструментами маркетинга, организационное взаимодействие на основе клиентоцентричности, высокий уровень владения компьютерными и цифровыми технологиями. Разработка и реализация проактивной стратегии зависят от уровня владения маркетинговыми компетенциями (рис. 3).

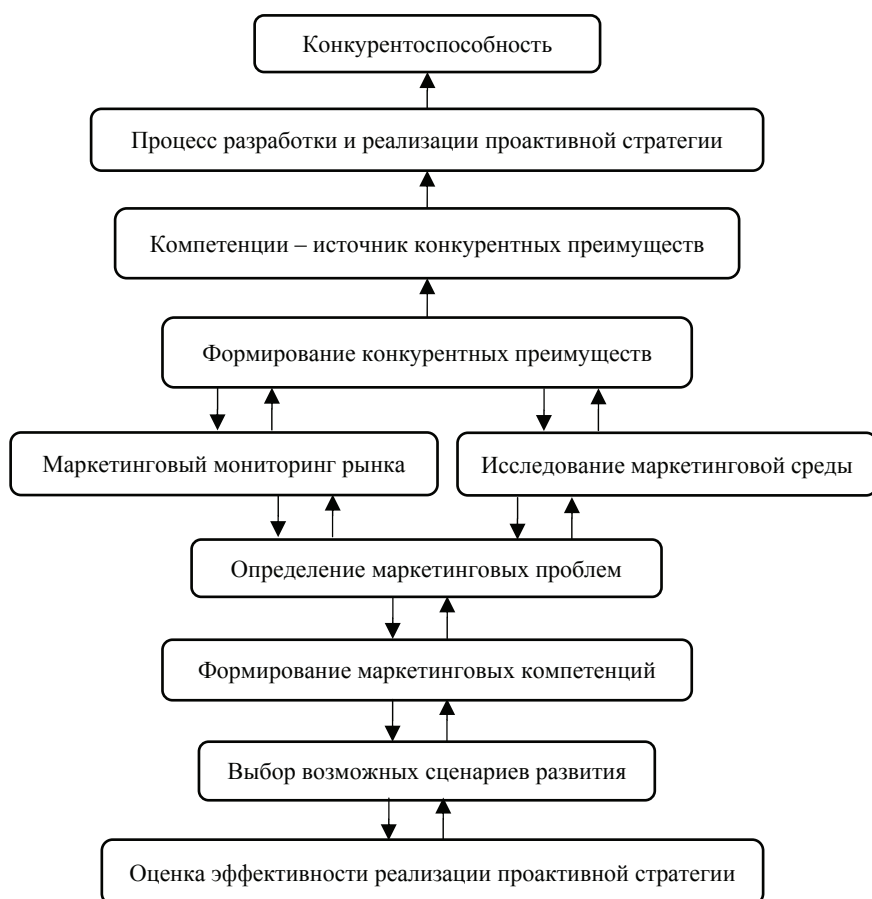


Рис. 3. Компетенции – источник конкурентных преимуществ

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что для оценки конкурентоспособности компании наиболее значимыми компетенциями являются организационное взаимодействие на основе клиентоцентричности и своевременное принятие решений. Процесс разработки и реализации проактивной стратегии и оценка его эффективности требуют своевременного принятия решений и способности к анализу (табл. 1). Компетенции становятся источником конкурентных преимуществ, поэтому важными факторами являются инновационность, креативность и умение работать в команде. Формирование конкурентных преимуществ требует умения своевременно принимать решения, обладать инновационностью и креативностью. Проведение маркетингового мониторинга рынка акцентирует внимание на способности к анализу и своевременному принятии решений. Исследование маркетинговой среды, определение маркетинговых проблем связаны с такими маркетинговыми компетенциями, как способность к анализу и своевременное принятие решений. Деятельность по определению возможных сценариев развития связана с организационным взаимодействием на основе клиентоцентричности, инновационностью и креативностью.

Таблица 1

Матрица значимости маркетинговых компетенций в формировании конкурентоспособности

Маркетинговые компетенции	Конкурентоспособность	Процесс разработки и реализации проактивной стратегии	Компетенции – источник конкурентных преимуществ	Формирование конкурентных преимуществ	Маркетинговый мониторинг рынка	Исследование маркетинговой среды	Определение маркетинговых проблем	Формирование маркетинговых компетенций	Выбор возможных сценариев развития	Оценка эффективности реализации проактивной стратегии
Своевременное принятие решений	2	1	4	1	2				4	1
Умение работать в команде	5	6	2	5		4	3	5	3	
Инновационность и креативность	3		1	2	7		5	6	2	5
Способность к анализу	4	2	6	3	1				6	2
Владение инструментами маркетинга	6	4	3	6	3		4	7	5	6
Организационное взаимодействие на основе клиентоцентричности	1	5		4		5	6	3	1	4
Высокий уровень владения компьютерными и цифровыми технологиями			7		6		7	4		7

Примечание: 1, 7 – соответственно наиболее и наименее значимые компетенции.

Заключение

Стратегическая маркетинговая деятельность требует построения системы информационного обеспечения промышленной деятельности, способствует внедрению маркетинговых инструментов и разработке эффективных маркетинговых стратегий. Создание «электронных нервных систем» интегрирует все цифровые процессы, объединяющие направления деятельности промышленной компании, обеспечивает доступ к финансовым, производственным и другим базовым операциям. Наличие релевантной информации повышает эффективность управления и обуславливает необходимость применения системы мониторинга. Маркетинговый мониторинг – важный инструмент устойчивого социально-экономического развития компании. Проактивная компания разрабатывает план маркетинговых действий, позволяющих осуществлять оценку каждого сегмента и реализовывать маркетинговые решения разной направленности и уровня интенсивности взаимодействия. Для проведения маркетингового мониторинга нужны специалисты с высоким уровнем экспертности, что позволит выявить узкие места маркетинговой деятельности, определить маркетинговые проблемы и разработать маркетинговые стратегии на основе компетентностного подхода. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка и обоснование модели информационного обеспечения маркетинговой деятельности на основе компетентностного подхода.

Список литературы

1. Гейтс, Б. Бизнес со скоростью мысли : пер. с англ. / Б. Гейтс. – 2-е изд. – М. : Эксмо, 2002. – 477 с.
2. Цифровое производство. – 2017. – С. 14 – 15. – Текст электрон. – URL : https://omksteel.com/upload/docs/2017/Digital_production_2.pdf?ysclid=lq6klnossd239506053 (дата обращения: 19.12.2023)
3. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент. Экспресс-курс / Ф. Котлер, К. Келлер. – СПб. : Питер, 2019. – 448 с.
4. Бек, М. А. Маркетинг B2B: учеб. пособие / М. А Бек, под ред. Н. Н. Бек. – 2-е изд. перераб. – М. : ИНФРА-М, 2023. – 392 с.
5. Тарасова, К. В. Развитие маркетинговой информационной системы организации в цифровой среде / К. В. Тарасова // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2022. – № 1 (92). – С. 203 – 215. doi: 10.21295/2223-5639-2022-1-203-215.
6. Кольган, М. В. Теория и методология формирования самовоспроизводящейся маркетинговой системы распределения в цифровой бизнес-среде : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Кольган Мария Владимировна. – Ростов н/Д, 2021. – 329 с.
7. Пудовкина, О. Е. Уточнение понятия маркетинговая информация как основного элемента маркетинговой информационной системы предприятия / О. Е. Пудовкина // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 1, № 1 (69). – С. 310 – 318.
8. Chaffey, D. F. Ellis-Chadwick. Digital Marketing: Strategy, Implementation and Practice / D. F. Chaffey. – N. Y. : Pearson, Sixth Edition, 2016. – 729 p.
9. Шевченко, Д. А. Цифровой маркетинг: обзор каналов и инструментов / Д. А. Шевченко // Практический маркетинг. – 2019. – № 10(272). – С. 29 – 37.

10. Гаврилова, В. А. Применение digital-маркетинга как необходимой стратегии развития компаний в современных условиях / В. А. Гаврилова, Т. В. Медведева // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. – 2021. – № 1. – С. 120 – 123.
11. Красюк, И. А. Направления и формы организации маркетинга в условиях цифровизации / И. А. Красюк, М. В. Кольган // Практический маркетинг. – 2019. – № 7 (269). – С. 3 – 9.
12. Кингснорт, С. Стратегия цифрового маркетинга. Интегрированный подход к онлайн-маркетингу / С. Кингснорт. – М. : Олимп-Бизнес, 2019. – 416 с.
13. Применение элементов искусственного интеллекта в маркетинговой деятельности компаний / В. А. Бонадаренко, Р. Р. Толстяков, О. В. Иванченко, О. Н. Миргородская // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2019. – № 4 (74). – С. 41 – 47. doi: 10.17277/voprosy.2019.04.pp.041-047.
14. Regional Aspects of e-Commerce Development / S. V. Panasenکو, O. S. Karashchuk, E. A. Mayorova [et al.] // International Journal of Civil Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 10, No. 2. – P. 1821 – 1829.
15. Никишкин, В. В. Маркетинговый мониторинг как система повышения конкурентоспособности предприятия / В. В. Никишкин, М. С. Мазов // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. – 2013. – № 9 (63). – С. 96 – 110.
16. Красюк, И. А. Результативность маркетингового управления на основе ключевых компетенций и динамических способностей в условиях цифровизации / И. А. Красюк, А. Ю. Брагин // Экономические науки. – 2022. – № 212. – С. 110 – 114.
17. Грант, Р. М. Современный стратегический анализ / Р. М. Грант. – СПб. : Питер, 2022. – 672 с.
18. Каплан, Р. С. Стратегические карты. Трансформация нематериальных активов в материальные результаты : пер. с англ. / Р. С. Каплан, Д. П. Нортон. – М. : Олимп-Бизнес, 2013. – 512 с.

References

1. Geyts B. *Biznes so skorost'yu mysli: per. s angl.* [Business at the speed of thought: trans. from English], 2-ye izd, Moscow: Eksmo, 2002, 477 p. (In Russ.)
2. https://omksteel.com/upload/docs/2017/Digital_production_2.pdf?ysclid=lq6klnossd239506053 (accessed 19 December 2023)
3. Kotler F., Keller K. *Marketing menedzhment. Ekspress-kurs* [Marketing management. express course], Saint-Petersburg: Piter, 2019, 448 p. (In Russ.)
4. Bek M.A. *Marketing V2V: ucheb. posobiye* [B2B Marketing: textbook. allowance], 2-ye izd. pererab, Moscow: INFRA-M, 2023, 392 p. (In Russ.)
5. Tarasova K.V. [Development of the marketing information system of an organization in a digital environment], *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava* [Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law], 2022, no. 1 (92), pp. 203-215, doi: 10.21295/2223-5639-2022-1-203-215. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Kol'gan M.V. PhD Dissertation (Economics), Rostov-on-Don, 2021, 329 p. (In Russ.)
7. Pudovkina O.Ye. [Clarification of the concept of marketing information as the main element of the marketing information system of an enterprise], *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Saratov State Technical University], 2013, vol. 1, no. 1 (69), pp. 310-318. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Chaffey D.F. Ellis-Chadwick. *Digital marketing: Strategy, Implementation and Practice*, New York: Pearson, Sixth Edition, 2016, 729 p.
9. Shevchenko D.A. [Digital marketing: review of channels and tools], *Prakticheskiy marketing* [Practical marketing], 2019, no. 10 (272). pp. 29-37. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Gavrilova V.A., Medvedeva V.A. [Application of digital marketing as a necessary strategy for the development of companies in mconditions], *Vestnik Tul'skogo filiala Finuniversiteta* [Bulletin of the Tula branch of the Financial University], 2021, no. 1, pp. 120-123. (In Russ., abstract in Eng.)
11. Krasnyuk I.A., Kol'gan M.V. [Directions and forms of marketing organization in the conditions of digitalization], *Prakticheskiy marketing* [Practical marketing], 2019, no. 7 (269), pp. 3-9. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Kingsnort S. *Strategiya tsifrovogo marketinga. Integrirovanny podkhod k onlayn-marketingu* [Digital Marketing Strategy. Integrated approach to online marketing], Moscow: Olimp-Biznes, 2019, 416 p. (In Russ.)
13. Bondarenko O.V., Tolstyakov R.R., Ivanchenko V.A., Mirgorodskaya O.N., [Application of elements of artificial intelligence in the marketing activities of companies], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Issues of modern science and practice. University V.I. Vernadsky], 2019, no. 4 (74), pp. 41-47, doi: 10.17277/voprosy.2019.04.pp.041-047. (In Russ., abstract in Eng.)
14. Panasenko S.V., Karashchuk O.S., Mayorova E.A., Nikishin A.F., Boykova A.V. Regional Aspects of e-Commerce Development , *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 2019, vol. 10, no. 2, pp. 1821-1829.
15. Nikishkin V.V., Mazov M.S. [Marketing monitoring as a system for increasing the competitiveness of an enterprise], *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta im. G. V. Plekhanova* [Bulletin of the Russian Economic University. G.V. Plekhanov], 2013, no. 9 (63), pp. 96-110. (In Russ., abstract in Eng.)
16. Krasnyuk I.A., Bragin A.Yu. [Effectiveness of marketing management based on key competencies and dynamic abilities in the conditions of digitalization], *Ekonomicheskiye nauki* [Economic Sciences], 2022, no. 212, pp. 110-114. (In Russ., abstract in Eng.)
17. Grant R.M. *Sovremennyy strategicheskiy analiz* [Modern strategic analysis], Saint Petersburg: Piter, 2022, 672 p. (In Russ.)
18. Kaplan R.S., Norton R.S. *Strategicheskiye karty. Transformatsiya nematerial'nykh aktivov v material'nyye rezul'taty: per. s angl* [Strategic maps. Transformation of intangible assets into material results trans. from English], Moscow: Olimp-Biznes, 2013, 512 p. (In Russ.)
-

Marketing Monitoring as a Tool for Building a Digital Marketing System and Competitiveness Management

I. A. Krasnyuk, A. Yu. Bragin

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University;
St. Petersburg State Marine Technical University, St. Petersburg, Russia*

Keywords: business processes; competencies; competitive advantages; marketing; strategy; control; digital economy.

Abstract: Creating a digital marketing system requires the availability of reliable and specific information, marketing monitoring, transformation of the electronic circuit of the information system, including marketing, into a digital one. System analysis and automation of information support make it possible to carry out marketing design based on numerous data. The goals set and the tasks to be solved determine the choice of information support for marketing tools. Monitoring marketing problems and timely adoption of marketing decisions determines the need for proactive management. The implementation of a proactive approach creates the conditions for strategic planning and identification of development reserves. The implementation of marketing strategies based on the principles of a competency-based approach provides an innovative vector of development and increases the economic efficiency of the functioning of industrial companies. The study focuses on the need to assess the level of mastery of marketing competencies, the results of which will affect the quality of the development and implementation of proactive strategies and the competitiveness of industrial companies. Marketing monitoring determines possible development scenarios and further directions for ongoing marketing research.

© И. А. Красюк, А. Ю. Брагин, 2024

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СКЛАДСКИХ МОЩНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКОВ ТОВАРА

Б. И. Кунденюк, С. Б. Кунденюк, Т. А. Ершова, В. Н. Волкова

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
Владивосток, Россия*

Ключевые слова: анализ товарооборота; инвестиции; планирование мощностей; показатели эффективности; расчетные коэффициенты; складской логистический комплекс.

Аннотация: Рассмотрена методика планирования развития складских помещений на основе анализа движения потоков товара по ассортиментным группам с учетом поступления и покупательского спроса. Представлена оценка текущих мощностей распределительного центра (РЦ). Выполнен прогноз на пять лет грузопотока через складской логистический комплекс предприятия розничной торговли. На основе статистического анализа товарооборота и плана развития предприятия определены коэффициенты для расчета объема хранения товарных запасов. Разработан алгоритм решения поставленной задачи, необходимый для проектирования инновационного складского РЦ на основе сравнения вариантов инвестиционных затрат, срока окупаемости и эксплуатационных расходов. Представленные критерии оценки могут быть использованы предприятиями при проектировании складских комплексов.

Введение

Для роста и развития экономики наиболее востребованными становятся аналитико-прикладные методики разработки и внедрения инноваций. В 1991 году в городе Осло практикующими специалистами мирового сообщества заключено первое соглашение – как концептуализировать и оценивать бизнес-инновации. Представленные рекомендации стали известны как «Руководство Осло», которое было опубликовано при поддержке Европейского Союза. В четвертом издании дополнительно учиты-

Кунденюк Борис Игоревич – магистрант; Кунденюк Светлана Борисовна – старший преподаватель, Политехнический институт; e-mail: 14sveta65@mail.ru; Ершова Татьяна Анатольевна – кандидат технических наук, доцент, Передовая инженерная школа «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»; Волкова Владислава Николаевна – кандидат технических наук, старший преподаватель, Политехнический институт, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия.

ваются такие тенденции, как повсеместная роль глобальных производственно-сбытовых цепочек, появление новых информационных технологий и то, как они влияют на новые бизнес-модели, растущее значение интеллектуального капитала [1]. Стратегии научно-технологического и инновационного развития РФ определены в указе Президента [2] и распоряжении Правительства [3].

Термином «инновационное развитие» оперируют для повышения конкурентоспособности организации, при полноценном использовании имеющихся ресурсов предприятия для повышения эффективности и темпа движения инновационного цикла, при внедрении новшеств на основе цифровизации [5, 6]. При оценке критериев инновации необходимо учитывать экономические условия, организационные и производственные характеристики [7, 8]. Потенциал высокотехнологичного предприятия нужно учитывать при реализации инновационных проектов. Одним из предложенных оценочных инструментов является жизненный цикл инновации [4].

Растущее благосостояние населения ведет к улучшению условий жизни, росту потребительского спроса, повышению требований к качеству товаров и предоставляемых услуг, что стимулирует производителей разрабатывать новые технологии или усовершенствовать существующие, а это требует технического перевооружения производства [9]. Для существенного превосходства над конкурентами предприятию необходимо развиваться и совершенствоваться, в результате чего увеличиваются инвестиции в складские логистические комплексы. Основываясь на принципах управления предприятием, логистику следует рассматривать как направление стратегическое, позволяющее осуществлять управление снабжением наиболее оптимальным способом, используя различный инструментарий [10]. Осуществление выбора наиболее эффективного альтернативного варианта обеспечения нужной продукцией при минимизации затрат является главной задачей логистики с практической точки зрения [11]. Современные складские комплексы являются частью логистической цепочки [12], имеют автоматизированные системы управления операциями и ведения учета движения товароматериальных ценностей.

Задача исследования – выявление критериев оценки для разработки инновационного проекта логистического складского комплекса в целях повышения эффективности деятельности предприятия.

Теоретическую и методологическую основу исследования формируют результаты фундаментальных и прикладных работ ведущих иностранных [13] и российских специалистов в области логистики, коммерции, маркетинга, инновационного менеджмента, информационных систем и технологий [14 – 16] и др. Методической основой проведения исследования являются методы технико-экономического, сравнительного, статистического, финансового анализа, а также методы синтеза и аналогии. Решение поставленных задач строится на основе системного принципа. Материалы обработаны с использованием приемов статистического анализа и структурной группировки.

Анализ динамики движения складских запасов

Компания ООО «Торговый дом детских товаров» занимается розничной торговлей группой товара детского ассортимента с 2004 г. Из маленькой провинциальной компании с оборотом 300 млн р./год предприятие превратилось в крупного игрока федерального уровня с оборотом более 10 млрд р./год и вошло в десятку самых крупных розничных сетей России, торгующих детскими товарами, занимая четвертое место. Складские площади с 2 тыс. м² в 2005 г. увеличились до 24 тыс. м². На текущий момент дефицит ресурса мощностей хранения товарных запасов на распределительном центре (РЦ) составляет 5 %.

Колебания спроса из-за внешних сил (мировой финансовый кризис, «ковидные» ограничения, санкции) создают серьезные трудности для менеджеров торговых предприятий. В целях выявления проблем управления производственными запасами, повышения эффективности функционирования и расширения складского хозяйства выполнен сравнительный анализ динамики движения товарных запасов, позволивший определить временной отрезок (*критерий 1*), характеристики которого будут приняты для дальнейших расчетов. Выбор расчетного временного отрезка может проводиться по различным алгоритмам, например, среднему, максимальному, произвольно выбранному и т.д. В работе использовали принцип выбора временного отрезка с учетом:

- задаваемого уровня обеспечения возникающего спроса по обслуживанию потоков, а именно достаточного количества мест для хранения товара;
- динамики продаж (пик продаж в выходные дни и наименьший спрос в понедельник);
- графика поступления и отгрузки товара;
- внутренней статистической отчетности по складу – еженедельной.

Для анализа потоков товара на складе (приход – отгрузка – остатки) составлен справочник из 12 укрупненных ассортиментных групп, объединенных по характеру сезонных колебаний, методам и условиям хранения и с учетом сложившегося в компании норматива запаса товара в остатке на складе. Среди всех событий в период проведения анализа от 5 до 10 % будут экстремальными. Если взять за базу такие значения, то планируемые расчетные складские мощности придется явно завышать и экономическая эффективность РЦ снизится.

Стабильный рост динамики товарных запасов в течение последнего года показывает, что основная нагрузка приходится на конец I квартала 2023 г. (рис. 1). Такая тенденция наблюдалась за период до «ковидных» ограничений. Это связано со спецификой деятельности предприятия, а именно, закупкой товаров на средства предновогодней выручки и их поступлением на склад в период февраль-март.

Приняв *критерий 1* равным 0,9 от максимального значения остатков товаров на РЦ за период с 26.02.23 по 04.03.23, можно предположить, что размерность зоны хранения, мощность техники и персонала должны обеспечить 90 % событий, происходящих в период анализа.

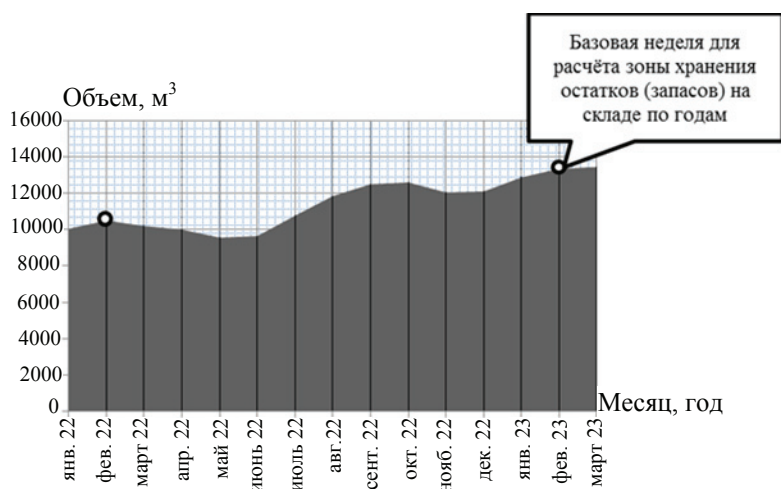


Рис. 1. Объем хранения товаров на распределительном центре

Прогноз на пять лет увеличения грузопотока

В программе стратегического развития компании на 2023 – 2027 гг., утвержденной советом директоров определены две стратегические цели в области устойчивого развития:

- конкурентоспособность в быстро изменяющейся деловой среде;
- доходность капитала, возврат инвестиции и непрерывное увеличение стоимости компании.

В таблице 1 представлены целевые показатели стратегического планирования.

Основные характеристики показателей стратегических целей:

- рост числа магазинов не менее 60 единиц;
- развитие направления online-продаж с долей не менее 25 % в общем объеме выручки;
- рост торговой выручки не менее 20 млрд р. в течение 5 лет;
- устойчивый рост положительного финансового результата;
- через 5 лет достичь 2-го места на рынке лидеров детских товаров в России.

Таблица 1

Целевые значения показателей стратегического планирования

Показатели	Целевые показатели по годам периода стратегического планирования				
	2023	2024	2025	2026	2027
Выручка, млрд р.	10,851	12,773	14,800	16,938	19,773
Доля рынка, %	2,1	2,4	2,7	3,0	3,4
Емкость рынка, млрд р.	516,7	532,2	548,1	564,6	581,5
Рентабельность, %	10,4	18,7	20,8	22,6	26,0
Прибыль, млрд р.	1,131	2,389	3,084	3,820	5,141

Таблица 2

Технико-экономические показатели РЦ и прогноз на 5 лет

Показатели	Текущая технология РЦ (прогноз через 5 лет)	При прогнозе учтено
Максимальный объем ТЗ на РЦ, м ³	15 758 (прогноз 22 000) дефицит хранения 40 %	Аренда дополнительной площади. Увеличение персонала. Рост стоимости эксплуатации РЦ. Рост стоимости аренды. Рост стоимости расходных материалов
Максимальное число SKU, шт.	14 647 (прогноз 15 500) дефицит адресов отбора 6 %	
Персонал, чел.	199 (прогноз 331)	
Полный годовой расход РЦ, млн р.	290 (прогноз 531)	

Для достижения целевых показателей разработан план развития сети магазинов на пять лет, который предполагает увеличение товарооборота и расширение ассортимента товаров (SKU – идентификатор товарной позиции). В таблице 2 представлены показатели требуемого объема хранения.

На основе плана стратегического развития компании на 2023 – 2027 гг. принят к расчету *критерий 2*, равный 1,43 – увеличение грузопотока через РЦ.

Зонирование складских мощностей

Современные автоматизированные складские комплексы в основном разделены на следующие зоны:

- приемки и отгрузки товара;
- комплектации заказов;
- отбора товара (по ассортиментным группам), где хранятся паллеты и контейнера с неполной загрузкой;
- основного хранения на паллетах;
- основного хранения в типовых контейнерах.

В рассматриваемом случае необходимо определить индивидуальный коэффициент для расчета зон отбора и комплектации, которые являются наиболее трудоемкими, с учетом сложившейся специфики продаж в компании. При этом существенное значение для определения расчетного коэффициента зоны комплектации заказов имеет учет структуры отбора, а именно:

- количество товаров, отбираемых целыми типовыми грузовыми единицами (паллетами, контейнерами);
- отбор товаров в объеме менее одной грузовой единицы, в том числе менее одной коробки (штучный отбор).

Учесть все варианты используемых размеров грузовых единиц поставляемых товаров различными производителями крайне сложно, поэтому на основе анализа текущей комплектации заказов задаемся следующими характеристиками: европаллета и для оценки количества сборных упаковок – типовая гофротара. На рисунке 2 представлен пример отбора и комплектации товара. В данном случае *критерий 3* соответствует коэффициенту 1,11 и принят исходя из анализа сложившейся структуры комплектации заказов.

Еще одним из показателей, влияющим на размер зоны комплектации заявок, будет развитие направления online-продаж с долей не менее 25 % в общем объеме выручки. На первоначальном этапе планируется их выдача через существующую сеть магазинов, а в дальнейшем через специально организованные пункты.

Если *критерий 3* учитывает комплектацию крупных заявок магазинов, то online-продажи комплектуются в мелкие партии или штучно, а на данном этапе нет возможности провести аналитическое исследование, поэтому принято решение дополнительно увеличить площадь зоны комплектации на коэффициент 1,15 (*критерий 4*).

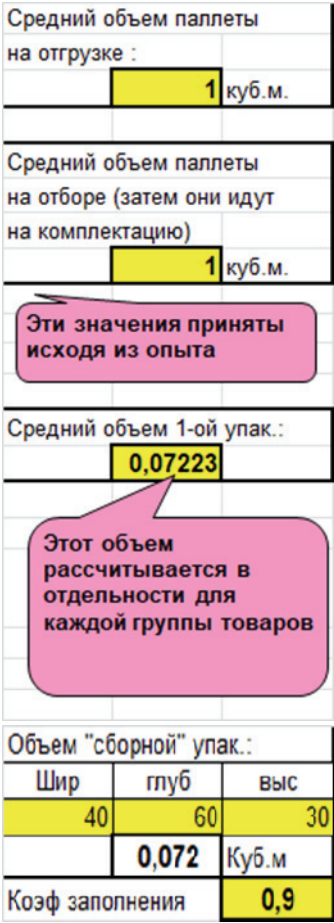


Рис. 2. Пример отбора и комплектации товара

Проектирование складских мощностей

На начальном этапе проектирования потребуется разработать модель движения товаров по складу в зависимости от зонирования и совместимости товаров по зонам хранения. Зона хранения будет разделена на три блока: общий склад, химических продуктов и продуктов питания.

Расчет размерности проектируемых зон склада проводился с применением определенных четырех критериев:

- расчет объема зоны основного хранения выполнен с применением: *критерия 1* (объем остатков по ассортиментным группам за период с 26.02 по 04.03.2023 г. с понижающим коэффициентом 0,9) и *критерия 2* – с повышающим коэффициентом 1,43;
- расчет площади зон отбора и комплектации запроектирован с повышающими коэффициентами 1,11 и 1,15 (*критерии 3* и *4* соответственно).

В процессе разработки вариантов проектных решений складского комплекса учитывалась практика складирования при стеллажном способе хранения, а также полезная площадь склада, которая может достигать 36 %, если его высота 3,5 м, 48 % – 5 м и 60 % – 7 м.

Разработана модель плана складского комплекса (рис. 3), вертикальная планировка показана на рис. 4.

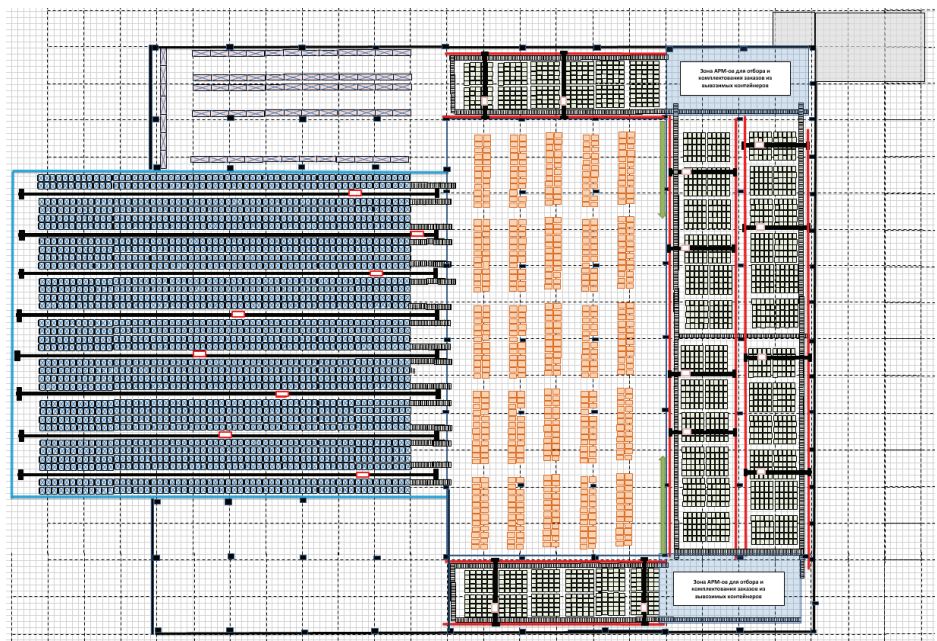


Рис. 3. Модель плана складского комплекса

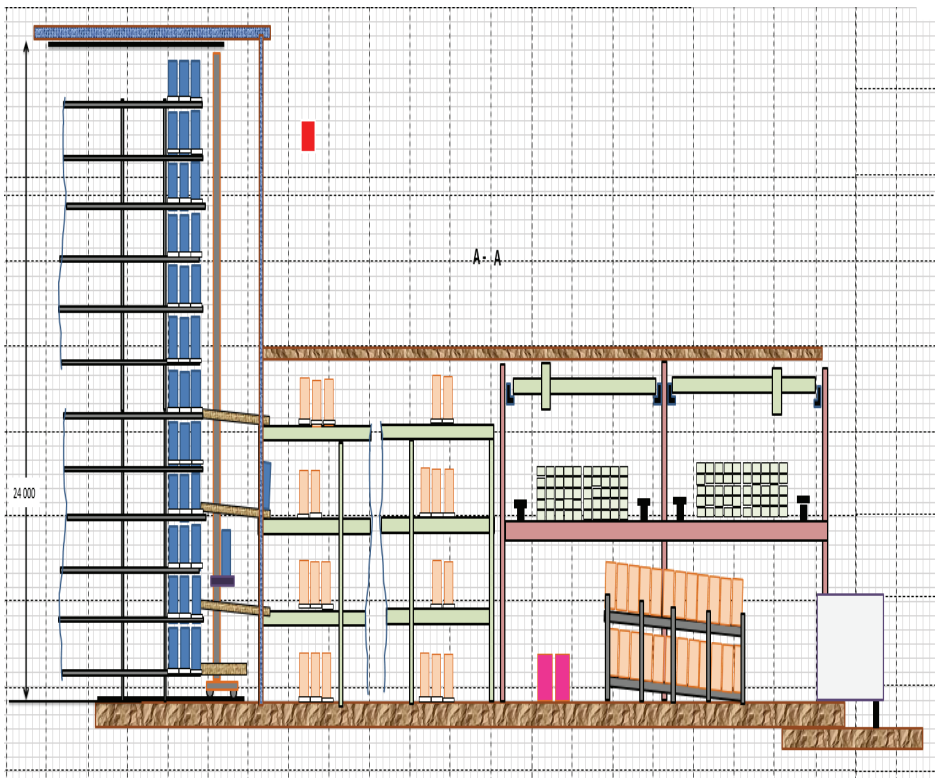


Рис. 4. Вертикальная планировка склада

Оценка экономической эффективности

Для оценки экономической эффективности разработаны два варианта модернизации складского комплекса (гипотезы 1 и 2) и два варианта строительства нового распределительного комплекса (гипотезы 3 и 4). При расчете емкости склада в стандартную методику включены индивидуальные критерии:

- критерий 1 – оценки колебания спроса – «объем остатков по ассортиментным группам»;
- критерий 2 – прогноз увеличения грузопотока товаров на ближайшие 5 лет;
- критерий 3 – неполное заполнение тары в зоне отбора;
- критерий 4 – увеличение зоны комплектации товара за счет развития направления online-продаж;

Таблица 3

Целевые значения показателей вариантов проекта складского комплекса

Показатели	Гипотеза			
	1	2	3	4
Максимальный объем ТЗ на РЦ, м ³	27 891	28 317	31 089	31 324
Максимальное число SKU	18 528	17 664	17 466	19 486
Количество персонала, чел.	244	238	169	
Эксплуатационные расходы РЦ, млн р./год	416 Δ115	406 Δ125	254 Δ277	237 Δ294
Инвестиции, млн р.	896	1169	2071	1562
Длительность проекта, год	1		2,5	
Срок окупаемости, год	10,1	10,2	9,4	7,8
Основные статьи расходов для реализации гипотезы, млн р.	72 переезд и аренда на время реконструкции		100 покупка земли	
	187 строительство надстройки		922 строительство склада	
	90 узкопроходная технология	351	90	368
	краны-штабелеры			
	554 технология Cimcorp			68 технология Miniload

При анализе эффективности разработанных вариантов учтены дополнительные оценочные критерии:

- инвестиционные затраты;
- количество обслуживающего персонала;
- эксплуатационные расходы;
- срок окупаемости.

В таблице 3 представлены целевые значения показателей вариантов проекта складского комплекса на основе сравнения разработанных гипотез модернизации текущего РЦ и строительство нового склада.

Основываясь на анализе сравнения разработанных вариантов, к реализации принята *гипотеза 4* – строительство нового складского комплекса с инвестиционными вложениями 1562 млн р. и сроком окупаемости 2,5 года.

Заключение

Чтобы сохранить преимущества в условиях конкуренции рыночной экономики, предприятиям розничной торговли необходимо обеспечивать оптимальный уровень управления складскими запасами. Разработанный инвестиционный проект обеспечит выполнение стратегических целей, которые определены советом директоров на ближайшие 5 лет. Критерии эффективности достигаются за счет сравнения разработанных проектных решений и выбора рационального варианта внедрения логистических инноваций с учетом сроков окупаемости, финансовых ограничений. Представленная методика решения поставленной задачи может быть использована предприятиями при проектировании складских комплексов, а разработанный алгоритм прогноза необходимых мест хранения товаров и их размещение позволяет не только планировать проектные решения, но и более эффективно использовать имеющиеся складские мощности.

Список литературы

1. OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition // The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. – Текст : электрон. – URL : <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en> (дата обращения: 24.10.2023).
2. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. – Текст : электрон. : указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 // Портал ГАРАНТ.РУ. – URL : <https://base.garant.ru/71551998/> (дата обращения: 24.10.2023).
3. Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. – Текст : электрон. : распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р // Портал ГАРАНТ.РУ. – URL : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/> (дата обращения: 24.10.2023).
4. Гораева, Т. Ю. Методика мониторинга и оценки инновационной деятельности предприятия / Т. Ю. Гораева, Л. К. Шамина // Научно-технические ведомо-

сти Санкт-Петербургского гос. политехн. ун-та. Экономические науки. – 2015. – №3(221). – С. 198 – 210. doi: 10.5862/JE.221.19

5. Горпинченко, К. Н. Организационно-экономический механизм управления инновационным процессом: теория, методология и практика (на примере зернового производства) : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Горпинченко Ксения Николаевна. – Краснодар, 2015. – 336 с.

6. Анциферова, О. Ю. Инновационная деятельность как фактор эффективного развития агропродовольственного сектора / О. Ю. Анциферова, А. В. Никитин, В. А. Солопов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. Вернадского. – 2022. – № 2(84). – С. 56 – 62. doi: 10.17277/voprosy.2022.02.pp.056-062

7. Крылов, А. Г. Разработка системы проектного управления производственными инновациями : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Крылов Алексей Геннадьевич. – СПб., 2015. – 164 с.

8. Кузьмина, С. Н. Методологические аспекты управления развитием инновационной деятельности организаций : автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Кузьмина Светлана Николаевна. – СПб., 2014. – 43 с.

9. Дмитриева, Е. Л. Анализ влияния различных форм перевооружения на технико-экономический уровень производства / Е. Л. Дмитриева, Н. В. Москаленко, Т. Н. Шаронина // Вопросы современной науки и практики. Университет им. Вернадского. – 2020. – № 4(78). – С. 66 – 71. doi: 10.17277/voprosy.2020.04.pp.066-071

10. Современная логистика / Дж. С. Джонсон, Д. Ф. Вуд, Д. Л. Вордлоу, П. Р. Мерфи-мл. ; пер. с англ. А. И. Мороза, С. Г. Тригуб. – 7-е изд. – М. : Вильямс, 2004. – 624 с.

11. Берг П. Склад как конкурентное преимущество. – М. : АКСЕЛЮТ, 2016, 336 с.

12. Шевень, Л. Н. Складское хозяйство в производственном процессе: задачи, функции и его назначение / Л. Н. Шевень // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 12. – С. 189 – 192.

13. Друкер, П. Практика менеджмента / П. Друкер ; пер. с англ. И. Веригина. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2015. – 406 с.

14. Мутанов, Г. М. Метод оценки инновационности и конкурентоспособности инновационных проектов / Г. М. Мутанов, Ж. С. Есенгалиева // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3-3. – С. 712 – 717.

15. Назаров, А. И. Развитие методических подходов к управлению инновационной деятельностью организации в условиях турбулентности экономики : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Назаров Александр Иванович. – Самара, 2015. – 17 с.

16. Методология и методы исследования систем управления современных организаций : учеб. пособие / А. Н. Чаплина, Е. А. Герасимова, Н. Н. Гнедых, И. В. Щедрина, Т. А. Клименкова. – Красноярск : Краснояр. гос. торг. экон. ин-т, 2011. 360 с.

References

1. OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat,

Luxembourg. available at: <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en> (accessed 24 October 2023).

2. Available at: <https://base.garant.ru/71551998/> (accessed 24 October 2023).

3. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006124/> (accessed 24 October 2023).

4. Gorayeva T.Yu., Shamina L.K. [Methodology for monitoring and assessing the innovative activity of an enterprise], *Nauchno-tehnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarsvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskiye nauki* [Scientific and technical bulletins of the St. Petersburg State Polytechnic University. Economic Sciences], 2015, no. 3(221), pp. 198-210. doi: 10.5862/JE.221.19 (In Russ., abstract in Eng.)

5. Gorpichenko K.N. *PhD of Doctor's thesis (Economics)*, Krasnodar, 2015, 336 p. (In Russ.)

6. Antsiferova O.Yu., Nikitin A.V., Solopov V.A. [Innovative activity as a factor in the effective development of the agri-food sector], *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2022, no. 2(84), pp. 56-62. doi: 10.17277/voprosy.2022.02.pp.056-062 (In Russ., abstract in Eng.)

7. Krylov A.G. *PhD of Candidate's thesis (Economics)*, St. Petersburg, 2015, 164 p. (In Russ.)

8. Kuz'mina S.N. *Extended abstract of Doctor's of Economics thesis*, St. Petersburg, 2014, 43 p. (In Russ.)

9. Dmitriyeva Ye.L., Moskalenko N.V., Sharonina T.N. [Analysis of the influence of various forms of re-equipment on the technical and economic level of production], *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2020, no. 4(78), pp. 66-71. doi: 10.17277/voprosy.2020.04.pp.066-071 (In Russ., abstract in Eng.)

10. Dzhonson Dzh.S., Vud D. F., Vordlou D.L., Merfi P.R. (Jr.); Moroz A.I., Trigub S.G. (Trans.), *Sovremennaya logistika* [Modern logistics], Moscow: Vil'yams, 2004, 624 p. (In Russ.)

11. Berg P. *Sklad kak konkurentnoye preimushchestvo* [Warehouse as a competitive advantage], Moscow: Al'bina Publisher, 2016, 336 p. (In Russ.)

12. Sheven' L.N. [Warehousing in the production process: tasks, functions and its purpose], *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii* [Modern scientific research and innovation], 2016. no. 12. pp. 189-192. (In Russ., abstract in Eng.)

13. Druker P. *Praktika menedzhmenta* [Management practice], Moscow: Mann, Ivanov i Ferber, 2015, 406 p. (In Russ.)

14. Mutanov G.M., Yesengaliyeva Zh.S. [Method for assessing the innovativeness and competitiveness of innovative projects], *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental Research], 2012. no. 3-3, pp. 712-717. (In Russ., abstract in Eng.)

15. Nazarov A.I. *Extended abstract of Doctor's of Economics thesis*, Samara. 2015, 17 p. (In Russ.)

16. Chaplina A.N., Gerasimova Ye.A., Gnedykh N.N., Shchedrina I.V., Klimenkova T.A. *Metodologiya i metody issledovaniya sistem upravleniya sovremennykh organizatsiy: ucheb. posobiye* [Methodology and methods for studying management systems of modern organizations: textbook], Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Trade Economic Institute, 2011, 360 p. (In Russ.)

A Method for Planning Warehouse Capacity Based on the Analysis of the Goods Flow Movement Dynamics

B. I. Kundenok, S. B. Kundenok, T. A. Ershova, V. N. Volkova

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Keywords: trade turnover analysis; investments; capacity planning; performance indicators; calculated coefficients; warehouse logistics complex.

Abstract: The methodology for planning the development of warehouse premises is considered through the analysis of the movement of goods flows by assortment groups, taking into account receipts and consumer demand. The assessment of the current distribution center capacity is presented. A forecast for five years of cargo flow through the warehouse logistics complex of a retail trade enterprise was completed. Based on a statistical analysis of turnover and the enterprise development plan, coefficients were determined for calculating the storage volume of inventory. An algorithm for solving the problem has been developed, which is necessary for the design of an innovative warehouse distribution center based on a comparison of options for investment costs, payback period and operating costs. The presented evaluation criteria can be used by enterprises when designing warehouse complexes.

© Б. И. Кунденок, С. Б. Кунденок, Т. А. Ершова, В. Н. Волкова, 2024

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО МЕТОДА С ОХЛАЖДЕНИЕМ РАСТВОРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

С. И. Лазарев, О. В. Долгова, К. В. Шестаков

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия

Ключевые слова: гальванические стоки; охлаждение; очистка сточных вод; период окупаемости; электродиализатор с охлаждением раствора.

Аннотация: Предложено изменение конструкции электродиализатора путем включения в устройство системы охлаждения трубок, проходящих сквозь блок ионообменных мембран, по которым через внутренний объем аппарата подается охлаждающая вода. Представлено устройство и принцип работы электродиализатора, проведено сравнение с прототипом. Рассмотрена возможность применения электродиализатора с охлаждением раствора в процесс очистки гальванических сточных вод. Предложена технологическая схема очистки промышленных растворов с использованием электродиализатора с увеличенной площадью мембран и охлаждением. Проведена оценка затрат на эксплуатацию представленной схемы. Рассчитаны экономический эффект от внедрения и период окупаемости технологического процесса.

Введение

К оборудованию, внедряемому в промышленную эксплуатацию, предъявляется ряд требований, направленных на обеспечение непрерывности технологического процесса: оптимальная степень разделения больших объемов технологических растворов, использование дешевых и долговечных материалов для изготовления оборудования, компактный размер, простота обслуживания и эксплуатации, низкое энергопотребление

Лазарев Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механика и инженерная графика»; Долгова Ольга Валерьевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Природопользование и защита окружающей среды, e-mail: o.v.dolgova@mail.ru; Шестаков Константин Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

и др.[1, 2]. Внедрение электродиализаторов в технологические схемы разделения промышленных сточных вод вскрыло ряд проблем, которые в лабораторных условиях не проявлялись [3 – 7]. При непрерывной эксплуатации аппарата происходит нагрев жидкости в электродиализаторе. Причинами этого являются выделение энергии при нагреве электродов и трение раствора об элементы конструкции [8, 9]. Нагрев аппарата приводит к возникновению ряда негативных эффектов, из которых выделяется изменение структуры мембранных элементов, катионо- и анионообменных мембран, в состав которых входят полимерные материалы, чувствительные к нагреванию, как следствие, уменьшается степень разделения и сокращается срок службы ионообменных мембран [10, 11].

Можно выделить два пути решения обсуждаемой проблемы: разработка новых термостабильных мембран [12 – 15] и охлаждение аппарата [16 – 18], которые имеют свои достоинства и недостатки. Термостабильные мембраны способны сохранять свои свойства при более высоких температурах, но стоимость их производства значительно выше. Также может быть уменьшена и скорость разделения растворов.

Охлаждение можно организовать несколькими способами:

- охлаждение раствора, подаваемого на очистку: перед входом в аппарат очищаемый раствор проходит через систему охлаждения, где его температура понижается на несколько градусов;
- охлаждение наружной поверхности аппарата: оборудование изготавливают с рубашкой, куда подается охладитель, и в непрерывном режиме осуществляется охлаждение внешних стенок реакционной камеры;
- охлаждение внутреннего объема аппарата: хладагент доставляется в аппарат по размещенным в нем змеевикам, трубам и т.д.

В работе рассматривается конструкция и принцип работы электродиализатора с охлаждением. В предлагаемый аппарат встроены трубки, которые пронизывают аппарат по всему внутреннему сечению, в них подается охладитель (вода), что позволяет поддерживать постоянную температуру во внутреннем объеме электродиализатора.

Состав и принцип работы электродиализатора

На рисунках 1, 2 представлен электродиализатор с охлаждением. Аппарат состоит из двух прижимных плит 1 и 12 соответственно на входе в аппарат и выходе из него, изготовленных из фторопласта, на внутренних поверхностях которых в пазах размещены катод 14 и анод 13 соответственно на входе в установку и выходе из нее. Между прижимными плитами размещаются 23 пакета мембран, каждый пакет состоит из катионообменной 17 и анионообменной 19 мембран, разделенных прокладками-спейсерами 18, 20, блок мембран ограничивается упорными прокладками-спейсерами 16. В электродиализаторе предусмотрено омывание катода и анода через штуцеры 6, 7. По всей длине электродиализатора расположено 14 сквозных отверстий, внутри которых размещены трубки охлаждающей системы 9. Все элементы электродиализатора фиксируются металлическими пластинами 10, соединенными между собой с помощью скрепляющих элементов 11.

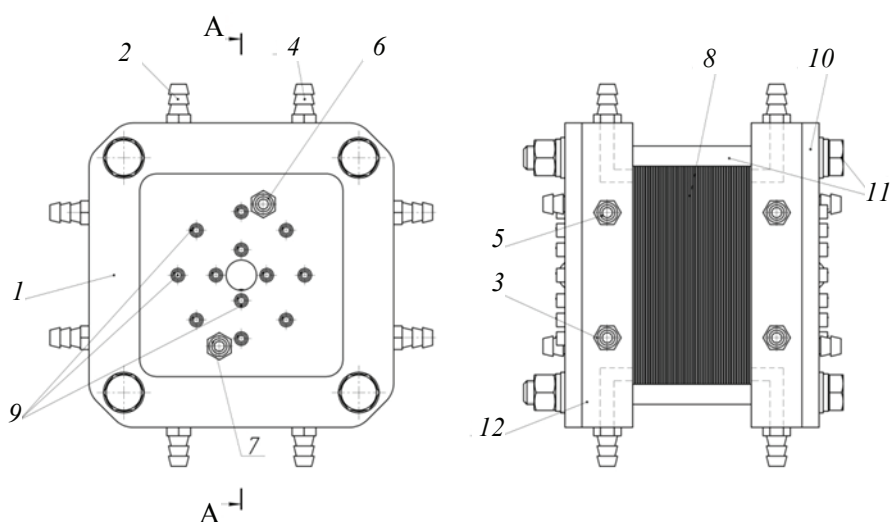


Рис. 1. Ячейка электродиализного разделения с охлаждением:

1, 12 – прижимные плиты; 2, 4 – штуцеры подачи соответственно концентрата и диллюата; 3, 5 – штуцеры вывода соответственно концентрата и диллюата; 6, 7 – штуцеры соответственно подачи и вывода омывающего раствора для катода (анода); 8 – пакеты чередующихся ионообменных мембран; 9 – трубки системы охлаждения; 10 – металлическая пластина; 11 – скрепляющие элементы

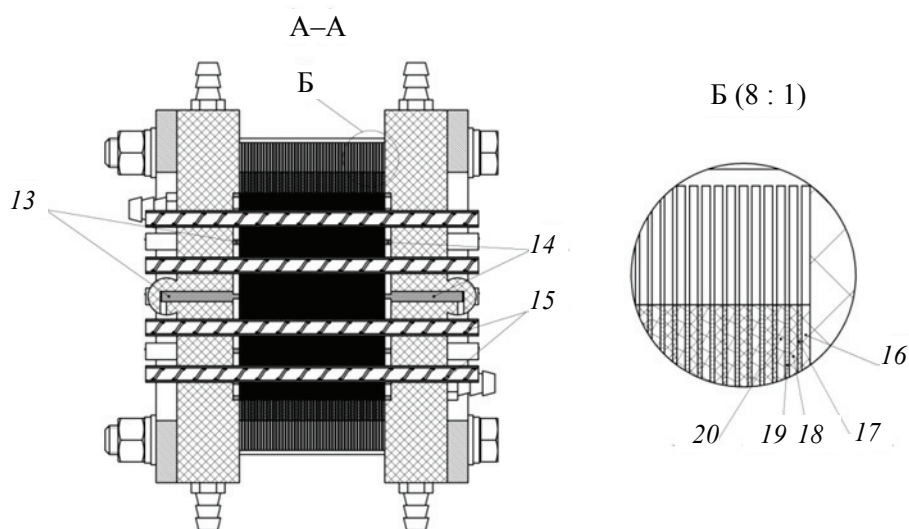


Рис. 2. Порядок компоновки в ячейке разделения:

13 – анод; 14 – катод; 15 – спиральные направляющие трубок охлаждения; 16 – упорная прокладка-спейсер; 17, 19 – соответственно катионо- и анионообменные мембраны; 18, 20 – прокладки-спейсеры для катионо- и анионообменных мембран соответственно

Электродиализатор работает следующим образом. Разделяемый раствор (концентрат) распределяют на четыре потока и по штуцерам 2 подают в электродиализатор, туда же через четыре штуцера 4 подается разделяемый раствор (диллюат). Штуцеры 2 и 4 размещены поочередно на торцевых поверхностях прижимной плиты 1. Далее растворы (концентрат и диллюат) попадают во внутренний объем электродиализатора и проходят

последовательно через чередующиеся анионообменные и катионообменные мембраны, разделенные прокладками-спейсерами. Внешний вид составных частей пакета мембран представлен на рис. 3. Поток разделяемого раствора (концентрата) последовательно проходит через четыре отверстия 21 в упорной прокладке-спейсере 16, катионообменной мембране 17, прокладке-спейсере 18, анионообменной мембране 19 и в отверстии-впадине 22 в прокладке-спейсере 20 и далее по всем 23 пакетам ионообменных мембран подается к прижимной плите 12 и выводится из аппарата через выходные штуцеры 3. Далее раствор повторно подается на вход электродиализатора, цикл пребывания раствора в аппарате длится 600 с, обработка в течение этого времени обеспечивает степень очистки от ионов тяжелых металлов в более чем 95 %.

Пакет мембран собирается в следующем порядке: катионообменная мембрана 17, прокладка-спейсер 18, анионообменная мембрана 19, прокладка-спейсер 20, далее последовательность повторяется, пакеты мембран от прижимных плит 1, 12 отделяются упорной прокладкой-спейсером 16.

Прокладки-спейсеры изготовлены из силиконовой резины, в них имеются отверстия для прохода разделяемых растворов, в упорных прокладках-спейсерах 16 восемь отверстий расположены попарно и симметрично в вершинах условных квадратов, центральная часть представляет собой мелкозернистую сетку, в которой имеются двенадцать отверстий для размещения трубок системы охлаждения. Внешний вид прокладок-

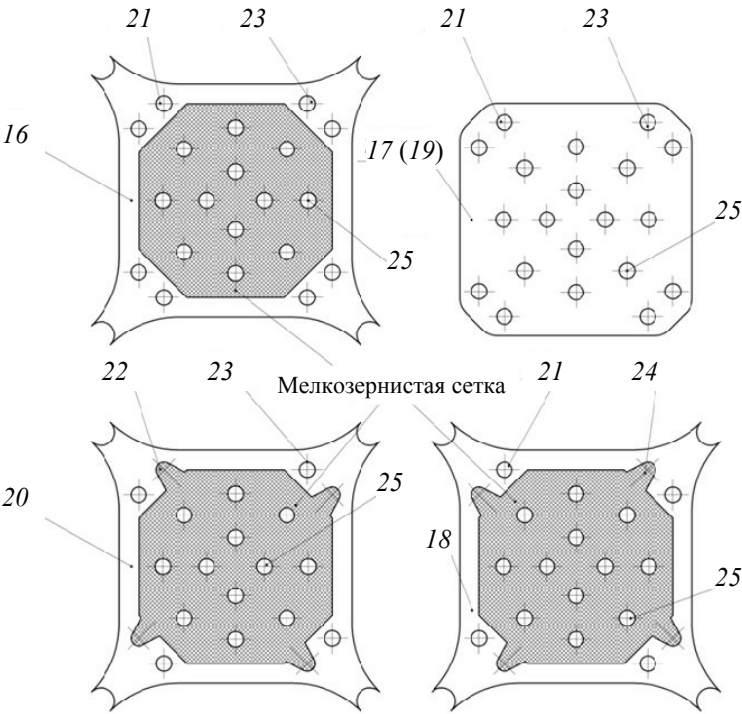


Рис. 3. Составные части пакета мембран:

21, 23 – отверстия для прохода разделяемого раствора соответственно концентрата и дилюата; 22, 24 – впадины для прохода соответственно концентрата и дилюата в межмембранное пространство

спейсеров 18 и 20 немного изменен, отверстия 21 и 23 в них поочередно заменены на сетчатые отверстия-впадины 22 и 24. Это приводит к тому, что часть разделяемого раствора попадает в межмембранное пространство, образованное соответствующей прокладкой-спейсером (концентрат через отверстия-впадины 22, дилуат через отверстия-впадины 24). Под действием электрического поля, наложенного с помощью внешнего источника электрического тока через два электрода 14 (катод) и 13 (анод), в межмембранное пространство в ходе электролитической диссоциации компонентов разделяемого раствора из соседних межмембранных пространств поступают катионы и анионы через катионообменные 17 и анионообменные 19 мембраны, образуя тем самым концентрированный поток веществ, из которых состоит разделяемый раствор.

Движение потоков разделяемых растворов (дилуата и концентрата) аналогичны, но концентрат движется по каналам 2. Часть дилуата, пройдя через отверстия 23, попадает в межмембранное пространство, образованное катионообменной мембраной 17 и прокладкой-спейсером 18, через отверстия-впадины 24, где в ходе электролитической диссоциации компонентов разделяемого раствора удаляются катионы и анионы через катионообменные 17 и анионообменные 19 мембраны в соседние межмембранные пространства, образуя тем самым обессоленный и обедненный солями поток жидкости.

Омывание электродов (катода 13 и анода 14) осуществляется через штуцер 6 прижимных плит 1, 12 и позволяет вывести из аппарата через штуцер 7 раствор с повышенным содержанием катионов (каталит) и анионов (аналит) от соответствующих электродов.

Трубки для подачи охлаждающей воды в количестве 12 штук размещены в соосно расположенных отверстиях в прижимных плитах, прокладках-спейсерах и мембранах и проходят сквозь аппарат. Герметичность системы обеспечивается соединением с натягом. Для обеспечения максимального теплоперехода трубки распределены в объеме аппарата равномерно и снабжены спиральными направляющими 15.

Попытки внедрить в промышленное применение электродиализатор с охлаждением разделяемых растворов предпринимаются постоянно. К аппаратам, использующим охлаждение, относится электродиализатор, представленный в [18]. Сравнительные характеристики предлагаемой конструкции и прототипа приведены в табл. 1, откуда видно, что в рассматриваемом электродиализаторе на 40 % уменьшена толщина прижимных плит за счет соосного расположения штуцеров подачи концентрата и дилуата. Это позволило при одинаковых габаритных размерах аппаратов увеличить полезное внутреннее пространство для размещения большего числа пакетов мембран с 10 до 23 штук, соответственно в 2,3 раза увеличилась активная площадь ионообменных мембран. Для улучшения теплопередачи уменьшена толщина трубок охлаждения, в них установлены металлические спиральные направляющие для сохранения жесткости и турбулизации охлаждающей воды в трубках.

Таблица 1

Сравнительные характеристики электродиализаторов

Параметр	Представленная конструкция	Прототип
Габариты, см	22,6×22,6×18,9	22,6×22,6×19
Ширина одной прижимной плиты, см	30	50
Общая ширина пакета мембран и прокладок, см	70	31
Число мембран, шт.: катионообменных анионообменных	23	10
Общая активная площадь мембран, см ² : катионообменных анионообменных	2012,5	875
Число камер, шт.: обессоливания концентрирования	23 22	10 9
Общий объем камер, см ³ : обессоливания концентрирования	201,25 192,5	87,5 78,75
Масса, кг	до 5	до 7

Технологическая схема разделения растворов

Электродиализатор с увеличенной площадью и охлаждением предполагается использовать, в том числе для разделения сточных вод гальванических производств. Технологическая схема разделения промышленных растворов с охлаждаемым электродиализатором представлена на рис. 4.

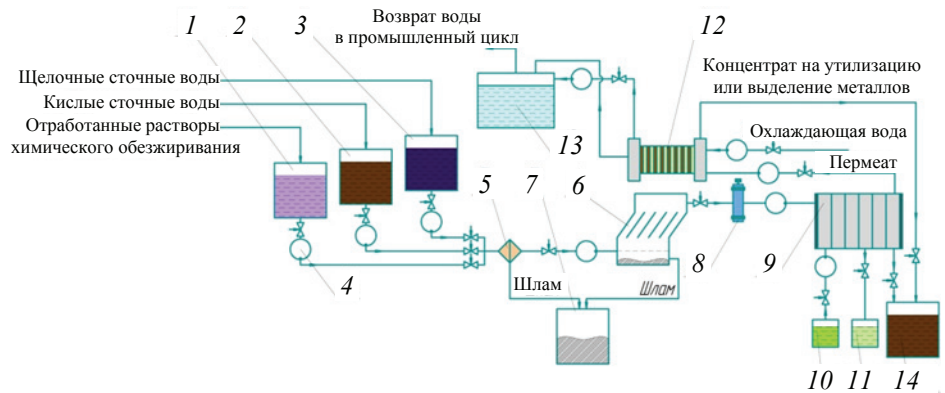


Рис. 4. Технологическая схема очистки сточных вод гальванических производств с охлаждаемым электродиализатором:
1 – емкость с отработанным раствором химического обезжиривания; 2, 3 – емкости соответственно кислых и щелочных сточных вод; 4 – насос; 5 – фильтр грубой очистки; 6 – фильтр-отстойник; 7 – шламосборник; 8 – установка коррективы pH; 9 – электрогиперфильтрационный аппарат; 10 – емкость с чистящими реагентами; 11, 13, 14 – емкости сбора соответственно отработанных чистящих реагентов, очищенной воды и концентрата; 12 – электродиализатор

В соответствующих емкостях накапливаются стоки, в емкости 1 – отработанные растворы химического обезжиривания, 2, 3 – соответственно кислые и щелочные сточные воды. Перед подачей на электродиализатор из сточной воды необходимо извлечь взвешенные частицы, которые могут вывести из строя электродиализатор, забив его внутреннее пространство. Для этого в схему включены фильтр грубой очистки 5 и фильтр-отстойник 6. Далее стоки направляются на первую ступень очистки в электрогиперфильтрационный аппарат 9, пермеат из которого подается на электродиализатор 12, оборудованный системой охлаждения, где осуществляется финишная очистка. В емкости 13 накапливается очищенная и отработанная охлаждающая вода. Для сбора концентрата используется емкость 14.

Установка работает следующим образом. Насосом 4 один из разделяемых растворов подается на фильтр грубой очистки 5, где из него извлекают частицы размером более 100 мкм. Далее раствор с помощью насоса 4 поступает в фильтр-отстойник 6. Уловленные взвешенные вещества собираются в шламособорнике 7. Сточные воды с уменьшенным содержанием взвешенных частиц направляются на установку корректировки pH 8, регулировка pH необходима для обеспечения максимальной степени извлечения в электрогиперфильтрационном аппарате 9. Образующийся в процессе очистки в 9 концентрат (насыщенный раствор извлекаемых веществ) удаляется в емкость 14, откуда направляется на дальнейшую обработку (выделение солей металлов или утилизация). Очищенная вода (пермеат) продолжает движение по системе. В состав установки 9 входит емкость 10 с реагентами для периодической очистки мембран. Затем чистящие реагенты собираются в емкости 11 для последующего обращения. В электродиализаторе 12 с улучшенной производительностью и охлаждением пермеат подвергаются углубленной очистке. Для предотвращения нагревания раствора в процессе разделения аппарат имеет систему охлаждения, вода из водопроводной сети направляется внутрь по системе трубок, насквозь пронизывающих внутреннее пространство. Отработанная охлаждающая вода и очищенная в электродиализаторе направляются в сборную емкость 13, откуда жидкость возвращается обратно в промышленный цикл, так как по составу соответствует технологическим требованиям. Загрязненная вода в виде ретентата выводится из аппарата и направляется в емкость сбора концентрата после очистки сточных вод 14.

Внедрение в гальваническое производство представленной технологической схемы потребует у предприятия инвестиций ориентировочно в размере 5 млн рублей. В эту стоимость включены следующие работы: разработка проектной и исполнительной документации, закупка аппаратов, комплектующих, сборка технологической схемы и вывод на рабочий режим. Срок службы установки 10 лет. Внедрение оборудования считается целесообразным, если период окупаемости меньше 3/4 от срока службы установки.

Экономический расчет

Оценим затраты предприятия на эксплуатацию технологической схемы.

1. Потребность в электроэнергии. В схеме электроэнергию потребляют: семь непрерывно работающих насосов (по 4 кВт·ч) (насосы от емко-

стей 1 – 3 работают попеременно), электродиализатор (10 кВт·ч), электрогиперфильтрационный аппарат (15 кВт·ч) и вспомогательная электроника на другом оборудовании (1 кВт·ч), режим работы восемь часов в день, 22 рабочих дня в месяц:

$$\Pi_3 = (7 \cdot 4 + 1 \cdot 10 + 1 \cdot 15 + 1) \times 8 \cdot 22 = 9504 \text{ кВт·ч.}$$

Стоимость электроэнергии 4,91 р./(кВт·ч) в Тамбовской области на 2024 г.

$$З_{эл.м} = 9504 \cdot 4,91 \approx 46\,665 \text{ р.}$$

2. Ежемесячные затраты на зарплату персонала с учетом всех положенных премий и отчислений, включая вредность производства (зарплата в месяц: лаборант – 25 500 р., технолог – 40 000 р., слесарь – 30 000 р.),

$$З_{з.п.м} = 1,315 \cdot (25\,500 + 40\,000 + 30\,000) \cdot 1,15 \approx 144\,420 \text{ р.}$$

3. Ежемесячные затраты на амортизацию оборудования (срок службы оборудования – 10 лет)

$$З_{ам} = \frac{5\,000\,000}{120} \approx 41\,667 \text{ р.}$$

4. Ежемесячные затраты на техническое обслуживание и закупку реагентов (предварительная стоимость годового обслуживания оборудования 600 тыс. р.)

$$З_{тех.р} = \frac{600\,000}{12} = 50\,000 \text{ р.}$$

5. Месячная стоимость утилизации шлама, образовавшегося в ходе очистки стоков, с учетом средней рыночной стоимости утилизации гальванических отходов в 8 000 р. за тонну (удельный норматив образования шлама – 10 % от объема сточных вод или 0,1 т/м³, сухой остаток – 0,04 %, массовый коэффициент влажности осадка – 1,834)

$$З_{шл.ут} = 10000 \cdot 0,1 \cdot 0,0004 \cdot 1,834 \cdot 8000 = 0,7336 \cdot 8000 = 5870 \text{ р.}$$

6. Суммарные ежемесячные затраты

$$\begin{aligned} З_{м} &= З_{эл.м} + З_{з.п.м} + З_{ам} + З_{тех.р} + З_{шл.ут} = \\ &= 46\,665 + 144\,420 + 41\,667 + 50\,000 + 5\,870 = 288\,622 \text{ р.} \end{aligned}$$

7. Суммарные затраты на очистку на 1 м³ раствора

$$З_{м1} = \frac{З_{м}}{10000} = \frac{288\,622}{10000} \approx 28,9 \text{ р.}$$

Возможный экономический эффект внедрения технологической схемы с периодом использования 10 лет.

1. Экономия месячного восполнения воды в количестве, эквивалентном сброшенному в канализацию (стоимость холодной воды в Тамбовской области – 29,2 р./м³):

$$\Theta_{\text{в.м}} = 10000 \cdot 0,8 \cdot 29,2 = 233\,600 \text{ р.}$$

2. Месячная экономия на повторном использовании выделенных из сточных вод металлов при рыночной цене CuSO_4 в 200 р./кг (исходная концентрация катионов Cu^{2+} в стоках – 0,16 кг/м³, экспериментально найденная средняя степень очистки исходного раствора от катионов Cu^{2+} – 0,987, безвозвратные потери катионов – 15 % от исходного количества),

$$\Theta_{\text{в.м.м}} = 10000 \cdot 0,16 \cdot 0,987 \cdot (1 - 0,15) \cdot 200 = 268\,464 \text{ р.}$$

Следует отметить, что расчет экономии по данной графе условный, проведенный по одному компоненту (катиону Cu^{2+}). Так как в составе сточных вод присутствует большее количество ценных для выделения компонентов, то данную графу экономии можно увеличить.

3. Месячные затраты на восполнение безвозвратно потерянного в процессе очистки количества воды и на охлаждающую воду

$$З_{\text{в.м}} = 10000 \cdot 0,2 \cdot 29,2 = 58\,400 \text{ р.}$$

4. Ежемесячные затраты на восстановление металлов из концентратов

$$З_{\text{в.м.м}} = 25\,000 \text{ р.}$$

5. Суммарная годовая экономия

$$\begin{aligned} \Theta_{\text{сум.г}} &= (\Theta_{\text{в.м}} + \Theta_{\text{в.м.м}} - З_{\text{м}} - З_{\text{в.м}} - З_{\text{в.м.м}}) \cdot 12 = \\ &= (233\,600 + 268\,464 - 288\,662 - 58\,400 - 25\,000) \cdot 12 = 1\,560\,024 \text{ р.} \end{aligned}$$

На следующем этапе необходимо провести расчеты для определения денежного потока, индекса доходности, чистого дисконтированного дохода и периода окупаемости $T_{\text{ок}}$ на основе минимальных полученных значений [19, 20].

Денежный поток равен ежегодной прибыли

$$\text{ДП} = 1\,560\,024 \text{ р.}$$

Индекс доходности необходимо рассчитать по формуле

$$\text{ИД} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^n \text{ДП} \frac{1}{(1+E)^j} = \frac{1}{5\,000\,000} \sum_{j=1}^{10} \frac{1\,560\,024}{(1+0,15)^j} = 1,6, \quad (1)$$

где K – инвестированные в проект денежные средства; E – норма дисконта (среднее значение равно 15 %).

Полученный индекс доходности больше 1, поэтому проект внедрения технологической схемы можно считать рентабельным.

Чистый дисконтированный доход рассчитывали по формуле

$$\text{ЧД} = \sum_{j=1}^n \text{ДП} \frac{1}{(1+E)^j} = \sum_{j=1}^{10} \frac{1\,560\,024}{(1+0,15)^j} = 7\,829\,400 \text{ р.} \quad (2)$$

Период окупаемости рассчитывается следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{TK}{\sum_{j=1}^n \frac{ДП}{(1+E)^j}} = \frac{10 \cdot 5\,000\,000}{\sum_{j=1}^{10} \frac{1\,560\,024}{(1+0,15)^j}} = 6,4 \text{ года.} \quad (3)$$

Период окупаемости – 6,4 года (с учетом срока службы оборудования, входящего в состав установки – 10 лет) считается приемлемым.

Заключение

Рассмотрен состав и принцип действия электродиализатора с увеличенной поверхностью и охлаждением. Охлаждение осуществляется водой, поступающей в аппарат по силиконовым трубкам, размещенным внутри блока мембран. Для улучшения теплопередачи уменьшена толщина трубок, в них помещены металлические спиральные направляющие, придающие трубкам жесткость и турбулизирующие охлаждающую воду. Оптимизировано расположение штуцеров подачи разделяемых растворов, что позволило уменьшить толщину прижимных плит и при сохранении размеров аппарата увеличить количество мембран и площадь поверхности разделения.

Внедрение в технологическую схему рассматриваемого электродиализатора позволит увеличить срок службы оборудования и скорость очистки сточных вод. Отработанная охлаждающая вода может быть использована в технологическом процессе гальванизации вместе с очищенной водой.

Рассчитанный период окупаемости технологической схемы (6,4 года), показывает, что внедрение технологической схемы, включающей электродиализатор с охлаждением, экономически приемлемо.

Список литературы

1. Ермоленко, Б. В. Оптимизация процесса выбора технологий и оборудования для очистки сточных вод гальванического производства / Б. В. Ермоленко, Е. Н. Кузин // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2024. – Т. 67, № 2. – С. 111 – 118. doi: 10.6060/ivkkt.20246702.6913
2. Джубари, М. К. Эффективность электродиализа при очистке промышленных сточных вод / М. К. Джубари, Н. В. Алексеева // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23, № 7. – С. 33 – 39.
3. Фомичев, В. Т. Очистка хромосодержащих вод электродиализом в нестационарном режиме / В. Т. Фомичев, Г. П. Губаревич, А. В. Савченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 1(78). – С. 190 – 195.
4. Öner, M. R. Bipolar Membrane Electrodialysis for Mixed Salt Water Treatment: Evaluation of Parameters on Process Performance / M. R. Öner, A. Kanca, O. N. Ata [et al.] // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 9, Is. 4. – P. 105750. doi: 10.1016/j.jece.2021.105750
5. Нифталиев, С. И. Применение биполярного электродиализа с модифицированными мембранами при очистке хромосодержащих сточных вод гальванического производства / С. И. Нифталиев, О. А. Козадрова, К. Б. Ким // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 10. – С. 4 – 9. doi: 10.18412/1816-0395-2021-10-4-9

6. Липин, А. Г. Очистка сточных вод от моноаммонийфосфата в электромембранном аппарате / А. Г. Липин, А. А. Липин, Н. А. Архипов // Российский химический журнал. – 2019. – Т. LXIII, № 3-4. – С. 45 – 49. doi: 10.6060/rcj.2019633.6
7. Dudeja, I. Electrodialysis: A Novel Technology in the Food Industry // In book: Emerging Techniques for Food Processing and Preservation / I. Dudeja, P. Nikhanj, A. Singh. – CRC Press, 2023. – 25 p.
8. Peng, Z. Leakage Circuit Characteristics of a Bipolar Membrane Electrodialyzer with 5 BP-A-C Units / P. Zheng, Y. Sun // Journal of Membrane Science. – 2020. – Vol. 597. – P. 117762. doi: 10.1016/j.memsci.2019.117762
9. A Mathematical Model of the External Circuits in a Bipolar Membrane Electrodialysis Stack: Leakage Currents and Joule Heating Effect / Z. Peng, Y. Sun, P. Shi, Y. Wang // Separation and Purification Technology. – 2022. – Vol. 290, No. 2. – P. 120816. doi: 10.1016/j.seppur.2022.120816
10. Микроскопический анализ поверхности гетерогенных мембран с разной степенью дисперсности ионообменника после температурного воздействия / Э. М. Акберова, А. М. Яцев, Е. Ю. Кожухова, В. И. Васильева // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2017. – Т. 19, № 2. – С. 158 – 165.
11. Hu, Y. Grand Challenge in Membrane Applications: Liquid / Y. Hu // Frontiers in Membrane Science and Technology. – 2023. – No. 2. – P. 1177528. doi: 10.3389/fmst.2023.1177528
12. Xie, R. A Novel Thermoresponsive Catalytic Membrane with Multiscale Pores Prepared via Vapor-Induced Phase Separation / R. Xie, L. Feng, Z. Lei [et al.] // Smart Porous Membranes. – 2018. – Vol 14, No. 18. – P. 1703650. doi: 10.1002/sml.201703650
13. Luo, X. Thermoresponsive Membrane Based on UCST-Type Organoboron Polymer for Smart Gating and Self-Cleaning / X. Luo, X. Liu, Y. Wang [et al.] // Journal of Membrane Science. – 2024. – No. 693. – P 122343.
14. Carraretto, I. M. Characterization of the Physical Properties of the Thermoresponsive Block-Copolymer PAGB2000 and Numerical Assessment of its Potentialities in Forward Osmosis Desalination / I. M. Carraretto, V. Ruzzi, F. Lodigiani [et al.] // Polymer Testing. – 2023. – Vol. 128, No. 9. – P. 108238. doi:10.1016/j.polymeresting.2023.108238
15. Zhang, X. Smart TFC Membrane for Simulated Textile Wastewater Concentration at Elevated Temperature Enabled by Thermal-Responsive Microgels / X. Zhang, S. Xiong, C. Liu [et al.] // Desalination. – 2021. – No. 500. – P. 114870. doi: 10.1016/j.desal.2020.114870
16. Перспективы использования электромембранных технологий в энергетике / А. А. Филимонова, Н. Д. Чичирова, А. А. Чичиров, А. И. Минибаев // Труды академэнерго. – 2020. – № 2(59). – С. 55 – 76.
17. Пат. 2788625 С1 Российская Федерация, МПК В01Д61/18. Электробаромембранный аппарат комбинированного типа / С. И. Лазарев, Д. Н. Коновалов, П. А. Галкина, П. М. Малинин ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2022127259 ; заявл. 20.10.2022 ; опубл. 23.01.2023. – Бюл. № 3. – 18 с.
18. Пат. 2690339 С1 Российская Федерация, МПК В01Д61/42 Электродиализатор с охлаждением разделяемого раствора / С. И. Лазарев, С. В. Ковалев, К. В. Шестаков, П. А. Хохлов ; заявитель и патентообладатель Тамб. гос. техн. ун-т. – № 2018137145 ; заявл. 22.10.2018 ; опубл. 31.05.2019. – Бюл. № 16. – 15 с.
19. Пикуза, В. И. Экономические расчеты и бизнес-моделирование в Excel / В. И. Пикуза. – СПб. : Питер, 2012. – 400 с.
20. Азимов, А. М. Оценка экономической эффективности мембранного метода подготовки питьевой воды / А. М. Азимов, А. Камшыбаев, Н. Н. Исабаев // Central Asian Economic Review. – 2023. – № 2(149). – С. 117 – 128. doi: 10.52821/2789-4401-2023-2-117-128

References

1. Yermolenko B.V., Kuzin Ye.N. [Optimization of the process of selecting technologies and equipment for wastewater treatment of galvanic production], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Series: Chemistry and chemical technology], 2024, vol. 67, no. 2, pp. 111-118. doi: 10.6060/ivkkt.20246702.6913 (In Russ., abstract in Eng.)
2. Dzhubari M.K., Alekseeva N.V. [Efficiency of electrodialysis in industrial wastewater treatment], *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University], 2020, vol. 23, no. 7, pp. 33-39. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Fomichev V.T., Gubarevich G.P., Savchenko A.V. [Purification of chromium-containing waters by electrodialysis in a non-stationary mode], *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture], 2020, no. 1(78), pp. 190-195. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Öner M.R., A. Kanca, O.N. Ata [et al.], Bipolar membrane electrodialysis for mixed salt water treatment: Evaluation of parameters on process performance, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 105750. doi: 10.1016/j.jece.2021.105750
5. Niftaliev S.I., Kozaderova O.A., Kim K.B. [Application of bipolar electrodialysis with modified membranes in the treatment of chromium-containing wastewater from galvanic production], *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2021, vol. 25, no. 10, pp. 4-9. doi: 10.18412/1816-0395-2021-10-4-9 (In Russ., abstract in Eng.)
6. Lipin A.G., Lipin A.A., Arkhipov N.A. [Wastewater treatment from monoammonium phosphate in an electric membrane], *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal* [Russian chemical journal], 2019, vol. 63, no. 3-4, pp. 45-49. doi: 10.6060/rcj.2019633.6 (In Russ., abstract in Eng.).
7. Dudeja I., Nikhanj A.P. Singh Electrodialysis: A Novel Technology in the Food Industry. In book: *Emerging Techniques for Food Processing and Preservation*, CRC Press, 2024, 25 p.
8. Peng Z., Sun Y. Leakage circuit characteristics of a bipolar membrane electrodialyzer with 5 BP-A-C units, *Journal of Membrane Science*, 2020, vol. 597, pp. 117762. doi: 10.1016/j.memsci.2019.117762
9. Peng Z., Sun Y., Shi P., Wang Y. A mathematical model of the external circuits in a bipolar membrane electrodialysis stack: Leakage currents and Joule heating effect, *Separation and Purification Technology*, 2022, vol. 290, no. 2, pp. 120816. doi: 10.1016/j.seppur.2022.120816
10. Akberova E.M., Yatsev A.M., Kozhukhova E.Yu., Vasilyeva V.I. [Microscopic analysis of the surface of heterogeneous membranes with different degrees of ion exchanger dispersion after temperature exposure], *Kondensirovannyye sredy i mezhfaznyye granitsy* [Condensed matter and interphase boundaries], 2017, vol. 19, no. 2, pp. 158-165. (In Russ., abstract in Eng.).
11. Hu Y. Grand challenge in membrane applications: Liquid, *Frontiers in Membrane Science and Technology*, 2023, no. 2, pp. 1177528. doi: 10.3389/fmst.2023.1177528
12. Xie R., Feng L., Lei Z. [et al.] A Novel Thermoresponsive Catalytic Membrane with Multiscale Pores Prepared via Vapor-Induced Phase Separation, *Smart Porous Membranes*, 2018, no. 14, pp. 1703650. doi: 10.1002/sml.201703650
13. Luo X., Liu X., Wang Y. [et al.] Thermoresponsive membrane based on UCST-type organoboron polymer for smart gating and self-cleaning, *Journal of Membrane Science*, 2024, no. 693, pp. 122343.

14. Carraretto I. M., Ruzzi V., Lodigiani F. [et al.] Characterization of the physical properties of the thermoresponsive block-copolymer PAGB2000 and numerical assessment of its potentialities in Forward Osmosis desalination, *Polymer Testing*, 2023, vol. 128, no. 9, pp. 108238. doi:10.1016/j.polymeresting.2023.108238
15. Zhang X., Xiong S., Liu C. [et al.] Smart TFC membrane for simulated textile wastewater concentration at elevated temperature enabled by thermal-responsive microgels, *Desalination*, 2021, no. 500, pp. 114870. doi: 10.1016/j.desal.2020.114870
16. Filimonova A.A., Chichirova N.D., Chichirov A.A., Minibaev A.I. [Prospects for the use of electromembrane technologies in the energy sector], *Trudy akademenergo* [Proceedings of Academenergo], 2020, no. 2(59), pp. 55-76. (In Russ.).
17. Lazarev S.I., Kononov D.N., Galkina P.A., Malinin P.M. *Elektrobaromembranny apparat kombinirovannogo tipa* [Combined type electric baromembrane apparatus], Russian Federation, 2023, Pat. 2788625 (In Russ.).
18. Lazarev S.I., Kovalev S.V., Shestakov K.V., Khokhlov P.A. *Elektrodializator s okhlazhdeniyem razdelyayemogo rastvora* [Electrodialyzer with cooling of the separated solution], Russian Federation, 2019, Pat. 2690339 (In Russ.).
19. Pikuza V.I. *Ekonomicheskiye raschety i biznes-modelirovaniye v Exel* [Economic calculations and business modeling in Excel], St. Petersburg, Peter, 2012, 400 p. (In Russ.).
20. Azimov A.M., Kamshybaev A., Isabaev N.N. [Assessing the economic efficiency of the membrane method for preparing drinking water], *Central Asian Economic Review*, 2023, no. 2(149), pp. 117-128. (In Russ., abstract in Eng.).
-

Economic Assessment of the Application of Electrodialysis Method with Solution Cooling in Wastewater Treatment of Galvanic Products

S. I. Lazarev, O. V. Dolgova, K. V. Shestakov

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Keywords: galvanic waste; cooling; cleaning of drains; payback period; electrodialyzer with cooling of the solution.

Abstract: It is proposed to change the design of the electrodialyzer by integrating a cooling system, tubes passing through a block of ion-exchange membranes, through which cooling water is supplied through the internal volume of the device. The device and operating principle of the electrodialyzer are presented and compared with the prototype. The possibility of using an electrodialyzer with solution cooling in the process of purifying galvanic wastewater is considered. A process scheme for the purification of industrial solutions using an electrodialyzer with an increased membrane area and cooling has been proposed. The costs of operating the described scheme were assessed. The economic effect of implementation and the payback period of the technological process are calculated.

© С. И. Лазарев, О. В. Долгова, К. В. Шестаков, 2024

КОНЦЕПЦИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

К. Н. Савин, К. А. Болдырева, Е. Л. Дмитриева

*Ассоциация «ЖКХ-68», Тамбов, Россия;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический
университет», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: бережливое производство; инструменты; концепция; менеджмент; потери; потребительская ценность; производство; управление качеством.

Аннотация: Максимальное возможное сокращение расходов, повышение потребительской ценности товаров и услуг, оптимизация всех производственных процессов, уменьшение потерь и затрат в совокупности с основными принципами управления качеством – одна из составляющих повышения конкурентоспособности организации. По своей сути, это новый производственный инновационный процесс в создании конечного продукта – «производство без излишеств».

Сделана попытка дать свое определение методам ведения хозяйственной деятельности на основе управления качеством и современных основ менеджмента, что позволяет интерпретировать понятие «бережливое производство» с учетом инструментов и механизмов, представленных в концепции при постоянном улучшении процесса производства.

Введение

Последние двадцать лет современная наука совместно с бизнесом предлагает большое число инновационных идей, которые, по мнению их разработчиков, должны стать основой бережливого производства (БП). Такое креативное внимание к БП поддерживает большинство крупных компаний по всему миру, считая, что БП – один из главных инструментов конкурентоспособности в сегодняшнем мире экономики, а именно в период неопределенности. В Российской Федерации, несмотря на то что она отстает от западных стран, стремление развивать БП на внутреннем рынке обусловлено, прежде всего, санкционной политикой недружественных

Савин Константин Николаевич – доктор экономических наук, доктор технических наук, профессор, президент Ассоциация «ЖКХ-68», e-mail: kon-savin@yandex.ru, Тамбов, Россия; Болдырева Ксения Андреевна – магистрант кафедры «Менеджмент»; Дмитриева Екатерина Львовна – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Менеджмент», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

стран, особенно это касается государственных монополий энергетического и нефтегазового комплекса. Безусловно, мировой опыт БП есть, и он уже достаточно богат и апробирован. Главные принципы концепции имеют несомненные успехи. Японский опыт БП – это громадный труд, который потребовал многие годы для того, чтобы компания Toyota стала тем мировым флагманом автомобилестроения, которым является в наше время. Вокруг шильдика Toyota сегодня сосредоточены усилия сотни крупнейших мировых фирм автопрома, деятельность которых основана на управлении качеством, постоянном совершенствовании инновационного процесса, логистического осмысления взгляда в будущее.

Теоретический анализ

Главные принципы БП определены в терминах и определениях по производственным отраслям, сферам услуг, логистики, социального комплекса, инноваций и образования, транспорта, включая элементы государственной и муниципальной власти. Данный список постоянно дополняется и не является окончательным. Все существующие сегодня термины и определения должны попасть в государственную программу национальной стандартизации, которая также должна стать национальным приоритетным проектом на многие годы.

На рисунке 1 даны ключевые понятийные моменты концепции БП: это основа и фундамент развития данного направления, однако этого мало в части полного понимания бизнеса и тех преимуществ, которые дает концепция.



Рис. 1. Управление идеологией «бережливое производство»

Будет не совсем правильным, если мы не вспомним основоположника и идеолога бережливого производства Генри Форда. Он первый использовал некоторые инструменты БП, которые принято называть техническими вопросами, связанными со сборкой автомобилей. Результаты Г. Форда налицо, причем он выстроил работу конвейера так, что количество часов его работы исчислялось количеством выпущенных автомобилей, то есть каждый технологический процесс имел временной цикл. Подобный подход поднял производственные показатели. За десять лет было выпущено более 15 миллионов различных модификаций автомобилей «Форд». Прошло сто лет, поменялось производство, механизировались все процессы, но сам принцип остался неизменным (рис. 2).

При этом необходимо отметить, что разработанная Г. Фордом система направлена на количественные показатели по выпуску автомобилей, это было скорее желание занять свою нишу в мировом автопроме, чем отвлекаться на желание покупателей, у которых, по сути, тогда не было выбора, и цель была достигнута. Японцы в данной ситуации пошли иначе, они прислушались к потребителю, но при этом применили инструменты эффективного использования ресурсов, что в конечном результате повысило не только спрос, но и качество.

Японец Т. Оно выстроил достаточно несложный набор целей именно для выпуска автомобилей, в основу которого вошло качество самых главных производственных процессов, направленных на покупателя, – это быстро передавать автомобиль покупателю и не делать никаких обезличенных складских запасов. Так стали зарождаться не только дилерская сеть, но и банковское кредитование на приобретение автомобиля и другие формы финансовой поддержки, и государственные заказы.

Вышеуказанные инструменты были объединены и получили название «Производственная система Toyota» (англ. Toyota Production System (TPS)), тиражирование данной методики позже получило название «экономного производства».



Рис. 2. История бережливого производства

Первый этап создания и развития TPS привлек следующие инструменты:

1) полный отказ от ненужных запасов на всех технологических этапах и цепочках производства, спрос в запасных деталях должен удовлетворяться в срок;

2) автоматизация заключалась в том, что в случае обнаружения брака или дефекта, который распространялся на весь конечный продукт, инженеры компании могли остановить конвейер до полного устранения причин;

3) важный момент – децентрализация и полный доступ всех исполнителей к производственной системе, что позволяло, не останавливая производство, принимать решения по его улучшению, но при этом мера ответственности работников повышалась в разы;

4) модульное проектирование позволяло привлекать поставщиков агрегатов и узлов на всем процессе производства;

5) появление брака позволяло иметь небольшие запасы деталей для замены вышедших из строя.

Универсального алгоритма для реализации программы БП на предприятии нет и, наверное, никогда не будет из-за отсутствия двух одинаковых проектов по БП. Но определенно можно выработать рекомендации для тех компаний, которые только находятся на этапе трансформации производственной системы. Необходимо отметить, что при выборе любого алгоритма необходимо составить подробный план его внедрения с указанием ответственных и сроков реализации пунктов плана (рис. 3).

Стандарты бережливого производства ГОСТ Р должны постоянно актуализироваться наравне с развивающимся инструментарием, особенно это важно в период отсутствия импортных деталей и узлов, необходимых для отечественного машиностроения. Развитие импортозамещения в некоторых отраслях происходит стремительными темпами, что не всегда позволяет своевременно провести сертификацию и стандартизацию продукции, а по регламенту данный процесс занимает почти год. Необходимо вмешательство государства в лице профильных министерств.



Рис. 3. Алгоритм внедрения бережливого производства

Развитие и совершенствование инструментов бережливого производства включает в себя следующие этапы:

1. Принимается решение руководства о внедрении бережливого производства. На данном этапе персоналу необходимо объяснить причины решения, выбрать цели, сформировать команду, наметить план и предусмотреть ресурсы, необходимые для реализации экономичного производства. Высшее руководство должно постоянно демонстрировать свою заинтересованность, участвовать в повседневной работе и оказывать поддержку.

2. Выбор первоначального объекта внедрения (пилотного проекта). В этих целях выбирают от 1 до 3 наиболее материалоемких и трудоемких процессов, совершенствование которых может дать существенный эффект.

3. Обучение персонала. Обучение должны пройти все участники развертывания экономного производства, как руководство, так и рядовые исполнители процессов.

4. Цели обучения сотрудников – понимание поставленных целей и средств в достижении конкурентных преимуществ с использованием инструментария: быстрого выполнения заказов, снижения цены, управления качеством и поставками с учетом отраслевых особенностей (рис. 4).

5. Картирование реорганизуемого процесса «как есть».

6. Расчет характеристик (метрик) действующего процесса.

7. Картирование процесса «как должно быть».

8. Расчет метрик реорганизованного процесса и при низкой эффективности его дополнительное совершенствование.

9. Реализация проекта.

10. Создание и внедрение планов непрерывного совершенствования процесса «кайдзен».

11. Опыт развертывания экономного производства, полученный на пилотном проекте, постепенно распространяется на другие процессы.



Рис. 4. Достижения конкурентных преимуществ с помощью инструментов БП

Концепцию «Бережливое производство» специалисты считают интегрированным набором инструментов организации производства, при этом отметим, что по задачам, содержанию и используемым инструментам она принципиально не отличается от системы «кайдзен».

Заключение

Бережливое и экономное производство сегодня можно рассматривать как стремление для любого вида деятельности и необходимость достижения главной задачи бизнеса – получения прибыли. Это достаточно непростая задача. Ее решение требует дополнительных средств и усилий профессионального и высококвалифицированного персонала, который непрерывно совершенствуется и относится с уважением к своим работникам.

Возможно, методология управления проектами потребует кластерного подхода для наукоемких отраслей, тогда вышеперечисленные ценности приобретут совершенно иной характер, что в итоге, несомненно, отразится на качестве и количестве продукции, сведении брака к минимуму.

Список литературы

1. Системы, методы и инструменты менеджмента качества : учебник для студентов высших учебных заведений / М. М. Кане [и др.]. – М. [и др.] : Питер, 2009. – 559 с.
2. Канюкова, В. П. Бережливое производство: основные инструменты и принципы бережливого производства / В. П. Канюкова // Аллея науки. – 2018. – Т. 1, № 7(23) – С. 642 – 647.
3. Kirpichkina, M. A. Lean Manufacturing Tools: an Overview / M. A. Kirpichkina, O. V. Novokreshchenova // Proc. of the 9th All-Russian Scientific and Practical Conference (with International Participation) for Young Researchers (Tambov, February 11, 2022). – Tambov, 2022. – P. 578 – 580.
4. Туркова, А. А. Бережливое производство как метод повышения эффективности производства на предприятиях машиностроения/ А. А. Туркова, А. Р. Курбанаева // Инновационная наука. – 2017. – № 12. – С. 123 – 125.
5. Smirnov, A. Development of Methodological Provisions for Rational Material Cutting in Lean Manufacturing at Mechanical Engineering Enterprises / A. Smirnov, V. Kobzev, Ch. Nuralieva // Sustainable Development and Engineering Economics. – 2022. – No. 4 (6). – P. 78 – 94. doi: 10.48554/SDEE.2022.4.5

References

1. Kane M.M. [et al.]. *Systemy, metody i instrumenty managementa kachestva* [Systems, methods and tools of quality management: a textbook for students of higher educational institutions], Moscow [et al.]: Piter, 2009, 559 p. (In Russ.)
2. Kanyukova V.P. [Lean production: basic tools and principles of lean production], *Alleya nauki* [Alley of Science], 2018, vol. 1, no. 7(23), pp. 642-647. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Kirpichkina M.A., Novokreshchenova O.V. Lean Manufacturing Tools: an Overview, *Proc. of the 9th All-Russian Scientific and Practical Conference (with International Participation) for Young Researchers* (Tambov, February 11, 2022), Tambov, 2022, pp. 578-580.

4. Turkova A.A., Kurbanayeva A.R. [Lean production as a method of increasing production efficiency at mechanical engineering enterprises], *Innovatsionnaya nauka* [Innovative science], 2017, no. 12, pp. 123-125. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Smirnov A., Kobzev V., Nuralieva Ch. Development of methodological provisions for rational material cutting in lean manufacturing at mechanical engineering enterprises, *Sustainable Development and Engineering Economics*, 2022, no. 4(6), pp. 78-94. doi: 10.48554/SDEE.2022.4.5

The Concept and Tools of Lean Manufacturing

K. N. Savin, K. A. Boldyreva, E. L. Dmitrieva

*Housing and Communal Services-68 Association, Tambov, Russia;
Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

Keywords: lean manufacturing; tools; concept; management; losses; consumer value; production; quality control.

Abstract: The maximum possible reduction in costs and increase in consumer value of goods and services, optimization of all production processes, reduction of losses and costs in conjunction with the basic principles of quality management is one of the components of increasing the competitiveness of an organization. At its core, this is a new production innovation process in creating the final product - "production without frills". An attempt has been made to define the methods of conducting business activities based on quality management and modern management principles, which enables to interpret the concept of lean production taking into account the tools and mechanisms presented in the concept with the constant improvement of the production process.

© К. Н. Савин, К. А. Болдырева, Е. Л. Дмитриева, 2024

Теория и методика обучения и воспитания

УДК 37.013:93(470.326)

DOI: 10.17277/voprosy.2024.01.pp.120-144

*К 65-летию Тамбовского филиала
Московского института химического машиностроения
и 30-летию Тамбовского государственного
технического университета*

ПАМЯТНЫЕ МЕСТА В. И. ВЕРНАДСКОГО: ИСТОРИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЯ ТАМБОВСКОЙ ГУБЕРНСКОЙ ЗЕМСКОЙ УПРАВЫ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ (1903 – 1917 гг.)

В. Е. Бредихин, И. В. Двухжилова, А. В. Козачек

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический
университет», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: административный корпус Тамбовского государственного технического университета; земское самоуправление; историческая память; капитальное строительство; корпоративная педагогика; памятники архитектуры; Тамбовская губернская земская управа.

Аннотация: Выделены педагогические аспекты изучения студентами памятных мест жизни и деятельности В. И. Вернадского. В качестве объекта корпоративной педагогики, являющегося одновременно и объектом исторической памяти, рассмотрено административное здание Тамбовского государственного технического университета (ТГТУ), в котором до 1918 г. размещалась Тамбовская губернская земская управа и где осуществлял общественно-политическую деятельность выдающийся ученый-биогеохимик академик В. И. Вернадский. Изложена история создания административного корпуса ТГТУ, как архитектурного памятника, связанного с общественно-политической деятельностью на территории Тамбовского края академика В. И. Вернадского. Рассмотрены причины, этапы, условия и особенности строительства последнего здания Тамбовского губернского зем-

Бредихин Владимир Евгеньевич – кандидат исторических наук, доцент кафедры «История и философия», e-mail: bve1978@yandex.ru; Двухжилова Ирина Владимировна – кандидат исторических наук, доцент кафедры «История и философия»; Козачек Артемий Владимирович – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

ства (1914 – 1917 гг.). Сделан вывод о сложной строительной композиции здания, построенного на базе несущих конструкций предшествующих капитальных объектов земской управы, приобретенных и реконструированных на рубеже XIX–XX века. Построенное в 1914–1915 гг. здание административного корпуса ТГТУ, предназначенное для работников аппарата Тамбовского губернского земства, использовалось последним в качестве служебного помещения с осени 1915 г. по февраль 1918 г., а затем эксплуатировалось согласно функциональному назначению высшими органами государственной власти Тамбовской губернии (1918 – 1921) и Тамбовской области (1937 – 1993) вплоть до перехода в феврале 1994 г. на баланс ТГТУ. Сложная композиция здания губернского земства, одна из частей которого являлась на рубеже веков местом земской деятельности будущего академика В. И. Вернадского, много сделавшего для развития науки и образования в России, является обоснованием размещения на его фасаде памятной доски в честь ученого и исторической мотивацией решения о его передаче в состав капитальных фондов технического университета.

Введение в проблематику

В первой части работы [1], посвященной истории строительства главного корпуса Тамбовского государственного технического университета (далее – ТГТУ), изложены соображения относительно воспитательной роли корпоративной истории и педагогики, а также иные причины, побудившие к написанию статьи. Среди этих причин, в частности, отмечена крайняя ограниченность и противоречивость информации о постройке данного историко-архитектурного памятника в опубликованных источниках [2, с. 114, 175, 176; 3, с. 138; 4, с. 64, 65; 5, с. 168, 169; 6, с. 151, 202; 7, с. 40, 57; 8, с. 177]. Также не проясненным для местных краеведов оставался вопрос относительно обоснованности помещения на фасаде здания, строительство которого началось в марте 1914 г., памятной доски с упоминанием имени известного ученого В. И. Вернадского, к тому времени завершившего общественную деятельность в Тамбовской губернии (фото 1).

В упомянутой публикации, охватившей период 1865 – 1902 гг., была изложена предыстория строительства этого здания, включая определение типа и местоположения основных строе-



Фото 1. Памятная доска в честь 150-летия со дня рождения академика В. И. Вернадского на фасаде административного здания ФГБОУ ВО «ТГТУ»
(здесь и далее фото авторов, 2023)

ний на его площадке в 1890-е гг., описание ее капитальной реконструкции в 1900 – 1902 гг. и выяснение характера связи главного корпуса ТГТУ с именем академика В. И. Вернадского. Авторы пришли к заключению о правомерности размещения в 2013 г. на его фасаде памятной доски в честь В. И. Вернадского, поскольку конструкция правого крыла здания в своей основе имеет более раннее двухэтажное строение XIX века с трехэтажной пристройкой 1900–1901 гг., являвшееся в 1896 – 1904 гг. местом земской деятельности выдающегося ученого. В ходе проведенного исследования также обнаружился факт непосредственного участия В. И. Вернадского в приобретении в 1896 г. частного домовладения, на площадке которого спустя два десятилетия возвели новое здание губернского земства – ныне главный корпус ТГТУ.

В 2023 году Россия отметила 160-летний юбилей великого ученого, что стало очередным поводом для обращения не только к его научным идеям, но и фактам биографии, ряд эпизодов которой был связан с Тамбовщиной. Символично, что в этом же году исполнилось 110 лет со дня принятия решения о строительстве в Тамбове здания, ставшего позднее административным корпусом ТГТУ и местом расположения одного из отечественных центров изучения и пропаганды идей В. И. Вернадского. О его сооружении пойдет речь в настоящей статье.

Предлагаемый исторический сюжет может быть использован в качестве педагогического инструмента формирования общей и корпоративной культуры студента ТГТУ, содержанием которой станет ассоциативная взаимосвязь между Тамбовским краем, общественной деятельностью и экологическим учением В. И. Вернадского и стенами родного университета.

Цель статьи – формирование информационной основы корпоративного обучения и воспитания студентов ТГТУ, в качестве которой предлагаются история создания его административного корпуса и содержание связи данного объекта с биографией академика В. И. Вернадского. Для достижения заявленной *педагогической цели* авторы поставили перед собой следующие *исторические задачи*:

- рассмотреть особенности расположения и характер капитальных построек на углу улиц Араповская (*М. Горького*) и Большая (*Советская*) в 1900-е гг.;
- выяснить основания принятия в 1912–1913 гг. решения о возведении здания губернской земской управы и строительные требования заказчика;
- рассмотреть этапы строительства административного здания земства с учетом фактора Первой мировой войны;
- определить сроки начала эксплуатации здания губернской земской управы;
- выяснить особенности использования здания губернской земской управы до установления в Тамбовской губернии советской власти;
- установить характер связи здания губернской управы с именем академика В. И. Вернадского.

Материалы и методы. В качестве основного метода исследования избран описательный. Наряду с этим использовались общенаучные методы – аналитический и дедуктивный, и специальные – сравнительно-исторический.

Хронологические рамки статьи в основном охватывают период 1903 – 1917 гг., то есть время между завершением первой и второй капитальных реконструкций усадьбы губернского земства, захватывая, при освещении вопроса эксплуатации здания управы, первую половину 1918 г. Ее практическая значимость определяется корпоративными воспитательными задачами, стоящими перед администрацией университета в отношении коллектива обучающихся. Работа выполнена на основе опубликованных стенограмм собраний Тамбовского губернского земства и материалов периодической печати 1910-х гг.

Капитальные объекты на территории усадьбы губернского земства и проблема земской служебной площади в 1900-е гг.

Строительные работы на усадебной территории губернского земства 1900 – 1902 гг., результатом которых стало возведение трехэтажной пристройки к зданию управы и нового здания земской типографии, не смогли решить проблему служебной площади земского аппарата. В результате проведенной реконструкции на территории будущего главного корпуса ТГТУ к 1903 г. располагалось несколько строений: одноэтажный деревянный дом с подвальным помещением на углу улиц Араповская и Большая; двухэтажное каменное здание с подвальным помещением вдоль ул. Араповская (*современное здание Министерства здравоохранения Тамбовской области*); ступенчатое трехэтажное здание с подвальным помещением по соседству с Сиротским домом (*на месте правого крыла главного корпуса ТГТУ*) и несколько мелких каменных и деревянных строений в глубине двора. В перечисленных строениях, соответственно, размещались бактериологическая станция с книжным складом, земская типография, общее присутствие и отделения канцелярии губернской управы, вспомогательные службы [9, с. 399; 10, с. 52; 11, с. 491] (фото 2, 3).

Вопрос служебной площади был поднят уже в ходе зимней сессии губернского земского собрания в декабре 1903 г., проходившей с участием В. И. Вернадского. Речь шла о дополнительных помещениях для бактериологического и страхового отделений. Первое располагалось, как было упомянуто, в деревянном одноэтажном здании на углу улиц Араповская и Большая, второе – непосредственно в здании управы. По поводу страхового отделения ревизионная комиссия отметила следующее: «Отделение помещается в здании, занятом губернской управой, оно переполнено собранными письменными материалами и документами страхования. Важные документы, карты на дугах, за неимением помещения, заполняют окна, теснятся по шкафам, занимают всякое свободное место на столах и под столами... Страховое дело растет... Предвидится увеличение личного состава. Помещение не вместит ни документов, ни тружеников, без ущерба для здоровья последних и для сохранности первых» [11, с. 495, 496].



Фото 2. Трехэтажный корпус здания губернской земской управы, пристроенный в 1900–1901 гг. к двухэтажному каменному дому, приобретенному вместе с усадьбой в 1896 г. у домовладелицы Ладан.

В 1914–1915 гг. вмонтирован в капитальную конструкцию нового здания губернского земства – ныне главного корпуса ТГТУ (на снимках показаны места сочленения старой и новой построек). Именно эту старую часть современного здания посещал в 1901 – 1904 гг. губернский земский гласный В. И. Вернадский



Фото 3. Здание губернской земской типографии. Построено в 1902 г.

В 1914 г. включено в капитальный комплекс губернской земской управы, в феврале 1918 г. передано типографии губернского совета рабочих, солдатских и крестьянских депутатов

В ходе обсуждения было выдвинуто отклоненное ревизионной комиссией предложение о надстройке над угловым деревянным зданием второго этажа: «Здание деревянное и ветхое. Соседство с многоценным книжным складом, тоже помещающимся в деревянном доме, со страховым отделом, полным документами, имеющими громадное имущественное значение, заставляет избегать увеличения деревянных, легкогораемых зданий» [11, с. 491]. В итоге комиссия сочла правильным постройку отдельного корпуса для страхового отделения с выделением части пространства под нужды бактериологической лаборатории и предложила собранию поручить управе подготовку проекта нового здания [11, с. 496, 497].

К данному вопросу вернулись через год – в декабре 1904 г., когда из-за отсутствия свободных помещений не удалось приступить к работе статистическому отделению управы [12, с. 506, 507]. Эта сессия губернского земства стала последней с участием В. И. Вернадского. Однако архитектурный проект и смета строительных работ в силу финансовых затруднений по-прежнему не были подготовлены.

Между тем с развитием практики вакцинации домашнего скота и закупкой дополнительного лабораторного оборудования и прививочного материала проблема служебной площади продолжала обостряться, вынудив собрание в очередной раз – в феврале 1906 г. – напомнить управе о необходимости постройки нового административного корпуса [13, с. 359].

К 1913 году, когда было принято решение о постройке главного корпуса ТГТУ, губернное земство по-прежнему располагало капитальным фондом десятилетней давности. В нем помещалась подавляющая часть аппарата губернской управы в составе двенадцати отделов: секретарского, бухгалтерского, благотворительных учреждений, санитарного, гидротехнического, агрономического, ветеринарного, пенсионного, страхового, дорожного, оценочно-статистического и экономического. Часть отделов, как и накануне капитальной реконструкции земской усадьбы 1900 – 1902 гг., размещалась на съемных квартирах, а за аренду зала для заседаний земского собрания вносилась ежегодная плата в размере 300 р.

Архитектурный проект и подготовка к строительству здания губернской земской управы

Оценив сложившуюся ситуацию, ревизионная комиссия губернского земского собрания в своем докладе в декабре 1912 г. отмечала: «Осмотрев все помещения Управы, Ревизионная комиссия отмечает крайнюю тесноту и неудобство помещений отделов... благодаря отсутствию свободных собственных помещений, Управа уже принуждена арендовать дом для размещения там оценочного отдела и отдела текущей статистики, за что платит 1200 р. в год. Вновь образующееся... школьное бюро, поместить негде. Жизнь идет вперед и земство создает комиссии, причем некоторые из них настолько многочисленны, что с трудом могут помещаться в зале Управы. Принимая во внимание вышеизложенное, а также, что у земства нет собственного зала для Собраний и заседаний многочисленных комиссий и съездов, нет кабинета для председателя... комиссия полагает, что земство поставлено в необходимость приступить к постройке нового здания

и предлагает Собранию поручить Управе составить проект нового здания на место деревянного дома, занятого в настоящее время гидрогеологическим бюро и музеем Бунакова, к будущему экстренному земскому Собранию... Одновременно разработать смету на электрическое освещение всех помещений Управы» [14, с. 814; 15, с. 41; 16, с. 953 – 975]. Рекомендации ревизионной комиссии были утверждены в ходе текущей сессии губернского собрания.

На объявленный в первой половине 1913 г. губернской управой архитектурный конкурс было представлено одиннадцать проектов, включая проект земского архитектора Э. Э. Лесюиса. Проекты оценивались жюри по трем критериям: удобству взаимного расположения отделов; удобству расположения помещений внутри каждого отдела; звукоизоляции, светонаполнению и величине воздушного пространства помещений. В состав жюри входили профессор Санкт-Петербургского института гражданских инженеров С. П. Галензовский и преподаватель архитектурно-строительного искусства Московского императорского технологического института Н. С. Курдюков. Наивысшую оценку жюри получили проекты «Харакири» (1-е место) московского архитектора К. А. Грейнерта и «Желтая марка» (2-е место) тамбовского инженера-строителя Н. О. Диамандиди. Подлежащий реализации проект К. А. Грейнерта предполагал возведение свыше 9 тыс. кв. метров новых помещений, перестройку имеющегося каменного здания (*правое крыло главного корпуса ТГТУ*), монтаж электрического освещения, меблировку комнат и укладку асфальта на прилегающей территории (фото 4). Расходы на строительство и обслуживание кредита были оценены в 381 тыс. р. Строительно-монтажные работы планировалось завершить в течение 1914 г., чтобы в следующем 1915 г. приступить к сдаче части площадей в аренду для оптимизации затрат по обслуживанию кредита [15, с. 38 – 43; 16, с. 259, 262].

На внеочередной сессии губернского земства в июне 1913 г. было принято решение о выделении из средств капитала пенсионной кассы на постройку здания долгосрочного кредита (сроком 20 лет и ставкой 5 %) в размере 250 тыс. р. и образовании комиссии для уточнения деталей проекта и сметы [15, с. 13 – 15].

Однако вопрос о целесообразности дорогостоящей постройки дебатировался на сессиях губернского собрания на протяжении всего 1913 г. Одним из аргументов противников строительства являлась планировавшаяся к 50-летию юбилею (1914) реформа земских учреждений с ликвидацией их губернского звена [16, с. 51 – 57].

Тем не менее уже в сентябре 1913 г. газета «Тамбовский край» сообщила читателям ряд подробностей предстоящей стройки: «Вся постройка будет в стиле “ампир”. Угольный дом, в котором в настоящее время помещаются гидрогеологическое бюро и музей наглядных пособий, назначен к сносу. Новое здание, слившись со старым зданием губернской земской управы, займет все пространство до угла Араповской улицы, а затем по этой улице протянется до здания земской типографии. Новый земский дом обещает быть чуть ли не первым по грандиозности и красоте зданием в городе» [17].

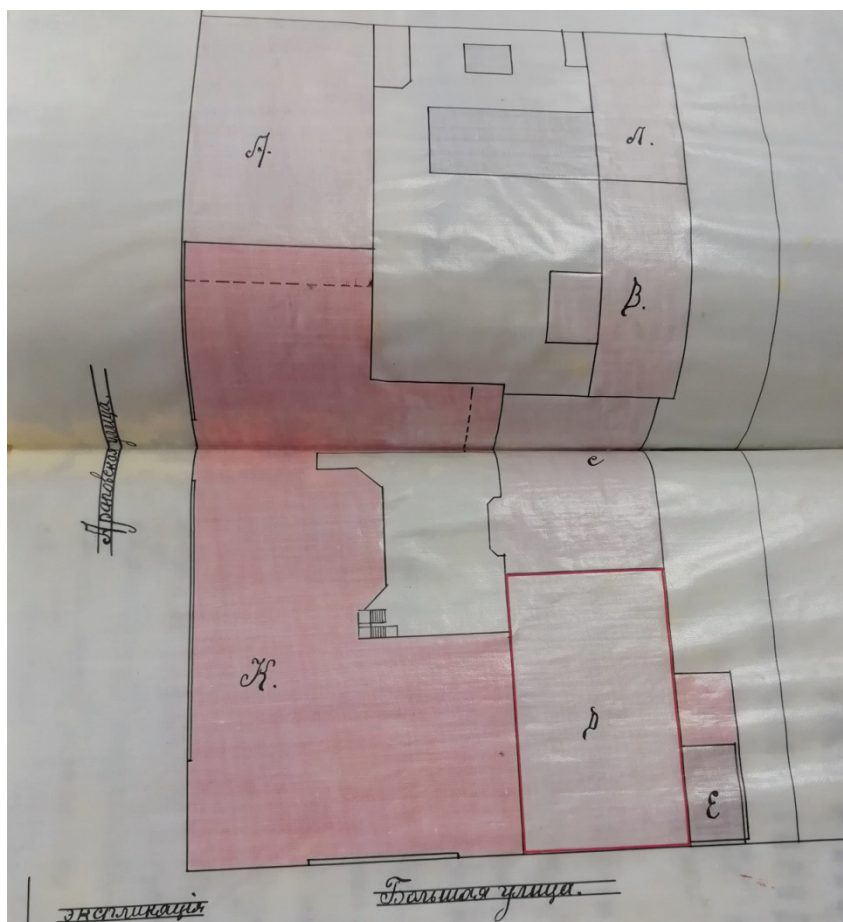


Фото 4. Генеральный план усадьбы губернского земства, подготовленный в марте 1914 г. по случаю предстоящего строительства.

На плане наглядно представлена композиция нового здания: основная часть (строения К и Е) – возведенная заново трехэтажная несущая конструкция с цокольным помещением на месте сараев и одноэтажного деревянного дома, в котором располагался музей наглядных пособий им. Н. Ф. Бунакова; правое крыло (строения С и D) – частично перестроенное прежнее здание губернской управы [18]

Окончательно смета строительных работ вместе с архитектурными пожеланиями заказчика были утверждены в декабре 1913 г. Сметная комиссия посчитала целесообразным замену предложенных кровельных и связующих материалов на более качественные, в частности, романовского цемента – портландским, террофозерита (искусственного шифера) – медью.

Потребность в основном строительном материале – кирпиче, была определена в 1250 тыс. штук. Стоимость постройки без учета электромонтажных работ исчислялась в 220 тыс. р. Первый этаж будущего здания предназначался для страхового и дорожного отделов; второй – кабинетов председателя и общего присутствия управы, зала заседаний губернского собрания (180 квадратных метров с хорами), секретарского и бухгалтерского отделов. Место размещения остальных отделов не являлось принци-

пиальным. На каждом этаже планировались помещения для машинисток (ремингтонные комнаты), дежурных сторожей, телефонных аппаратов, буфета (не менее 70 кв. метров каждое), уборных (2 – 4 комнаты на этаж). Также была обозначена потребность в двух раздевальных комнатах на 400 человек каждая [16, с. 253 – 263; 19].

10 января 1914 г. губернской управой был объявлен всероссийский конкурс строительных подрядчиков, на который к 1 февраля подали заявку четыре участника: тамбовские подрядчики Ф. Н. Пикулин и братья И. И. и Н. И. Замятины и столичные – С. Л. Гинзбург и Велодский. Участники конкурса были обязаны внести денежный или финансовый залог в размере 5 % сметной суммы. Условия конкурса предоставляли преимущество в получении подряда строительным организациям с высокой репутацией и включали пожелание относительно сроков строительства – в течение одного строительного сезона. Поскольку финансовые условия подряда удовлетворили только Ф. Н. Пикулина (остальные участники конкурса требовали 18 % надбавки за работу), с ним в начале февраля 1914 г. был заключен соответствующий договор [19, с. 25, 26; 20; 21]. В марте 1914 г. строительный проект был согласован с Тамбовской городской управой и получено разрешение города на его реализацию.

Строительство здания губернской земской управы в 1914 – 1917 гг.

8 февраля 1914 г. губернской управой была осуществлена публичная продажа под снос углового деревянного здания на каменном фундаменте (угол ул. *М. Горького* и *Советская*) вместе с примыкавшим к нему кирпичным забором, протянувшимся вдоль ул. Араповская до здания земской типографии (*современное Министерство здравоохранения Тамбовской области*). Победитель конкурса был обязан демонтировать упомянутые постройки к 25 февраля. Им стала сберегательно-вспомогательная касса служащих губернского земства, выкупившая строения за 2700 р. с намерением их переноса в с. Тулиновка или иное место для использования в качестве дачной постройки своих членов. Располагавшийся в этом здании музей наглядных пособий им. Н. Ф. Бунакова был размещен на Дворянской улице (*Интернациональная*) в доме Вышеславцевой, а с марта 1915 г. – на углу 1-й Долевой и Дубовой (*К. Маркса* и *Комсомольской*) в доме Пирожкова [22 – 25].

В первой половине февраля 1914 г. Ф. Н. Пикулин приступил к подвозу строительных материалов, перекрыв часть Араповской улицы штабелями кирпича. В результате, свободный проезд по улице длительное время стал невозможен: даже спустя пятнадцать месяцев – в мае 1915 г., строительным щебнем по-прежнему были завалены не только Араповская, но и Дворянская улица со стороны реального училища [26, 27].

Закладка нового здания губернского земства состоялась в один час по полудни 22 марта 1914 г. на месте снесенного углового деревянного дома в присутствии гласных и служащих земской управы. Первый камень в его основание был положен председателем управы Ю. В. Давыдовым [28].

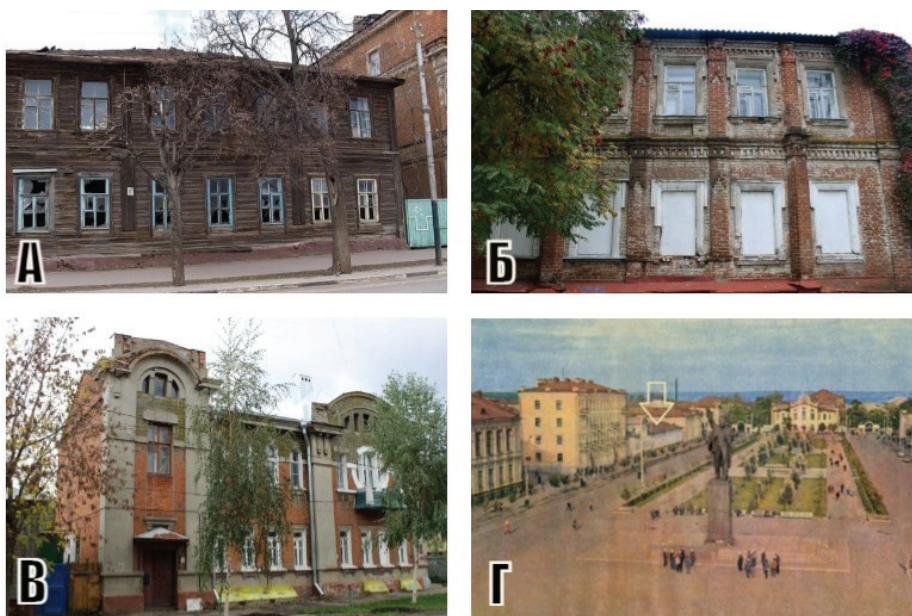


Фото 5. Начальный этап строительства нового здания губернского земства.

Кирпичная кладка корпуса вдоль ул. Араповская. В центре в белом пиджаке с тростью – заместитель председателя губернской земской управы Е. П. Кондырев. 10 мая 1914 г. (фотография из семейного архива М. С. Чтецовой)

Строительные работы протекали очень интенсивно: к июлю 1914 г., когда началась Первая мировая война, подрядная организация Ф. Н. Пикулина уже приступила к кладке третьего этажа новой пристройки, одновременно произведя частичный слом, надстройку и перепланировку старого двухэтажного каменного здания управы, приобретенного в 1896 г. у домовладелицы Ладан. Располагавшиеся в нем отделы управы были временно переведены в съемные помещения, а в примыкавшем к нему, построенном в 1900–1901 гг., трехэтажном корпусе по-прежнему осуществлялась деятельность присутствия управы во главе с Ю. В. Давыдовым, а также секретарского и страхового отделов (фото 5).

С марта 1915 г., в связи с перепланировкой упомянутого трехэтажного корпуса, присутствие управы вместе с секретарским и бухгалтерским отделами расположилось на Дворянской улице в доме Вышеславцевой; санитарный и ветеринарный отделы, отделы народного образования и пенсионной кассы, музей наглядных пособий им. Н. Ф. Бунакова – на перекрестке 1-й Долевой и Дубовой в доме № 103 Пирожкова; оценочно-статистический и экономический отделы – на Большой улице, 20, в доме Л. Х. Бровкиной; оценочный отдел – на Дубовой улице, 4, в доме Владиславской; отдел предупредительного страхования – на Семинарской (Ленинградской) улице в доме № 15; гидротехнический отдел – на Дубовой улице в доме Ливенцева; Тамбовский губернский комитет Всероссийского земского союза – на Дворянской улице в доме Загряжского. Страховой и дорожный отделы остались в перестраиваемом трехэтажном здании управы [24, 29, 30] (фото 6).



**Фото 6. Жилые дома, в которых размещались отделы
и службы губернской земской управы:**

А – дом Пирожкова (утрачен, фотография группы «Старый Тамбов»); Б – дом Владиславской (фотография Э. Елизаровой, 2022 г.); В – дом А. Ливенцова (фотография Э. Елизаровой, 2022 г.); Г – стрелкой отмечен дом Загряжского (утрачен, открытка 1972 г.)

Пикулин Ф. Н. рассчитывал завершить подрядные работы в течение одного строительного сезона, однако эти планы были нарушены Первой мировой войной [24].

В июне 1915 г., спустя пятнадцать месяцев после начала строительства, были подведены его промежуточные итоги и поставлен вопрос о пересмотре сметы проекта в сторону увеличения ввиду роста цен на строительные материалы. К этому времени Ф. Н. Пикулиным были завершены кладка стен и монтаж большей части кровли, проведено оштукатуривание основной части внутренних стен и потолков, выполнены внутренние перекрытия и начаты работы по наружной отделке здания, настилу полов и монтажу вентиляции. В процессе строительства был осуществлен слом с последующим возведением заново ветхих конструкций старого здания управы (в объеме 277 кубометров кирпичной кладки); перенос в ней части каменных сводов, дверей и окон, замена дверных и оконных коробок, дверных полотен, оконных переплетов и стекол, оштукатуривание внешних стен (на площади 426 квадратных метров); проведена кладка фасадного балкона и устройство веранды на крыше здания с выходом в колодец двора.

Технический надзор за ходом строительных работ со стороны губернской управы с марта 1914 г. по январь 1916 г. осуществлял московский техник В. Н. Филиппов, награжденный за добросовестное исполнение обязанностей специальной премией.

15 мая 1915 г. Ф. Н. Пикулин обратился в губернскую управу с заявлением о необходимости повышения стоимости подрядных работ на 25 % (45 тыс. р.), мотивируя свою просьбу инфляцией военного времени: за ис-

текший с начала строительства год ее показатель в отношении основных строительных материалов составил 15–100 %, а по дефицитным образцам – до 500 %. Военские мобилизации отрицательно отразились на уровне квалификации строителей подрядной фирмы Ф. Н. Пикулина, нанеся финансовые убытки ее владельцу.

Этот вопрос стал предметом обсуждения на заседании губернского собрания 18 июня 1915 г. Рассматривалось два варианта решения проблемы: приостановка строительства на неопределенный срок в ожидании возврата цен к довоенным показателям или его продолжение с учетом условий военного времени. Учитывая высокие затраты земства на съем временных помещений для канцелярии управы, составившие в 1914–1915 гг. 11640 р. с перспективой роста, сопутствующие расходы (наем сторожей, оплата отопления и услуг телефонной связи), неудобство расположения отделов управы в разных частях города и приняв во внимание скромные финансовые запросы Ф. Н. Пикулина при заключении договора подряда, собранием было принято решение о продолжении строительства на условиях подрячика [19, с. 11 – 14, 25 – 33; 31, с. 372, 373].

Завершение подрячиком к концу лета 1915 г. основной части строительно-монтажных работ позволило публично объявить о сроке начала эксплуатации нового здания – ноябрь 1915 г. В августе этого года было запланировано размещение в здании крупного военного госпиталя Всероссийского земского союза и проведена инспекция его помещений. Через месяц планы изменились – было принято принципиальное решение об использовании здания по целевому назначению. В воскресенье, 20 сентября 1915 г., в новом здании состоялось заседание служащих губернского земства по вопросу об отчислении части жалования на нужды беженцев. Аналогичное мероприятие состоялось 4 октября. В середине октября 1915 г. в здании было проведено совещание губернских земских гласных и представителей общественности по вопросу размещения беженцев. К этому времени подрядная организация Ф. Н. Пикулина завершила внутреннюю отделку только второго и третьего этажей, запланировав аналогичные работы в отношении первого и цокольного этажей, актового зала губернского собрания и вестибюля на 1916 г. Вдоль заваленной строительными материалами Араповской улицы были убраны строительные леса [32 – 38].

Переезд в новое здание отделов губернской земской управы начался в октябре 1915 г.: первым, в середине месяца, был размещен оценочный отдел, за ним – бухгалтерский. В субботу, 24 октября, начался массовый переезд остальных отделов управы, за исключением страхового, для которого предназначался неотделанный к этому времени первый этаж. Газета «Тамбовский край» в номере от 1 ноября 1915 г. по этому случаю сообщала: «Вчера все отделы губернской земской управы, за исключением страхового, перешли во вновь отстроенное помещение на углу Большой и Араповской улиц. Внутри новое здание управы очень красиво и удобно». А вот как освещала это событие газета «Тамбовский листок» в номере от 29 октября: «Здание губернской земской управы на углу Большой и Араповской ул. очищается от лесов. Из-под лесов выходит стройная постройка в стиле московский ампи́р, увенчанная величественным куполом, выделяющимся надо всеми домами по Большой улице. Здание почти

окончено, остался неоштукатуренным только нижний этаж из-за недостатка цемента. 3-й этаж уже занят, к 1-му ноября переходят отделы губ. управы и во 2-й этаж. Недели через 3 – 4 будет готов для страхового отдела и 1-й этаж. Остается неотделанной только зала в 2 света во 2-м и 3-м этаже. Эта зала должна будет занять первое место среди зал в Тамбове по красоте и выдержанности стиля. Она будет отделана в стиле строго классическом. По размерам будет немного короче залы дворянского собрания, если не считать там колонн. Все здание построено по проекту московского архитектора К. А. Грейнерт при непосредственном наблюдении за постройкою его помощника В. Н. Филиппова. Первоначально проект был составлен в стиле модернизированного немецкого классицизма, а потом, изменяясь, проект был изменен в ампир. Постройка обошлась в 250 тысяч рублей». В новом здании разместился и Тамбовский губернский комитет Всероссийского земского союза. К началу 1916 г., после переезда в новое здание страхового отдела, в съемном помещении остался лишь отдел добровольного страхования [39 – 44]. В августе 1916 г. был сдан в эксплуатацию зал заседаний земского собрания, которое тем не менее продолжало проводить сессии в помещении губернского дворянского собрания (*здание Тамбовского областного драматического театра*) [45, 46] (фото 7).



Фото 7. Здание тамбовского дворянского собрания в начале XX века (вверху), современный вид (внизу)

К февралю 1917 г., когда началась революция, положившая через год конец земской деятельности на Тамбовщине, часть внутренних отделочных работ по-прежнему оставалась незавершенной (в частности, меблировка помещений отделов и зала заседаний губернского собрания). К лету 1917 г. расходы на строительство достигли 366,5 тыс. р., из которых 309 тыс. р. составили выплаты подрядчику Ф. Н. Пикулину, 23 тыс. – оборудование системы отопления и 13 тыс. – устройство электрического освещения, телефонной связи, меблировка комнат и пр. К началу строительного сезона 1917 г. Ф. Н. Пикулин выполнил свыше 97 % работ, определенных договором, вновь подав заявление о пересмотре суммы контракта в сторону увеличения на 65 тыс. р. Аналогичное ходатайство было подано инженером Саппаком, выполнявшим монтаж отопительной системы. Оба ходатайства были удовлетворены. В итоге общие расходы на постройку здания были определены в 466,5 тыс. р., почти вдвое превысив первоначальную смету [47, с. 23 – 26].

Помимо земства в помещениях нового здания в 1916–1917 гг. эпизодически заседали различные общественные организации. В частности, 15 февраля 1916 г. состоялось заседание исполнительной комиссии Общественного комитета помощи пострадавшим от войны; 26 мая 1916 г. – собрание вновь учрежденного Тамбовского общества распространения среднего образования, уставной целью которого было открытие в Тамбове осенью 1916 г. мужской гимназии. Председателем собрания и правления нового общества стал председатель губернской земской управы Ю. В. Давыдов. В августе 1916 г. в новом зале заседаний губернского земского собрания проводились губернские совещания по тарификации хлебных цен и реквизиции скота. Накануне революции – в январе 1917 г. – состоялись губернское совещание по закупке медикаментов; публичная лекция студента Московского коммерческого института; губернское продовольственное совещание. После ликвидации в начале марта 1917 г. исполнительных органов монархии здание стало местом расположения высших органов власти Тамбовской губернии: губернского комитета и губернского комиссара Временного правительства, которым стал председатель губернской земской управы Ю. В. Давыдов, принявший 6 марта дела у прежнего губернатора А. А. Салтыкова [48 – 61].

Деятельность губернской земской управы была прекращена 21 февраля 1918 г. постановлением Временного Тамбовского губернского Совета рабочих, солдатских и крестьянских депутатов, а в ее здании в начале марта расположились Исполнительный комитет Тамбовского губернского Совета рабочих, солдатских и крестьянских депутатов и Совет народных комиссаров Тамбовской губернии; а во второй половине апреля – сам губернский Совет рабочих, солдатских и крестьянских депутатов. Одновременно – с конца февраля 1918 г. – в здании губернской земской типографии по ул. Араповская разместились редакция и типография советской газеты «Известия Губернского Совета» [62, с. 52 – 56; 63, 64] (фото 8).



Фото 8. Здание губернской управы в первые годы Советской власти (вверху), современный вид (внизу)

Постскриптум: здание Тамбовской губернской земской управы как центр сохранения и изучения наследия В. И. Вернадского

В феврале 1994 г. бывшее здание Тамбовской губернской земской управы было передано ТГТУ, став местом расположения его административных органов, а спустя некоторое время – одного из российских научных центров, занимающихся сохранением и изучением наследия академика В. И. Вернадского.

В 2004 г. ТГТУ стал учредителем *Ассоциации «Объединенный университет имени В. И. Вернадского»* (далее – Ассоциация), в состав которой к настоящему времени входит ряд, в том числе федеральных, вузов и НИИ Европейской России. Ее деятельность нацелена на объединение усилий научных и образовательных организаций в распространении экологических знаний в российском обществе. Ассоциацией организуются международные и всероссийские конференции. Наградами были отмечены полевые проекты Ассоциации: Научно-просветительская экспедиция *«Плавучий университет имени В. И. Вернадского»* была удостоена в 2018 г. Национальной экологической премии имени В. И. Вернадского; проект *«Плавучий эковолонтерский отряд «Вернадский»*» стал в 2022 г. победителем V Всероссийского конкурса «Лучший эковолонтерский отряд» в номинации «Экомолодость».

В целях развития профессиональных навыков обучающихся Ассоциацией проводится конкурс инновационных инженерных компетенций «ПротоМастер». Его цель – формирование сообщества молодых ученых – технологов, материаловедов, конструкторов, ориентированных на коммерциализацию результатов интеллектуальной деятельности в перспективных технологических сегментах. В качестве отборочной ступени проектов для конкурса «УМНИК» организована ежегодная *межвузовская научная студенческая конференция «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития»*. Регулярно проводятся региональные *Юношеские чтения имени В. И. Вернадского*, где обучающиеся представляют результаты своей проектной деятельности в сфере экологии, природопользования и охраны окружающей среды. С 2019 года, при активном участии Ассоциации, приступила к работе *федеральная электронно-библиотечная система (ЭБС) «Вернадский»*.

Важнейшим стратегическим партнером Ассоциации стал Неправительственный экологический фонд имени В. И. Вернадского. Фонд активно участвует в проведении фестивалей, собраний, конференций Ассоциации. На базе Ассоциации создана *Центрально-Черноземная региональная комиссия по присуждению именных стипендий Неправительственного экологического фонда имени В. И. Вернадского*, деятельность которой охватывает территории Тамбовской, Липецкой, Воронежской, Курской, Орловской, Рязанской и Белгородской областей. Органы управления Комиссии расположились в административном корпусе ТГТУ.

В 2019 году между Администрацией Тамбовской области, Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова и Ассоциацией подписан Меморандум о создании *Научно-образовательного консорциума «Вернадский – Тамбов»* (далее – Консорциум), география которого к настоящему времени включает более 30 региональных площадок. В основе деятельности Консорциума лежат три составляющие социального развития – наука, образование и промышленность. Эта деятельность направлена на развитие высокотехнологичного сельского хозяйства и промышленности, сохранение окружающей среды и обеспечение экологической безопасности с опорой на принципы, ранее сформулированные академиком В.И. Вернадским.

К настоящему времени Консорциумом организованы десятки научных и просветительских мероприятий международного, национального и межрегионального уровней, в числе которых *межрегиональная экологическая секция молодежной научной конференции «Ломоносов»* и *Всероссийская геоэкологическая школа*. Органы управления Консорциумом расположены в административном корпусе ТГТУ.

В 2022 году Постановлением Президиума РАН создана Комиссия РАН по изучению научного наследия выдающихся ученых. В ее составе выделена Секция по изучению научного наследия академика В. И. Вернадского (далее – Секция), в которую вошли академики, члены-корреспонденты и профессора РАН, академики РАО, ведущие биографы В. И. Вернадского, ноосферологи, экологи и другие ученые мирового и национального масштаба – последователи учения В. И. Вернадского. Руководителем Секции избран ректор ТГТУ М. Н. Краснянский, а ее аппарат и секретариат расположились в упомянутом административном корпусе.

Заключение

Таким образом, строительство здания главного корпуса ТГТУ осуществлялось в два этапа и было связано с нехваткой служебных помещений для гласных и исполнительного аппарата губернского земства. На первом этапе – в 1900–1901 гг. – по проекту земского архитектора Ф. А. Данилова в глубине усадебной территории по соседству с Сиротским домом был построен трехэтажный каменный корпус с подвальным помещением, соединенный со старым двухэтажным зданием управы постройки XIX века. На втором этапе – в 1914–1915 гг. – по проекту московского архитектора К. А. Грейнерта было частично демонтировано и перестроено старое двухэтажное здание управы и возведена огромная F-образная трехэтажная пристройка с подвальным помещением в стиле ампира, соединенная с упомянутым трехэтажным корпусом и зданием земской типографии в единую капитальную конструкцию, существующую в настоящее время. В силу материальных затруднений строительство, отделка и оборудование нового здания растянулись на четыре строительных сезона – с весны 1914 г. до лета 1917 г. Тем не менее уже осенью 1915 г. новое здание было сдано в эксплуатацию губернской управе, а к осени 1916 г. в основном завершена его внутренняя отделка. К началу февральской революции 1917 г., упразднившей старое цензовое земство, предусмотренные проектной сметой строительные-монтажные и отделочные работы были почти завершены. Однако через год новое здание, в связи с упразднением в Советской России земских учреждений, перешло в пользование губернских органов советской власти.

Высшие краевые органы советской власти – губернские и областные исполнительные комитеты советов – располагались в здании с марта 1918 г. по февраль 1921 г. и с октября 1937 г. по декабрь 1991 г., когда здесь разместилась Администрация Тамбовской области во главе с ее первым руководителем В. Д. Бабенко. В период гражданской войны бывшее здание губернского земства именовалось «зданием губисполкома», а в 1920 г. – «Первым Домом Советов». Вместе с президиумом губисполкома здесь размещались его отраслевые управления и отделы, а также губернский совет народного хозяйства. С марта 1921 г. по август 1930 г. в здании, получившем наименование «Дворец Труда», располагались губернские (с 1928 г. – окружные) профсоюзные и советские органы: совет профсоюзов и его отраслевые отделы, отдел труда, комитет труда, совет народного хозяйства. В 1922 г. в нем непродолжительное время находился городской партийный клуб, а в конце года здесь разместился центральный рабочий клуб с профсоюзной школой и библиотекой. В ноябре 1922 г. в его стены переехала Тамбовская губернская контора государственного страхования. В это же время, по случаю пятилетней годовщины Октябрьской революции, на фасаде здания была размещена мемориальная доска с информацией о его использовании в качестве первого помещения Тамбовского губисполкома советов. После упразднения в июле 1930 г. Тамбовского округа и ликвидации в конце августа окружных профсоюзных органов здание было передано агропедагогическому (с 1935 г. учительскому) институту, который находился в его стенах с октября 1930 г. по октябрь 1937 г.

С образованием 27 сентября 1937 г. Тамбовской области здесь разместился организационный комитет Президиума ВЦИК (Верховного Совета) РСФСР по Тамбовской области, а с января 1940 г. – исполнительный комитет Тамбовского областного совета депутатов трудящихся (облисполком) с отраслевыми управлениями и трестами [65, с. 60, 61, 100 – 105; 66, с. 9, 16, 18; 67 – 89].

Начиная с 1901 г., когда был построен сохранившийся до настоящего времени трехэтажный корпус губернской управы (*правая заглубленная часть главного корпуса с арочными оконными проемами и выходом во внутренний двор*), и по 1994 г., когда здание было передано на баланс ТГТУ, оно стало местом работы свыше 20 руководителей Тамбовского края: от председателя губернской земской управы М. П. Колобова (1901 – 1904) до главы Администрации Тамбовской области В. Д. Бабенко (1991 – 1993). Среди этих руководителей были такие известные, отчасти увековеченные в названиях городских улиц, фигуры, как председатель губернской земской управы и губернский комиссар Временного правительства Ю. В. Давыдов (1909 – 1917); первые руководители губернского совета и его исполкома М. Д. Чичканов (1918–1919), В. А. Антонов-Овсеенко (1919–1920) и А. Г. Шлихтер (1920–1921); фактически первый советский руководитель недавно образованной Тамбовской области И. Т. Козырьков (1938 – 1943); председатели облисполкома и впоследствии первые секретари Тамбовского обкома КПСС В. И. Черный (1961 – 1966) и Е. М. Подольский (1979 – 1985); председатель облисполкома, а впоследствии глава Администрации Тамбовской области А. И. Рябов (1985 – 1991).

В галерее исторических фигур, работавших в стенах главного корпуса технического университета, выделяется фигура ученого с мировым именем, одного из авторов концепции ноосферы, академика В. И. Вернадского, который в качестве земского гласного Тамбовской губернии (1892 – 1906) неоднократно бывал в старой части здания и лично участвовал в приобретении земельного участка и строений, положенных в его основание.

В настоящее время бывшее здание Тамбовской губернской земской управы стало местом организации мероприятий экологического профиля, а также деятельности различных научных и научно-образовательных объединений по сохранению и изучению наследия академика В. И. Вернадского, что позволяет использовать его в качестве педагогического инструмента в процессе популяризации среди студентов ТГТУ идей великого ученого.

Представленный исторический контекст имеет важное педагогическое значение, поскольку позволяет включить в программу обучения и воспитания студентов новые дидактические единицы, связанные с деятельностью на Тамбовщине академика В. И. Вернадского, и создает дополнительные возможности в области формирования корпоративной культуры обучающихся на основе знания истории университета.

Список литературы

1. Бредихин, В. Е. Памятные места В.И. Вернадского: история строительства здания Тамбовской губернской земской управы и педагогические аспекты ее изучения студентами экологического профиля (1903 – 1917 гг.) / В. Е. Бредихин, И. В. Двухжилова, А. В. Козачек // Вопросы современной науки и практики. Уни-

верситет им. В. И. Вернадского. – 2023. – № 2(88). – С. 102 – 124. doi: 10.17277/voprosy.2023.02.pp.102-124

2. Кученкова, В. А. Известный Тамбов / В. А. Кученкова. – Тамбов : Пролетарский светоч, 1993. – 221 с.

3. Горелов, А. А. Тамбов: (Центральная часть) : Справочник-путеводитель / А. А. Горелов, Ю. К. Щукин. – Тамбов : Пролетарский светоч, 1999. – 193 с.

4. Молчанова, Г. А. Старый Тамбов от А до Я (История дореволюционного Тамбова в коротких рассказах) / Г. А. Молчанова, Н. В. Олонцева, Ю. К. Щукин ; под ред. В. М. Юрьева. – Тамбов : Пролетарский светоч, 2004. – 320 с.

5. Ермаков, В. А. Прогулки по старому Тамбову: иллюстрированный путеводитель / В. А. Ермаков, Ю. К. Щукин, А. А. Горелов. – Тамбов : Пролетарский светоч, 2011. – 192 с.

6. Тамбовская энциклопедия / авт. ст. А. М. Абрамов [и др.] ; гл. ред. Л. Г. Протасов. – Тамбов : Юлис, 2004. – 708 с.

7. Леденева, Г. Л. Гражданская архитектура российской провинции конца XIX – начала XX столетий (на примере застройки г. Тамбова) : учеб. пособие / Г. Л. Леденева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 80 с.

8. Двухжилова, И. В. В. И. Вернадский на Тамбовщине: коммеморативные материалы / И. В. Двухжилова, А. Ю. Вязинкин, А. А. Горелов // Устойчивое развитие: традиции местного самоуправления и современность (к 155-летию земской реформы и 75-летию ноосферной концепции В. И. Вернадского) : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (27–28 мая 2019 г.). – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 173 – 180.

9. Журналы очередного Тамбовского губернского земского собрания, бывшего в декабре 1899 года. – Тамбов : Губернская земская типография, 1900. – 888 с.

10. Журналы чрезвычайного Тамбовского губернского земского собрания, бывшего в январе 1902 года. – Тамбов : Губернская земская типография, 1902. – 826 с.

11. Журналы очередного Тамбовского губернского земского собрания декабрьской сессии 1903 года. – Тамбов : Губернская земская тип., 1904. – 850 с.

12. Журналы очередного Тамбовского губернского земского собрания, бывшего в декабре 1904 года. – Тамбов : Губернская земская тип., 1905. – 553 с.

13. Журнал Тамбовского губернского земского собрания февральской сессии 1906 года. – Тамбов : Губернская земская тип., 1906. – 685 с.

14. Тамбовское губернное земское собрание. Журналы Тамбовского губернского земского собрания очередной сессии 1912 года. – Тамбов : Тип. Губернского земства, 1913. – 1152 с.

15. Тамбовское губернное земское собрание. Журналы Тамбовского губернского земского собрания чрезвычайной сессии 1913 года с приложениями. – Тамбов : Тип. Губернского земства, 1913. – 79 с.

16. Тамбовское губернное земское собрание. Журналы Тамбовского губернского земского собрания очередной сессии 1913 года с приложениями. – Тамбов : Тип. Губернского земства, 1914. – 975 с.

17. Тамбовский край. – 1913. – 24 сентября.

18. Государственный архив Тамбовской области (ГАТО). Ф. 17. Оп. 1. Д. 5190.

19. Тамбовское губернное земское собрание. Журнал чрезвычайного Тамбовского губернского земского собрания 18-го июня 1915 года с приложениями. – Тамбов : Тип. Губернского земства, 1915. – 70 с.

20. Тамбовский край. – 1914. – 16 января.

21. Тамбовский край. – 1914. – 4 февраля.

22. Тамбовский край. – 1914. – 5 февраля.

23. Тамбовский край. – 1914. – 12 февраля.

24. Тамбовский край. – 1914. – 2 июля.

25. Тамбовский край. – 1915. – 10 марта.
26. Тамбовский край. – 1914. – 18 февраля.
27. Тамбовский край. – 1915. – 2 мая.
28. Тамбовский край. – 1914. – 23 марта.
29. Тамбовский край. – 1915. – 28 февраля.
30. Тамбовский край. – 1915. – 2 марта.
31. Тамбовское губернское земское собрание. Журналы Тамбовского губернского земского собрания очередной сессии 1915 года с приложениями. – Тамбов : Тип. Губернского земства, 1916. – 669 с.
32. Тамбовский край. – 1915. – 19 августа.
33. Тамбовский край. – 1915. – 22 сентября.
34. Тамбовский край. – 1915. – 30 сентября.
35. Тамбовский край. – 1915. – 13 октября.
36. Тамбовский край. – 1915. – 3 ноября.
37. Тамбовский листок. – 1915. – 4 октября.
38. Тамбовский край. – 1915. – 16 октября.
39. Тамбовский листок. – 1915. – 21 октября.
40. Тамбовский листок. – 1915. – 29 октября.
41. Тамбовский край. – 1915. – 1 ноября.
42. Тамбовский край. – 1915. – 5 ноября.
43. Тамбовский край. – 1915. – 8 декабря.
44. Тамбовский край. – 1916. – 13 января.
45. Тамбовский край. – 1916. – 11 августа.
46. Тамбовский край. – 1917. – 4 марта.
47. Тамбовское губернское земское собрание. Журнал чрезвычайного Тамбовского губернского земского собрания 1-го июня 1917 года. – Тамбов : Тип. Губернского земства, 1917. – 59 с.
48. Тамбовский край. – 1916. – 14 февраля.
49. Тамбовский край. – 1916. – 29 мая.
50. Тамбовский край. – 1916. – 9 августа.
51. Тамбовский край. – 1916. – 10 августа.
52. Тамбовский край. – 1917. – 3 января.
53. Тамбовский край. – 1917. – 6 января.
54. Тамбовский край. – 1917. – 11 января.
55. Тамбовский край. – 1917. – 15 января.
56. Тамбовский край. – 1917. – 7 марта.
57. Тамбовский край. – 1917. – 8 марта.
58. Тамбовский край. – 1917. – 9 марта.
59. Тамбовский край. – 1917. – 12 марта.
60. Известия Тамбовского Совета рабочих, крестьянских и солдатских депутатов. – 1917. – 24 августа.
61. Известия Тамбовского Совета рабочих, крестьянских и солдатских депутатов. – 1917. – 10 сентября.
62. 1917 – 1918. Хроника революционных событий Тамбовской губернии / Тамбовская Губернская комиссия по организации и проведению Десятилетия Октябрьской Революции / сост. П. Крошицкий, С. Соколов. – Тамбов : Пролетарский Светоч, 1927. – 74 с.
63. Известия Тамбовского губернского Совета рабочих, солдатских и крестьянских депутатов. – 1918. – 6 апреля.
64. Известия Тамбовского губернского Совета рабочих, солдатских и крестьянских депутатов. – 1918. – 19 апреля.
65. Грызлов П. Вся Тамбовская губерния: Справочная книга на 1923 год / П. Грызлов, М. Хрунов. – Тамбов : Тамбовская правда, 1923. – 530 с.

66. Список абонентов тамбовской городской и уездной сети. – Тамбов : Пролетарский Светоч, 1924. – 42 с.
67. Известия Тамбовского губернского исполнительного комитета советов рабочих, крестьянских и красноармейских депутатов. – 1919. – 29 января.
68. Известия Тамбовского губернского исполнительного комитета советов рабочих, крестьянских и красноармейских депутатов. – 1920. – 9 мая.
69. Известия Тамбовского губернского исполнительного комитета советов рабочих, крестьянских и красноармейских депутатов. – 1920. – 14 мая.
70. Известия Тамбовского губернского исполнительного комитета советов рабочих, крестьянских и красноармейских депутатов. – 1921. – 1 марта.
71. Известия Тамбовского губернского исполнительного комитета советов рабочих, крестьянских и красноармейских депутатов. – 1921. – 2 марта.
72. Тамбовская правда. – 1922. – 26 сентября.
73. Тамбовская правда. – 1922. – 3 октября.
74. Тамбовская правда. – 1922. – 15 октября.
75. Тамбовская правда. – 1922. – 4 ноября.
76. Тамбовская правда. – 1922. – 21 ноября.
77. Тамбовская правда. – 1922. – 5 декабря.
78. Тамбовская правда. – 1929. – 15 января.
79. Тамбовская правда. – 1929. – 19 февраля.
80. Тамбовская правда. – 1930. – 10 августа.
81. Тамбовская правда. – 1930. – 16 августа.
82. Тамбовская правда. – 1930. – 27 августа.
83. Тамбовская правда. – 1930. – 28 августа.
84. Тамбовская правда. – 1930. – 16 октября.
85. Тамбовская правда. – 1938. – 18 января.
86. Тамбовская правда. – 1938. – 21 января.
87. Тамбовская правда. – 1938. – 9 мая.
88. Тамбовская правда. – 1940. – 8 января.
89. Тамбовская правда. – 1940. – 11 января.

References

1. Bredihin V.E., Dvuhzhilova I.V., Kozachek A.V. [Memorable places V.I. Vernadsky: history of the construction of the building of the Tambov provincial zemstvo government and pedagogical aspects of its study by environmental students (1903 - 1917)], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2023, no. 2(88), pp. 102-124. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Kuchenkova V.A. *Neizvestnyy Tambov* [Unknown Tambov], Tambov: Proletarskiy svetoch, 1993, 221 p. (In Russ.)
3. Gorelov A.A., Shchukin Yu.K. *Tambov: (Tsentral'naya chast'): Spravochnik-putevoditel'* [Tambov: (Central part): Directory guide], Tambov: Proletarskiy svetoch, 1999, 193 p. (In Russ.)
4. Molchanova G.A., Olontseva N.V., Shchukin Yu. K.; V.M. Yur'yev (Ed.). *Staryy Tambov ot A do Ya (Istoriya dorevolyutsionnogo Tambova v korotkikh rasskazakh)* [Old Tambov from A to Z (History of pre-revolutionary Tambov in short stories)], Tambov: Proletarskiy svetoch, 2004, 320 p. (In Russ.)
5. Yermakov V.A., Shchukin Yu.K., Gorelov A.A. *Progulki po staromu Tambovu: illyustrirovannyi putevoditel'* [Walks through old Tambov: an illustrated guide], Tambov: Proletarskiy svetoch, 2011, 192 p. (In Russ.)
6. Abramov A.M. [et al.]; L.G. Protasov (Ed.). *Tambovskaya entsiklopediya* [Tambov Encyclopedia], Tambov: Yulis, 2004, 708 p. (In Russ.)

7. Ledeneva G.L. *Grazhdanskaya arkhitektura rossiyskoy provintsii kontsa XIX – nachala XX stoletiy (na primere zastroyki g. Tambova): ucheb. posobiye* [Civil architecture of the Russian province of the late XIX - early XX centuries (on the example of the development of Tambov): textbook. allowance], Tambov: Izdatel'stvo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2003, 80 p. (In Russ.)
8. Dvukhzhilova I.V., Vyazinkin A.Yu., Gorelov A.A. *Ustoychivoye razvitiye: traditsii mestnogo samoupravleniya i sovremennost' (k 155-letiyu zemskoy reformy i 75-letiyu noosfernoy kontseptsii V. I. Vernadskogo): materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Sustainable development: traditions of local self-government and modernity (to 155th anniversary of the zemstvo reform and 75th anniversary of the noospheric concept of V.I. Vernadsky): materials Intl. scientific-practical conf.] (27–28 May 2019), Tambov: Izdatel'skiy tsentr FGBOU VO «TGTU», 2019, pp. 173–180. (In Russ.)
9. *Zhurnaly ocherednogo Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya, byvshego v dekabre 1899 goda* [Journals of the next Tambov Provincial Zemstvo Assembly, which was held in December 1899]. Tambov, Gubernskaya zemskaya tipografiya publ., 1900, 888 p. (In Russ.)
10. *Zhurnaly ocherednogo Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya, byvshego v noyabre 1902 goda* [Journals of the next Tambov Provincial Zemstvo Assembly, which was held in November 1902]. Tambov, Gubernskaya zemskaya tipografiya publ., 1903, 968 p. (In Russ.)
11. *Zhurnaly ocherednogo Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya dekabr'skoj sessii 1903 goda* [Journals of the regular Tambov Provincial Zemstvo Meeting of the December 1903 session]. Tambov, Gubernskaya zemskaya tip. publ., 1904, 850 p. (In Russ.)
12. *Zhurnaly ocherednogo Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya, byvshego v dekabre 1904 goda* [Journals of the next Tambov Provincial Zemstvo Assembly, which was held in December 1904]. Tambov, Gubernskaya zemskaya tip. publ., 1905, 553 p. (In Russ.)
13. *Zhurnal Tambovskogo gubernskogo zemskogo Sobraniya fevral'skoj sessii 1906 goda* [Journal of the Tambov Provincial Zemstvo Assembly of the February 1906 session]. Tambov, Gubernskaya zemskaya tipografiya publ., 1906, 685 p. (In Russ.)
14. *Tambovskoe gubernskoe zemskoe sobranie. Zhurnaly Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya ocherednoj sessii 1912 goda* [Tambov Provincial Zemstvo Assembly. Journals of the Tambov Provincial Zemstvo Assembly of the next session of 1912]. Tambov, Tip. Gubernskogo zemstvo publ., 1913, 1152 p. (In Russ.)
15. *Tambovskoe gubernskoe zemskoe sobranie. Zhurnaly Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya chrezvy`chajnoj sessii 1913 goda s prilozheniyami* [Tambov Provincial Zemstvo Assembly. Journals of the Tambov Provincial Zemstvo Assembly of the extraordinary session of 1913 with appendices]. Tambov, Tip. Gubernskogo zemstvo publ., 1913, 79 p. (In Russ.)
16. *Tambovskoe gubernskoe zemskoe sobranie. Zhurnaly Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya ocherednoj sessii 1913 goda s prilozheniyami* [Tambov Provincial Zemstvo Assembly. Journals of the Tambov Provincial Zemstvo Assembly of the next session of 1913 with appendices]. Tambov, Tip. Gubern. Zemstvo publ., 1914, 975 p. (In Russ.)
17. *Tambovskii krai*, 1913, 24 September (In Russ.)
18. *Gosudarstvennyj arhiv Tambovskoj oblasti (GATO)* [State Archive of the Tambov Region (GATO).], fund 17, inventory 1, 5190. (In Russ.)

19. *Tambovskoe gubernskoe zemskoe sobranie. Zhurnal chrezvy`chajnogo Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya 18-go iyunya 1915 goda s prilozheniyami* [Tambov Provincial Zemstvo Assembly. Journal of the Extraordinary Tambov Provincial Zemstvo Assembly on June 18, 1915 with appendices]. Tambov, Tip. Gubernskogo zemstvo publ., 1915, 70 p. (In Russ.)
20. *Tambovskii krai*, 1914, 16 January (In Russ.)
21. *Tambovskii krai*, 1914, 4 February (In Russ.)
22. *Tambovskii krai*, 1914, 5 February (In Russ.)
23. *Tambovskii krai*, 1914, 12 February (In Russ.)
24. *Tambovskii krai*, 1914, 2 July (In Russ.)
25. *Tambovskii krai*, 1915, 10 March (In Russ.)
26. *Tambovskii krai*, 1914, 18 February (In Russ.)
27. *Tambovskii krai*, 1915, 2 May (In Russ.)
28. *Tambovskii krai*, 1914, 23 March (In Russ.)
29. *Tambovskii krai*, 1915, 28 February (In Russ.)
30. *Tambovskii krai*, 1915, 2 March (In Russ.)
31. *Tambovskoe gubernskoe zemskoe sobranie. Zhurnaly Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya ocherednoj sessii 1915 goda s prilozheniyami* [Tambov Provincial Zemstvo Assembly. Journals of the Tambov Provincial Zemstvo Assembly of the next session of 1915 with appendices], Tambov, Tip. Gubernskogo zemstva publ., 1916, 669 p. (In Russ.)
32. *Tambovskii krai*, 1915, 19 August (In Russ.)
33. *Tambovskii krai*, 1915, 22 September (In Russ.)
34. *Tambovskii krai*, 1915, 30 September (In Russ.)
35. *Tambovskii krai*, 1915, 13 October (In Russ.)
36. *Tambovskii krai*, 1915, 3 November (In Russ.)
37. *Tambovskii listok*, 1915, 4 October (In Russ.)
38. *Tambovskii krai*, 1915, 16 October (In Russ.)
39. *Tambovskii listok*, 1915, 21 October (In Russ.)
40. *Tambovskii listok*, 1915, 29 October (In Russ.)
41. *Tambovskii krai*, 1915, 1 November (In Russ.)
42. *Tambovskii krai*, 1915, 5 November (In Russ.)
43. *Tambovskii krai*, 1915, 8 December (In Russ.)
44. *Tambovskii krai*, 1916, 13 January (In Russ.)
45. *Tambovskii krai*, 1916, 11 August (In Russ.)
46. *Tambovskii krai*, 1917, 4 March (In Russ.)
47. *Tambovskoe gubernskoe zemskoe sobranie. Zhurnal chrezvy`chajnogo Tambovskogo gubernskogo zemskogo sobraniya 1-go iyunya 1917 goda* [Tambov Provincial Zemstvo Assembly. Journal of the Extraordinary Tambov Provincial Zemstvo Assembly on June 1, 1917]. Tambov, Tip. Gubernskogo zemstvo publ., 1917, 59 p. (In Russ.)
48. *Tambovskii krai*, 1916, 14 February (In Russ.)
49. *Tambovskii krai*, 1916, 29 May (In Russ.)
50. *Tambovskii krai*, 1916, 9 August (In Russ.)
51. *Tambovskii krai*, 1916, 10 August (In Russ.)
52. *Tambovskii krai*, 1917, 3 January (In Russ.)
53. *Tambovskii krai*, 1917, 6 January (In Russ.)
54. *Tambovskii krai*, 1917, 11 January (In Russ.)
55. *Tambovskii krai*, 1917, 15 January (In Russ.)
56. *Tambovskii krai*, 1917, 7 March (In Russ.)

57. *Tambovskii krai*, 1917, 8 March (In Russ.)
58. *Tambovskii krai*, 1917, 9 March (In Russ.)
59. *Tambovskii krai*, 1917, 12 March (In Russ.)
60. *Izvestiya Tambovskogo Soveta rabochikh, krest'yanskikh i soldatskikh deputatov*, 1917, 24 August (In Russ.)
61. *Izvestiya Tambovskogo Soveta rabochikh, krest'yanskikh i soldatskikh deputatov*, 1917, 10 September (In Russ.)
62. Kroshitskii P., Sokolov S. (Comp.). *1917-1918. Khronika revolyutsionnykh sobytii Tambovskoi gubernii. Tambovskaya Gubernskaya komissiya po organizatsii i provedeniyu Desyatilet'noi Oktyabr'skoi Revolyutsii* [Chronicle of revolutionary events in Tambov province. In Russ.]. Tambov, Proletarskii Svetoch publ., 1927, 74 p. (In Russ.)
63. *Izvestiya Tambovskogo gubernskogo Soveta rabochikh, soldatskikh i krest'yanskikh deputatov*, 1918, 6 April (In Russ.)
64. *Izvestiya Tambovskogo gubernskogo Soveta rabochikh, soldatskikh i krest'yanskikh deputatov*, 1918, 19 April (In Russ.)
65. Gryzlov P., Hrunov M. *Vsya Tambovskaja gubernija: Spravochnaja kniga na 1923 god* [The whole Tambov province: A reference book for 1923], Tambov, Tambovskaja pravda, 1923, 530 p. (In Russ.)
66. *Spisok abonentov tambovskoj gorodskoj i uездnoj seti* [List of subscribers of the Tambov city and county network], Tambov, Proletarskii Svetoch, 1924, 42 p. (In Russ.)
67. *Izvestija Tambovskogo gubernskogo ispolnitel'nogo komiteta sovetov rabochih, krest'janskikh i krasnoarmejskikh deputatov*, 1919, 29 January (In Russ.)
68. *Izvestija Tambovskogo gubernskogo ispolnitel'nogo komiteta sovetov rabochih, krest'janskikh i krasnoarmejskikh deputatov*, 1920, 9 May (In Russ.)
69. *Izvestija Tambovskogo gubernskogo ispolnitel'nogo komiteta sovetov rabochih, krest'janskikh i krasnoarmejskikh deputatov*, 1920, 14 May (In Russ.)
70. *Izvestija Tambovskogo gubernskogo ispolnitel'nogo komiteta sovetov rabochih, krest'janskikh i krasnoarmejskikh deputatov*, 1921, 1 March (In Russ.)
71. *Izvestija Tambovskogo gubernskogo ispolnitel'nogo komiteta sovetov rabochih, krest'janskikh i krasnoarmejskikh deputatov*, 1921, 2 March (In Russ.)
72. *Tambovskaja pravda*, 1922, 26 September (In Russ.)
73. *Tambovskaja pravda*, 1922, 3 October (In Russ.)
74. *Tambovskaja pravda*, 1922, 15 October (In Russ.)
75. *Tambovskaja pravda*, 1922, 4 November (In Russ.)
76. *Tambovskaja pravda*, 1922, 21 November (In Russ.)
77. *Tambovskaja pravda*, 1922, 5 December (In Russ.)
78. *Tambovskaja pravda*, 1929, 15 January (In Russ.)
79. *Tambovskaja pravda*, 1929, 19 February (In Russ.)
80. *Tambovskaja pravda*, 1930, 10 August (In Russ.)
81. *Tambovskaja pravda*, 1930, 16 August (In Russ.)
82. *Tambovskaja pravda*, 1930, 27 August (In Russ.)
83. *Tambovskaja pravda*, 1930, 28 August (In Russ.)
84. *Tambovskaja pravda*, 1930, 16 October (In Russ.)
85. *Tambovskaja pravda*, 1938, 18 January (In Russ.)
86. *Tambovskaja pravda*, 1938, 21 January (In Russ.)
87. *Tambovskaja pravda*, 1938, 9 May (In Russ.)
88. *Tambovskaja pravda*, 1940, 8 January (In Russ.)
89. *Tambovskaja pravda*, 1940, 11 January (In Russ.)

**Memorable Places of V. I. Vernadsky:
History of the Construction of the Building
of the Tambov Provincial Zemstvo Government
and Pedagogical Aspects of his Study (1903 – 1917)**

V. E. Bredikhin, I. V. Dvukhzhilova, A. V. Kozachek

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Keywords: administrative building of Tambov State Technical University; zemstvo self-government; historical memory; capital construction; corporate pedagogy; architectural monuments; Tambov provincial zemstvo government.

Abstract: The pedagogical aspects of students' study of memorable places of the life and work of V. I. Vernadsky are highlighted. As an object of corporate pedagogy, which is also an object of historical memory, the administrative building of Tambov State Technical University (TSTU), which until 1918 housed the Tambov provincial zemstvo government and where the outstanding biogeochemist Academician V.I. Vernadsky carried out his social and political activities. The history of the creation of the administrative building of TSTU as an architectural monument associated with the socio-political activities in the Tambov region of the outstanding biogeochemist, academician V.I. Vernadsky is outlined. The reasons, stages, conditions and features of the construction of the last building of the Tambov provincial zemstvo (1914 – 1917) are considered.

A conclusion is drawn about the complex structural composition of the building, built on the basis of load-bearing structures of previous capital objects of the zemstvo government, acquired and reconstructed at the turn of the 19th–20th centuries. Built in 1914–1915, the administrative building of the TSTU for employees of the Tambov provincial zemstvo government, was used by the latter as office space from the fall of 1915 to February 1918, and then was operated according to its functional purpose by the highest government bodies of the Tambov province (1918 – 1921) and Tambov region (1937 – 1993) until the transition in February 1994 to the balance of TSTU. The complex composition of the building of the provincial zemstvo, one of the parts of which at the turn of the century was the place of zemstvo activity of the future academician V.I. Vernadsky, who did a lot for the development of science and education in Russia, is the rationale for placing a memorial plaque on its facade in honor of the scientist and the historical motivation for the decision on its transfer to the capital funds of the technical university.

© В. Е. Бредихин, И. В. Двухжилова, А. В. Козачек, 2024

РОЛЬ ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Н. Ю. Бородулина, М. Н. Макеева, И. Е. Ильина

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия

Ключевые слова: коммуникация; образовательные технологии; письмо; чтение; цифровая грамотность.

Аннотация: Исследована цифровая грамотность как необходимый компонент в практике обучения чтению и письму на занятиях по иностранному языку с учетом той роли, которую в современном образовательном процессе играют информационные и коммуникационные технологии. Понятие цифровой грамотности проанализировано в трех аспектах: коммуникативные навыки; понимание влияния технологий и средств массовой информации на окружающий мир; понимание того, как и какие технологии могут использоваться в формальном или неформальном обучении в техническом вузе. Рассмотрены вопросы, касающиеся взаимосвязи цифровой грамотности с традиционной и общей грамотностью, а также наличие «усложняющего» и «облегчающего» эффектов развития грамотности.

Введение

Объектом проведенного исследования выступает цифровая грамотность студентов в процессе обучения иностранному языку в техническом вузе. *Цель статьи* – представить концепцию цифровой грамотности и влияние ее использования на все аспекты коммуникации, включая обучение.

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

- 1) охарактеризовать проблематику, к которой обращены современные филологические и педагогические исследования на базе Интернета, в том числе относительно нового терминологического аппарата;
- 2) сформулировать определение цифровой грамотности;

Бородулина Наталья Юрьевна – доктор филологических наук, профессор кафедры «Иностранные языки и профессиональная коммуникация»; Макеева Марина Николаевна – доктор филологических наук, профессор кафедры «Иностранные языки и профессиональная коммуникация», e-mail: marnikma@inbox.ru; Ильина Ирина Евгеньевна – кандидат филологических наук, доцент кафедры «Иностранные языки и профессиональная коммуникация», ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

3) выявить специфику проявления цифровой грамотности в практике обучения чтению и письму в техническом вузе;

4) продемонстрировать взаимосвязи цифровой грамотности с традиционными формами грамотности.

Научная новизна данного изыскания состоит в рассмотрении роли и места цифровой грамотности на занятиях по иностранному языку в комплексе всех отношений, в которые вовлекаются студенты и преподаватели, участвующие в образовательном процессе: 1) при выработке коммуникативных умений и навыков; 2) при взаимодействии через современные технологии и средства массовой информации с окружающим миром; 3) при соотношении образовательных услуг с реалиями современного мира и использовании цифровых практик в формальном или неформальном обучении.

Актуальность проведенного исследования усматривается в обобщении накопленных знаний по вопросам взаимосвязей между гуманитарными науками и электронной коммуникацией с акцентированием влияния высоких технологий на образование, широко использующее онлайн-форматы на всех уровнях учебного процесса, в том числе на занятиях по иностранному языку в неязыковом вузе, что подразумевает как активное участие в коммуникации вообще, так и свободное обращение к технологическим устройствам на базе Интернета в практике чтения и письма. Данное научное изыскание вписывается в проблематику работ общегуманитарного направления, соответствующего господствующей в современном научном поиске антропоцентрической парадигме.

Для достижения поставленной цели и решения намеченных задач использовались следующие общенаучные *методы*: описательный; сопоставительный; анализа и синтеза, а также методика терминологического анализа для уточнения новых научных понятий.

Решение поставленных задач стало возможно благодаря *теоретической базе*, представленной трудами, которые посвящены вопросам образования в высшей школе, в том числе обучению иностранным языкам студентов неязыкового вуза [1, 2]; дают дефиниции функциональной грамотности в высшей школе [3]; раскрывают особенности влияния цифровизации на образовательный процесс [4, 5].

Цифровая грамотность при обучении иностранному языку

Цифровая грамотность в настоящее время занимает важное место в формировании навыков граждан XXI века. Это связано с тем, что письменность сегодня принимает более разнообразные формы, чем когда-либо в прошлом (включая так называемое экранное письмо), а информационные и коммуникационные технологии играют центральную роль в диверсификации и распространении практики чтения и письма.

Чтение и письмо – социальные сущности, которые сегодня все больше полагаются на использование информационных и коммуникационных технологий. Известно, что цифровое письмо, и соответственно чтение, сосуществует с традиционным письмом, поэтому цифровая грамотность занимает достойное место в наборе навыков, которыми должны обладать и дети, и взрослые нового тысячелетия.

Прежде всего, отметим широкий круг проблем, к которым обращены отечественные и зарубежные лингвистические работы, проводимые на базе Интернета. На первый план выдвигаются следующие темы: взаимосвязь, мультимодальность, масштабируемость и повсеместное распространение сетевой коммуникации. Обзор проблематики трудов современных ученых позволяет выделить следующие аспекты:

- анализ экранного письма как сложного неоднородного лингвосомиотического единства вербальных и невербальных, устных и письменных компонентов, основанного на двух типах носителя: материальный – экран и электронный – запоминающее устройство [6, 7];
- исследование форм и жанров письменной речи, возникающих в результате использования компьютерных устройств [8, 9];
- введение понятий «гипертекст», «интертекстуальность», «гипертекстуальность», «мультимодальность», акцентирование взаимовлияния и взаимообусловленности современной критической теории и технологии [10, 11].

Переход от бумаги к экрану и от ручки к клавиатуре повлек за собой дематериализацию текста, а письменная речь стала управляемой и трансформируемой благодаря технологическим инструментам. В экранном письме «текстовый образ» отражен в редакционном высказывании, благодаря чему в глазах читателя текст существует материально, социально и культурно [12]. Последнее оказало влияние на подходы в обучении иностранным языкам, где стремительные инновации связаны с извлечением аутентичного текстового материала, непрерывным обогащением словарного запаса, контролем за изменением орфографических правил, меняющихся в ответ на новую среду общения. Современные возможности СМИ, размещенных в пространстве Интернета, и многообразие текстовой информации требуют новую конфигурацию при выработке навыков грамотности, новых определений как самой грамотности, так и коммуникативных компетенций обучающихся и преподавателей в равной степени.

Начало цифровизации отмечено многочисленными публикациями, в которых сообщалось о ее присутствии в практике и обучении. Еще в конце прошлого века указывалось, что в результате развития приложений цифровых технологий будут развиваться те социальные изменения, которые будут такими же значительными, как те, что были вызваны влиянием полиграфии [13, 14]. Выдвинутые учеными на первый план концепты *возможности подключения, контент, сообщество, коммерция, мощности, культура, сотрудничество* сегодня напоминают о тех отношениях пространства взаимодействия, которые создаются с помощью цифровой среды и грамотности.

Еще недавно, в 2009 году, в отчете для Организации по экономическому сотрудничеству и развитию о вызовах XXI тысячелетия образование указывалось в числе главных задач, и основное внимание уделялось адаптивным и креативным способностям человека, подчеркивалось, что в салонах XVIII века Дидро и д'Аламбер не могли и представить себе Википедию [15]. Мы же являемся свидетелями создания и участниками новых пространств социальной жизни, новых «салонов», то есть новых

форм социализации и приобретения «социального капитала», формы, доступ и использование которого обусловлены цифровой грамотностью. И действительно, точно так же, как меняется общество, меняются и коммуникативные потребности, связанные с использованием письменной формы, ее природы и навыков чтения/письма.

Что касается рабочих мест и рынка труда, есть еще один аспект социальных изменений, произошедших за последние десятилетия: рабочие места сокращаются, а те, которые создаются, часто требуют других навыков, более высоких. И речь идет о том, чтобы каждый приобрел новые навыки для новой работы, также подчеркивается важность грамотности в области цифровых медиа во всех дисциплинах и профессиях.

Итак, поскольку цифровая грамотность является центральным навыком как для детей, так и для взрослых в XXI веке, потому что она важна для участия во всех сферах социальной и трудовой деятельности, а также для понимания и интерпретации того, что нас окружает, образовательные системы должны давать ответы на связанные с этим вопросы. И это новый тип требований к обучению.

В Европе в 2004 году была разработана система критериев «ключевые навыки для обучения на протяжении всей жизни». В этой структуре определены и описаны *восемь основных компетенций*, необходимых для самореализации, активной гражданской позиции, социальной сплоченности и возможности трудоустройства в обществе, основанном на знаниях:

- 1) общение на родном языке;
- 2) общение на иностранных языках;
- 3) математические навыки и базовые навыки в области науки и техники;
- 4) цифровая компетентность;
- 5) умение учиться;
- 6) социальные и гражданские навыки;
- 7) инициативность и предприимчивость;
- 8) принадлежность к культуре [15].

Цифровая компетентность является одной из восьми ключевых компетенций и определяется как «сквозная» компетенция, так же как умение учиться и предпринимательский дух.

Во Франции еще в 2006 году к базовым навыкам области «образование», таким как «чтение – письмо – счет», добавились следующие: умение учиться и, в частности, умение искать, оценивать и использовать информацию. Был сформулирован тезис о том, что школа дает не только инструменты для понимания окружающего мира (истории, географии и т.д.), но и инструменты для понимания нового мира цифровых медиа. Ключевыми элементами компетенций XXI были названы: креативность / инновации, решение проблем / принятие решений, коммуникация, владение информацией, знание медиа / цифровая гражданственность, операции и концепты информационно-коммуникативных технологий, инициатива и самостоятельное руководство, лидерство и ответственность [15].

Интересно отметить, что в 1950-х гг. традиционная «функциональная» грамотность определялась как обладание знаниями и навыками чтения и письма, позволяющими человеку эффективно участвовать в различных контекстах и видах деятельности [16]. В самом широком смысле гра-

мотность – это динамичный инструмент, который позволяет учиться и развиваться на протяжении всей жизни. Что касается ассоциации слова «грамотность» с прилагательным «цифровой», известно, что на протяжении многих лет различные обозначения сменяли друг друга или частично совпадали: *компьютерная грамотность, информационная грамотность, медиаграмотность, мультимедийная грамотность*. Термин «цифровая грамотность» сначала появился на английском языке, подчеркивался «коммуникационный» элемент выражения: именно коммуникация, то есть потоки информации, продуктов, людей, капитала и идей, меняет мир грамотности в большей степени, чем печатный станок изменил мир письменной формы [17]. В проводимых в мировом научном сообществе исследованиях подчеркивалась важность критических когнитивных навыков, а также технических навыков и знаний в области цифровой грамотности, что позволяло получать доступ к информации, управлять ею, интегрировать, оценивать и создавать ее.

Отметим, что электронное общение, будь то в одноязычном или многоязычном контексте, требует использования разнородных средств (письменных, визуальных, звуковых), которые могут взаимодействовать. Когнитивные и технические навыки, связанные с цифровой грамотностью, очевидно, включают способность понимать мультимодальную коммуникацию и создавать ее.

По Ньюману [18], цифровая грамотность включает три компонента (рис. 1). Но как бы мы ни стремились дать точное и полное определение понятию цифровой грамотности, мы должны признать, что оно постоянно развивается с созданием новых цифровых контекстов с точки зрения технических навыков, а также с точки зрения когнитивных и социальных последствий их использования.

Актуальным представляется подход и таких исследователей, как Хейг и Уильямс, при котором цифровая грамотность анализируется в трех аспектах, соответствующих, по сути, компонентам Ньюмана:

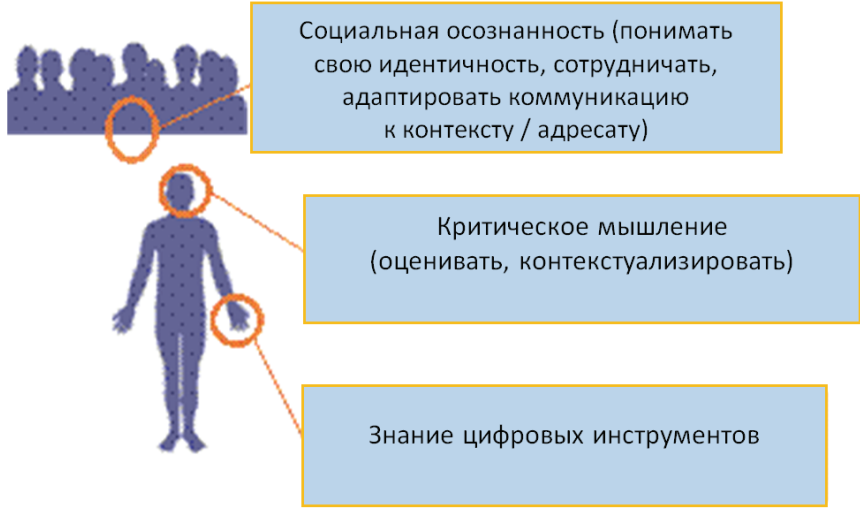


Рис. 1. Три компонента цифровой грамотности

- получение, оценка, хранение, производство, представление и обмен информацией;
- понимание того, как технологии и средства массовой информации влияют на мир;
- понимание того, как технологии могут использоваться в формальном или неформальном обучении [19].

Отметим, что *первое* измерение относится к техническим навыкам: оно включает надлежащее и эффективное общение и сотрудничество в условиях, которые могут быть мультикультурными. Это управление новыми пространствами взаимодействия, социальной активности, что подразумевает гибкость и адаптивность, а также креативность и инновации.

Следует подробнее остановиться на двух других измерениях. Относительно *второго* измерения: цифровая грамотность подразумевает, что человек понимает, как технологии и средства массовой информации влияют на то, как он информирует, общается и приобретает знания и понимание мира. Это означает не только умение управлять реальными и виртуальными объектами, но также понимание, как и почему сообщения СМИ сконструированы, могут интерпретироваться по-разному, включать или не включать ценности и точки зрения, а также то, как средства массовой информации и тексты могут влиять на убеждения и поведение. Именно эта форма критического мышления была подчеркнута в вышеупомянутой работе. Речь также идет о повышении осведомленности и социальной ответственности в отношении доступа к информационным технологиям и их использования.

Обращаясь к *третьему* измерению, подчеркнем, что технология не изменила концепцию обучения, но открыла новые возможности для размышлений о том, как это может быть реализовано. На самом деле, в формальном обучении, где письменное является центральным звеном, цифровая грамотность подразумевает, что обучающиеся и учителя понимают: 1) как технологии и средства массовой информации могут формировать и влиять на процесс преподавания и обучения; 2) как их можно использовать в междисциплинарном подходе; 3) как они влияют на приращение наших познаний в этих областях. Следовательно, это также понимание того, что знания и потребности в знаниях меняются.

По сути, для каждого это означает интеграцию в его личную систему обучения или преподавания инструментов и устройств, которые поддерживают обучение или преподавание (например, умение учиться совместно, умение сопровождать студента на платформе в формальном контексте). Это образ мышления, который также имеет решающее значение для поддержки обучения на протяжении всей жизни в неформальном или формальном контексте.

Но важный вопрос касается изменений, которые происходят с учащимися, потому что они зачастую приобретают цифровую грамотность вне аудиторных занятий и это отражается на образовательном процессе. Действительно, учащиеся нового тысячелетия – это то поколение, на подход которого к обучению и управлению знаниями в значительной степени влияет ежедневное использование цифровой среды для досуга, развлечения

ний и социального взаимодействия (*netgeneration, gamergeneration, компьютерное поколение, интернет-зависимость, поколение геймеров*), что, в свою очередь, сказывается на потребностях и ожиданиях в отношении обучения. Так, использование видеоигр играет роль в ориентации и избирательности внимания, в ожиданиях обратной связи (часто немедленной), в совместной практике. Все это значительно отличается от того, что предлагается в школе, как средней, так и высшей, где требуется постоянное внимание и часто уединенная рефлексивная деятельность для постижения и понимания не самой простой информации о взаимосвязи явлений и процессов в рамках изучаемых дисциплин.

Кроме того, цифровая грамотность требует новых когнитивных навыков, поскольку современные молодые люди многозадачны, они могут выполнять обучающие или профессиональные задания одновременно и в тех же местах, где они играют на экранах своих мобильных телефонов, чтобы общаться в сетях, отправлять электронные письма, получать изображения или загружать музыку.

Важно в этой связи понимать, какие шаги предпринимаются для того, чтобы надлежащим образом интегрировать цифровую грамотность в программы приобретения знаний и когнитивных навыков, а также в программы обучения технологическим навыкам.

Поскольку с помощью цифровых инструментов сегодняшние молодые люди больше не являются теми людьми, для которых были созданы традиционные системы образования, напрашивается вопрос о том, чтобы привести образовательную среду в соответствие с условиями реального современного мира или, по крайней мере, гармонизировать их, чтобы избежать ловушки противоречий, возникающих из-за различных практик в современном мире (за пределами вуза). К слову, обучающиеся в техническом вузе становятся более подготовленными к использованию цифровых устройств на занятиях по иностранному языку в силу уже сформированных на технических дисциплинах навыков работы с высокотехнологическими устройствами, иногда превосходя в своих познаниях преподавателя-гуманитария.

При обучении иностранным языкам на данный момент предлагается огромное количество цифровых инструментов и ресурсов для формирования и развития иноязычных знаний, умений и навыков: педагогические (ранее созданные цифровые образовательные сервисы), металингвистические (инструменты, позволяющие формировать тематические микросистемы лексических единиц), дидактические (инструменты, предоставляющие возможность самостоятельно создавать дидактические материалы). Цифровые платформы особенно применимы для расширения активного и пассивного словарного запаса и формирования лексических навыков. Те характеристики нового экранного письма, о которых шла речь выше, а именно гипертекстуальность, масштабируемость и мультимодальность, дают возможности использовать имеющиеся средства не только в строгой последовательности, но и комбинировать их в случае необходимости. Кроме того, цифровая грамотность соотносится с индивидуализацией учебной деятельности, увеличением сознательности и ответственности

при работе с высокотехнологичными инструментами. Для педагога цифровая грамотность открывает новые пути повышения качества и эффективности образовательного процесса, включая возможности создавать различные интерактивные задания, предусматривающие наличие широкого словарного запаса и формирование лексических навыков через обработку материала в программном обеспечении.

Использование информационных и коммуникационных технологий предоставляет педагогу возможности модернизировать учебную среду, в которой активно применяются интерактивные доски, электронные учебники, тестовые программы, справочники и энциклопедии как источники лингвистических и культурных материалов и информации по различным вопросам, онлайн-конференции, викторины и конкурсы, дистанционное обучение, онлайн-тестирования и мультимедийные презентации. Современные цифровые инструменты помогают педагогу неязыкового вуза при ограниченном количестве часов, выделенных на курс иностранного языка, решать многие учебные задачи: развивать навыки и умения чтения и письма, используя ресурсы глобальной сети; увеличивать словарный запас обучающихся, формировать устойчивую мотивацию к изучению иностранного языка, расширять кругозор, помогая студентам установить и поддерживать контакты с друзьями в иноязычных странах.

Таким образом, цифровая грамотность на занятиях по иностранному языку приводит к эффективному решению дидактических задач, осуществлению деятельностного подхода к обучению, восполнению отсутствия иноязычной среды, созданию комфортных условий для программирования и контроля, повышению мотивации и автономности студентов.

Помимо указанных аспектов, практика, связанная с разработкой цифровых инструментов, ставит нас перед двумя типами эффектов: упрощение и усложнение. Положительная фасилитация усматривается в том, что постоянное знакомство с новыми цифровыми инструментами и устройствами и повседневная практика работы с уже привычными во всех социальных слоях и во всех типах обществ (развитых и неразвитых) способствуют приобретению различных навыков грамотности, как традиционных, так и цифровых. К этому эффекту «плотности» практик в цифровой среде добавляется взаимоукрепляющий эффект различных типов грамотности. Также обучению способствует возможность доступа к ресурсам, персонализации и совместной работы, характерная для цифровых сред.

И все же в первую очередь речь идет об усложнении, поскольку цифровая грамотность – это гораздо больше, чем владение инструментами и информацией, которые обозначались как «медиаграмотность». Это набор навыков и действий для взаимодействия, основанного на критическом мышлении, сотрудничестве, гибкости и адаптивности. Цифровая грамотность становится образом жизни, нормой социального поведения. То есть упрощение и усложнение не противопоставляются, а диалектически сосуществуют, приводя в результате к синергетическому эффекту. Размышление о цифровой грамотности с помощью этих двух фильтров, как нам кажется, может способствовать лучшему пониманию концепции, эволюция которой должна продолжаться. И точно так же традиционная грамотность и цифровая грамотность, даже если они изменяют характер письменной

формы и трансформируют коммуникативные практики, являются не противоположностями, а синергетическими сущностями, и их взаимосвязи, несомненно, также должны развиваться.

Заключение

Таким образом, можно констатировать, что в современном образовательном процессе к понятию функциональной грамотности добавляется концепция цифровой грамотности, оказывающая влияние на все аспекты коммуникации, в том числе и обучение иностранному языку.

В настоящее время анализ текстового материала Интернета пронизывает лингвистические и педагогические научные изыскания, в число актуальных и перспективных исследований входят те, что коррелируют с новыми формами электронных коммуникаций и письменной речи, возникающих в результате использования компьютерных устройств. На обучение студентов технического вуза иностранному языку бесспорное влияние оказывает изменение статуса изучаемого текста, а также появление и активное использование таких понятий, как «гипертекст», «интертекст», и других, соответствующих жанровому и дискурсивному многообразию, обусловленному развитием новых технологий.

В современном образовательном процессе цифровая грамотность является центральным навыком, важным для участия во всех сферах социальной и трудовой деятельности, понимания и интерпретации окружающего мира и поиска ответов на все возможные и связанные с этим вопросы. Цифровая компетентность рассматривается как ключевая, «сквозная» компетенция, соотносимая с умениями учиться, искать, оценивать и использовать информацию.

В неязыковом вузе специфика цифровой грамотности усматривается в расширении возможностей практики обучения чтению и письму при катастрофической нехватке академических часов, предоставляя новые и эффективные пути овладения лексическим и текстовым материалом и открывая окна в мир межкультурных связей и коммуникаций.

Цифровая грамотность рассматривается как усовершенствование всех возможностей, предлагаемых при обучении традиционным формам грамотности с акцентированием коммуникационных и технологических компетенций, связанных с общими тенденциями цифровизации.

В качестве перспектив дальнейших исследований предусматривается изучение аспекта оценки цифровых практик, ее осмысление и разработка интеграции полученных данных в курс изучения иностранного языка.

Список литературы

1. Зимняя, И. А. Ключевые компетенции новая парадигма результата образования / И. А. Зимняя // Высшая школа. – 2004. – № 6. – С. 7 – 14.
2. Сазонова, З. Инженерное образование в третьем тысячелетии (европейские тенденции и российские реалии) / З. Сазонова // Высшее образование в России. – 2006. – № 1. – С. 36 – 41.
3. Акатова, Т. И. Языковая функциональная грамотность и языковая культура студентов: психолого-педагогический аспект : монография / Т. И. Акатова. – М. : Дашков и К, 2006. – 237 с.

4. Полякова, Т. Ю. Учет особенностей современного поколения студентов в процессе совершенствования системы подготовки по иностранному языку в вузе / Т. Ю. Полякова // Вестник МГЛУ. Образование и педагогические науки. – 2018. – Вып. 2(796). – С. 43 – 54.
5. Waltz, M. J. Identifying Information Literacy Skills and Behaviors in the Curricular Competencies of Health Professions / M. J. Waltz, H. K. Moberly, E. E. Carrigan // Journal of the Medical Library Association. – 2020. – Vol. 108, No. 3. – P. 463 – 479.
6. Jeandillou, J.-F. Jacques Anis. Texte et Ordinateur. L'écriture réinventée? / J.-F. Jeandillou // Linx. – 1999. – No. 40. – P. 259 – 263. doi: 10.4000/linx.800
7. Добросклонская, Т. Г. Методы анализа видео-вербальных текстов / Т. Г. Добросклонская // Медиалингвистика. – 2016. – № 2(12). – С. 13 – 25.
8. Paveau, M.-A. L'Analyse du discours numérique. Dictionnaire des formes et des pratiques / M.-A. Paveau. – Paris : Hermann, 2017. – 400 p. doi: 10.4000/aad.2554
9. Галичкина, Е. Н. Компьютерная коммуникация: лингвистический статус, знаковые средства, жанровое пространство / Е. Н. Галичкина. – Волгоград : Парадигма, 2012. – 322 с.
10. Mayeur, I. Quand le discours de savoir se fait technodiscours. Hypertextualité, commentaires et unité textuelle du billet scientifique / I. Mayeur // Corela. – 2020. – HS-33. URL: <http://journals.openedition.org/corela/11876>. doi: 10.4000/corela.11876 (дата обращения: 12.02.2024).
11. Crystal, D. Language and the Internet / D. Crystal. – 2 ed. – Cambridge, 2006. – 304 p.
12. Jeanneret, Y. L'énonciation éditoriale dans les écrits / Y. Jeanneret, E. Souchier // Communication et langages. – 2005. – № 145. – P. 3 – 15.
13. Dewar, J. A. The Information Age and the Printing Press: Looking Backward to Seeahead / J. A. Dewar. – Santa Monica, CA: Rand, 1998. – 30 p.
14. Rao, M. Multilingual Publishing on the Internet: Challenges and Opportunities for Language Educators / M. Rao // Conférence plénière donnée au congrès EUROCALL'99. – Besançon, 1999. – P. 15 – 18. URL : <https://www.telepolis.de/features/Multilingual-Publishing-on-the-Internet-3444233.html> (дата обращения: 12.02.2024).
15. Gerbault, J. Littérature numérique / J. Gerbault // Recherches en didactique des langues et des cultures. – 2012. URL: <http://journals.openedition.org/rdlc/3960>. doi: 10.4000/rdlc.3960 (дата обращения: 12.02.2024).
16. Фролова, П. И. К вопросу об историческом развитии понятия «функциональная грамотность» в педагогической теории и практике / П. И. Фролова // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2016. – № 1(23). – С. 179 – 185.
17. Gilster, P. Digital Literacy / P. Gilster. – New York: John Wiley, 1997. – 276 p.
18. Newman, T. Consequences of a digital literacy review: moving from terminology to action / T. Newman. – 2009. URL: http://www.slideshare.net/TabethaNewman/digital-literacy-literature-review-from-terminology-to-action?from=share_email (дата обращения: 12.02.2024).
19. Hague, C. Digital Participation, Digital Literacy, and School Subjects. A Review of the Policies, Literature and Evidence / C. Hague, B. Williamson // Futurelab. – August 2009. URL: <https://www.nfer.ac.uk/publications/digital-participation-digital-literacy-and-school-subjects-a-review-of-the-policies-literature-and-evidence/> (дата обращения: 12.02.2024).

References

1. Zimnyaya I.A. [Key competencies of a new paradigm for educational results], *Vysshaya shkola* [Higher school], 2004, no. 6, pp. 7-14. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Sazonova Z. [Engineering education in the third millennium (European trends and Russian realities)], *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* [Higher education in Russia.], 2006, no. 1, pp. 36-41. (In Russ., abstract in Eng.)
3. Akatova T.I. *Yazykovaya funktsional'naya gramotnost' i yazykovaya kul'tura studentov: psikhologo-pedagogicheskiy aspekt: monografiya* [Language functional literacy and language culture of students: psychological and pedagogical aspect: monograph], Moscow: Dashkov i K, 2006, 237 p. (In Russ.)
4. Polyakova T.Yu. [Taking into account the characteristics of the modern generation of students in the process of improving the system of training in a foreign language at a university], *Vestnik MGLU. Obrazovaniye i pedagogicheskiye nauki* [Bulletin of MSLU. Education and pedagogical sciences], 2018, iss. 2(796), pp. 43-54. (In Russ., abstract in Eng.)
5. Waltz M.J., Moberly H.K., Carrigan E.E. Identifying Information Literacy Skills and Behaviors in the Curricular Competencies of Health Professions, *Journal of the Medical Library Association*, 2020, vol. 108, no. 3, pp. 463-479.
6. Jeandillou J.-F. Jacques Anis. Texte et Ordinateur. L'écriture réinventée? *Linx*. 1999, no. 40, pp. 259-263. doi: 10.4000/linx.800
7. Dobrosklonskaya T.G. [Methods for analyzing video-verbal texts], *Medialingvistika* [Medialinguistics], 2016, no. 2(12), pp. 13-25. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Paveau M.-A. *L'Analyse du discours numérique. Dictionnaire des formes et des pratiques*, Paris: Hermann, 2017, 400 p. doi: 10.4000/aad.2554
9. Galichkina E.H. *Komp'yuternaya kommunikatsiya: lingvisticheskiy status, znakovyye sredstva, zhanrovoye prostranstvo* [Computer communication: linguistic status, symbolic means, genre space], Volgograd: Paradigma, 2012, 322 p. (In Russ.)
10. Mayeur I. Quand le discours de savoir se fait technodiscours. Hypertextualité, commentaires et unité textuelle du billet scientifique, *Corela*, 2020, HS-33. available at: <http://journals.openedition.org/corela/11876>. doi: 10.4000/corela.11876 (accessed 12 February 2024).
11. Crystal D. *Language and the Internet*, Cambridge, 2006, 304 p.
12. Jeanneret Y., Souchier E. L'énonciation éditoriale dans les écrits, *Communication et langages*, 2005, № 145, pp. 3-15.
13. Dewar J.A. *The Information Age and the Printing Press: Looking Backward to Seeahead*, Santa Monica, CA: Rand, 1998, 30 p.
14. Rao M. Multilingual Publishing on the Internet: Challenges and Opportunities for Language Educators, *Conférence plénière donnée au congrès EUROCALL'99*. – Besançon, 1999, pp. 15-18. available at: <https://www.telepolis.de/features/Multilingual-Publishing-on-the-Internet-3444233.html> (accessed 12 February 2024).
15. Gerbault J. Littérature numérique, *Recherches en didactique des langues et des cultures*, 2012. available at: <http://journals.openedition.org/rdlc/3960>. doi: 10.4000/rdlc.3960 (accessed 12 February 2024)
16. Frolova P.I. [n the issue of the historical development of the concept of “functional literacy” in pedagogical theory and practice], *Nauka o cheloveke: gumanitarnyye issledovaniya* [Human Science: Humanitarian Research], 2016, no. 1(23), pp. 179-185. (In Russ., abstract in Eng.)
17. Gilster P. *Digital Literacy*, New York: John Wiley, 1997, 276 p.
18. Newman T. Consequences of a digital literacy review: moving from terminology to action, 2009. available at: http://www.slideshare.net/TabethaNewman/digital-literacy-literature-review-from-terminology-to-action?from=share_email (accessed 12 February 2024)

19. Hague C., Williamson B. Digital Participation, Digital Literacy, and School Subjects. A Review of the Policies, Literature and Evidence, *Futurelab*, August 2009. available at: <https://www.nfer.ac.uk/publications/digital-participation-digital-literacy-and-school-subjects-a-review-of-the-policies-literature-and-evidence/> (accessed 12 February 2024)
-

The Role of Digital Literacy in Teaching a Foreign Language at a Technical University

N. Yu. Borodulina, M. N. Makeeva, I. E. Ilyina

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Keywords: communication; educational technologies; letter; reading; digital literacy.

Abstract: Digital literacy has been studied as a necessary component in the practice of teaching reading and writing in foreign language classes, taking into account the role that information and communication technologies play in the modern educational process. The concept of digital literacy is analyzed in three aspects: communication skills; understanding the impact of technology and media on the world around us; understanding of how and what technologies can be used in formal or informal learning at a technical university. Issues related to the relationship between digital literacy and traditional and general literacy, as well as the presence of “complicating” and “facilitating” effects of literacy development are considered.

© Н. Ю. Бородулина, М. Н. Макеева, И. Е. Ильина, 2024

**К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ
ПЕРЕВОДУ И УПОТРЕБЛЕНИЮ
МОДАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В РЕЧИ
(на материале немецкого языка)**

В. С. Григорьева

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический
университет», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: дидактика; интерпретирующая функция языка; коммуникация; моделирование ситуаций; модальные частицы; модуль; навыки перевода; понимание.

Аннотация: Рассмотрена проблема дидактизации модальных частиц (МЧ) в немецком языке, включая анализ их лингвистических свойств. Модальные частицы не всегда имеют прямые эквиваленты в других языковых системах, особенно в славянских языках. Трудности, связанные с полисемией и полифункциональностью лингвистических единиц, еще больше усложняют дидактику модальных частиц для студентов, изучающих немецкий язык как иностранный. Приведен анализ феномена МЧ, и дано описание некоторых предложений по проблемам дидактизации МЧ на занятиях по немецкому языку, которые можно рассматривать как конкретную попытку продемонстрировать разработанные модули изучения феномена МЧ и их внедрения в практику преподавания иностранного языка в российских университетах.

Введение

Бесспорность того, что знание иностранных языков является важнейшим фактором успешности в многонациональном мире, в политической, общественной, культурной и экономической жизни, обуславливает разработку новых форм преподавания иностранных языков и педагогических технологий этого направления, новой дидактики построения учебно-методических комплексов. Формирование основных принципов методики обучения коммуникации на иностранном языке предполагает процесс моделирования языка и жизненных ситуаций, отражающий помимо логического компонента эмоциональный аспект речевой деятельности.

Григорьева Валентина Сергеевна – доктор филологических наук, профессор кафедры «Иностранные языки и профессиональная коммуникация», e-mail: grigoriewa@mail.ru, ТамбГТУ, Тамбов, Россия.

Активную роль в репрезентации эмоционального аспекта речевого вклада играют модальные частицы (МЧ), информация о которых, как правило, не содержится в современных учебниках и учебных пособиях. Тем не менее именно данный класс речевых единиц существенно изменяет смысл высказываемого. Понимание и умение правильно употреблять модальные слова и частицы обеспечивают эффективность разговора, достижение поставленных коммуникативных целей. Определенную трудность представляет также перевод МЧ на родной язык, что обусловливается отсутствием их однозначных соответствий в немецком и русском языках. В каждом конкретном случае частица может переводиться по-разному, что зависит от контекста и репрезентируемой ситуации. Тем не менее процент употребления данного класса слов в речевой практике достаточно высок.

Настоящее исследование посвящено проблеме разработки методики обучения учащихся адекватному употреблению модальных частиц в речи на материале немецкого языка. Целью настоящей статьи является описание характеристик МЧ немецкого языка на основе опыта их изучения русскоязычными студентами, формирования навыков их употребления в речи. Предложение базируется на эксперименте подготовки студентов к конкурсу перевода, проводимому ежегодно в Тамбовском государственном техническом университете и ряде других вузов страны. Эксперимент проводился на примере публицистических, научно-популярных и художественных текстов, варианты которых предлагались участникам конкурса. Решение данного вопроса предполагает предварительный экскурс в историю изучения МЧ немецкого языка, их функций и значений.

Опыт изучения модальных частиц немецкого языка

Первые упоминания о МЧ относятся к середине прошлого века. Данный класс слов трактовался как лишний и ненужный в языке. Их называли „Würzwörter“ [1, с. 71] или „Läuse im Pelz der deutschen Sprache“ [2, с. 340]; «Слова-приправы»; «Вши в меху немецкого языка» (пер. авт.). В традиционных (классических) грамматиках немецкого языка данный класс слов либо не выделялся вообще [3 – 5], либо рассматривался в составе частиц, имеющих семантику уточнения или спецификации [6, 7]. Однако уже в тот период Г. Хельбиг и Й. Буша указывают на такую функцию МЧ, как выражение эмоций участника диалога [7, с. 430]. С выдвижением в фокус лингвистических исследований прагматических и когнитивных факторов в языке, возник интерес к изучению слов и грамматических явлений, оказывающих влияние на семантику высказываний, и дискурса в целом. Специальному исследованию подверглись и модальные частицы немецкого языка. Среди работ отечественных языковедов, посвятивших свои труды анализу неизменяемых слов, в том числе, модальных частиц, следует назвать [8, 9].

Автор работы [9, с. 57 – 60] выделяет 20 лексем, относящихся к группе модальных частиц: *aber, also, auch, bloß, denn, doch, eben, eigentlich, einfach, etwa, erst, halt, ja, noch, nun, nur, mal, ruhig, schon, vielleicht, überhaupt, wohl*. Приведенные модальные частицы являются по сути полифункциона-

нальными. Почти все лексемы, отнесенные к категории МЧ, могут помимо эмотивной функции использоваться в индексальной, то есть связывать содержание высказываемого с прагматическим контекстом. Данный фактор обуславливает неоднозначность их перевода на русский язык. Их перевод зависит от ситуации и контекста употребления, что требует учета переводчиком социокультурных и этнокультурных знаний языка-оригинала. Покажем неоднозначность перевода анализируемых единиц на конкретных примерах:

1) „*Wo ich Ihnen doch gern hab` wie einen Sohn*“ [10, с. 5]. «Ведь вы мне очень дороги, так дороги – прямо как родной сын!» [11, с. 5].

2) „*Das nennst du nicht besonders?*“, *erwiderte Lenz*. „*das ist doch das höchste, was es gibt. Du hast damit souverän die Zeit besiegt und lebst doppelt*“ [10, с. 8]. «И это ты называешь «хвалиться нечем»! – возразил Ленц. – Да пойми ты – выше этого вообще ничего нет. Ведь ты без чьей-либо помощи, так сказать, суверенно покорил время и проживаешь целых две жизни» [11, с. 8].

3) „*Schön, dann trinken Sie das Glas mal aus!*“ [10, с. 4]. «Правильно. Вот и выпейте рюмку!» [11, с. 4].

4) „*Zeig doch mal den Wagen, Otto, sagte Lenz*“ [10, с. 12]. «Да покажи ты ему машину, Отто», – сказал Ленц» [11, с. 13].

В примерах 1 и 2 частица *doch* выступает как усилительная частица и переводится на русский язык также частицей со значением усиления *ведь*. В примере 4 частица имеет значение побудительности, адекватная русскому *пусть*. Модальная частица *mal* в примере 3 имеет также значение повелительности, однако переводится как русская частица *вот*.

Следует отметить, что в дидактике предпринимались многочисленные попытки сформулировать методы передачи знаний о функциях МЧ изучающим немецкий язык. Кроме того, были разработаны соответствующие задания по контролю усвоенных знаний: 1) тесты с вопросами; 2) тесты перемещения МЧ; 3) тесты на пропуск модальной частицы; 4) тесты на перефразирование; 6) тесты на возможность вставок модальных частиц; 7) анализ условий взаимодействия, 8) встраивание в разные типы предложений и др. [12, с. 651]. Однако названные типы тестов не учитывали самое главное – связь МЧ с конкретными ситуациями повседневной жизни. Поскольку МЧ встречаются в основном в разговорной речи, а также потому, что они часто отсылают к предыдущим событиям, их преподавание требует учета социокультурных знаний, контекста ситуации общения, характера партнерских отношений. Показательны в данном случае примеры С. Люхтенберга: „*Morgen ist ja langer Samstag, da können wir erst ausschlafen*“ (Завтра ведь длинная суббота, так что мы можем сначала выспаться); „*Ich will morgen mal zum Arzt. – Morgen ist doch Mittwoch*“ (Я хочу пойти к врачу завтра. – Завтра же среда) [13, с. 662]. Для понимания приведенных высказываний необходимы социокультурные знания о том, что в первую субботу месяца магазины в Германии открыты дольше. В примере 2 употребление модальной частицы *doch* базируется на априорном знании о том, что в среду кабинеты врачей закрыты.

Как показывает краткий обзор литературы по изучению модальных частиц, они нашли довольно значительное место в семантике, синтаксисе и функциональной грамматике. Однако они почти не изучены в методике

преподавания немецкого языка как иностранного. В то же время МЧ представляют собой явление, типичное для немецкого языка, что указывает на то, что методика его преподавания не может и не должна игнорировать это явление. Роль МЧ в вопросе преподавания немецкого языка как иностранного и сегодня остается сложной и противоречивой. Обозначим проблемы, связанные с объяснением и работой над формированием навыков употребления МЧ в речи.

Проблемы и решения дидактики и перевода модальных частиц в аспекте их семантики и прагматических функций

Большая часть проблем, связанных с изучением МЧ, обусловлена непосредственно их языковыми характеристиками, семантическими и прагматическими особенностями. Лингвистические проблемы заключаются в основном в отсутствии однозначной семантики МЧ и широкой палитре их прагматических функций. Единого значения для каждой МЧ не существует. Высказывания о том, что это так называемые «Füllwörter» (слова-заполнители), или «Flickwörter» (слова-заплатки) существуют и сегодня [14, с. 83]. Считается, что их употребление противоречит принципу языковой экономии. Семантическая неоднозначность модальных частиц требует учета ряда экстралингвистических факторов. Их понимание обусловлено модусным характером соответствующего концепта. Согласно Н. Н. Болдыреву, «модусный концепт возникает как определенная реакция человека на окружающий мир предметов и событий, как способ и результат его восприятия, осмысления и интерпретации, а также как конкретная коммуникативная реакция на предложение, вопрос, утверждение, умозаключение, поступок и т.д.» [15, с. 265]. Понимание МЧ осуществляется на метакоммуникативном уровне, то есть к интерпретации прототипической ситуации добавляется мнение говорящего, репрезентируемого МЧ. При учете мнения говорящего слушающий адекватно воспринимает смысл высказываемого. Иначе говоря, модальная частица – это заявление об оценке ситуации, что подтверждает тезис об оценочной функции МЧ.

Оценочная функция непосредственно связана с прагматикой общения. Оценка ситуации помогает понять намерение говорящего и правильно на него реагировать. Однако из-за полифункциональности МЧ возникает серьезная проблема с пониманием и, следовательно, с передачей прагматического потенциала МЧ. Полифункциональность МЧ означает, что они имеют разные функции в различных контекстах. В этом заключается основная лингводидактическая проблема МЧ.

Как показывает практика преподавания, изучение МЧ лишь в редких случаях начинается на начальном уровне. Представленный дидактический опыт задуман как эксперимент использования лингвистической и металингвистической компетентности лиц, изучающих немецкий язык как иностранный. Преподавание предполагается организовать в рамках двух последовательных модулей.

Первый модуль заключается в представлении феномена модальных частиц, для каждой из которых дается краткое описание значения на осно-

ве предлагаемых отрывков из соответствующей специальной или художественной литературы. Эти конкретные примеры показаны в виде блоков, то есть как прототипические модели для дальнейшего спонтанного использования немецких МЧ в соответствующих типах предложений. Например:

– **ja**: используя данную частицу, говорящий считает, что факты верны и известны. Он также может предположить, что слушатель обладает иными знаниями. Например: 5) *Heidi ist ja ein Kind* (Хайди, как видите, ребенок); „*Na ja...“ sagte ich dann, „immerhin <...> Sie finden mich wohl etwas idiotisch, was?“* [10, с. 48]. Встречается в повествовательных и восклицательных предложениях.

– **doch**: ссылка на что-то известное, но также и сигнал исправления и преодоления противоречия. Говорящий сигнализирует, что слушатель, его предыдущие предположения, ожидания или поведение должны измениться. Встречается в повествовательных предложениях, предложениях-просьбах, восклицательных и реже в вопросительных. Пример: „*Das ist doch das höchste, was es gibt*“ [10, с. 8].

– **denn**: сигнализирует о вопросе, на который у говорящего нет подходящего ответа. Ответ и причину недоразумения можно найти в предыдущем контексте. Функционирует, как правило, в вопросительных предложениях. Пример: „*Was kostet er denn?*“ [10, с. 12].

– **mal**: (буквально «один раз», примерно «на один раз») в первую очередь указывает на то, что говорящий не называет точное время, что может обозначать определенную непосредственность действия или даже подражать команде. С другой стороны, это может придать предложению некоторую небрежность и, таким образом, сделать его звучание менее резким: *Hör mal zu!* (Слушай! или Послушай меня!); *Beeile dich mal!* (Поторопись!); *Sing mal etwas Schönes!* (Почему бы тебе не спеть что-нибудь красивое?); *Schauen wir mal* (Давайте взглянем). Встречается в предложениях-просьбах и вопросительных предложениях. Пример: „*Schauen Sie sich mal erst die Rippchen an!*“ [10, с. 35].

– **gar**: используется для усиления утверждения частичного или полного отсутствия чего-либо: *Ich besitze gar kein Auto* (У меня вообще нет машины). В начале предложения, особенно в литературных контекстах, *gar* иногда имеет другое значение и часто взаимозаменяемо с *sogar* или *ganz*: *Gar die Lehrerin hat über dich gelacht!* = *Sogar die Lehrerin hat über dich gelacht!* (Даже учительница смеялась над тобой!)

Для лучшего распознавания коммуникативной функции МЧ студентам предлагается, во-первых, идентифицировать примеры МЧ в диалогах из художественной, научно-технической, публицистической и специальной литературы, и второе задание – добавить в диалоги соответствующие частицы. Например:

„*Ich war im Knast, dreimal, viermal, und einige Zeit auch ziemlich isoliert. Aber doch war ich dort unter Menschen. Da waren Leute, die mich verstanden haben, wo ich mich nicht verstellen musste*“ [16, с. 87].

„*Am liebsten möchte ich einmal nach England fliegen. Der Weg wäre da nicht so weit, und doch hätte man den Genuss des Fliegens gehabt*“ [16, с. 87].

„Es ist nicht sicher, dass ich heirate. Es ist nicht sicher, dass meine Ehe gut geht. Es ist nicht sicher, dass ich mal nicht mich scheiden lasse. Deswegen ist es auf jeden Fall wichtig, dass ich einen Beruf habe, um selbstständig zu sein. Aber ich lebe doch vielleicht noch so in der Tradition, dass ich vielleicht doch ganz gerne heirate“ [16, с. 87].

Во втором модуле изучаемые частицы рассматриваются в ракурсе перевода на родной язык. Первоначально данный этап также состоит из начальных теоретических сведений, с помощью которых решается проблема эквивалентности немецкой и русской лексики. При этом используются как однозначно эквивалентные языковые единицы, так и переводы несколькими способами, и наконец, вообще неперебиваемые МЧ. Студенты знакомятся с прагматическими функциями модальных частиц и их эквивалентами в русском языке. Например: **удивление** можно выразить с помощью частиц *denn, ja / разве, же*; **усилительные** частицы – *doch / же, все же*; **выделительные** частицы *gerade, eben / именно, как раз*; **ограничительные** частицы *nur, bloß, erst, noch / лишь, только, еще*. Демонстрируются также частицы, служащие для выражения противоречия, предупреждения и угрозы, требования, ограничения, комментария, установления связи. Для закрепления навыков их перевода выполняются многочисленные упражнения, в которых вначале определяется цель высказывания, и лишь затем подбирается соответствующий эквивалент в русском языке.

Таким образом, первоначальное знакомство с явлением оценки посредством МЧ через краткое описание его значений и связи с соответствующими типами предложений дает изучающим немецкий язык возможность понять семантику и функцию МЧ и одновременно использовать их как фрагменты предложений с похожей структурой. Изучение МЧ в два этапа позволяет сформировать как метаязыковую, так и сравнительно-сопоставительную компетенцию учащихся и способствует развитию их рецептивной и интерпретирующей способности. В целом показано, что при изучении немецкого языка как иностранного целесообразно изучать тему МЧ в несколько этапов, поскольку компетенции и грамматические знания формируют «функциональную основу» МЧ, что способствует решению сложной проблемы их понимания и употребления в речи.

Заключение

Следует отметить, что модальные частицы в немецком языке – это отнюдь не произвольные, бессмысленные «слова-заполнители». Они представляют собой важное, значимое лингвистическое явление, изучение которого началось вместе с развитием идей прагмалингвистики и когнитивной лингвистики. Исследования продолжались во всех направлениях теоретической лингвистики. В результате накопленного материала появились разработки включения различных методов изучения и приобретения навыков употребления МЧ в речи на уроках немецкого языка как иностранного.

Сделаем несколько важных замечаний о модальных частицах. Уникальные лингвистические свойства модальных частиц позволяют рассматривать их как отдельную категорию слов, специфика концептов кото-

рых имеет модусный характер. Общим концептуальным основанием для них является выражение оценки. Проблема обучения студентов, изучающих немецкий язык как иностранный, заключается в полифункциональности и полисемии МЧ.

Как показало исследование, функции и значения МЧ в большинстве случаев остаются вне программы изучения во многих учебных пособиях. Однако игнорирование данного аспекта не позволяет верно интерпретировать и адекватно перевести оценку репрезентируемой темы говорящим и передать ее соответственно на родной язык. Отсутствие знаний МЧ, правил их употребления означает, что переводчик не может заглянуть в глубину эмоций говорящего и может ошибаться в передаче его смысла, что снижает уровень эффективности коммуникации и естественность общения с носителями языка. Автор приходит к выводу о том, что в силу многогранности смыслового и прагматического характера модальных частиц, а также их активного участия в передаче оценки информации, не следует игнорировать их изучение на занятиях по немецкому языку, а эффективно использовать соответствующий материал при обучении говорению на немецком языке. Изучение модальных частиц предлагается построить в несколько этапов, модули которых включают упражнения, направленные на развитие навыков говорения и перевода.

Список литературы

1. Thiel, R. Würzwörter / R. Thiel // Sprachpflege. – 1962. – Num. 4. – S. 71 – 73.
2. Reiners, L. Deutsche Stil Kunst. Ein Lehrwerk deutscher Prosa / L. Reiners. – München : C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1944. – 654 s.
3. Hall, K. Übungsgrammatik für Fortgeschrittene / K. Hall, B. Schreiner. – München : Hueber Verlag, 2001. – 431 s.
4. Михайлова, О. Э. Справочник по грамматике немецкого языка с упражнениями для IX – X классов средней школы / О. Э. Михайлова, Е. И. Шендельс. – 4-е изд., перераб. – М. : Просвещение, 1981. – 304 с.
5. Биркенгоф, Г. М. Курс грамматики немецкого языка с грамматико-фонетическими упражнениями = Grammatik mit grammatisch-phonetischen Übungen : [В 2-х ч.] / Г. М. Биркенгоф, З. М. Ромм, Р. М. Уроева. – Ч. 2. Морфология. – М. : Междунар. отношения, 1980. – 264 с.
6. Грамматика немецкого языка. Практический курс / М. Г. Арсеньева, Е. В. Гасилевич, А. А. Замбжицкая, Р. А. Терешенкова, И. А. Цыганова. – 2-е стереотипное изд. – М. : Высшая школа, 1963. – 428 с.
7. Helbig, G. Deutsche Grammatik. Ein Handbuch für den Ausländerunterricht / G. Helbig, J. Buscha. – Leipzig : VEB Verlag Enzyklopädie, 1974. – 629 s.
8. Крашенинникова, Е. А. Модальные глаголы и частицы в немецком языке / Е. А. Крашенинникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Учпедгиз, 1958. – 186 с.
9. Кривоносов, А. Т. Система неизменяемых классов слов (на материале немецкого языка) / А. Т. Кривоносов. – Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 1974. – 118 с.
10. Remarque, E. M. Drei Kameraden / E. M. Remarque. – Moskau : Jupiter-Intern, 2005. – 376 s.
11. Ремарк, Э. М. Три товарища / Э. М. Ремарк ; пер. с нем. И. Шрайбера. – М. : АСТ : Апрель, 2012. – 380 с.
12. Muhr, R. Zur Didaktik der Modalpartikel im Unterricht Deutsch als Fremdsprache / R. Muhr // Sprechen mit Partikeln. Hg. H. Weydt. – Berlin : de Gruyter, 1989. – S. 645 – 660.

13. Luchtenberg, S. Partikeln und Alltagswissen / S. Luchtenberg // Sprechen mit Partikeln. Hg. H. Weydt. – Berlin : de Gruyter, 1989. – S. 661 – 674.
14. Weydt, H. Abtönungspartikel: die deutschen Modalwörter und ihre französischen Entsprechungen / H. Weydt. – *Linguistica et litteraria*. – Band 4. – Bad Homburg v.d.H.: Gehlen, 1969. – 127 s.
15. Болдырев, Н. Н. Язык и система знаний. Когнитивная теория языка / Н. Н. Болдырев. – 2-е изд. – М. : Издательский Дом ЯСК, 2019. – 480 с.
16. Kwon, M.-Ja. Modalpartikeln und Satzmodus. Untersuchungen zur Syntax, Semantik und Pragmatik der deutschen Modalpartikeln / M.-Ja. Kwon. // Doctoral Dissertation. LMU München: 2005. – URL : https://edoc.ub.uni-muenchen.de/4877/1/Kwon_Min-Jae.pdf (дата обращения : 10.01.2024).

References

1. Thiel R. Würzwörter, *Sprachpflege*, 1962, no. 4, pp. 71-73. (In Germ.)
2. Reiners L. Deutsche Stilkunst. Ein Lehrwerk deutscher Prosa. München: C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1944, 654 p.
3. Hall K., Schreiner B. Übungsgrammatik für Fortgeschrittene. München: Hueber Verlag, 2001, 431 p. (In Germ.)
4. Mihajlova O.E., Shendels E.I. *Spravochnik po grammatike nemeckogo yazyka s uprazhneniyami dlya IX – X klassov srednej shkoly* [Handbook of German grammar with exercises for grades IX – X of secondary school], 4-e izd., pererab., Moscow: Prosveshchenie, 1981, 304 p. (In Russ.).
5. Birkengof G.M., Romm Z.M., Uroeva R.M. Grammatic mit grammatisch-phonetischen bungen. *Kurs grammatiki nemeckogo yazyka s grammatiko-foneticheskimi uprazhneniyami* [Grammatik der deutschen Sprache mit grammatisch-phonetischen Übungen], v 2-h chastyah: Chast' 2: Morfologiya, Moscow: Mezhdunar. otnosheniya, 1980, 264 p. (In Russ.).
6. Arsen'eva M.G., Gasilevich A.A., Zambrzhickaya E.V., Tereshenkova R.A., Cyganova I.A. *Grammatika nemeckogo yazyka. Prakticheskij kurs* [German grammar. Practical course], 2-e stereotipnoe izd, Moscow: Vysshaya shkola, 1963, 428 p. (In Russ.).
7. Helbig G., Buscha J. Deutsche Grammatik. Ein Handbuch für den Ausländerunterricht. Leipzig: VEB Verlag Enzyklopädie, 1974, 629 p. (In Germ.)
8. Krashenninnikova E.A. *Modal'nye glagoly i chasticy v nemeckom yazyke* [Modal verbs and particles in German], 2-e izd., pererab. i dop., Moscow: Uchpedgiz, 1958, 186 p. (In Russ.).
9. Krivososov A.T. *Sistema neizmenyaemyh klassov slov (na materiale nemeckogo yazyka)* [System of immutable word classes (based on the German language)], Saratov: Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta, 1974, 118 p. (In Russ.).
10. Remarque E.M. Drei Kameraden. Moskau: Jupiter-Intern, 2005. 376 p. (In Germ.)
11. Remark E.M. *Tri tovarishcha* [Three comrades], per. s nem. I. Shrajbera, Moscow: AST: Aprel', 2012, 380 p. (In Russ.).
12. Muhr R. Zur Didaktik der Modalpartikel im Unterricht Deutsch als Fremdsprache, Sprechen mit Partikeln. Hg. H. Weydt. Berlin: de Gruyter, 1989. pp. 645-660. (In Germ.)
13. Luchtenberg S. Partikeln und Alltagswissen // Sprechen mit Partikeln. Hg. H. Weydt. Berlin: de Gruyter, 1989, pp. 661-674. (In Germ.)
14. Weydt H. Abtönungspartikel: die deutschen Modalwörter und ihre französischen Entsprechungen. *Linguistica et litteraria*. Band 4. Bad Homburg v.d.H.: Gehlen, 1969, 127 p. (In Germ.)
15. Boldyrev N.N. *Yazyk i sistema znaniy. Kognitivnaya teoriya yazyka* [Language and knowledge system. Cognitive theory of language]. 2-e izd., Moscow: Izdatel'skiy Dom YaSK, 2019., 480 p. (In Russ.).

16. Kwon M.-Ja. Modalpartikeln und Satzmodus. Untersuchungen zur Syntax, Semantik und Pragmatik der deutschen Modalpartikeln. Doctoral Dissertation. LMU München, 2005. https://edoc.ub.uni-muenchen.de/4877/1/Kwon_Min-Jae.pdf (accessed 10 January 2024).

**On the Question of the Methodology
for Teaching Translation and Use of Modal Particles in Speech
(based on German Language)**

V. S. Grigorieva

Tambov State Technical University, Tambov, Russia

Keywords: didactics; interpretive function of language; communication; modeling situations; modal particles; module; translation skills; understanding.

Abstract: The paper considers the problem of didactization of modal particles (MPs) in the German language, including the analysis of their linguistic properties. Modal particles do not always have direct equivalents in other language systems, especially in Slavic languages. Difficulties associated with polysemy and multifunctionality of linguistic units further complicate the didactics of modal particles for students studying German as a foreign language. The analysis of the MP phenomenon is given. A description of some proposals on the problems of didactization of MP in the German language classes is given, which can be considered as a concrete attempt to demonstrate the developed modules for studying the phenomenon of MP and their implementation in the practice of teaching a foreign language at Russian universities.

© В. С. Григорьева, 2024

ДЛЯ ЗАМЕТОК