

ПРОБЛЕМЫ АГРАРНОЙ НАУКИ Problems of Agricultural Science



Сетевой научный журнал



№ 1 2024



Научный журнал
Основан в 2023 г.
Периодичность издания – 2 раза в год

Scientific journal
Founded in 2023
Periodicity: 2 times a year

Сетевой научный журнал открытого доступа

Научно-практический журнал открытого доступа «Проблемы аграрной науки» публикует оригинальные теоретические, аналитические и исследовательские статьи, отражающие результаты фундаментальных и прикладных исследований отраслей животноводства и растениеводства, механизации и электрификации в сельском хозяйстве.

Целью журнала является обобщение научных и практических достижений российских и зарубежных ученых по следующим направлениям: паразитология, физиология, пищевые системы, электротехнологии, электрооборудование и электроснабжение, информационно-измерительные системы, электроэнергетика, эксплуатация транспорта, машины и оборудование АПК, землеустройство и кадастр, садоводство, овощеводство и виноградарство, экология.

Задачами журнала являются:

– Освещение новейших результатов и передового опыта научно-практической деятельности в разных областях сельского хозяйства.

– Создание единой научной площадки для укрепления научных коммуникаций и связей между учеными.

– Повышение доступности результатов научных работ молодых ученых и аспирантов.

Публикация статей в журнале «Проблемы аграрной науки» является бесплатной. Статьи принимаются на русском и английском языках. Журнал следует политике открытого доступа к публикациям, все содержимое журнала доступно для пользователей бесплатно. Для обеспечения качества публикуемых материалов в журнале установлены этические требования к рукописям.

СОСТАВ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Червяков Дмитрий Эдуардович,
главный редактор,
кандидат ветеринарных наук,
доцент кафедры паразитологии
и ветсанэкспертизы,
анатомии и патанатомии
им. профессора С. Н. Никольского,
Ставропольский государственный аграрный
университет,
r6h43@mail.ru
(Ставрополь, Российская Федерация)

Chervyakov Dmitry Eduardovich,
editor-in-chief, candidate
of veterinary sciences, associate professor of
the department of parasitology and veterinary
examination, anatomy and pathological anatomy
named after. Professor S.N. Nikolsky,
Stavropol State Agrarian University,
r6h43@mail.ru
(Stavropol, Russian Federation)

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет Founder and Publisher – FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University»
Эл № ФС 77-85193 от 25 апреля 2023 г.
Выдано федеральной службой
по надзору в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Адрес учредителя, издателя и редакции:
355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Цыганский Роман Александрович,	доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры физиологии, хирургии и акушерства, Ставропольский государственный аграрный университет
Данников Сергей Петрович,	доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры физиологии, хирургии и акушерства, Ставропольский государственный аграрный университет
Лукьянов Антон Андреевич,	кандидат биологических наук, доцент, исполняющий обязанности заведующего кафедрой ветеринарии, Тверская государственная сельскохозяйственная академия
Сидорова Дарья Геннадьевна,	кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологии, природопользования и биологии факультета агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования, Омский государственный аграрный университет;
Миронов Алексей Геннадьевич,	кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Психология, педагогика и экология человека», Красноярский государственный аграрный университет
Коваль Екатерина Викторовна,	кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры общей биологии, Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Луцук Светлана Николаевна,	доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры паразитологии и ветсанэкспертизы, анатомии и патанатомии им. проф. С. Н. Никольского, Ставропольский государственный аграрный университет
Оробец Владимир Александрович,	доктор ветеринарных наук, профессор, заведующий кафедрой терапии и фармакологии, Ставропольский государственный аграрный университет
Багамаев Багама Манапович,	доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры терапии и фармакологии, Ставропольский государственный аграрный университет
Лошаков Александр Викторович,	доктор географических наук, доцент, заведующий кафедрой землеустройства и кадастра, Ставропольский государственный аграрный университет
Одинцов Станислав Владимирович,	кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры землеустройства и кадастра, Ставропольский государственный аграрный университет
Воротников Игорь Николаевич,	кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электротехники, автоматике и метрологии, Ставропольский государственный аграрный университет
Мишуков Станислав Вадимович,	кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электротехники, автоматике и метрологии, Ставропольский государственный аграрный университет
Доржеев Александр Александрович,	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», Красноярский государственный аграрный университет
Шемякин Виталий Николаевич,	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения и эксплуатации электрооборудования, Ставропольский государственный аграрный университет
Ярош Виктор Алексеевич,	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения и эксплуатации электрооборудования, Ставропольский государственный аграрный университет
Ястребов Сергей Сергеевич,	кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения и эксплуатации электрооборудования, Ставропольский государственный аграрный университет

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Айсанов Тимур Солтанович,	кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства и переработки растительного сырья им. профессора Н. М. Куренного, Ставропольский государственный аграрный университет
Селиванова Мария Владимировна,	кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры садоводства и переработки растительного сырья им. профессора Н. М. Куренного, Ставропольский государственный аграрный университет
Романенко Елена Семеновна,	кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой садоводства и переработки растительного сырья им. профессора Н. М. Куренного, Ставропольский государственный аграрный университет
Сычева Ольга Владимировна,	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Ставропольский государственный аграрный университет
Шлыков Сергей Николаевич,	доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Ставропольский государственный аграрный университет
Омаров Руслан Сафербекович,	кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Ставропольский государственный аграрный университет

Tsygansky Roman Aleksandrovich,	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Stavropol State Agrarian University
Dannikov Sergey Petrovich,	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Physiology, Surgery and Obstetrics, Stavropol State Agrarian University
Lukyanov Anton Andreevich,	Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Veterinary Medicine, Tver State Agricultural Academy
Sidorova Daria Gennadievna,	Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology, Environmental Management and Biology, Faculty of Agrochemistry, Soil Science, Ecology, Environmental Management and Water Use, Omsk State Agrarian University;
Mironov Alexey Gennadievich,	Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Psychology, Pedagogy and Human Ecology, Krasnoyarsk State Agrarian University
Koval Ekaterina Viktorovna,	Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Biology, State Agrarian University of the Northern Trans-Urals
Lutsuk Svetlana Nikolaevna,	Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Parasitology and Veterinary Sanitary Expertise, Anatomy and Pathological Anatomy named after. prof. S.N. Nikolsky, Stavropol State Agrarian University
Orobets Vladimir Aleksandrovich,	Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Therapy and Pharmacology, Stavropol State Agrarian University
Bagamaev Bagama Manapovich,	Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Therapy and Pharmacology, Stavropol State Agrarian University
Loshakov Alexander Viktorovich,	Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Land Management and Cadastre, Stavropol State Agrarian University
Odintsov Stanislav Vladimirovich,	Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastre, Stavropol State Agrarian University
Vorotnikov Igor Nikolaevich,	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electrical Engineering, Automation and Metrology, Stavropol State Agrarian University
Mishukov Stanislav Vadimovich,	Candidate of Technical Sciences, senior lecturer of the Department of Electrical Engineering, Automation and Metrology, Stavropol State Agrarian University
Dorzheev Alexander Alexandrovich,	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Tractors and Automobiles, Krasnoyarsk State Agrarian University
Shemyakin Vitaly Nikolaevich,	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electrical Supply and Operation of Electrical Equipment, Stavropol State Agrarian University
Yarosh Viktor Alekseevich,	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electrical Supply and Operation of Electrical Equipment, Stavropol State Agrarian University
Yastrebov Sergey Sergeevich,	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electrical Supply and Operation of Electrical Equipment, Stavropol State Agrarian University

Aisanov Tmiur Soltanovich,	Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Horticulture and Processing of Plant Raw Materials named after. Professor N.M. Kurenogo, Stavropol State Agrarian University
Selivanova Maria Vladimirovna,	Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Horticulture and Processing of Plant Raw Materials named after. Professor N.M. Kurenogo, Stavropol State Agrarian University
Romanenko Elena Semenovna,	Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Horticulture and Processing of Plant Raw Materials named after. Professor N.M. Kurenogo, Stavropol State Agrarian University
Sycheva Olga Vladimirovna,	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Stavropol State Agrarian University
Shlykov Sergey Nikolaevich,	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Stavropol State Agrarian University
Omarov Ruslan Saferbegovich,	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Stavropol State Agrarian University

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ Колесников Геннадий Юрьевич	Ст.1
ПРИМЕНЕНИЕ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ Колесников Геннадий Юрьевич	Ст.2
ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО ВОД КАНАЛА ИМ. ЛЕНИНА НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОГО РАЙОНА Окрут Светлана Васильевна, Степаненко Елена Евгеньевна, Зеленская Тамара Георгиевна, Халикова Валерия Алексеевна	Ст.3
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТЕХНОЛОГИИ УКОРЕНЕНИЯ ЗИМНИХ ПРИВИВОК САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНИ Айсанов Тимур Солтанович, Погосян Вахак	Ст.4
ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОЩАДЬ ЛИСТОВОГО АППАРАТА И УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ ОГУРЦА В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА Алексеев Павел Андреевич	Ст.5
НАПИТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАК МИРОВАЯ ТЕНДЕНЦИЯ Колесниченко Борис Константинович, Ляхова Анастасия Александровна	Ст.6

CONTENTS

IMPROVING THE EFFICIENCY OF AUTOMATIC RE-ACTIVATION SYSTEMS ON ULTRAHIGH VOLTAGE POWER LINES Kolesnikov Gennady Yuryevich	Art.1
APPLICATION OF PARTIAL DISCHARGE REGISTRATION FOR DIAGNOSTICS OF HIGH-VOLTAGE EQUIPMENT Kolesnikov Gennady Yuryevich	Art.2
METEOROLOGICAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS IMPACT ON THE QUALITY OF LENIN CANAL WATER OF THE TERRITORY OF KURSK DISTRICT Okrut Svetlana Vasilyevna, Stepanenko Elena Evgenievna, Zelenskaya Tamara Georgievna, Khalikova Valeria Alekseevna	Art.3
EFFECTIVENESS OF USE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN THE TECHNOLOGY OF ROOTING WINTER GRAFTINGS OF APPLE TREE SEEDLINGS Timur S. Aysanov, Vahak Pogosian	Art.4
THE EFFECT OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON THE AREA OF THE LEAF APPARATUS AND THE YIELD OF CUCUMBER HYBRIDS IN PROTECTED SOIL CONDITIONS Pavel A. Alekseev	Art.5
FUNCTIONAL DRINKS AS A GLOBAL TREND Boris K. Kolesnichenko, Anastasia A. Lyakhova	Art.6

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Колесников Геннадий Юрьевич,

Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, Российская Федерация, kolesnikovkmvi@yandex.ru

Аннотация. На основе анализа экспериментальных исследований переходных режимов построенной модели протяженной воздушной линии электропередач 500 кВ с помощью программно-аппаратного комплекса ПАК RSCAD был определен временной промежуток гашения дуги после отключения режима короткого замыкания, которая составляет не менее 200 мс. После этого времени можно считать, что дуга, характерная для колебаний собственной частоты воздушной линии в режиме паузы повторного включения, погашена.

Определение факта устранения короткого замыкания в отключенной фазе возможно по величине наводимого напряжения, которое возникает от емкостных связей на провод со стороны двух фаз под напряжением. Наводимое напряжение должно иметь величину, характерную для успешного однофазного автоматического повторного включения.

Ключевые слова: автоматическое повторное включение, деионизация, наведённое напряжение линии, самоустранение замыкания, восстановление напряжения

IMPROVING THE EFFICIENCY OF AUTOMATIC RE-ACTIVATION SYSTEMS ON ULTRAHIGH VOLTAGE POWER LINES

Kolesnikov Gennady Yuryevich,

Stavropol State Agrarian University,
Stavropol, Russian Federation, E-mail: kolesnikovkmvi@yandex.ru

Abstract. Based on the analysis of experimental studies of transient modes of the constructed model of an extended 500 kV overhead power line using the RSCAD software and hardware package, the time interval of arc extinguishing after switching off the short circuit mode was determined, which is at least 200 ms. After this time, it can be assumed that the arc characteristic of fluctuations in the natural frequency of the overhead line in pause mode re-enabling, extinguished.

The determination of the fact of eliminating a short circuit in the disconnected phase is possible by the magnitude of the induced voltage, which arises from capacitive connections to the wire from the two phases under voltage. The induced voltage must have a value characteristic of a successful single-phase automatic re-activation.

Keywords: automatic re-activation, deionization, induced line voltage, self-closing, voltage recovery

ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть коротких замыканий на воздушных линиях напряжением 330–750 кВ являются однофазными, поэтому на таких линиях в большинстве случаев используется однофазное автоматическое повторное включение (ОАПВ) после срабатывания релейной защиты, при этом трехфазное повторное включение (ТАПВ) применяется при многофазных повреждениях или неуспешном однофазном АПВ. Срабатывание однофазного АПВ не позволяет гарантированно восстановить питание отключенной фазы. Это может

происходить из-за горения электрической дуги, которая, получая подпитку от соседних неотключенных фаз воздушной линии, не завершает процесс самопогасания. Среди внешних факторов, влияющих на процесс успешного однофазного АПВ, можно выделить малый ток подпитки, отсутствие повторных коротких замыканий, атмосферных явлений в виде ветра и тумана [1, 2].

Напряжение на отключенной фазе при срабатывании однофазного повторного включения в режиме наводки зависит, в основном, от продольной ЭДС, наводимой токами от неповрежденных фаз, которые зависят от угла передачи мощности

δ и расстояния до места короткого замыкания. После устранения короткого замыкания аварийная фаза подвергается влиянию через емкостные связи со стороны двух оставшихся в работе фаз. Это приводит к появлению наводимого напряжения на отключённой фазе [6–8].

Достаточно полная, с минимумом допущений, несложная математическая модель линий электропередач для моделирования и анализа процессов была реализована с помощью ма-

тричных многополюсников, в основе которых лежат уравнения длинной линии [3–5].

В то же время наводимое напряжение подпитки после гашения дуги в поперечно компенсированной электропередаче в случае резонансных параметров ЛЭП достигнет фазных значений напряжения (рисунок 1). Большая разность напряжений позволяет упростить алгоритм выявления самоустранения короткого замыкания [9–11, 16].

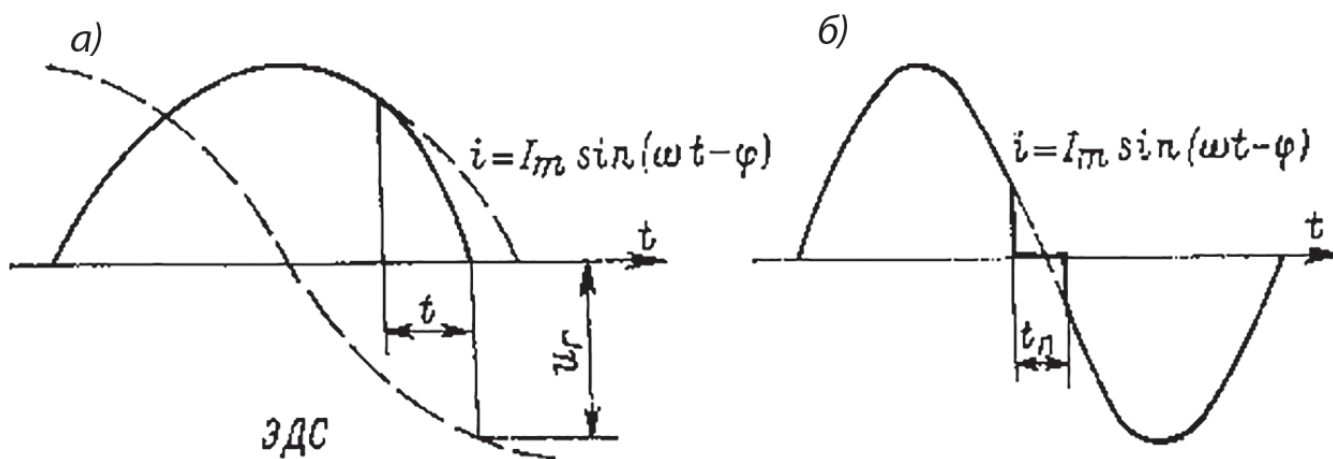


Рисунок 1 – Самоустранение замыкания по фазе напряжения:

а) график без погасания дуги из-за наводимого напряжения подпитки; б) график с условиями погасания дуги во время перехода напряжения через нулевое значение

Анализ стационарных и переходных режимов в паузе однофазного автоматического повторного включения позволяет выделить цель, которая состоит в определении факта самоустранения замыкания для успешного однофазного АПВ.

Для достижения цели необходимо выделить следующие задачи:

- определение факта устранения короткого замыкания по величине наводимого напряжения в поврежденной фазе, характерной для успешного однофазного автоматического повторного включения;
- определение временного промежутка характерных колебаний собственной частоты воздушной линии в режиме паузы повторного включения, достаточного для гашения дуги.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Повысить эффективность адаптивного однофазного повторного включения можно, контролируя значение наведенного напряжения в режимах горения и погасания дуги. Моделирование режимов проводилось в виде модели электроэнергетического объекта на примере реальной

воздушной линии электропередач с номинальным напряжением 500 кВ с шунтирующими реакторами при общей длине линии 430 км. Создание параметров воздушной линии с коротким замыканием на одной фазе и контроль работы однофазного АПВ производились с помощью программно-аппаратного комплекса ПАК RSCAD. Также программное обеспечение позволяло определять значения времени гашения дуги и последующие параметры модели линии.

По мере поступления измерительных данных в систему АОАПВ на скользящем временном отрезке (во временном окне), равном периоду промышленной частоты, непрерывно вычисляют среднее значение напряжения (U_{cp}) на отключённом проводе. Вычисление напряжений U_k и U_{cp} выполняют посредством применения прямого дискретного преобразования Фурье [12].

При этом, если после отключения линии короткое замыкание сохраняется в конце длинных линий, продольная ЭДС становится соизмеримой с напряжением наводки (U_δ), на фазе без замыкания основное влияние оказывает электростатическая составляющая [13, 14]. После самоустранения аварии емкости представляют собой делитель напряжения, зависящий, в основном, от степени компенсации рабочей емкости линии (рисунок 2).

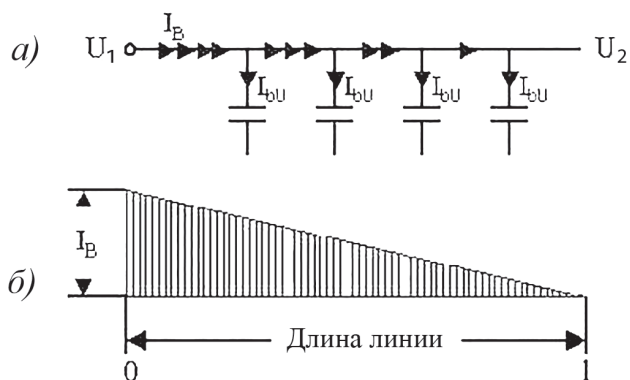


Рисунок 2 – Емкости линии электропередач, представляющие делители напряжения:
 а) схема замещения линии электропередач;
 б) график изменения величины напряжения наводки вдоль линии электропередач

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Переходные процессы, сопровождающие отключение аварийной фазы, горение дуги подпитывающим напряжением, погасание дуги, последующее введение отключенной фазы в работу

накладывают свои ограничения на порядок осуществления контроля за погасанием дуги. При моделировании переходных процессов коротких замыканий, параметров синусоиды при горении и затухании электрической дуги, а также снижения напряжения подпитки была применена встроенная в ПАК RSCAD модель протяженной линии.

Работу линии электропередач при адаптивном однофазном повторном включении можно разбить на несколько характерных зон (рисунок 3):

- 1) нормальный режим линии передачи электроэнергии;
- 2) возникает короткое замыкание с горением дуги на поврежденной фазе;
- 3) отключение линейных выключателей нагрузки, горение дуги подпитки на фазе;
- 4) погасание дуги подпитки и появление напряжения наводки;
- 5) определение автоматикой факта самоустранения повреждения, включение выключателей, возникновение коммутационных перенапряжений и восстановление нормального режима работы.

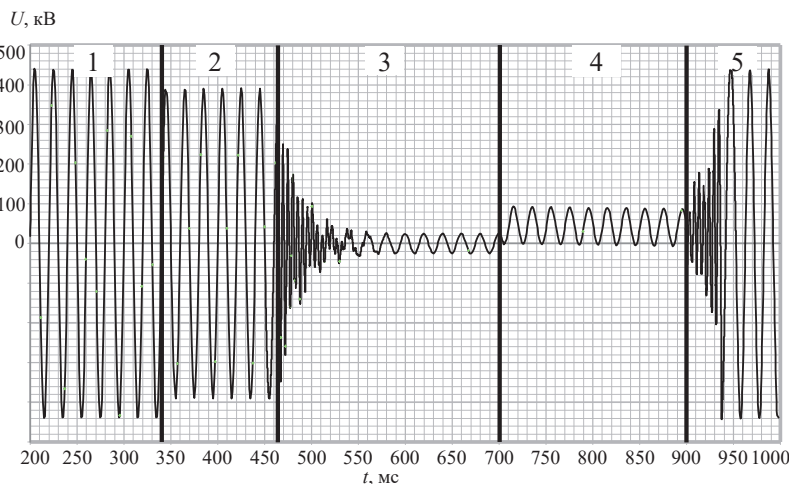


Рисунок 3 – Осциллограмма работы автоматического повторного включения линии электропередач

После гашения, согласно источнику [1], дуги от наведенного напряжения на отключенной фазе происходит процесс восстановления диэлектрической прочности дугового промежутка. Этот процесс характеризуется колебаниями с собственной частотой воздушной линии в режиме паузы повторного включения и вынужденными колебаниями про-

мышленной частоты. Процесс колебания с вполне достаточной точностью может рассматриваться как процесс, зависящий, в основном, от степени компенсации рабочей емкости линии [15, 16].

Характер возникновения импульса в бестоковую паузу представлен на рисунке 4, где видно создание импульса и снижение его до нуля через 0,169 с.

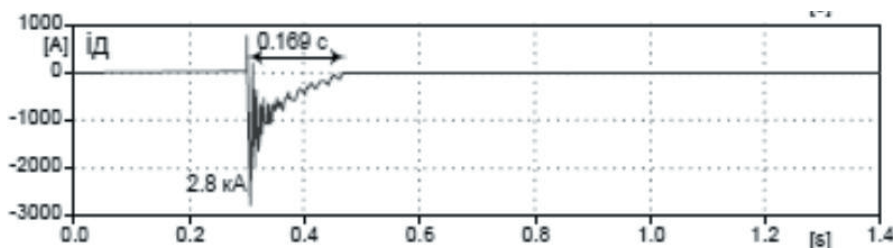


Рисунок 4 – Осциллограмма возникновения импульса на фазе с коротким замыканием

В линиях электропередач факт погасания дуги устанавливается на основе значения напряжения аварийной фазы в режиме восстановления по отношению к значению напряжения в режиме горения дуги (1).

$$U_H = E \cdot \exp(-TAPB / \tau) \quad (1)$$

При определении факта устранения короткого замыкания и возможности успешного автоматического повторного включения, проводя анализ Фурье (т. е. перейдя из временного пространства в частотное [7]), можно выделить собственную частоту колебаний наводимого напряжения. В паузе однофазного автоматического повторного включения после снятия питания с поврежденного проводника производится анализ в данном проводе. Возникновение частоты, отличной от промышленной, свидетельствует о гашении дуги подпитки. Анализ Фурье проводится с интервалом 300 мс после отключения линейных выключателей нагрузки. Команду на повторное включение для повышения надежности электроснабжения рекомендуется подавать после повторного выделения свободной частоты (рисунок 3 участок 4) [8, 9].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

На основе анализа экспериментальных исследований переходных режимов построенной модели протяженной воздушной линии электропередач с помощью программно-аппаратного комплекса ПАК RSCAD был определен временной промежуток после отключения режима короткого замыкания в пределах бестоковой паузы до повторного включения, которая составляет не менее 200 мс, согласно рисунку 4. На котором видно возрастание импульса и через 169 мс снижение его до нуля. После этого времени можно считать, что дуга, характерная для колебаний собственной частоты воздушной линии в режиме паузы повторного включения, погашена.

Определение факта устранения короткого замыкания в отключенной фазе возможно по величине наводимого напряжения, которое возникает от емкостных связей на провод со стороны двух фаз под напряжением. Наводимое напряжение имеет величину, характерную для успешного однофазного автоматического повторного включения (рисунок 3).

Все описанные способы могут быть реализованы в одном устройстве и вводиться в работу независимо от реальной степени компенсации рабочей емкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титов, И. Т. Учёт влияния открытой электрической дуги на параметры срабатывания дистанционной защиты / И. Т. Титов, А. В. Бычков, Н. А. Дони // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2020. – № 2 (129) – С. 85–93.
2. Ширковец, А. И. Факторы снижения электрической прочности кабельной изоляции из сшитого полиэтилена и причины ее повреждения в эксплуатации / А. И. Ширковец, А. Г. Лиске // Промышленная энергетика. – 2015. – № 11.
3. Prospects for Further Improvement of Filter-Compensating Devices for Agro-Industrial Complex Consumers / A. T. Rostova, E. V. Lubentsova, G. V. Masyutina, A. A. Shunina, G. Y. Kolesnikov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 852. – 012098.
4. Волохов, Н. А. Исследование влияния на работу устройств АЛАР возмущений, возникающих после начала асинхронного режима / Н. А. Волохов // Электроэнергетика глазами молодежи–2019 : материалы юбилейной X Международной научно-технической конференции, Иркутск, 16–20 сентября 2019 г. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. – С. 243–246.
5. Дмитриев, М. В. АПВ на воздушно-кабельных линиях класса 110–500 кВ / М. В. Дмитриев // Электроэнергия: передача и распределение. – 2015. – № 1. – С. 68–73.
6. Ильин, Д. В. Повышение надёжности определения факта погасания дуги в цикле ОАПВ / Д. В. Ильин, А. В. Бычков, Н. А. Дони // Энергетик. – 2019. – № 11. – С. 9–13.
7. Кошелько, С. П. Адаптивное ОАПВ на основе алгоритма обработки параметров переходного процесса / С. П. Кошелько, В. Е. Качесов // Электроэнергетика глазами молодежи : 4-я Международ. науч.-техн. конф., Новочеркасск, 14–18 окт. 2013 г. : науч. тр. – Новочеркасск : Лик, 2014. – Т. 2. – С. 91–95.
8. Колобанов, П. А. Повышение точности одностороннего определения места повреждения в электрической сети произвольной конфигурации / П. А. Колобанов, А. Л. Куликов, М. Д. Обалин // Электричество. – 2019. – № 4. – С. 19–31.

9. Krause, Ch. Building Reliable AC and DC UHV Power Transformers-Dielectric Design Principles, Suitable Pressboard Insulation and Issues Related to HVDC Testing / Ch. Krause, U. Piovan, D. Tschudi // Proceedings of International Conference on UHV Transmission. – Beijing, China, 2009. – P. 28–34.
10. Transient Electromagnetic-Thermal FE-Model of a SPICE-Coupled Transformer Including Eddy Currents with COMSOL Multiphysics / H. Neubert, T. Bödrich, R. Disselnkötter // Excerpt from the proceedings of the 2011 COMSOL conference in Stuttgart. – Stuttgart, 2011.
11. Development and results of a worldwide transformer reliability survey / S. Tenbohlen, J. Jagers, G. Bastos et al. // In Proceedings of the CIGRE SC A2 Colloquium, Shanghai, China, 20–25 September 2015.
12. Базавлук, А. А. Результаты исследований переходных процессов при коммутациях вакуумных выключателей / А. А. Базавлук, Л. И. Сарин, И. Е. Наумкин // Энергетик. – 2011. – № 10. – С. 27–32.
13. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс ; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.: ил. 6.
14. Патент РФ № 2695890 С1. Способ включения трехфазной линии электропередачи / Александр Ильич Левиуш, Валерий Михайлович Стрелков, Герман Георгиевич Фокин, Николай Анатольевич Дони, Алексей Александрович Шурупов. – Опубл. 2009-06-10. Бюл. № 22.
15. Кадомская, К. П. Перенапряжения в электрических сетях различного назначения и защита от них : учебник / К. П. Кадомская, Ю. А. Лавров, А. А. Рейхердт. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2004. – 368 с.
16. Стандарт организации. Методические указания по технико-экономическому обоснованию электросетевых объектов. [Электронный ресурс]: СТО 56947007- 29.240.01.271. – Введ. 2019 – 07 – 24. – ПАО «ФСК ЕЭС», 2019. – 33 с.

REFERENCES

1. Titov, I. T. Taking into account the influence of an open electric arc on the parameters of remote protection operation / I. T. Titov, A. V. Bychkov, N. A. Doni // Proceedings of the R. E. Alekseev NSTU. – 2020. – № 2 (129) – P. 85–93.
2. Shirkovets, A. I. Factors of reducing the electrical strength of cable insulation made of cross-linked polyethylene and the causes of its damage in operation / A. I. Shirkovets, A. G. Liske // Industrial power engineering. – 2015. – № 11.
3. Prospects for Further Improvement of Filter-Compensating Devices for Agro-Industrial Complex Consumers / A. T. Rostova, E. V. Lubentsova, G. V. Masyutina, A. A. Shunina, G. Y. Kolesnikov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – 852. – 012098.
4. Volokhov, N. A. Investigation of the influence of disturbances arising after the start of asynchronous mode on the operation of ALAR devices / N. A. Volokhov // Electric power industry through the eyes of youth – 2019: materials of the jubilee X International Scientific and Technical Conference, Irkutsk, September 16–20, 2019. – Irkutsk : Irkutsk National Research Technical University, 2019. – P. 243–246.
5. Ilyin, D. V. Improving the reliability of determining the fact of arc extinction in the OAPV cycle / D. V. Ilyin, A. V. Bychkov, N. A. Doni // Energetik. – 2019. – № 11. – P. 9–13.
6. Gorshkov, A. V. Determination of the number of influencing lines for calculating the induced voltage on a disconnected overhead power line / A. V. Gorshkov. – Electricity. – 2018. – № 6. – P. 4–15.
7. Kolobanov, P. A. Improving the accuracy of one-sided determination of the location of damage in the electrical network of arbitrary configuration / P. A. Kolobanov, A. L. Kulikov, M. D. Obalin // Electricity. – 2019. – № 4. – P. 19–31.
8. Chernykh, I. V. Modeling of electrical devices in MATLAB, SimPowerSystems and Simulink / I. V. Chernykh. – Moscow : DМК Press ; St. Petersburg : Peter, 2008. – 288 p.: ill. 6.
9. Krause, Ch. Building Reliable AC and DC UHV Power Transformers-Dielectric Design Principles, Suitable Pressboard Insulation and Issues Related to HVDC Testing / Ch. Krause, U. Piovan, D. Tschudi // Proceedings of International Conference on UHV Transmission. – Beijing, China, 2009. – P. 28–34.
10. Transient Electromagnetic-Thermal FE-Model of a SPICE-Coupled Transformer Including Eddy Currents with COMSOL Multiphysics / H. Neubert, T. Bödrich, R. Disselnkötter // Excerpt from the proceedings of the 2011 COMSOL conference in Stuttgart. – Stuttgart, 2011.
11. Development and results of a worldwide transformer reliability survey / S. Tenbohlen, J. Jagers, G. Bastos, et al. // In Proceedings of the CIGRE SC A2 Colloquium, Shanghai, China, 20–25 September 2015.

12. Bazavluk, A. A. Results of studies of transient processes in switching vacuum circuit breakers / A. A. Bazavluk, L. I. Sarin, I. E. Naumkin // Energetik. – 2011. – № 10. – P. 27–32.
13. Chernykh, I. V. Modeling of electrical devices in MATLAB, SimPowerSystems and Simulink / I. V. Chernykh. – M. : DMK Press ; St. Petersburg : Peter, 2008. – 288 p.: il. 6.
14. RF Patent № 2695890 C1. The method of switching on a three-phase power transmission line // Alexander Ilyich Leviush, Valery Mikhailovich Strelkov, German Georgievich Fokin, Nikolai Anatolyevich Doni, Alexey Alexandrovich Shurupov. – Publ. 2009-06-10. Byul. № 22.
15. Kadomskaya, K. P. Overvoltages in electrical networks for various purposes and protection against them : textbook / K. P. Kadomskaya, Yu. A. Lavrov, A. A. Reicherdt. – Novosibirsk : NSTU Publishing House, 2004. – 368 p.
16. Organization standard. Methodological guidelines for the feasibility study of electric grid facilities. [Electronic resource]: STO 56947007- 29.240.01.271. – Introduction. 2019 – 07 – 24. – PJSC FGC UES, 2019. – 33 p.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Колесников Геннадий Юрьевич,
Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, Российская Федерация,
E-mail: kolesnikovkmvi@yandex.ru

Аннотация. Параметры частичных разрядов позволяют диагностировать оборудование, которое использует трансформаторное масло. Проведенные экспериментальные исследования, направленные на использование частичных разрядов, вместе с методом акустического контроля позволили изучить параметры частичных разрядов в зависимости от состояния изоляционных материалов и определить места дефектов диэлектрика трансформатора на стороне 110 кВ. Была определена локация частичных разрядов с помощью

акустических датчиков, размещенных на поверхности бака трансформатора, и проведен анализ экспериментальных данных. Также было получено уравнение регрессии, которое выражает зависимость амплитуды частичных разрядов от параметров изоляционных материалов.

Ключевые слова: частичные разряды, трансформаторная обмотка, дефект изоляционных материалов, диагностика высоковольтного оборудования, акустическая локация

APPLICATION OF PARTIAL DISCHARGE REGISTRATION FOR DIAGNOSTICS OF HIGH-VOLTAGE EQUIPMENT

Kolesnikov Gennady Yuryevich,
Stavropol State Agrarian University,
Stavropol, Russian Federation,
E-mail: kolesnikovkmvi@yandex.ru

Abstract. The parameters of partial discharges make it possible to diagnose equipment that uses transformer oil. Experimental studies aimed at using partial discharges together with the acoustic control method made it possible to study the parameters of partial discharges depending on the condition of insulating materials and to determine the places of defects in the transformer dielectric on the 110 kV side. The location of partial discharges was determined

using acoustic sensors placed on the surface of the transformer tank and the experimental data were analyzed. A regression equation was also obtained, which expresses the dependence of the amplitude of partial discharges on the parameters of insulating materials.

Keywords: partial discharges, transformer winding, defect of insulating materials, diagnostics of high-voltage equipment, acoustic location

ВВЕДЕНИЕ

Надежная работа электрооборудования является одной из приоритетных задач систем электроснабжения. При этом известно множество методов диагностики устройств электроэнергетических систем, однако диагностические мероприятия в большинстве случаев оказываются не достаточно эффективными. Поэтому повышение эффективности существующих методов и средств диагностики является актуальной задачей. Применение акустического и электрического методов диагностирования

позволяет получить взаимодополняющие возможности определения мест дефекта [1; 2; 5]. При электрическом диагностировании можно определить значения частичных разрядов, общее количество, расположение разрядов с высокой плотностью расположения: обмотки высокого и низкого напряжения, аппаратура регулирования напряжения под нагрузкой, изоляторы ввода и т. д. (рисунок 1) [3; 6; 7].

При использовании только акустического метода нельзя определить величину частичных разрядов, потому что величина ультразвукового сигнала, воспринимаемого датчиком, зави-

сит только от пути этого сигнала, преодоления барьеров, температуры слоя трансформаторного масла на уровне установки датчика. Но при этом путем регистрации ультразвуковых сигналов частичных разрядов возможно установить точное расположение места разрядов. А также существенным преимуществом акустического метода является защищенность от электромагнитного воздействия, которое присутствует при электрических измерениях в действующих подстанциях [4; 9].

Несмотря на широкое распространение данного способа исследования электрооборудования, работы в области повышения эффективности регистрации и анализа параметров частичных разрядов продолжают.

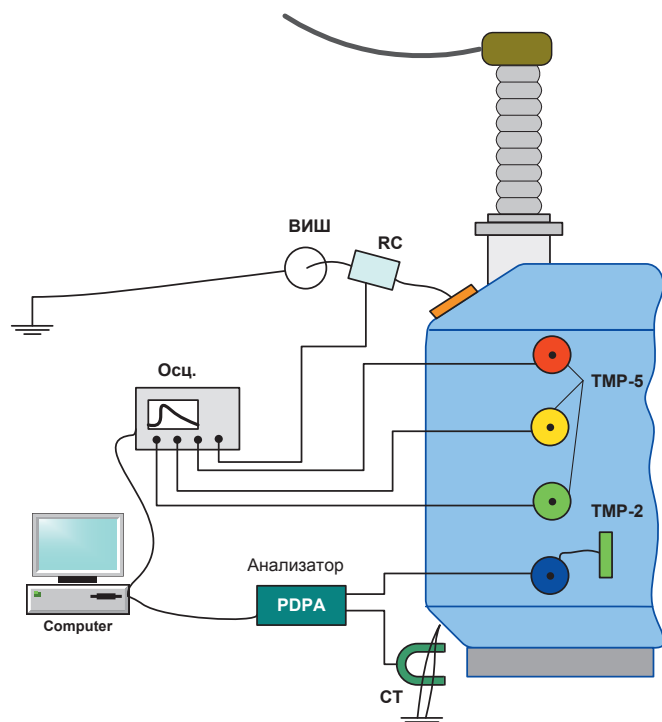


Рисунок 1 – Схемное решение регистрации частичных разрядов методом электрических измерений

Целью исследования в этой области является изучения параметров частичных разрядов в зависимости от параметров диэлектрика [8]. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

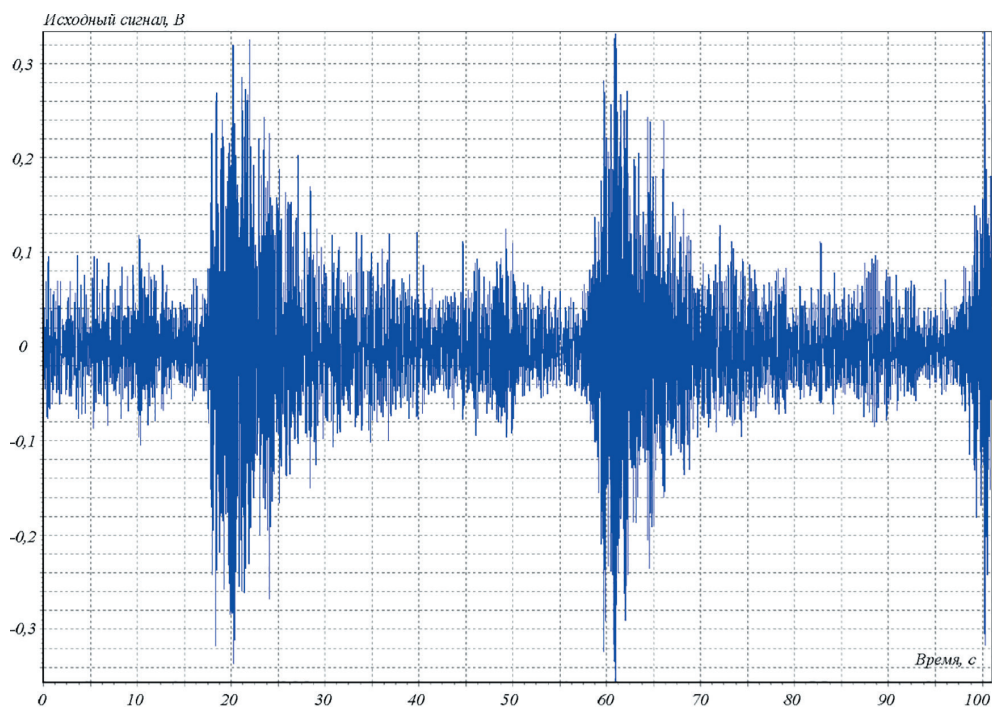


Рисунок 2 – Акустические сигналы частичных разрядов

- разместить ультразвуковые датчики на поверхности бака трансформатора и снять акустические сигналы для определения локации частичных разрядов;
- провести анализ результатов исследований акустических сигналов;
- определить зависимость амплитуды частичных разрядов от параметров изоляционных материалов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Акустический контроль проводится методом измерения частичных разрядов на основе многоканальной регистрации ультразвукового излучения работающего маслонаполненного оборудования (до нескольких сотен кГц) с помощью регистратора и принимающих датчиков. Акустический датчик частичных разрядов марки AR-Sensor работает в резонансном режиме на частоте установочного резонанса пьезокристалла, равной 40 кГц. При диагностировании датчики прикрепляются к поверхности бака трансформатора в местах высокой вероятности появления частичных разрядов и ведется сбор экспериментальных данных в виде аномалий в ультразвуковом излучении с применением электрического регистратора «R-2000».

Ультразвуковые сигналы, зарегистрированные на трансформаторе 110/10 кВ во время акустического контроля, представлены на рисунке 2. Методом акустического контроля была получена

возможность установить место возникновения частичных разрядов – на стороне высокого напряжения 110 кВ, где определилось присутствие частичных разрядов на фазе «С».

При рассмотрении и анализе частичных разрядов применяется разбиение экспериментальных данных с помощью фильтрации сигналов на высокочастотные и низкочастотные с использованием соответствующих фильтров. Данные фильтры – это наборы коэффициентов пропуска сигналов разного уровня – аппроксимирующих «А» (представление сигнала в грубой форме) и точной детализации «D» (представление сигнала в точной форме) и представляются в виде

$$S = A_n + D_r$$

При выборе набора коэффициентов применяются специальные функции – присваиваются со-

ответствующие индексы. В области исследуемых частот меньшие значения индексов присваиваются высоким частотам, а большие – низким частотам [9; 12; 13; 14; 15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

При получении экспериментальных данных определялся спектр сигнала и производилась обработка сигналов по обратному ряду Фурье (рисунок 3). Для проведения диагностики высоковольтного оборудования и выполнения планового ремонта имеется возможность применять метод частичных разрядов. При использовании данного метода возможно определение локации акустических разрядов и дефектов диэлектрических материалов оборудования.

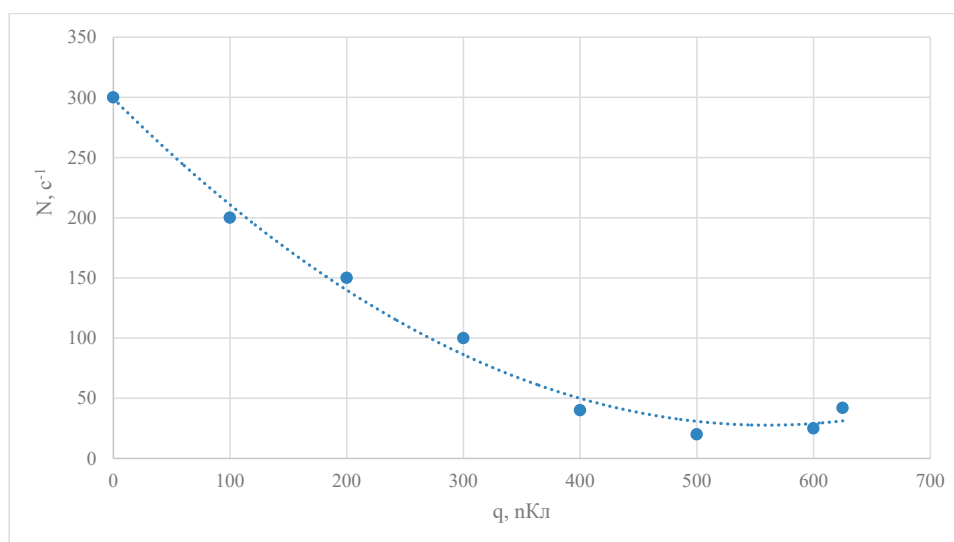


Рисунок 3 – Распределение амплитуды частичных разрядов в зависимости от параметров диэлектрика

Частичные разряды на возрастающих четвертях периода фазного напряжения могут идентифицировать частичные разряды в виде акустических сигналов во время обследования оборудования. При анализе спектра сигнала и обработке экспериментальных данных было получено уравнение регрессии зависимости амплитуды частичных разрядов от параметров диэлектрика. Уравнение регрессии, согласно амплитудам частичных разрядов, определенных экспериментальным путем, представлено ниже:

$$Y = 0,0009x^2 - 0,9683x + 299,02;$$
$$R^2 = 0,9893.$$

При этом установлено, что в трансформаторах с меньшей рабочей мощностью производить акустические исследования проще, что объясняется меньшей степенью воздействия на изоляционные межфазные и межвитковые материалы,

меньшей амплитудой «шумов» и небольшим затуханием акустических всплесков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные экспериментальные исследования, направленные на использование частичных разрядов вместе с методом акустического контроля, позволили изучить параметры частичных разрядов в зависимости от состояния изоляционных материалов и определить места дефектов диэлектрика трансформатора на стороне 110 кВ. Была определена локация частичных разрядов с помощью акустических датчиков, размещенных на поверхности бака трансформатора, и проведен анализ экспериментальных данных. Также было получено уравнение регрессии, которое выражает зависимость амплитуды частич-

ных разрядов от параметров изоляционных материалов.

Анализ проведенных исследований показывает, что метод диагностирования электрооборудования с использованием частичных разрядов

может применяться. В дальнейшем будет проводиться сбор статистических данных, что позволит представить более точную модель зависимости частичных разрядов от состояния диэлектрических материалов трансформатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карташова А. А., Новиков В. Ф. Тонкослойная хроматография как метод контроля фурановых соединений в трансформаторном масле. Текст: непосредственный // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. № 1–2. С. 138–145.
2. Карташова А. А., Новиков В. Ф. Определение фурановых соединений в трансформаторном масле газохроматографическим методом с использованием новых сорбентов. Текст : непосредственный // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. № 1–2. С. 99–103.
3. Krause Ch., Piovan U., Tschudi D. Building Reliable AC and DC UHV Power Transformers-Dielectric Design Principles, Suitable Pressboard Insulation and Issues Related to HVDC Testing. Текст: непосредственный // Proceedings of International Conference on UHV Transmission. Beijing, China, 2009. P. 28–34.
4. О разработке вариофикационных моделей для представления развития дефектов в силовых маслонаполненных трансформаторах / Г. В. Попов, К. В. Чернов, А. С. Асташов, Ю. М. Овсянников. Текст: непосредственный // Вестник ИГЭУ. 2013. Вып. 1. С. 25–31.
5. Бузаев В. В., Сапожников Ю. М., Смоленская Н. Ю. Методические указания по определению содержания кислорода и водорода в трансформаторных маслах методом газовой хроматографии : методические указания. М. : Издание официальное, 2007. 24 с.
6. IEC 60270:2000 Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов. (IEC 60270:2000 High-voltage test techniques. Partial discharge measurements).
7. Yokenbah E., Borsi H. Condition and diagnosis of power transformers // International conference on condition monitoring and diagnostic. 2008. P. 21–24.
8. Колбасов В.Ф., Савельев С.Ю., Хентшель Й. Электроизоляционные материалы и компоненты силовых трансформаторов: справ. Руководство. Тольятти : Изд-во ООО «ВТ-Энерго», 2018. 64 с.
9. Neubert H., Bödrich T., Disselnkötter R. Transient Electromagnetic– Thermal FE-Model of a SPICE-Coupled Transformer Including Eddy Currents with COMSOL Multiphysics / H. Neubert, T. Bödrich, R. Disselnkötter // Excerpt from the proceedings of the 2011 COMSOL conference in Stuttgart. Stuttgart, 2011.
10. РД 34.43.206–94. Определение содержания производных фурана в электроизоляционных маслах методом жидкостной хроматографии // Методика количественного химического анализа. М. : ОРГРЭС, 1995. 12 с.
11. СТО 56947007-29.180.010.009–2008. Методические указания по определению содержания фурановых производных в трансформаторных маслах методом газовой хроматографии : методические указания. М. : ОАО «ФСК ЕЭС», 2008.
12. Dielectric spectroscopy and gas chromatography methods applied on high-voltage transformer oils / C. Dervos, C. D. Paraskevas, P. Skafidas, N. Stefanou // PhysicsIEEE International Conference on Dielectric Liquids, 2005. Текст: непосредственный.
13. Borges Gilze, Rohwedder J., Bortoni E. A new method to detect fault gas in insulation oil using NIR spectroscopy and multivariate calibration / Gilze Borges, J. Rohwedder, E. Bortoni // Physics. 2013 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). 2013.
14. Singh S., Bandyopadhyay M. Dissolved gas analysis technique for incipient fault diagnosis in power transformers : a bibliographic survey // S. Singh, M. Bandyopadhyay // Engineering IEEE Electrical Insulation Magazine. 2010.
15. IEC7TR2 61321-1:1994 Методы испытаний при перенапряжении с крутым фронтом импульса. Часть 1: Измерительные системы для перенапряжений с крутым фронтом импульса в подстанциях с металлическим корпусом и газовой изоляцией (IEC/TR2 61321-1:1994 High-voltage testing techniques with very fast impulses • Part 1: Measuring systems for very fast front overvoltages generated in gas-insulated substations).

REFERENCES

1. Kartashova A. A., Novikov V. F. Thin-layer chromatography as a method of control of furan compounds in transformer oil. Text: direct // Izvestia vu-zov. Energy problems. 2016. № 1–2. P. 138–145.
2. Kartashova A. A., Novikov V. F. Determination of furan compounds in transformer oil by gas chromatographic method using new sorbents. Text: direct // News of universities. Energy problems. 2016. № 1–2. P. 99–103.
3. Krause Ch., Piovan U., Tschudi D. Building Reliable AC and DC UHV Power Transformers-Dielectric Design Principles, Suitable Pressboard Insulation and Issues Related to HVDC Testing. Text: direct // Proceedings of the International Conference on UHV Transmission. Beijing, China, 2009. P. 28–34.
4. On the development of vario-modification models to represent the development of defects in power oil-filled transformers / G. V. Popov, K. V. Chernov, A. S. Astashov, Yu. M. Ovsyannikov. Text: direct // IGEU Bulletin. 2013. Issue 1. P. 25–31.
5. Buzaev V. V., Sapozhnikov Yu. M., Smolenskaya N. Yu. Methodological guidelines for determining the oxygen and hydrogen content in transformer oils by gas chromatography : Methodical instructions. M. : Official publication, 2007. 24 p.
6. IEC 60270:2000 High voltage test methods. Measurements of frequency discharges. (IEC 60270:2000 High-voltage test techniques. Partial discharge measurements).
7. Yokenbah E., Borsi H. Condition and diagnosis of power transformers // International conference on condition monitoring and diagnostic. 2008. P. 21–24.
8. Kolbasov V. F., Savelyev S. Yu., Khentshel Y. Electrical insulating materials and components of power transformers : reference. Manual. Togliatti : Publishing House of VT-Energo LLC, 2018. 64 p.
9. Neubert H., Bödrich T., Disselnkötter R. Transient Electromagnetic– Thermal FE-Model of a SPICE-Coupled Transformer Including Eddy Currents with COMSOL Multiphysics // Excerpt from the proceedings of the 2011 COMSOL conference in Stuttgart. Stuttgart, 2011.
10. RD 34.43.206–94. Determination of the content of furan derivatives in electro-insulating oils by liquid chromatography // Methodology of quantitative chemical analysis. M. : ORGRES. 1995. 12 p.
11. STO 56947007-29.180.010.009–2008. Methodological guidelines for determining the content of furan derivatives in transformer oils by gas chromatography // Methodological guidelines. Moscow : JSC FGC UES, 2008.
12. Dielectric spectroscopy and gas chromatography methods applied on high-voltage transformer oils / C. Dervos, C. D. Paraskevas, P. Skafidas, N. Stefanou // Physics International Conference on Dielectric Liquids, 2005. Text: direct.
13. Borges Gilze, Rohwedder J., Bortoni E. A new method to detect fault gas in insulation oil using NIR spectroscopy and multivariate calibration // Physics 2013 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). 2013.
14. Singh S., Bandyopadhyay M. Dissolved gas analysis technique for incipient fault diagnosis in power transformers: A bibliographic survey // Engineering IEEE Electrical Insulation Magazine. 2010.
15. IEC/TR2 61321-1:1994 Test methods for overvoltage with a steep pulse front. Part 1: Measuring systems for overvoltage with a steep pulse front in substations with a metal casing and gas insulation (IEC/TR2 61321-1:1994 High-voltage testing techniques with very fast impulses. Part 1: Measuring systems for very fast front overvoltages generated in gas-insulated substations).

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО ВОД КАНАЛА ИМ. ЛЕНИНА НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОГО РАЙОНА

Окрут Светлана Васильевна*,

Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация,
тел. +7(928) 264-93-89, ORCID: 0000-0003-4613-2802, E-mail: s0kr@yandex.ru

Степаненко Елена Евгеньевна,

Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация,
тел. +7(905) 463-03-86, ORCID: 0000-0002-5545-7337, E-mail: elenapstepanenko@yandex.ru

Зеленская Тамара Георгиевна,

Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация,
тел. +7(903)446-71-51, ORCID: 0000-0001-8171-7967, E-mail: tamara.zelenskaya2016@yandex.ru

Халикова Валерия Алексеевна,

Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация,
тел. +7(961)440-98-06, ORCID: 0009-0003-7756-6803, E-mail: valeriya.halikova22@gmail.com

Аннотация. В маловодных районах приемниками сточных вод могут служить гидротехнические сооружения и каналы, экологическое состояние которых требует проведения мониторинговых исследований. Цель исследований заключается в оценке метеорологических и антропогенных факторов на воды канала, который служит водоприемником стоков с территории сельскохозяйственного производства, сточных вод с предприятия по переработке продукции растениеводства. Объектом исследования явились воды канала им. Ленина, протекающего по территории Курского района Ставропольского края. Методология исследований включает анализ литературных данных, оценку влияния метеорологических факторов, качества сбрасываемых вод на гидрохимический режим канальных вод в зоне поступления стоков с сельскохозяйственных территорий, сточных вод с предприятия по переработке и консервированию овощей.

Мониторинговые исследования по определению степени воздействия стоков на гидрохимическое состоя-

ние вод канала проводились в соответствии с методикой количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга. В результате исследований определена роль температуры и суммы осадков в формировании гидрохимического режима вод канала, что четко прослеживается в сезонной динамике общих показателей исследуемых вод, установлена пропорциональная зависимость суммы осадков и содержания солеобразующих ионов. Выявлено превышение предельно допустимых концентраций для вод водоемов рыбохозяйственного назначения в водах канала по содержанию нефтепродуктов, железа, нитритов, нитратов, фосфатов, сульфатов, хлоридов. С целью снижения антропогенной нагрузки на водоприемники необходимо определять источники загрязнения, разрабатывать и применять водоохранные технологии.

Ключевые слова: сточные воды, стоки, канал, метеорологические факторы, загрязнение, антропогенные факторы

METEOROLOGICAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS IMPACT ON THE QUALITY OF LENIN CANAL WATER OF THE TERRITORY OF KURSK DISTRICT

Okrut Svetlana Vasilyevna*,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation,
tel. +7(928) 264-93-89, ORCID: 0000-0003-4613-2802, E-mail: s0kr@yandex.ru

Stepanenko Elena Evgenievna,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation,
tel. +7(905) 463-03-86, ORCID: 0000-0002-5545-7337, E-mail: elenapstepanenko@yandex.ru

Zelenskaya Tamara Georgievna,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation,
tel. +7(903)446-71-51, ORCID: 0000-0001-8171-7967, E-mail: tamara.zelenskaya2016@yandex.ru

Khalikova Valeria Alekseevna,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation,
tel. +7(961)440-98-06, ORCID: 0009-0003-7756-6803, E-mail: valeriya.halikova22@gmail.com

Abstract. Wastewater receivers can serve as hydraulic structures and canals in low-water areas. The ecological condition of these channels requires research. The purpose of the study is to assess the influence of meteorological and anthropogenic factors on the canal waters. The object of the study is the waters of the canal on the territory of the Kursky district of the Stavropol Territory. The analysis of scientific data and the determination of the hydrological features of the channel are used as research methods. Quantitative chemical analysis and assessment of environmental objects for the hydrochemical state of water was used for wastewater monitoring. These methods

comply with the state environmental control. Studies show that temperature and precipitation determine the role in the formation of hydrochemical parameters of the studied waters. Assessment of the condition of the water body shows the presence of elevated TLV of iron ions, nitrite ions, nitrate ions, phosphate ions, sulfate ions, chloride ions and oil pollution. To reduce the anthropogenic load on water intakes, it is necessary to identify sources of pollution, develop and apply water protection technologies.

Key words: wastewater, drains, canal, meteorological factors, pollution, agricultural products, anthropogenic factors

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время качеству водных ресурсов в России уделяется большое внимание. Антропогенными источниками загрязнения водотоков в аграрных районах являются сельскохозяйственные угодья, территории сельских поселений, животноводческих ферм, земли фермерских и дачных кооперативов, предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции [1; 2; 3]. К категории высококонцентрированных стоков относятся сточные воды предприятий отрасли пищевой промышленности, так как они содержат органические загрязнители и биополлютанты. Для снижения антропогенной нагрузки на водоприемники предприятиями по переработке продукции растениеводства, животноводства используются различные методы очистки сточных вод. Существует ряд путей решения данной проблемы, одним из которых является разработка и внедрение биотехнологических методов очистки и доочистки стоков [4–7].

Основное загрязнение сточными водами характерно для речных экосистем. В связи с этим выявлен целый комплекс экологических проблем как глобального, так и локального характера [8–11]. Оценка экологического состояния водоёмов Ставропольского края, сделанная рядом авторов [12–15], свидетельствует об анализе антропогенной нагрузки на воды малых и средних рек. Практика показывает, что наряду с речными экосистемами водоприемниками могут служить гидротехнические сооружения и каналы. Эксплуатируемые водоемы имеют особый гидрохимический режим, в котором особое значение имеют температура воздуха и атмосферные осадки. Проблема воздействия метеорологических условий и факторов загрязнения вод каналов стоками, поступающими с территорий сельскохозяйственных предприятий, актуальна для степных районов, где создание ирригационных сооружений, широкой сети орошения и обводнения связано с дефицитом водного ресурса.

Целью исследований явилась оценка влияния атмосферных осадков, температуры и факторов

загрязнения сточными водами сельскохозяйственного производства на воды канала. При проведении исследований были поставлены следующие задачи: определить роль метеорологических условий в формировании гидрохимического режима исследуемого объекта; установить степень воздействия диффузных стоков и сточных вод, поступающих с предприятия по производству и переработке овощей на водоприемник. Оценка экологического состояния водотока, разработка водоохраных мероприятий позволит снизить антропогенную нагрузку на водные объекты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в период с 2021 по 2023 г. Места отбора проб определяли с учетом точки сброса и наличия хорошо перемешанных потоков. С целью определения антропогенной нагрузки на водоток расположение точек исследования было определено следующим образом: точка № 1 – п. Тельман, в данной точке в весенний паводковый период с целью регулирования уровня воды в реке Малка происходит сброс речных вод в канал. Данные проб позволили определить гидрохимический состав вод, поступающих на территорию Курского района; точка № 2 обусловлена местом сброса промышленных сточных вод с территории предприятия по переработке овощей в канал водоприемник; точка № 3 – Ю-В граница с. Серноводское, по берегам канала расположены поля злаковых и технических культур. Для оценки содержания солеобразующих ионов точки отбор проб располагались в радиусе 500 м на территории сброса сточных вод с предприятия. Точка № 1 находилась выше сброса сточных вод, точка № 2 – в месте сброса? и точка № 3 – ниже сброса сточных вод.

В ходе исследований пробы были взяты вручную при помощи специальных чистых бутылей из полимерных и стеклянных материалов. Пробоотборники, наполненные водой, герметично закупоривались крышками и доставлялись в лабораторию для анализа. Отбор проб проводили согласно ГОСТ 31861–2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 31942–2012 «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа».

С учетом того, что качество воды в водоприемнике может носить циклический характер, наблюдали сезонную и суточную цикличность, отбор проб для анализа проводили в одних и тех же точках, но в разные сезоны и режимы. Производили фиксацию температур воздуха и воды.

При проведении оценки гидрохимических показателей использовали «Руководство по хи-

мическому анализу поверхностных вод суши», а также методики, внесенные в Государственный реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга.

В качестве норматива использовали ПДК вредных веществ для вод водоемов рыбохозяйственного назначения.

Применительно к условиям и данным мониторинга для объективного установления качества воды водного объекта и достоверного определения степени его загрязненности использовали сочетание дифференцированного и комплексного способов оценки.

Методической основой комплексного способа явилась однозначная оценка степени загрязненности воды водного объекта по совокупности загрязняющих веществ: для любого водного объекта в точке отбора проб воды, за любой определенный промежуток времени, по любому набору гидрохимических показателей.

Основой дифференцированного способа служила оценка качества воды по отдельно загрязняющим веществам с использованием статистических методов.

Количество взвешенных частиц определяли гравиметрическим методом. Концентрацию меди, марганца и железа определяли на основе нормативного документа ПНД Ф 14.1:2:4.139–98 [16] методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Метод основан на измерении резонансного поглощения света свободными атомами определяемого металла при прохождении света через атомный пар исследуемого образца, образующийся в пламени. Определение нитритов – визуально-колориметрическим методом. В ходе анализа использовали как готовые тест-полоски, так и реактивы. Для определения общего содержания железа в водах применяли колориметрический метод с сульфосалициловой кислотой.

При первичном обследовании, включающем в себя визуальную оценку качества исследуемого участка, была использована карта-схема в масштабе 1:5000.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При оценке качества воды важную роль играют метеорологические факторы, что позволяет не только выявить возможные причины ухудшения состояния вод, но определить дальнейшие пути их решения.

Результаты среднемесячных изменений температуры представлены на рисунке 1.

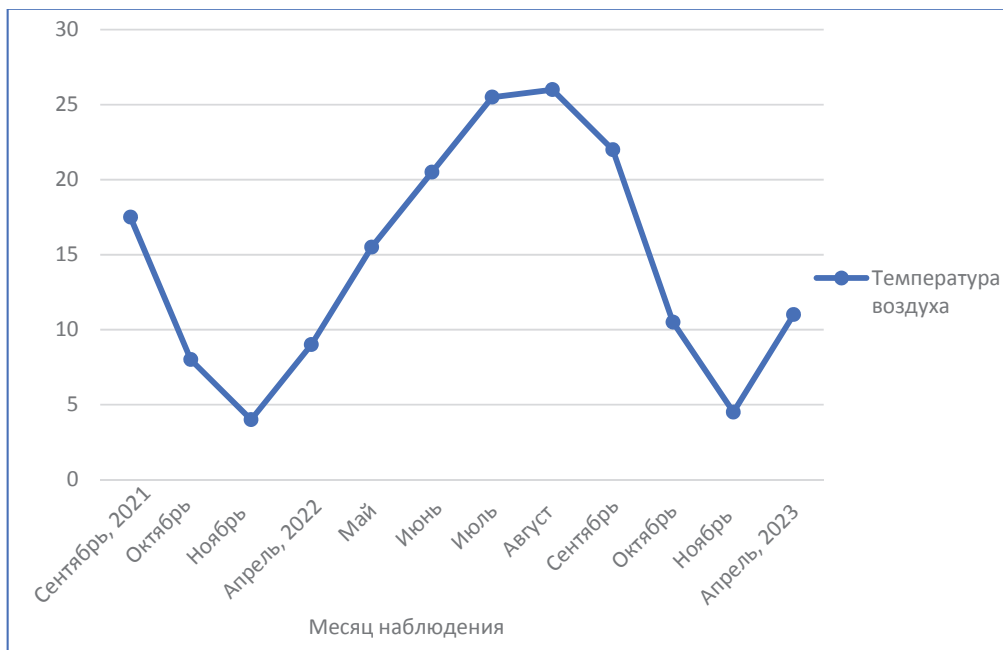


Рисунок 1 – Ход среднемесячных температур воздуха (2021–2023 гг.)

В период с сентября 2021 года по апрель 2023 года среднегодовая температура изменялась от 4,2 до 25,8 °С.

Проведенные наблюдения свидетельствуют о том, что температурный максимум приходился на лето 2022 года, в результате чего в водоприемнике наблюдалось постепенное испарение воды.

В течение года отмечали значительные колебания уровня вод в канале. Максимальный уровень воды отмечался в мае, июне 2022 года, октябре 2023 года после атмосферных осадков

и выпуска сбрасываемых вод, минимальный – в ноябре 2022 года, после окончания периода подкачки воды с реки Малка. В зимне-весенний период (декабрь – март) происходило обсыхание значительных участков дна.

Воздействие температурного фактора оказывает значительное влияние на развитие и условия обитания фитопланктона в канальной экосистеме.

Результаты среднемесячных наблюдений за изменением количества осадков представлены на рисунке 2.

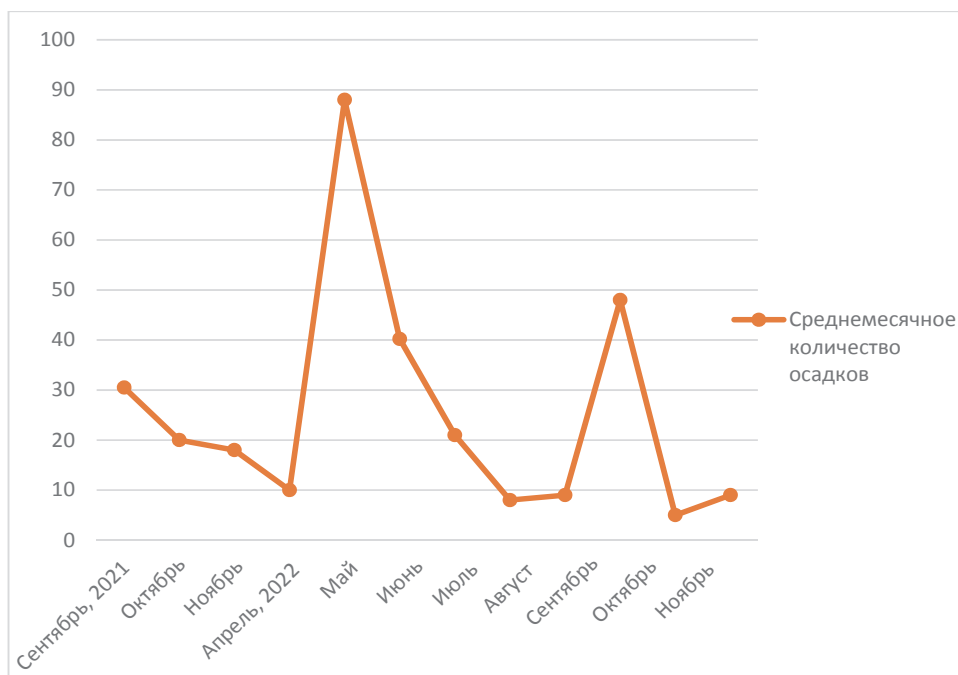


Рисунок 2 – Среднемесячное количество осадков (2021–2023 гг.)

На территории оросительных систем ионный состав поверхностных вод может формироваться за счет поступления солей с атмосферной влагой. При сопоставлении суммы атмосферных осадков с концентрацией ионов хлора и сульфат ионов, которые относятся к солеобразующим ионам, в пробах, взятых выше, ниже и в месте впадения сточных вод, отмечали пропорциональную зависимость.

В ходе исследований определили зависимость температур воздуха и поверхностного слоя воды (рисунок 3).

Канал является мелководным, что способствует высокому уровню прогревания в период открытой воды. Максимальные показатели отмечали в июле-августе, наибольшее значение в августе 2022 года составило 20 °С.

Сезонные колебания температурного режима воздуха и воды создают экстремальные экологические условия для гидробионтов и экосистемы канала в целом. В пересохшем состоянии на дне канала наблюдали большое количество донных отложений, сухого ила, сухостоя и различного мусора.

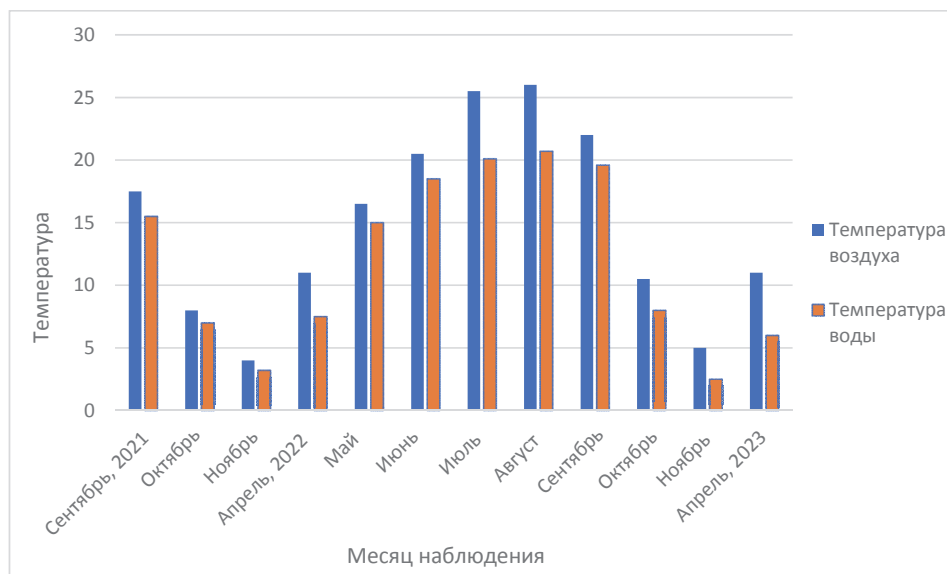


Рисунок 3 – Сопоставление показателей воздуха и поверхностного слоя воды (°C) (2021–2023 гг.)

Прозрачность воды с сентября по ноябрь 2021 года составила 22–24 см, при этом вода в канале имела темный цвет. С апреля по июнь 2022 года этот показатель повысился до 35 см. Полагаем, что это связано с подкачкой воды с реки Малка и атмосферными осадками. По мере наполнения канала сбрасываемыми водами происходит смешивание сухого ила с находящимися в воде взвешенными веществами.

С июля по сентябрь наблюдали активный рост фитопланктона, что связано с повышением температуры и отсутствием проточности воды. В этот период отмечали заметное снижение прозрачности воды, согласно диску Секки, среднее значение прозрачности в воде составило 23 ± 39 см, что в соответствии с методикой определения прозрачности позволяет отнести канал к водоемам с низким типом прозрачности. После окончания массовой вегетации фитопланктона прозрачность воды постепенно увеличивалась.

Зависимость показателя общей жесткости воды от атмосферных осадков подтверждается ее изменением от «очень жесткой» – 13,86 ммоль/дм³ осенью 2021 года, до «средне жест-

кой» – 7,3 ммоль/дм³ летом 2022 года. Полагаем, что это связано с поступлением атмосферных осадков и частично поступлением речных вод реки Малка.

Для определения качества воды в ходе исследования были проанализированы основные гидрологические характеристики водного объекта.

Установлено, что канал протекает в черте многих населенных пунктов Курского района. Протяженность канала составила приблизительно 170 км. На территории Курского района его длина соответствует 63 км. Ширина водного объекта изменялась от 1 до 4 м. Максимальная глубина в период полной насыщенности составила 2–3 м, скорость течения около 0,2 м/с. Главным источником питания канала являются сбрасываемые воды с реки Малка и атмосферные осадки. В холодный период года ледостав не наблюдается из-за отсутствия в нем воды. Тип дна – илисто-захлащенный.

Анализ гидрохимического состояния вод канала в точках отбора проб представлен в таблице 1.

Таблица 1

Концентрации загрязняющих веществ в точках отбора проб (2022 г.)

Загрязняющее вещество	Концентрация в точке № 1	Концентрация в точке № 3	ПДК _{рыбхоз}
БПК _{полн}	9 мгО ² /л	7 мгО ² /л	3 мгО ² /л
Взвешенные вещества	41,2 мг/л	45,2 мг/л	1,995 мг/л
Минерализация общая (сухой остаток)	1020,3 мг/дм ³	1035,3 мг/дм ³	1000 мг/дм ³
рН показатель	8,2	7,6	6,5

Из представленной таблицы видно, что в отобранных образцах проб все показатели загрязняющих веществ превышают нормы ПДК. Это свидетельствует о том, что вниз по течению вод канала его состояние ухудшалось, так как наблюдалась постоянная нагрузка на экосистему природных и антропогенных факторов.

Установили, что показатель БПК в 2–3 раза превышает норму ПДК, что свидетельствует о резком снижении способности вод канала к самоочищению и приводит к процессу эвтрофикации. Вследствие чего происходит изменение кислородного режима. Кислород в донных отложениях стремительно расходуется фитопланктоном, что может привести к гибели требовательных к кислороду организмов.

Содержание взвешенных веществ в водах канала в точке № 1 составило 41,2 мг/л, точке № 3 – 45,2 мг/л, что превышает ПДК в 20–22 раза. Полагаем, что одной из причин увеличения показателя служит скопление остатков растительного и животного происхождения. По показателям степени минерализации (сухо-

го остатка) канал относится к группе слабосоленых вод.

Известно, что для вод рыбохозяйственного назначения превышение величины показателя рН может привести к процессам закисления. В период наблюдения за гидрохимическими показателями канала было отмечено то, что концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. В зимний период величина рН составила 6,8–7,4, в летний 7,4–8,2.

С целью оценки уровня воздействия на водный режим канала в ходе исследований был проведен сравнительный анализ полученных значений концентраций загрязняющих веществ в точках отбора проб с показателями ПДК (рисунки 4, 5).

Анализ проведенных исследований свидетельствуют об увеличении концентраций загрязняющих веществ в точках отбора проб. Установлено, что в точке отбора № 1 показатели на несколько значений выше, чем в точке отбора № 3. По мере течения вод на канал воздействуют, в первую очередь, антропогенные источники загрязнения.

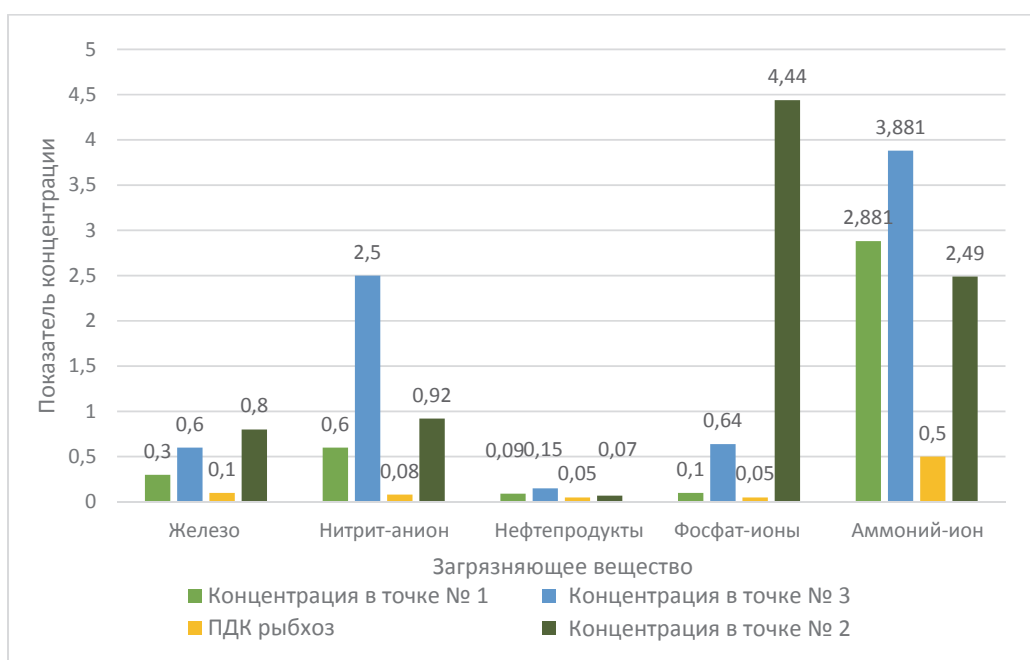


Рисунок 4 – Соотношение загрязняющих веществ с ПДК в точках отбора проб (2022 г.)

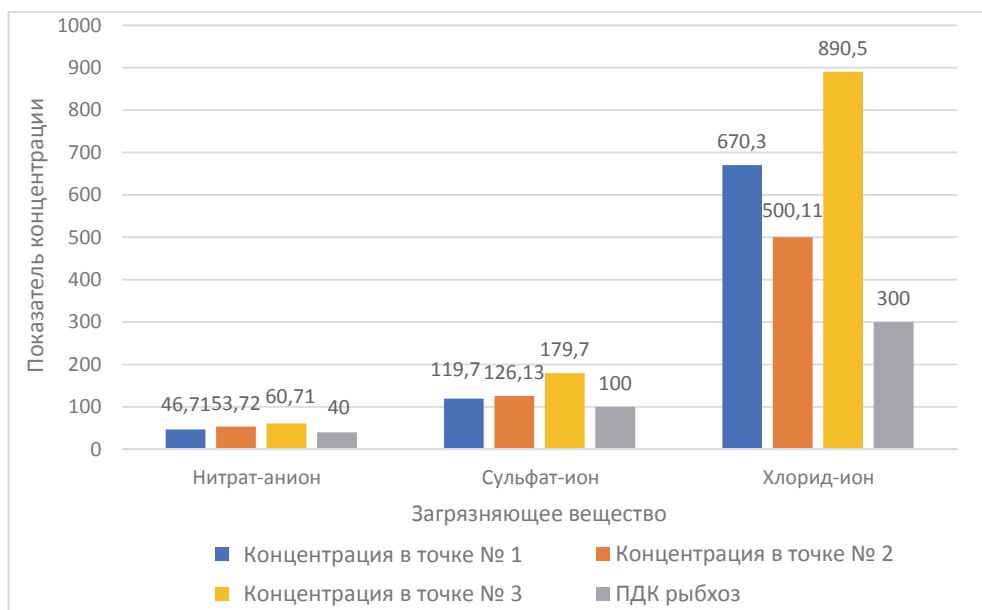


Рисунок 5 – Соотношение загрязняющих веществ с ПДК в точках отбора проб (2022 г.)

Концентрация железа в точках отбора проб подвержена заметным изменениям в сравнении с ПДК. В точке № 3 показатель превышает норму в 3 ПДК (0,6 мг/л), что придает воде неприятный запах и цвет. Полагаем, что увеличение концентрации железа в водах канала в весенне-летний период происходит в результате перемешивания водных масс.

Содержание иона аммония в воде превышает показатель ПДК от 5 до 7,6 раза, это указывает на близость канала к источнику загрязнения.

Присутствие нефтепродуктов было отмечено по специфическому запаху, максимальное содержание составило 3 ПДК. Повышенное содержание нитрит-анионов в воде отмечено в точке отбора проб № 3, что составило 31 ПДК – 2,5 мг/л. Нахождение в воде фосфат-ионов связано с разложением неживого органического вещества на дне канала. Концентрация фосфат-ионов изменялась от 0,1 до 4,4 мг/л, максимальные значения наблюдали в конце лета, увеличение предельно допустимых концентраций в 88 раз. Можно предположить, что источником ионов аммония, нитрит, фосфат-ионов являются стоки, поступающие с сельскохозяйственных угодий.

Также отмечали изменение показателей хлорид-ионов от 500,1 до 890,5 мг/л, максимальное значение составило 3 ПДК, сульфат-ионов от 119,7 до 179,9 мг/л, максимальное значение составило 1,8 ПДК. Повышение концентрации данных веществ является одним из критериев загрязненности канала хозяйственно-бытовыми стоками.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что в точках отбора проб наблюдается разница показателей концентраций загрязняющих веществ. Значения концентраций в пробах точки № 3 намного выше, чем в точке

№ 1. Это связано с тем, что, попадая на территорию Курского района, воды подвергаются дополнительной нагрузке различных антропогенных источников. По мере поступления вод с реки Малка в канал сухой иловый остаток, имеющий накопительное свойство, смешивается с прибывшими взвешенными веществами, в результате чего значения концентраций увеличиваются.

В ходе исследований был проведен анализ сточных вод, поступающих в канал с предприятия по производству и переработке овощей. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание загрязняющих веществ в сточных водах, поступающих в канал с предприятия по производству и переработке овощей (2022 г.)

Показатель	Концентрация	ПДК _{рыбхоз}
Аммоний-ион	2,49 мг/л	0,5 мг/л
БПК _{полн}	6,14 мгО ₂ /дм ³	3 мгО ₂ /дм ³
Взвешенные вещества	320 мг/л	1,995 мг/л
Минерализация общая (сухой остаток)	1112 мг/л	1000 мг/л
Железо	0,8 мг/л	0,1 мг/л
Нитрит-анион	0,92 мг/л	0,08 мг/л
Нефтепродукты	0,07 мг/л	0,05 мг/л
Нитрат-анион	53,72 мг/л	40 мг/л
Фосфат-ионы	4,44 мг/л	0,05 мг/л
Сульфат-ион	126,13 мг/л	100 мг/л
Хлорид-ион	500,11 мг/л	300 мг/л

Результаты проведенного исследования по определению гидрохимических показателей вод по загрязняющим веществам свидетельствуют о том, что двух стадий очистки в локальных очистных сооружениях предприятия недостаточно, так как концентрация загрязняющих веществ в сточных водах превышает показатели ПДК_{рыбхоз}. С целью снижения негативного воздействия на канальные воды можно предложить внедрение гидроботанических площадок в технологическую схему для доочистки сточных вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отмечено влияние метеорологических факторов на общие показатели и гидробиологическое состояние вод изучаемого объекта (канала). Определена пропорциональная зависимость суммы атмосферных осадков и концентрации ионов хлора и сульфат-ионов. Динамика процессов сезонного изменения качества вод напрямую связана с температурой и атмосферными осадками.

Оценка гидрохимического режима вод водоприемника свидетельствует о превышении ПДК загрязняющих веществ для вод водоемов рыбохозяйственного назначения по всем исследуемым

показателям. Источниками диффузного загрязнения являются сельскохозяйственные угодья, хозяйственно-бытовые стоки сельских поселений.

Сточные воды, поступающие с предприятия по производству и переработке овощей, соответствуют установленным для предприятия нормативам, но отмечается превышение предельно допустимых концентраций для вод водоемов рыбохозяйственного назначения по содержанию железа, нитритов, нефтепродуктов, нитратов, фосфатов, сульфатов, что может служить основанием для разработки биотехнологических методов доочистки сточных вод.

Вклад авторов

Окрут С. В.: концептуализация, проведение исследования.

Степаненко Е. Е.: сбор данных, составление методологии.

Зеленская Т. Г.: вычитка статьи.

Халикова В. А.: обзор литературных источников.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирейчева Л. В., Лентяева Е. А. Влияние сельскохозяйственного производства на загрязнение водных объектов // *Природообустройство*. 2020. № 5. С. 18–26.
2. Кирейчева Л. В., Яшин В. М. Оценка потенциального объема дренажного стока с орошаемых земель бассейна Волги // *Основные результаты научных исследований института за 2018 год* : сб. научных трудов. М. : Изд-во ВНИИГиМ, 2019. С. 150–160.
3. Ступин В. И. Проблема биогенного загрязнения водных объектов диффузным стоком с водосборов рек Воронежской области. Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды по Воронежской области. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/heolo-gia/2003/01/stupin.pdf> (дата обращения: 12.03.2024).
4. Пантелеева Я. С., Гульшин И. А. К вопросу повышения эффективности очистки сточных вод биологическими методами // *Естественные и технические науки*. 2015. Т. 84, № 6. С. 582–583.
5. Абуова Г. Б., Харламова А. Э., Сардина А. С. Эффективность применения водного гиацинта (*Eichornia crassipes*) при доочистке сточных вод // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия* : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 1 (39). С. 33–37.
6. Биотехнология очистки сточных вод *Science and innovation* / М. Р. Шарифов, Б. Х. Алимова, О. М. Пулатова, Х. Т. Вохидов, А. А. Махсумханов. 2023. № 16. Т. 3. С. 1188–1191.
7. Hydroponic method for ramie and removal of nitrogen and phosphorus from livestock wastewater / G. Gao, H. Xiong, J. Chen, (...), C. Yu, A. Zhu // *International Journal of Phytoremediation*. 2018. Vol. 20 (6), May. P. 545–551.
8. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году». М. : Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2022. 684 с.

9. Мещурова Т. А. Оценка качества воды рек при анализе нагрузки сточных вод в Пермском крае // Экология урбанизированных территорий. 2023. № 1. С. 27–31.
10. Доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2020 году». М. : Росводресурсы, НИА-Природа, 2022. 510 с.
11. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2021 год / отв. ред. Г. М. Черногаева. М. : Росгидромет, 2022. 220 с.
12. Дементьева Д. М., Смольникова В. В., Дементьев М. С. К вопросу о загрязнении водоемов Ставропольского края тяжелыми металлами и нефтепродуктами // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12. № 1(8). С. 2116–2117.
13. Блужина А. С. Оценка экологического состояния водосборной территории р. Калаус в пределах Ставропольского края // Известия ДГПУ. 2014. № 4. С. 68–70
14. Оценка влияния малых водотоков на гидрохимические и гидробиологические показатели реки Подкумок / С. В. Окрут, Т. Г. Зеленская, Е. Е. Степаненко, А. А. Коровин, В. А. Халикова // Успехи современного естествознания. 2023. № 2. С. 58–64.
15. Оценка химического состава воды Новотроицкого водохранилища Ставропольского края / Е. Е. Степаненко, Ю. А. Мандра, Р. С. Еременко, Т. Г. Зеленская // Вестник КрасГАУ. 2015. № 9. С. 26–28.
16. ПНД Ф 14.1:2:4.139–98 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектроскопии. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/898902520> (дата обращения: 20.08.2024).

REFERENCES

1. Kireycheva L. V., Lentyaeva E. A. The influence of agricultural production on pollution of water bodies // Environmental management. 2020. № 5. P. 18–26.
2. Kireycheva L. V., Yashin V. M. Otsenka potentsialnogo objema drenazhnogo stoka s oroshaemyh zemel bessejna Volgi. // Osnovnye rezultaty nauchnyh issledovaniy instituta za 2018 god. : sb. nauch. trudov. M. : Izd-vo VNIIGiM, 2019. P. 150–160.
3. Stupin V. I. Problema biogennoy zagryazneniya vodnyh objektov s vodosborov rek Voronezhskoy oblasti. Glavnoe upravlenie pri-rodnyh resursov i ohrany okruzhayushchey sredy po Voronezhskoy oblasti [Electronny resurs]. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/he-ologia/2003/01/stupin.pdf> (data obrashcheniya: 12.03.2024)
4. Panteleeva Ya. S., Gulshin I. A. On the issue of improving the efficiency of wastewater treatment by biological methods // Natural and Technical Sciences. 2015. V. 84. № 6. P. 582–583.
5. Abuova G. B., Kharlamova A. E., Sardina A. S. The effectiveness of the use of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) during the post-treatment of wastewater // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region: scientific and technical journal / Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. Astrakhan: GAOU JSC VO «AGASU», 2022. № 1 (39). P. 33–37.
6. Biotechnology for wastewater treatment / M. R. Sharifov, B. Kh. Alimova, O. M. Pulatova, Kh. T. Vokhidov, A. A. Makhsumkhanov // Science and innovation. 2023. № 16. Т. 3. P. 1188–1191.
7. Hydroponic method for ramie and removal of nitrogen and phosphorus from livestock wastewater / G. Gao, H. Xiong, J. Chen, (...), C. Yu, A. Zhu // International Journal of Phytoremediation. 2018. Vol. 20 (6), May. P. 545–551.
8. Gosudarstvennyy doklad «O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchey sredy Rossijskoj Federacii v 2021 godu» [State report «On the State and Environmental Protection of the Russian Federation in 2021»]. М. : Ministry of Natural Resources of Russia; Lomonosov Moscow State University, 2022. 684 p. [in Russian]
9. Meshchurova T. A. Assessment of river water quality when analyzing wastewater load in the Perm region // Ecology of urbanized territories. 2023. № 1. P. 27–31.
10. Report on the state and use of water resources of the Russian Federations in 2020 [O sostoyanii i ispolzovanii vodnykh resursov Rossijskoj Federacii v 2020 godu]. Moscow : Rosvodresursy, NIA-Природа, 2022. 510 p.
11. Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchey sredy v Rossijskoj Federacii za 2021 god [Overview of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2021] / responsible ed. G. M. Chernogaeva. М. : Rosgidromet, 2022. 220 p.

12. Dementyeva D. M., Smolnikova V. V., Dementyev M. S. On the issue of pollution of water bodies of the Stavropol region with heavy metals and oil products // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2010. Т. 12. № 1(8). P. 2116–2117.
13. Bluzhina A. S. The ecological status assessment of the catchment area of the Kalaus river in Stavropol region // News of the DSPU. 2014. № 4. P. 68–70.
14. Assessment of the influence of small watercourses on the hydrochemical and hydrobiological parameters of the Podkumok River / S. V. Okrut, T. G. Zelenskaya, E. E. Stepanenko, A. A. Korovin, V. A. Khalikova // Advances in modern natural science. 2023. № 2. P. 58–64.
15. The assessment of the water chemical composition of the Novotroitsk reservoir in the Stavropol territory / E. E. Stepanenko, Yu. A. Mandra, R. S. Eremenko, T. G. Zelenskaya // Herald. KrasGAU. 2015. № 9. P. 26–28.
16. PND F 14.1:2:4.139–98 Quantitative chemical analysis of water. Methodology for measuring mass concentrations of cobalt, nickel, copper, zinc, chromium, manganese, iron, silver, cadmium and lead in samples of drinking, natural and waste water using atomic absorption spectrometry [Elektronnyy resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/898902520> (data obrashcheniya: 12.03.2024).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ТЕХНОЛОГИИ УКОРЕНЕНИЯ ЗИМНИХ ПРИВИВОК САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНИ

Айсанов Тимур Солтанович*,

Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация,
ORCID 0000-0002-2525-7465, E-mail: aysanov_timur@mail.ru

Погосян Вахак,

Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация,
E-mail: vahak17@mail.ru

Аннотация. В последние годы в Российской Федерации сформировался устойчивый дефицит качественного посадочного материала отечественного происхождения. В настоящее время для удовлетворения потребности отрасли садоводства саженцами встал вопрос об ускорении технологии производства посадочного материала и увеличении ее эффективности. В этой связи целью наших исследований являлось определение эффективности применения биологически активных веществ в технологии укоренения зимних прививок саженцев яблони. Для достижения поставленной цели были проведены исследования по определению укореняемости зимних прививок ведущих промышленных сортов яблони на подвой М9. Для активизации процесса корнеобразования проводилось окунание оснований черенков в водный раствор ИУК в концентрации 200 мг/л с последующим высаживанием в торфяной субстрат. После чего проводился учет укореняемости относительно контрольных вариантов без применения

стимулятора роста. Согласно полученным результатам, из рассматриваемых в опыте сортов наибольшая укореняемость отмечалась у сорта Либерти, показатель которого был выше, чем у остальных сортов на 2–13 шт. на фоне применения ИУК, и на 1–14 шт. на контрольном варианте. Эффективность применения стимулятора роста на разных сортах была не одинаковой. Наибольшее повышение укореняемости прививок относительно контрольного показателя отмечалось у сорта Гала, 37,4 %. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что применение стимуляторов роста в технологии производства посадочного материала яблони показало достаточно высокую эффективность, однако немаловажную роль при этом сыграли и параметры сортоподвойной комбинации.

Ключевые слова: яблоня, посадочный материал, зимняя прививка, биологически активные вещества, стимуляторы роста, укореняемость

EFFECTIVENESS OF USE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN THE TECHNOLOGY OF ROOTING WINTER GRAFTINGS OF APPLE TREE SEEDLINGS

Timur S. Aysanov*,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation,
ORCID 0000-0002-2525-7465,
E-mail: aysanov_timur@mail.ru

Vahak Pogosian,

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation,
E-mail: vahak17@mail.ru

Abstract. In recent years, Russia has developed a persistent shortage of high-quality planting material of domestic origin. Currently, in order to meet the needs of the horticulture industry with seedlings, the question has arisen of accelerating the technology for producing planting material and increasing its efficiency. In this regard, the purpose of our research was to determine the effectiveness of the use of biologically active substances in the technology of rooting winter grafting of apple tree seedlings. To achieve this goal, studies were carried out to determine the rooting ability of winter grafting of leading industrial varieties of apple trees onto M9 rootstock. To activate the root formation process, the bases of the cuttings were dipped into an aqueous solution of IAA at a concentration of 200 mg/l, followed by planting in a peat substrate. After that, the rooting rate was taken into account relative to the control options without the use of a growth stimulant. According

to the results obtained, of the varieties considered in the experiment, the highest rooting rate was observed in the Liberty variety, the rate of which was higher than that of other varieties by 2–13 units. against the background of the use of IAA, and by 1–14 pcs. on the control version. The effectiveness of using the growth stimulator on different varieties was not the same. The greatest increase in the rooting rate of grafting relative to the control indicator was observed in the Gala variety, amounting to 37.4 %. As a result of the research, we can conclude that the use of growth stimulants in the production technology of apple tree planting material has shown quite high efficiency, however, the parameters of the variety-rootstock combination also played an important role.

Keywords: apple tree, planting material, winter grafting, biologically active substances, growth stimulants, rooting

ВВЕДЕНИЕ

Сложившийся в условиях санкционной политики дефицит качественного посадочного материала в России, обусловленный значительной зависимостью от импортных саженцев в последние годы, в настоящее время в ускоренном темпе должен быть ликвидирован [1; 2]. Удовлетворение потребностей населения страны свежими фруктами и ягодами является главной задачей отечественного Министерства сельского хозяйства [3–5]. Для преодоления такой высокой потребности в отечественных саженцах правительством нашей страны предприняты меры поддержки российских предприятий, специализирующихся на производстве посадочного материала [6–8]. Но, несмотря на это, ключевой проблемой данной подотрасли сельского хозяйства являются малые темпы наращивания объема произведенных саженцев. Одним из путей ускорения технологии производства качественных саженцев является применение биологически активных веществ и регуляторов роста [9–11].

Стимуляторы роста с успехом могут быть использованы для прививок растений [12–16]. Широко используемый в настоящее время способ зеленого черенкования при размножении плодовых и ягодных культур связан с большими затратами денежных и материальных средств на создание культивационных помещений с искусственным туманом. Они могут значительно быстрее окупиться при расширении областей использования [17; 18]. В условиях теплицы можно не только укоренять зеленые черенки, но и одновременно срращивать прививочные компоненты. Использование теплиц для зимних прививок позволяет сократить период выращивания саженцев древесных плодовых культур на 1–3 года по сравнению с общепринятой техно-

логией, а обработка черенков подвоя и привоя ростовыми веществами способствует их лучшей приживаемости и укореняемости [19–21].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования по обозначенной теме проходили в 2023–2024 гг. в условиях Центра садоводства и питомниководства плодово-ягодных культур, расположенного в учебно-опытном хозяйстве Ставропольского государственного аграрного университета. Для изучения эффективности применения биологически активных веществ при зимней прививке яблони нами проводились производственные испытания укоренения прививки различных сортов яблони на подвое M9 с использованием культивационных помещений и обработкой прививочных компонентов ростовыми веществами. Для лучшего развития корневой системы у зимних прививок черенки погружались основаниями (на 1,5–2 см) в водный раствор ИУК в концентрации 200 мг/л. После этого их промывали водой и высаживали в теплице.

Для укоренения брались прививки следующих сортов, привитых на карликовый подвой M9: Либерти, Флорина, Ренет Симиренко, Грени Смит, Гала, Голден Делишес, Ред Делишес, Чемпион. Укоренение прививок проводилось в торфяном субстрате. Схема посадки черенков – 5–10 см. Повторность опыта – 3-кратная, за опытный вариант принят 1 горшок площадью 0,1 м². Согласно положениям ГОСТ Р 59653–2021 «Материал посадочный плодовых и ягодных культур. Технические условия», на основании учёта доли укоренившихся прививок, замеров среднего количества образовавшихся корешков и процентного соотношения укоренения был проведён анализ эффективности изучаемого агроприема.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Из рассматриваемых в опыте сортов яблони наибольшее число укоренившихся зимних прививок на фоне применения ИУК было отмечено у сорта Либерти, результат которого был выше, чем у всех остальных сортов на 2–13 шт. Однако, согласно результатам математической обработки полученных данных, на фоне применения регулятора роста ИУК достоверное преимущество сорта Либерти отмечалось лишь относительно результатов сортов Флорина, Ренет Симиренко, Гренни Смит и Чемпион и составляло по опыту 9–13 шт. (таблица 1).

Таблица 1

Влияние стимулятора роста на укореняемость зимних прививок яблони на подвое М9

Сорт яблони	Высажено, шт.	Укоренилось, шт.		% укоренения	
		ИУК	Контроль	ИУК	Контроль
Либерти	50	37	28	73,1	57,8
Флорина	50	26	24	52,0	48,0
Ренет Симиренко	50	27	17	54,5	33,3
Гренни Смит	50	28	22	55,1	43,7
Гала	50	32	14	64,7	27,3
Голден Делишес	50	34	26	67,5	51,8
Ред Делишес	50	35	27	68,2	53,3
Чемпион	50	24	17	47,4	33,3
НСР ₀₅		7	5	10,5	13,8

На фоне контроля без применения биологически активных веществ отмечалась аналогичная картина. При укоренении черенков подвоя М9, на который был привит сорт Либерти, отмечалось наибольшее количество укоренившихся черенков, и разница относительно остальных вариантов опыта составляла 1–14 шт. Однако по результатам математической обработки полученных данных достоверная разница сорта Либерти на контроле отмечалась относительно сортов Ренет Симиренко, Гренни Смит, Гала и Чемпион, составившая по опыту 6–14 шт.

Анализ эффективности применения препарата ИУК для повышения эффективности укоренения зимних прививок анализируемых сортов яблони на подвое М9 показал, что на всех вари-

антах опыта на фоне применения регулятора роста ИУК укоренение черенков было значительно выше, чем на контроле. В среднем по анализируемым сортам повышение процента укоренившихся прививок за счет применения раствором ИУК составляло 4,0–37,4 %. При этом необходимо отметить, что у сорта Флорина укореняемость зимних прививок при обработке черенков раствором ИУК была практически аналогичной результату контроля без применения биологически активных веществ. Наибольшей отзывчивостью на применение биологически активных веществ при укоренении зимних прививок в опыте отличался сорт Гала, укореняемость черенков у которого при обработке раствором ИУК была более чем в два раза больше, чем на варианте без обработки регулятором роста.

Немного меньшей отзывчивостью на применение биологически активных веществ для повышения укореняемости привитых компонентов в опыте отличался сорт Ренет Симиренко, показатель которого после применения раствора ИУК вырос относительно результата контрольного варианта на 21,2 %.

У остальных анализируемых в опыте сортов повышение доли укоренившихся зимних прививок после применения раствора ИУК относительно аналогичных показателей контроля находилась практически на одном уровне и составляла по опыту 11,4–15,7 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав полученные результаты исследований, можно сделать вывод, что из 50 высаженных черенков зимней прививки сортов яблони как при применении биологически активных веществ, так и без них наибольшее количество укоренившихся прививок отмечалось у сорта Либерти. Показатель данного сорта был выше всех остальных сортов в опыте, однако достоверная разница была отмечена лишь относительно сортов Флорина, Ренет Симиренко, Гренни Смит и Чемпион, что составляло по опыту 9–13 шт.

На контроле без применения биологически активных веществ отмечалась аналогичная картина – максимальное количество укоренившихся зимних прививок также отмечалось у сорта Либерти, однако существенное преимущество здесь отмечалось относительно результатов сортов Ренет Симиренко, Гренни Смит, Гала и Чемпион, составившее по опыту 6–14 шт.

Анализовавшие в опыте сорта яблони показали различный уровень отзывчивости на при-

менение биологически активных ростовых веществ. Так, наибольший прирост числа укоренившихся черенков относительно контрольного при применении раствора ИУК в опыте отмечался у сорта Гала, где прибавка составляла 37,4 %. Самый слабый прирост укоренения от обработки черенков регуляторами роста в опыте отмечался у сорта Флорина, где увеличение показателя составило лишь 4,0 %. В целом, в среднем по опыту увеличение количества укоренившихся зимних прививок от применения биологически активных веществ у анализировавшихся сортов составляло 4,0–37,4 %.

Благодарности

В данной статье представлены результаты исследований, проведенных в рамках реализации государственного контракта с Министерством сельского хозяйства Российской Федерации на тему «Разработка агротехнологий получения безвирусного посадочного материала плодовых культур с использованием биотехнологических методов для производства качественной продукции (этап I)».

Вклад авторов

Айсанов Т. С.: была разработана методика проведения исследований и проведен анализ полученных данных.

Погосян В.: осуществлял закладку опыта, проведение учетов и наблюдений.

Авторами был проведен анализ полученных результатов и сформулированы выводы и рекомендации производству.

Конфликт интересов

У авторов отсутствует явный и потенциальный конфликт интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гергаулова Р. М., Александрова Э. А., Дорошенко Т. Н. Влияние влагозащитных покрытий и биологически активных веществ на укоренение одревесневших черенков подвоев яблони // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2006. № 3. С. 106–112. EDN JUGVCV.
- Гегечкори Б. С., Щербаков Н. А., Тымчик Н. Е. Особенности влияния регуляторов роста на укоренение одревесневших черенков подвоев яблони // Colloquium-Journal. 2021. № 3-2(90). С. 52–54. EDN LNLBGB.
- Токарева О. И. Новый способ размножения яблони в Среднем Приамурье // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 6. С. 56–58. EDN UOSUVB.
- Оптимизация факторов, влияющих на адаптацию и рост растений в почвогрунте редкого вида *Malus niedzwetzkyana* / А. С. Нуртаза, А. К. Есимсеитова, В. К. Каримова и др. // Вестник Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева. Серия: Биологические науки. 2022. № 2(139). С. 70–85. DOI 10.32523/2616-7034-2022-139-2-70-85. EDN AOOAYE.
- Кожевников А. П., Любимов М. А. Размножение декоративных форм яблони и ивы в Сарафановском питомнике Свердловской области // Леса России и хозяйство в них. 2022. № 3(82). С. 32–38. DOI 10.51318/FRET.2022.75.68.004. EDN CDAEVY.
- Никитина А. В., Ленточкин А. М. Применение стимуляторов корнеобразования при зелёном черенковании клоновых подвоев яблони // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (71). С. 45–50. EDN NQZFBG.
- Влияние стимуляторов роста на укореняемость зеленых черенков клоновых подвоев яблони / А. В. Никитина, А. В. Федоров, А. М. Ленточкин, Г. С. Воробьева // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4 (60). С. 66–70. EDN WTLKRO.
- Журавлева А. В. Особенности размножения клоновых подвоев яблони зелеными черенками при использовании различных стимуляторов корнеобразования // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 12. С. 65–67. DOI 10.24411/0235-2451-2019-11213. EDN DCBTWM.
- Журавлева А. В. Размножение клоновых подвоев яблони зелеными и одревесневшими черенками // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 12. С. 44–46. EDN YMEMWQ.

10. Киктева Е. Н., Солонкин А. В., Никольская О. А. Влияние сроков и способов прививки на выход стандартных саженцев яблони // Научно-агрономический журнал. 2021. № 2(113). С. 23–27. DOI 10.34736/FNC.2021.113.2.003. EDN DECLRI.
11. Никитина А. В., Ленточкин А. М., Федоров А. В. Влияние сроков размножения зелеными черенками на укореняемость клонового подвоя яблони 54-118 // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 2. С. 45–53. DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-45-53. EDN EKDODZ.
12. Титова Ю. Г., Курашев О. В. Краткая оценка корневой системы подвоев яблони, полученных методом зеленого черенкования // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 29. С. 233–236. DOI 10.30679/2587-9847-2020-29-233-236. EDN SKIVPY.
13. Шаповал О. А., Можарова И. П. Ауксин и эффективность применения синтетических регуляторов роста класса ауксинов в период корнеобразования сельскохозяйственных и декоративных культур // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 6(384). С. 79–83. DOI 10.24412/2587-6740-2021-6-79-83. EDN QRIBHA.
14. Ван-Ункан Н. Ю., Олейникова О. Я., Дубровский М. Л. Разработка приемов укоренения микро-черенков *in vitro* колонновидных форм яблони // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. 43. С. 233–236. EDN VEBVQV.
15. Ромаданова Н. В., Кушнаренко С. В. Биотехнология получения безвирусных саженцев яблони // Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. 2021. Т. 103, № 3. С. 102–118. DOI 10.31489/2021BMG3/102-118. EDN URAABZ.
16. Зацепина И. В. Применение стимулятора роста при зеленом черенковании сортов и форм груши в теплице с искусственным туманом // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 12-1(80). С. 13–17. EDN UCKBTN.
17. Влияние различных субстратов питательной среды на укоренение подвоев косточковых и семечковых растений в условиях *in vitro* / И. М. Баматов, Н. Л. Адаев, Э. А. Цагараева и др. // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. Т. 57, № 4. С. 176–183. EDN JSDXSD.
18. Тарова З. Н., Мацнев И. Н., Пальчиков Е. В. Эффективность применения органического удобрения «Барда меласная» для повышения качества посадочного материала яблони // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 12. С. 14–17. DOI 10.53859/02352451_2022_36_12_14. EDN RMDVMP.
19. Хамурзаев С. М., Мадаев А. А., Анасов И. М. Клональное микроразмножение сортов яблони // Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 28–31. DOI 10.30906/1999-5636-2022-4-28-31. EDN JHDTNS.
20. Атрощенко Г. П., Безух Е. П., Асир Н. Эффективность размножения клоновых подвоев яблони Мичуринского ГАУ одревесневшими черенками // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022. № 4(69). С. 21–28. DOI 10.24412/2078-1318-2022-4-21-28. EDN PYWGYO.
21. Зацепина И. В. Способность сортов и форм груши укореняться с помощью стимулятора роста растений янтарной кислоты в теплице с пленочным укрытием // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3(44). С. 36–45. EDN IURCXC.

REFERENCES

1. Gergaulova R. M., Alexandrova E. A., Doroshenko T. N. The influence of moisture-protective coatings and biologically active substances on the rooting of lignified cuttings of apple tree rootstocks // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2006. № 3. P. 106–112. EDN JUGVCV.
2. Gegechkori B. S., Shcherbakov N. A., Tymchik N. E. Features of the influence of growth regulators on the rooting of lignified cuttings of apple tree rootstocks // Colloquium-Journal. 2021. № 3-2(90). P. 52–54. EDN LNLBGB.
3. Tokareva O. I. A new method of apple tree propagation in the Middle Amur region // Bulletin of Russian Agricultural Science. 2015. № 6. P. 56–58. EDN UOSUVB.
4. Optimization of factors influencing the adaptation and growth of plants in the soil of the rare species *Malus niedzwetzkyana* / A. S. Nurtaza, A. K. Yesimseitova, V. K. Karimova [and others] // Bulletin of the Eurasian National University named after L. N. Gumilyov. Series: Biological Sciences. 2022. № 2(139). P. 70–85. DOI 10.32523/2616-7034-2022-139-2-70-85. EDN AOOAYE.

5. Kozhevnikov A. P., Lyubimov M. A. Reproduction of decorative forms of apple and willow in the Sarafanovsky nursery of the Sverdlovsk region // *Forests of Russia and management in them*. 2022. № 3(82). P. 32–38. DOI 10.51318/FRET.2022.75.68.004. EDN CDAEVY.
6. Nikitina A. V., Lentochkin A. M. The use of root formation stimulants during green cuttings of apple tree clonal rootstocks // *Bulletin of Michurinsky State Agrarian University*. 2022. № 4(71). P. 45–50. EDN NQZFBG.
7. The influence of growth stimulants on the rooting of green cuttings of apple clonal rootstocks / A. V. Nikitina, A. V. Fedorov, A. M. Lentochkin, G. S. Vorobyova // *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*. 2019. № 4(60). P. 66–70. EDN WTLKRO.
8. Zhuravleva A. V. Features of propagation of clonal apple tree rootstocks by green cuttings using various stimulants of root formation // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. T. 33, № 12. P. 65–67. DOI 10.24411/0235-2451-2019-11213. EDN DCBTWM.
9. Zhuravleva A. V. Reproduction of clonal apple tree rootstocks by green and lignified cuttings // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2017. T. 31, № 12. P. 44–46. EDN YMEMWQ.
10. Kikteva E. N., Solonkin A. V., Nikolskaya O. A. The influence of timing and methods of grafting on the yield of standard apple tree seedlings // *Scientific and Agronomic Journal*. 2021. № 2(113). P. 23–27. DOI 10.34736/FNC.2021.113.2.003. EDN DECLRI.
11. Nikitina A. V., Lentochkin A. M., Fedorov A. V. The influence of the timing of propagation by green cuttings on the rooting of clonal apple rootstock 54-118 // *News of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2022. № 2. P. 45–53. DOI 10.26897/0021-342X-2022-2-45-53. EDN EKDODZ.
12. Titova Yu. G., Kurashev O. V. Brief assessment of the root system of apple tree rootstocks obtained by green cuttings // *Scientific works of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking*. 2020. T. 29. P. 233–236. DOI 10.30679/2587-9847-2020-29-233-236. EDN CKIVPY.
13. Shapoval O. A., Mozharova I. P. Auxin and the effectiveness of using synthetic growth regulators of the auxin class during the period of root formation of agricultural and ornamental crops // *International Agricultural Journal*. 2021. № 6(384). P. 79–83. DOI 10.24412/2587-6740-2021-6-79-83. EDN QRIBHA.
14. Van-Unkan N. Yu., Oleynikova O. Ya., Dubrovsky M. L. Development of methods for rooting microcuttings in vitro of columnar forms of apple trees // *Fruit growing and berry growing in Russia*. 2015. T. 43. P. 233–236. EDN VEBVQV
15. Romadanova N. V., Kushnarenko S. V. Biotechnology for obtaining virus-free apple tree seedlings // *Bulletin of Karaganda University. Series: Biology. Medicine. Geography*. 2021. T. 103, № 3. P. 102–118. DOI 10.31489/2021BMG3/102-118. EDN URAABZ.
16. Zatssepina I. V. The use of a growth stimulator for green cuttings of pear varieties and forms in a greenhouse with artificial fog // *Current scientific research in the modern world*. 2021. № 12-1(80). P. 13–17. EDN UCKBTN.
17. The influence of various substrates of the nutrient medium on the rooting of rootstocks of stone fruit and pome plants under in vitro conditions / I. M. Bamatov, N. L. Adaev, E. A. Tsagaraeva [and others] // *News of the Mountain State Agrarian University*. 2020. T. 57, № 4. P. 176–183. EDN JSDXSD.
18. Tarova Z. N., Matsnev I. N., Palchikov E. V. Efficiency of using organic fertilizer «Molasses bard» to improve the quality of apple tree planting material // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2022. T. 36, № 12. P. 14–17. DOI 10.53859/02352451_2022_36_12_14. EDN RMDVMP.
19. Khamurzaev S. M., Madayev A. A., Anasov I. M. Clonal micropropagation of apple varieties // *Agrarian Russia*. 2022. № 4. P. 28–31. DOI 10.30906/1999-5636-2022-4-28-31. EDN JHDTNS.
20. Atroshchenko G. P., Bezukh E. P., Asir N. Efficiency of propagation of clonal apple tree rootstocks of Michurinsky State Agrarian University by lignified cuttings // *News of St. Petersburg State Agrarian University*. 2022. № 4(69). P. 21–28. DOI 10.24412/2078-1318-2022-4-21-28. EDN PYWGYO.
21. Zatssepina I. V. The ability of pear varieties and forms to take root using the plant growth stimulator succinic acid in a greenhouse with a film cover // *News of the Velikolukskaya State Agricultural Academy*. 2023. № 3(44). P. 36–45. EDN IURXCX.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОЩАДЬ ЛИСТОВОГО АППАРАТА И УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ ОГУРЦА В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Алексеев Павел Андреевич

Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Российская Федерация
ORCID 0009-0009-9688-5926 E-mail: pa2ekseev@yandex.ru

Аннотация. Поиск новых высокоэффективных методов повышения продуктивности растений является многообещающим. Одним из таких методов является использование органоминеральных удобрений со стимулирующими рост свойствами. Целью исследования было изучение влияния органоминеральных удобрений в районе листового аппарата и урожайности гибридов огурца в условиях защищенного грунта шестой светлой зоны. В статье представлены результаты исследований по определению эффективности применения органоминеральных удобрений Эпин-экстра, Радифарм, Аминофол Плюс в технологии выращивания огурцов в условиях закрытого грунта. Изучено влияние органоминеральных удобрений на урожайность и площадь листового аппарата. Основным показателем вегетативного состояния растений является размер

листового аппарата. Лист растения является основным органом ассимиляции. Изучаемые удобрения оказывали значительное влияние на площадь листьев огурца, особенно эффективны были варианты с применением подкормки всеми исследуемыми органоминеральными удобрениями. Значимость полученных результатов исследований заключается в том, что дополнительное применение изучаемых удобрений улучшало урожайность, качества плодов и выход товарной продукции. Данную агротехнику выращивания гибридов огурца с использованием системы капельного полива с применением изучаемых ростостимулирующих удобрений можно отнести к ресурсосберегающей.

Ключевые слова: огурец, защищённый грунт, органоминеральные удобрения, площадь листового аппарата, урожайность, гибрид

THE EFFECT OF ORGANOMINERAL FERTILIZERS ON THE AREA OF THE LEAF APPARATUS AND THE YIELD OF CUCUMBER HYBRIDS IN PROTECTED SOIL CONDITIONS

Pavel A. Alekseev

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
ORCID 0009-0009-9688-5926 E-mail: pa2ekseev@yandex.ru

Abstract. The search for new highly effective methods to increase plant productivity is promising. One of these methods is the use of organomineral fertilizers with growth-stimulating properties. The aim of the study was to study the effect of organomineral fertilizers in the area of the leaf apparatus and the yield of cucumber hybrids in the protected soil of the sixth light zone. The article presents the results of research to determine the effectiveness of the use of organomineral fertilizers Epin-extra, Radiopharm, Aminophol Plus in the technology of growing cucumbers in closed ground conditions. The effect of organomineral fertilizers on the yield and area of the leaf apparatus has been studied. The main indicator of the vegetative state of plants is the size of the

leaf apparatus. The leaf of the plant is the main organ of assimilation. The studied fertilizers had a significant effect on the area of cucumber leaves, especially effective were the options with the use of top dressing with all the studied organomineral fertilizers. The significance of the obtained research results lies in the fact that the additional use of the studied fertilizers improved productivity, fruit quality and yield of marketable products. This agricultural technique of growing cucumber hybrids using a drip irrigation system using the studied growth-stimulating fertilizers can be attributed to resource-saving.

Keywords: cucumber, protected soil, organomineral fertilizers, leaf area, yield, hybrid

ВВЕДЕНИЕ

Овощеводство является одной из ключевых сфер в сельскохозяйственном производстве. Однако не во всех регионах имеются благоприятные условия для выращивания всего ассортимента овощных культур, что является необходимым для удовлетворения потребностей населения [1–3]. Одним из способов обеспечить постоянное производство свежих овощей, особенно во внесезонный период, является развитие овощеводства в защищенном грунте, что становится приоритетом в наше время. Например, в Ставропольском крае и других регионах России наблюдается интенсивное развитие тепличного овощеводства – строятся новые теплицы и производится реконструкция старых антрацитовых теплиц. При этом для эффективного выращивания овощных культур необходимы инновационные технологии, которые требуют дальнейшей разработки и освоения [4, 5].

Важной овощной культурой является огурец, который выращивается более чем в 80 странах мира. Для успешного производства огурца требуются определенные условия, такие как высокая температура, влажность, интенсивность света и доступность питательных веществ [6, 7]. Огурец – типичное субтропическое растение, чувствительное к неблагоприятным условиям окружающей среды. Выращивание огурца в защищенном грунте позволяет увеличить продолжительность сезона свежего потребления плодов. Оптимизация условий роста и развития огурца способствует получению стабильно высоких урожаев, что особенно важно для повышения рентабельности производства огурца [8–10]. Поиск новых эффективных методов для повышения урожайности растений представляет значительный интерес. Одним из перспективных методов является использование органоминеральных удобрений, обладающих ростостимулирующими свойствами.

Цель нашего исследования заключается в изучении влияния органоминеральных удобрений на площадь листового аппарата и урожайность гибридов огурца в условиях закрытого грунта в шестой световой зоне.

Задачи исследований:

- установить влияние удобрений на площадь листового аппарата гибридов огурца;
- изучить влияние удобрений на урожайность гибридов огурца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в зимне-весенний оборот в лаборатории теплично-оранже-

рейного комплекса ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет.

Объект исследований – гибриды огурца Бьёрн F1, Северин F1.

Предмет исследований – корневые и foliarные подкормки удобрениями Эпин-экстра, Радифарм, Аминофол Плюс.

Опыт двухфакторный: фактор А – удобрение, фактор В – гибрид огурца.

Схема опыта (фактор А):

1 – Контроль (фон)

2 – Фон + Эпин-экстра

3 – Фон + Радифарм

4 – Фон + Аминофол Плюс

5 – Фон + Эпин-экстра + Радифарм + Аминофол Плюс

В исследовании использовалась схема питания, содержащая все необходимые макро-, мезо- и микроэлементы для развития огурцов. Схема опыта была построена с использованием метода организованных повторений. Повторения были размещены сплошным образом, и эксперимент был проведен в трехкратных повторениях. Внутри каждого повторения варианты располагались случайным образом, а делянки имели несколько уровней. Общая площадь делянки составила 5 м², ширина – 1 м, длина – 5 м.

Подкормку растений проводили в соответствии со схемой опыта в определенные периоды времени. В фазе 2–3 листьев растения опрыскивали раствором Эпин-экстра в дозе 100 мл/га, а затем повторно опрыскивали в фазе бутонизации. Радифарм использовался при высадке растений в дозе 5–6,5 л/га, а через 7 дней повторно в дозе 3–4 л/га. Аминофол Плюс (1,0–3,0 л/га) применялся для подкормки растений в фазе 4–5 листьев и затем повторялся еще 2 раза с интервалом в 10–12 дней. При совместном применении всех удобрений каждое из них применялось отдельно.

Характеристика гибридов

Огурец Бьёрн F1 является ранним партенокарпическим гибридом огурца, который прекрасно подходит для выращивания в парниках, теплицах и на открытом грунте. Этот гибрид является лидером по отдаче раннего урожая, его созревание занимает 39–42 дня. Растение средневетвистое, с медленным развитием боковых побегов, образует 2–3 завязи в одном узле. Плоды этого гибрида имеют цилиндрическую форму, темно-зеленый цвет средней степени шероховатости, длиной 9–11 см и весом 90–100 г. Вкус плодов отличный, а товарность высокая. Бьёрн F1 устойчив к таким заболеваниям, как мучнистая роса, кладоспориоз, вирус огуречной мозаики и вирус пожелтения сосудов огурца.

Этот гибрид также устойчив к стрессу и тени. Рекомендуется для выращивания на защищенном и открытом грунте и может использоваться для употребления в свежем виде, консервирования и засолки. Плотность посадки составляет 3–3,5 растения на 1 м², урожайность в открытом грунте составляет 13–14 кг/м², а в защищенном грунте – более 20 кг/м².

Огурец Северин F1 является раннеспелым универсальным гибридом огурца. Он успешно проходил испытания на различных территориях, от Северного Кавказа до Центрально-Черноземной полосы. Растение этого гибрида является партенокарпическим и предназначено для выращивания в пленочных теплицах. Оно отличается мощным ростом и стабильной завязываемостью плодов. Основная масса урожая этого гибрида формируется на главном стебле. Гибрид обладает высоким уровнем сохранности после уборки и хорошо переносит транспортировку. Он наиболее подходит для употребления в свежем виде. Гибрид также обладает высокой степенью устойчивости к бурой пятнистости и средней – к вирусам огуречной мозаики, пожелтения жилок огурца и желтой мозаики цуккини. Товарная урожайность этого гибрида в пленочных теплицах составила 9,1 кг/м².

Характеристика удобрений

Эпин-экстра. Антистрессовое действие препарата Эпин-экстра, выпускаемого фирмой «НЭСТ М», связано с его воспроизведенным природным веществом – аналогом, который обладает широким спектром действия и способствует адаптации растений к неблагоприятным условиям. Применение данного препарата способствует увеличению урожайности и защите растений от воздействия заморозков, избыточной влажности, фитофтороза и других факторов. Также он способствует снижению содержания в растениях пестицидов, тяжелых металлов, радионуклидов и нитратов.

Радифарм – органоминеральный комплекс, включающий полисахариды, стероиды глюкозидов, аминокислоты, бетаин, витамины и микроэлементы, разработанный для стимуляции развития боковых и дополнительных корней растений и обеспечения равномерного развития корневой системы. Применение Радифарма способствует переживанию растениями травм при пересадке, а также неблагоприятных условий, таких как высокая температура и избыток влаги.

Аминофол Плюс – специализированный антистрессант с высоким содержанием аминокислот, который может быть использован в качестве внекорневых подкормок и фергитации для всех видов культур. Препарат способствует преодолению растениями стрессовых ситуаций, стиму-

лирует метаболизм и усваивание питательных веществ, что в свою очередь повышает урожайность и качество продукции даже в неблагоприятных условиях. Некоторые аминокислоты, такие как тирозин, аргинин, аланин, лизин, пролин, серин, треонин, валин и глутамин, способствуют физиологическим процессам роста растений и обеспечивают энергетический резерв для борьбы со стрессовыми факторами. Удобрение Аминофол Плюс содержит полный комплекс необходимых для растений веществ, обеспечивая их полноценное и сбалансированное питание.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Размер листового аппарата является основным показателем вегетативного состояния растений. Он определяет структурно-энергетический материал для всего организма и влияет на уровень ассимиляции органических веществ. Габитус растений зависит от условий закрытого грунта и может привести к развитию мощных и крупнолистных растений. Однако излишнее развитие вегетативной массы и интенсивное потребление ассимилянтов может привести к дефициту этих веществ при формировании генеративных органов [11, 12]. В начале вегетации уровень фотосинтеза достаточно высок, но при снижении освещенности он существенно уменьшается. Это приводит к нехватке ассимилянтов и замедлению роста организма [13, 14].

Исследования показали, что применение удобрений оказывает значительное влияние на площадь листьев огурца. Особенно эффективным оказалось применение подкормки с использованием различных агрохимикатов. При использовании удобрений площадь листового аппарата огурца была выше контроля на 0,016–0,078 м²/растение (таблица 1).

Наибольший эффект был достигнут при обработке огурцов Радифармом, при которой площадь листьев у гибрида Бьёрн F1 составила 1,760 м²/растение, а у гибрида Северин F1 – 1,640 м²/растение. Это превышает показатели контроля на 0,033 и 0,029 м²/растение соответственно. Совместное применение удобрений также привело к увеличению площади листьев огурца во всех вариантах опыта на 0,047–0,062 м²/растение. Размер листового аппарата у гибрида Бьёрн был значительно больше, чем у гибрида Северин, в среднем по вариантам опыта на 0,121 м²/растение.

Таким образом, при применении удобрений площадь листового аппарата была достоверно выше контроля в среднем по опыту на 0,016–0,078 м²/растение. Совместное применение удобрений су-

Таблица 1

Влияние удобрений на площадь листьев огурца, м²/растение

Удобрение, А	Гибрид, В		А, НСР ₀₅ = 0,014
	Бьёрн F1	Северин F1	
1. Контроль (фон)	1,727	1,611	1,669
2. Фон + Эпин-экстра	1,744	1,626	1,685
3. Фон + Радифарм	1,760	1,640	1,700
4. Фон + Аминофол Плюс	1,749	1,631	1,690
5. Фон + Эпин-экстра + Радифарм + Аминофол Плюс	1,813	1,680	1,747
В, НСР ₀₅ = 0,11	1,759	1,638	НСР ₀₅ = 0,13 Sx, % = 3,15

щественно увеличивало площадь листьев огурца не только контроля, но и других удобренных вариантов в среднем по опыту на 0,047–0,062 м²/растение. Размер листового аппарата гибрида Бьёрн был значительно выше, чем Северин, в среднем по вариантам опыта на 0,121 м²/растение.

Исследования показали, что опытные растения имели различия в морфологии по сравнению с контрольной группой. Это проявилось в изменении вегетативных и генеративных органов растений, таких как площадь листьев, длина междоузлий, диаметр стебля, завязываемость плодов и средний вес плода.

Все удобренные варианты показали значительно более высокую урожайность по сравнению с контролем – на 0,9–2,1 кг/м². Максимальный уровень урожайности был достигнут при совместном использовании подкормок и составил 25,6 кг/м². Гибрид Бьёрн также имел достоверно более высокую урожайность по сравнению с гибридом Северин. Гибриды огурца при испытаниях зачастую показывают разную продуктивность [15, 16]. В результате исследований установлено, что урожайность гибрида Бьёрн в среднем по опыту была достоверно выше, чем гибрида Северин, на 0,5 кг/м² (таблица 2).

Таблица 2

Влияние удобрений на урожайность огурца, кг/м²

Удобрение, А	Гибрид, В		А, НСР ₀₅ = 0,5
	Бьёрн F1	Северин F1	
1. Контроль (фон)	24,2	22,7	23,5
2. Фон + Эпин-экстра	25,5	24,1	24,8
3. Фон + Радифарм	25,4	23,9	24,7
4. Фон + Аминофол Плюс	25,2	23,6	24,4
5. Фон + Эпин-экстра + Радифарм + Аминофол Плюс	26,3	24,8	25,6
В, НСР ₀₅ = 0,3	25,3	23,8	НСР ₀₅ = 0,9 Sx, % = 3,1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование органоминеральных удобрений стимулировало рост растений и приводило к увеличению площади листьев – прибавка в среднем по опыту составила относительно контроля 0,016–0,078 м²/растение. Все удобренные варианты также показали более высокую урожайность по сравнению с контролем – на 0,9–2,1 кг/м². Максимальный уровень урожайности огурца в опыте достигнут при совместном использовании подкормок и составил 25,6 кг/м², что существенно выше всех вариантов на 0,8–2,1 кг/м².

Полученные результаты исследований имеют практическую значимость, так как дополнительное применение изучаемых удобрений улучшало урожайность, качество плодов и выход товарной продукции. Выращивание гибридов огурца с использованием системы капельного полива и изучаемых удобрений можно рассматривать как экологически безопасный способ получения высокого урожая качественной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгополова, Н. В. Продуктивность культуры огурца в открытом и закрытом грунте при применении биопрепаратов / Н. В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 4. – С. 35–41.
2. Подерягин, Е. Особенности минерального питания томата в условиях защищенного грунта / Е. Подерягин, М. В. Селиванова // Образование. Наука. Производство – 2013, Ставрополь, 15–17 октября 2013 года. – Ставрополь : Общество с ограниченной ответственностью «Ставропольское издательство «Параграф», 2013. – С. 147–148.
3. Селиванова, М. В. Эффективность применения удобрений и биологически активных веществ при выращивании капусты белокочанной / М. В. Селиванова, М. С. Сигида // Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК : VI Международная научно-практическая конференция, Ставрополь, 08–12 февраля 2016 года. Том II. – Ставрополь : АГРУС, 2016. – С. 164–166.
4. Применение удобрений и их сочетаний в подкормку огурца в защищенном грунте – резерв сокращения затрат и повышения урожайности / М. В. Селиванова, А. Н. Есаулко, О. Ю. Лобанкова, В. В. Агеев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. – С. 419.
5. Селиванова, М. В. Влияние схем питания на продуктивность огурца в условиях защищенного грунта / М. В. Селиванова // Перспективные направления развития сельского хозяйства : труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений. – Москва : Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2015. – С. 65–67.
6. Гончар, О. И. Семейный проект «Знакомься – огурец» / О. И. Гончар // Мастер-класс. – 2021. – № 6. – С. 49–52.
7. Дзанагов С. Х., Джелиев А. С., Дзанагов Т. С. Действие микроудобрений и биостимуляторов на рост и развитие растений огурца в защищенном грунте // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 56, № 3. – С. 31–37.
8. Влияние синергизма ФАР и подкормок органо-минеральными удобрениями на продуктивность огурца в условиях защищенного грунта / М. В. Селиванова и др. // Аграрная наука, творчество, рост : материалы IV Международной научно-практической конференции. – Ставрополь : СтГАУ, 2014. – С. 175–178.
9. Масленникова, В. И. Использование стимулирующих препаратов в условиях теплиц / В. И. Масленникова, Н. М. Ишмуратова // Пчеловодство. – 2015. – № 7. – С. 17–19.
10. Селиванова, М. В. Получение экологически чистой продукции огурца и томата в защищенном грунте / М. В. Селиванова, Ю. П. Проскурников, О. Ю. Лобанкова // Экология и устойчивое развитие сельской местности, Ставрополь, 19–21 марта 2012 года. – Ставрополь, 2012. – С. 72–74.
11. Селиванова, М. В. Урожайность тепличного огурца при применении биологически активных веществ / М. В. Селиванова, Е. С. Романенко // Современное состояние и перспективы развития плодоовощеводства, виноградарства и виноделия в Российской Федерации : сборник трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 27–28 апреля 2021 года. – Ставрополь : ООО «Ставропольское издательство «Параграф», 2021. – С. 234–237.
12. Сравнительная оценка субстратов при выращивании огурца в условиях защищенного грунта / М. В. Селиванова, Е. С. Романенко, Н. А. Есаулко, Т. С. Айсанов // Эволюция и деградация почвенного покрова : сборник научных статей по материалам IV Международной научной конференции, Ставрополь, 13–15 октября 2015 года. – Ставрополь : АГРУС, 2015. – С. 407–409.
13. Селиванова, М. В. Эффективность применения удобрений ростостимулирующего действия в технологии выращивания огурца в защищенном грунте / М. В. Селиванова, О. Ю. Лобанкова // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2012. – Т. 3, № 1-1. – С. 172–174.
14. Сравнительная оценка гибридов огурца в условиях шестой световой зоны / М. В. Селиванова, Н. А. Есаулко, А. И. Апанасенко, В. А. Зеленко // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : сборник материалов региональной конференции, приуроченной к

- 90-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора Тюльпанова В. И., Ставрополь, 07–09 апреля 2021 года. – Ставрополь : ООО «СЕКВОЙЯ», 2021. – С. 150–152.
15. Селиванова, М. В. Гибриды огурца – урожайность и качество / М. В. Селиванова, Е. С. Романенко, Ю. П. Проскурников // Инновационные технологии продуктов здорового питания : Международная научно-практическая конференция, посвященная 160-летию со дня рождения И. В. Мичурина, Мичуринск, 04–05 сентября 2015 года. – Мичуринск : Мичуринский государственный аграрный университет, 2015. – С. 68–71.
16. Селиванова, М. В. Изучение эффективности применения биологически активных веществ при выращивании огурца в защищенном грунте / М. В. Селиванова, О. Ю. Лобанкова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 11. – С. 92–95.

REFERENCES

1. Dolgopolova, N. V. Productivity of cucumber culture in open and closed ground when using biological products / N. V. Dolgopolova // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2022. – № 4. – P. 35–41.
2. Poderyagin, E. Features of mineral nutrition of tomato in protected soil / E. Poderyagin, M. V. Selivanova // Education. The science. Production – 2013, Stavropol, October 15–17, 2013. – Stavropol : LLC «Stavropol Publishing House «Paragraph», 2013. – P. 147–148.
3. Selivanova, M. V. Efficiency of using fertilizers and biologically active substances when growing white cabbage / M. V. Selivanova, M. S. Sigida // Application of modern resource-saving innovative technologies in the agro-industrial complex : VI International Scientific and Practical Conference, Stavropol, February 08–12, 2016. Volume II. – Stavropol : AGRUS, 2016. – P. 164–166.
4. The use of fertilizers and their combinations in fertilizing cucumbers in protected soil is a reserve for reducing costs and increasing yields / M. V. Selivanova, A. N. Esaulko, O. Yu. Lobankova, V. V. Ageev // Modern problems of science and education. – 2013. – № 3. – P. 419.
5. Selivanova, M. V. The influence of nutritional patterns on the productivity of cucumber in protected soil conditions / M. V. Selivanova // Prospective directions for the development of agriculture : Proceedings of the All-Russian Council of Young Scientists and Specialists of Agrarian Educational and Scientific Institutions. – Moscow : Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex, 2015. – P. 65–67.
6. Gonchar, O. I. Family project «Meet the Cucumber» / O. I. Gonchar // Master class. – 2021. – № 6. – P. 49–52.
7. Dzanagov, S. Kh. Effect of microfertilizers and biostimulants on the growth and development of cucumber plants in protected soil / S. Kh. Dzanagov, A. S. Dzheliev, T. S. Dzanagov // News of the Mountain State Agrarian University. – 2019. – T. 56, № 3. – P. 31–37.
8. The influence of synergism of PAR and fertilizing with organic-mineral fertilizers on the productivity of cucumber in protected soil conditions / M. V. Selivanova et al. // Agricultural science, creativity, growth : materials of the IV International scientific and practical conference. – Stavropol : StGAU, 2014. – P. 175–178.
9. Maslennikova, V. I. The use of stimulants in greenhouse conditions / V. I. Maslennikova, N. M. Ishmuratova // Beekeeping. – 2015. – № 7. – P. 17–19.
10. Selivanova, M. V. Obtaining environmentally friendly products of cucumber and tomato in protected soil / M. V. Selivanova, Yu. P. Proskurnikov, O. Yu. Lobankova // Ecology and sustainable development of rural areas, Stavropol, 19–21 March 2012. – Stavropol, 2012. – P. 72–74.
11. Selivanova, M. V. Yield of greenhouse cucumber when using biologically active substances / M. V. Selivanova, E. S. Romanenko // Current state and prospects for the development of horticulture, viticulture and winemaking in the Russian Federation : Collection of proceedings based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 90-anniversary of the Stavropol State Agrarian University, Stavropol, April 27–28, 2021. – Stavropol : Stavropol Publishing House «Paragraph» LLC, 2021. – P. 234–237.
12. Comparative assessment of substrates when growing cucumber in protected soil conditions / M. V. Selivanova, E. S. Romanenko, N. A. Esaulko, T. S. Aisanov // Evolution and degradation of soil cover: Collection of scientific articles based on materials IV International scientific conference, Stavropol, October 13–15, 2015. – Stavropol : AGRUS, 2015. – P. 407–409.

13. Selivanova, M. V. Efficiency of using growth-stimulating fertilizers in the technology of growing cucumbers in protected soil / M. V. Selivanova, O. Yu. Lobankova // Collection of scientific papers of the Stavropol Scientific Research Institute of Livestock and Feed Production. – 2012. – Т. 3, № 1-1. – P. 172–174.
14. Comparative assessment of cucumber hybrids in the conditions of the sixth light zone / M. V. Selivanova, N. A. Esaulko, A. I. Apanasenko, V. A. Zelenko // Modern resource-saving innovative technologies for cultivating agricultural crops in the North Caucasus Federal District : Collection of materials from the regional conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Doctor of Biological Sciences, Professor V. I. Tyulpanov, Stavropol, April 07–09, 2021. – Stavropol : LLC «SEQUOYA», 2021. – P. 150–152.
15. Selivanova, M. V. Cucumber hybrids – yield and quality / M. V. Selivanova, E. S. Romanenko, Yu. P. Proskurnikov // Innovative technologies for healthy food products : International scientific and practical conference dedicated to the 160th anniversary since the birth of I. V. Michurin, Michurinsk, September 04–05, 2015. – Michurinsk : Michurinsk State Agrarian University, 2015. – P. 68–71.
16. Selivanova, M. V. Study of the effectiveness of the use of biologically active substances when growing cucumbers in protected soil / M. V. Selivanova, O. Yu. Lobankova // Current problems of the humanities and natural sciences. – 2012. – № 11. – P. 92–95.

НАПИТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАК МИРОВАЯ ТЕНДЕНЦИЯ

Колесниченко Борис Константинович

Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, Россия

ORCID 0009-0001-9995-9478 E-mail: mmishka11@mail.ru

Ляхова Анастасия Александровна*

Ставропольский государственный аграрный университет,
Ставрополь, Россия

ORCID 0009-0006-8511-3478 E-mail: lyahovaanastasya@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается растущая популярность функциональных напитков как глобальная тенденция. Функциональные напитки, обогащенные витаминами, минералами, травами и другими биологически активными соединениями, набирают популярность, поскольку потребители ищут продукты, приносящие пользу для здоровья, помимо простой гидратации. Рассматриваются движущие силы рынка, потребительские предпочтения и новые инновации в рецептурах функциональных напитков. Кроме того, исследуется влияние культурных, демографических факторов и факторов образа жизни на употребление функциональных напитков во всем мире. Анализируя динамику рынка и поведение потребителей, эта статья дает представление о будущей траектории развития индустрии функциональных напитков

и ее последствиях как для потребителей, заботящихся о своем здоровье, так и для производителей напитков. Современные потребители выбирают функциональные напитки, потому что они просты в изготовлении и употреблении. В ближайшем будущем будут происходить революционные исследования в данной сфере. Продукты питания функционального назначения не являются рудиментарным сегментом в питании человека и потребность в них будет только расти. Рынок быстро расширяется, поскольку потребители ищут альтернативы сладким газированным напиткам и традиционным напиткам.

Ключевые слова: функциональные продукты питания, функциональные напитки, здоровье, биологически активные вещества, компоненты, обогащение.

FUNCTIONAL DRINKS AS A GLOBAL TREND

Boris K. Kolesnichenko

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
ORCID 0009-0001-9995-9478 E-mail: mmishka11@mail.ru

Anastasia A. Lyakhova*

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia
ORCID 0009-0006-8511-3478 E-mail: lyahovaanastasya@yandex.ru

Abstract. This article examines the growing popularity of functional drinks as a global trend. Functional drinks enriched with vitamins, minerals, herbs and other biologically active compounds are gaining popularity as consumers look for products that bring health benefits beyond simple hydration. Market drivers, consumer preferences and new innovations in functional beverage formulations are considered. In addition, it explores the impact of cultural, demographic, and lifestyle factors on the consumption of functional beverages worldwide. By analyzing market dynamics and consumer behavior, this article provides insight into the future trajectory of the

functional beverage industry and its implications for both health-conscious consumers and beverage manufacturers. Modern consumers choose functional drinks because they are easy to make and consume. In the near future, revolutionary research in this field will take place. Functional food products are not a rudimentary segment in human nutrition and the need for them will only grow. The market is expanding rapidly as consumers look for alternatives to sugary carbonated drinks and traditional beverages.

Keywords: functional food products, functional drinks, health, biologically active substances, components, enrichment.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время люди воспринимают продукты питания как источники активных веществ и биологически активных компонентов, которые понижают риск появления заболеваний и способствуют их профилактике, держат в тонусе организм человека. Люди стали отдавать предпочтение не только вкусной еде, но ещё и здоровой. В мире всё чаще стала появляться тенденция здорового питания и осознанного потребления. Соответственно люди чаще стали смотреть на состав потребляемой продукции, выбирать натуральные продукты, отказываться от сахара, красителей, ароматизаторов и других вредных для здоровья добавок [6, 7].

На данный момент основное требование потребителей, чтобы питание было персонализированным. Поэтому в России концепция многофункционального питания обновляется в более доступной форме, чтобы потребители могли комбинировать нужные им продукты.

Функциональные напитки - это современный способ доставки биологически активных компонентов в организм человека, поскольку в жидком виде они усваиваются лучше и быстрее, чем в твёрдом.

Функциональный напиток – это жидкий продукт питания, в составе которого на первом месте стоит вода, а также различные функциональные пищевые элементы и добавки. Напитки функционального назначения положительно влияют на человеческий организм [1–3]. При регулярном употреблении функциональные напитки (ФН) оказывают благотворное влияние на физиологические процессы в организме. Главное преимущество функциональных напитков – это почти полное отсутствие противопоказаний и разрешение к употреблению практически в любом возрасте.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из-за ухудшения экологической ситуации в мире снижается качественный состав продуктов, что негативно сказывается на здоровье. Решением проблемы могут стать продукты функционального назначения. Они помогают восполнить дефицит витаминов, минералов и других полезных веществ [5]. Это пищевые продукты, обогащенные различными ингредиентами, которые благотворно влияют на состояние организма и помогают снизить риск развития многих заболеваний. В состав этих ингредиентов входят минералы, группы витаминов, антиоксиданты и другие.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Продукты функционального назначения – это нелекарственные препараты и не биологически активные добавки, а значит, их употребление исключает последствия передозировки. Они приносят большую пользу здоровью и помогают восполнить запас витаминов, макро- и микроэлементов и минеральных веществ.

Чтобы укрепить здоровье, иммунитет, продлить жизнь и повысить работоспособность, человеку необходимо поддерживать свой организм, в том числе с помощью правильного питания. Его принципы состоят из трех основных постулатов: поддержание энергетического баланса, насыщение организма питательными веществами и соблюдение режима правильного питания [8, 9].

Статистически у половины населения России наблюдается нехватка нутриентов в ежедневном рационе. Недостаточное употребление в пищу мяса, рыбы, молока, яиц, растительного масла, овощей и фруктов и их замена мучными изделиями, хлебом и картофелем приводят, как правило, к нарушению обмена веществ, ожирению, нарушению большинства функций организма [12]. Организму человека не хватает белков животного происхождения, полиненасыщенных жирных кислот, у разных групп населения наблюдается дефицит витамина С, А, витаминов группы В. Независимо от региона проживания, жители нашей необъятной Родины страдают от нехватки Ca, Mg, Fe, F.

Опираясь на данную проблему и на основании множества исследований в области токсикологии и фармакологии, научным сообществом была основана теория функционального питания. В основе которой описано, что состояние здоровья непосредственно зависит от содержания в пище биологически активных веществ и микронутриентов [4]. На сегодняшний день при производстве напитков функционального назначения используют следующие виды добавок: минеральные вещества, комплексы витаминов, пищевые волокна, антиоксиданты, полиненасыщенные жирные кислоты, бифидобактерии, олигосахариды.

Основные принципы производства функциональных напитков:

1. Общедоступность и приемлемость цены.
2. В наше время в связи с экологической обстановкой рацион человека требует обогащения различными биологически активными веществами, способствующими понижению восприимчивости организма человека к различным негативно влияющим факторам внешнего мира.

3. Разрабатываемый напиток должен оказывать либо профилактическое, либо лечебное действие.

В процессе производства продуктов питания, составлении дневных рационов необходимо соблюдать ряд правил сбалансированного питания, вот несколько из них:

– ежедневная калорийность должна опираться на энергетические затраты организма, при этом 13–19 % энергии должно восполняться за счет белков, 23–36 % – за счет жиров, 47–56 % – за счет углеводов;

– соотношение белков и жиров животного происхождения с белками и жирами растительного происхождения должно составлять 1:3;

– с потребляемыми продуктами в организм человека должны обязательно поступать: вода, витамины, минеральные компоненты, незаменимые аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты в достаточном объеме;

– продукты питания не должны содержать токсичные контаминанты в концентрациях выше допустимого.

Цель функциональных продуктов – поддержание и укрепление здоровья и иммунитета населения, уменьшение заболеваемости, связанной с пищевым поведением [11]. Достижение поставленной задачи реально только за счёт систематического приема в пищу функциональных продуктов, содержащих в своем составе необходимые витамины и минеральные элементы.

Суточная норма потребления зависит от следующих факторов:

- возраст, пол, образ жизни;
- время и способы потребления пищи;
- взаимодействие между лекарственными препаратами и питательными веществами;
- сбалансированность рациона питания;
- взаимодействие с другими элементами питания;
- наличие определенных хронических заболеваний: гипervитаминоз;
- генетика;
- реакция организма на отдельные компоненты, аллергия.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время Институтом питания РАМН разработан государственный нормативный документ, определяющий значения оптимальных потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения, который служит базой для разработки государственной политики в области питания населения, методической

основой для создания пищевых продуктов. Указанные нормы приведены в таблице.

Таблица
Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для взрослого человека (18–59 лет)

Пищевые вещества	Потребность
Белки, г в том числе животные	58–117 32–64
Жиры, г в том числе растительные	60–154 18–46
Жирные кислоты, % полиненасыщенные насыщенные мононенасыщенные	10 30 60
Усвояемые углеводы, г в том числе моносахариды дисахариды	257–586 50–100
Пищевые волокна, г в том числе клетчатки и пектина	20–25 10–15
Энергетическая ценность, ккал	1800–4200

Производство ФП регламентировано правовыми актами. В России это ГОСТ Р 52349–2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определение» и ГОСТ Р 56543–2015 «Напитки функциональные. Общие технические условия».

Функциональные пищевые продукты – это продукты питания, которые при регулярном употреблении укрепляют здоровье человека. Их рекомендуется употреблять людям всех возрастов. В первую очередь эти продукты питания обогащены дополнительными функциональными компонентами, служащими для укрепления иммунитета и профилактики от различных болезней.

Такие компоненты добавляются в обычные продукты, делая их полезными и обязательными для профилактики или восполнения дефицита определенных веществ в организме. Продукты, полученные таким способом, называются обогащенными пищевыми продуктами.

Физиологически-функциональный пищевой продукт – это комплекс полезных и нужных веществ, входящих в состав ФП, и оказывающих благоприятное воздействие на функции организма.

Все употребляемые человеком продукты можно поделить на три большие категории.

Для массового потребления: традиционно выработанные рецепты, предназначаются для большей части населения.

Функциональные: полезные и нужные для здоровья и также предназначенные для основных групп населения [13].

Лечебные: обладают особым предназначением, модифицированной структурой и качеством, предусмотрены для отдельных групп людей и назначаются в основательной терапии ряда заболеваний, связанных с питанием.

В мировых масштабах термин «функциональные продукты питания» впервые появился в Японии ещё в 1989 году, когда приняли закон об улучшении качества питания среди населения. Закон был направлен на решение проблем со здоровьем людей и активное продвижение ФП. В свой перечень японцы внесли пять видов функциональных продуктов: сухая молочная смесь (подходит для кормящих мам, детей и беременных женщин), пищевая продукция (подходит для пожилых людей), пища для пациентов с самыми разнообразными заболеваниями, пища, употребление которой носит оздоровительный эффект.

Таким образом, функциональные продукты питания могут выглядеть как каши, напитки, супы, молочные продукты, хлебобулочные изделия, спортивное питание и т. д.

Отдельным видом среди функциональных продуктов питания являются напитки. Их употребляет все население, а огромный потребительский спрос обусловлен рядом факторов, главным из которых является несомненная польза от их использования.

Питьевая продукция выступает наиболее технологически-подготовленной основой для создания функциональных продуктов питания. Все из-за того, что введение необходимых компонентов в напиток достаточно простой процесс [10]. Отсутствие термообработки также благоприятно сказывается на сохранности необходимых витаминов и микроэлементов.

Для значительного повышения адаптивных возможностей нашего организма во время процесса производства функциональных напитков используют биоактивные компоненты, такие как водорастворимые экстракты растительного происхождения, витамины, минералы и микроэлементы. Использование витаминopodobных веществ также является возможным.

На данный момент самым большим спросом пользуются функциональные напитки для массового потребления. Они богаты витаминами, ненасыщенными жирными кислотами и пищевыми волокнами, необходимыми организму. Ежедневный прием таких напитков благоприятно сказывается на сердце, системе ЖКТ, а также укрепляет иммунитет, препятствует формированию раковых клеток. Главным компонентом,

составляющим основу функциональных напитков, является жидкость — это может быть вода (обычная или минеральная), соки из фруктов или овощей, молочные напитки [14, 15].

По ГОСТу, классификация таких функциональных напитков происходит по нескольким параметрам, а именно: по калорийности; по виду; по степени насыщения двуокисью углерода; по способу обработки.

Анализ рынков ФН США и Европы показывает четкое понимание концепции функциональных напитков среди обычных потребителей. В период с 2019 по 2024 год среднегодовой темп роста рынка составил 8,66%.

Тенденции можно распределить на две группы:

1. По используемым новым биоактивным компонентам и их первоисточникам.

2. По самой функциональности продукта.

К первой группе относятся направления, основанные на научном подходе и использовании биоактивных веществ. Например, тренд 2023 года — интеграция в напитки:

- CBD (каннабидиол — это группа терфенольных соединений, содержащихся в растениях конопли и относящихся к семейству каннабиноидов). Этот класс обладает широким спектром адаптогенных свойств и может быть использован производителями для создания рецептур инновационных напитков;
- грибов чаги и *Ganoderma lucidum*: иммуностимулирующее и анксиолитическое свойство;
- растительных экстрактов-адаптогенов (ашваганда, родиола розовая, центелла азиатская, женьшень в сочетании с левзеей);
- тонизирующих растительных экстрактов, таких как белый/зеленый чай стандартизированный по L-теанину, полифенолам и кофеину. В наши дни для получения максимально легкого и более длительного эффекта бодрости заменяют кристаллический кофеин на его натуральные природные источники;
- смеси Zn в сочетании с витаминами группы B, тоже способной обеспечивать эффект бодрости.

Вторая группа включает в себя тренды, основанные на том, что является перспективным и востребованным. И, конечно, в 2023 году представлены только три категории с точки зрения важности функциональных напитков:

- Напитки тонизирующие/натуральные энергетика. Ярким примером является Coffee Roaster Australia. Эта компания раз-

работала кофейную иммуномодулирующую смесь постбиотиков.

- Напитки адаптогенного действия (анксиолитики и ноотропы). Американская компания Kin Euphorics Dream Light в производстве безалкогольной продукции активно использует разные адаптогенные компоненты (экстракт *Ganoderma lucidum*, мелатонин и L-триптофан) для получения эффекта успокоительного.
- Напитки-иммуностимуляторы, включая пребиотики. К примеру, британский стартап Fodilicious разработал специальную линейку энергетических напитков для людей с СРК, с низким содержанием FODMAP (короткоцепочечных углеводов), которые плохо усваиваются человеком.

ВЫВОДЫ

В России рынок функциональных напитков находится в состоянии старта и только начинает развиваться, заимствуя и совершенствуя зарубежные тренды. Самой представленной категорией функциональных напитков в России являются спортивные напитки, например с ВСАА, тонизирующими компонентами — таурином,

кофеином, гуаранином, витаминами группы В, минеральными элементами и т. д.

Тенденции, которые были изложены выше обусловлены Mental Health, Smart Food, Sugar Free – известными глобальными трендами.

Главным аспектом является то, что функциональные напитки не являются панацеей, они способны значительно понизить риски возникновения определенных заболеваний у человека и поддерживать организм в тонусе при условии регулярного или периодического потребления в комплексном подходе к здоровью.

Вклад авторов

Колесниченко Б.К.: была разработана методика проведения исследований и проведен анализ полученных данных.

Ляхова А. А.: проведены анализ и обобщение полученных данных.

Обоими авторами совместно был проведен анализ полученных результатов и сформулированы выводы и рекомендации производству.

Конфликт интересов

У авторов отсутствует явный и потенциальный конфликт интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безалкогольные напитки: медико-биологические аспекты обеспечения качества / Е. Т. Зуев, В. И. Гурьев, В. И. Еремец и др. // Пищевая промышленность. – 2001. – № 4. – С. 46–48; № 5. С. 48–50.
2. Иванов, М. С. Применение альтернативных технологий получения слабоалкогольных напитков / М. С. Иванов, А. В. Портнова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2021. – Т. 2021-2. – С. 100–104.
3. Алиева, Е. Н. Рецептуры и технологии производства пивных напитков с использованием натурального плодово-ягодного сырья / Е. Н. Алиева // Юность и знания – гарантия успеха – 2021 : сборник научных трудов 8-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 16–17 сентября 2021 года / отв. редактор А. А. Горохов. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 121–123.
4. Белокурова, Е. С. Биотехнология продуктов растительного происхождения : учебное пособие / Е. С. Белокурова, О. Б. Иванченко. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 31 с.
5. Берестень, Н. Ф. Функциональность в безалкогольных напитках – концепция и инновационный проект компании «Дёлер» / Н. Ф. Берестень, О. Г. Шубина // Вестник «Дёлер». – 2000. – № 2. – С. 7–10.
6. Варпаховская, И. Лекарства от болезней цивилизации / И. Варпаховская, В. Сергеев // Ремедиум. – 2001. – № 7–8. – С. 3–16.
7. Кочеткова, А. А. Функциональные ингредиенты и концепция здорового питания / А. А. Кочеткова, И. Н. Нестерова // Ingredients. – 2002. – № 2 (9). – С. 4–7.
8. Мишина, О. Ю. Разработка рецептуры и технологии функционального напитка для общественного питания / О. Ю. Мишина, Е. С. Воронцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 4. – С. 212–220.

9. Свидетельство 2019615069. УМК по дисциплине «Современные методы исследования сырья и продуктов растительного происхождения» (для направления 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья) : программа для ЭВМ / Е. С. Романенко, Е. А. Сосюра, В. Е. Мильтюсов, И. П. Барабаш, Н. А. Есаулко, М. В. Селиванова, Т. С. Айсанов, М. С. Герман (RU) / правообладатель ФГОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2019613767 : заявл. 08.04.2019 : опубл. 18.04.2019. 84,5 Мб.
10. Бурмистров, Г. П. Разработка специальных безалкогольных и слабоалкогольных напитков функционального назначения / Г. П. Бурмистров, П. П. Макаров, Н. А. Мулина // Материалы научно-практической конференции «Проблемы качества бутилированных питьевых вод и безалкогольных напитков». – М., 2003. – С. 51–55.
11. Родионова, Л. Я. Практикум по технологии безалкогольных и алкогольных напитков : учебное пособие / Л. Я. Родионова, Е. А. Ольховатов, А. В. Степовой. – 2-е изд., стереотип. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 288 с.
12. Свидетельство 2019615706. Управление качеством продукции растительного происхождения (пособие для направления 19.04.02 Продукты питания из растительного сырья) : программа для ЭВМ / Е. С. Романенко, Е. А. Сосюра, В. Е. Мильтюсов, Н. А. Есаулко, М. В. Селиванова, Т. С. Айсанов, М. С. Герман (RU) / правообладатель ФГОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2019614122 : заявл. 16.04.2019: опубл. 07.05.2019. 73,3 Мб.
13. Развитие инженерии техники пищевых технологий : учебник / С. Т. Антипов, А. В. Журавлев, В. А. Панфилов, С. В. Шахов ; под редакцией В. А. Панфилова. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 448 с.
14. Свидетельство 2019664542. УМК по дисциплине «Методы, средства испытания и контроля качества сырья и готовой продукции» (для магистратуры 19.04.02 – Продукты питания из растительного сырья) : программа для ЭВМ / Е. С. Романенко, Е. А. Миронова, В. Е. Мильтюсов, Н. А. Есаулко, М. В. Селиванова, Т. С. Айсанов, М. С. Герман (RU) / правообладатель ФГОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2019662904 : заявл. 01.11.2019 : опубл. 08.11.2019. 170 Мб.
15. Термины и определения в индустрии питания. Словарь : учебно-справочное пособие / Л. А. Маюрникова, М. С. Куракин, А. А. Кокшаров, Т. В. Крапива. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 244 с.

REFERENCES

1. Bezalkogolnye napitki: mediko-biologicheskie aspekty obespecheniya kachestva / E. T. Zuev, V. I. Gurev, V. I. Eremecz i dr. // Pishhevaya promyshlennost. – 2001. – № 4; S. 46–48. № 5. S. 48–50.
2. Ivanov, M. S. Primenenie alternativnyh tehnologij polucheniya slaboalkogolnyh napitkov / M. S. Ivanov, A. V. Portnova // Himiya. Ekologiya. Urbanistika. – 2021. – Т. 2021-2. – S. 100–104.
3. Alieva, E. N. Receptury i tehnologii proizvodstva pivnyh napitkov s ispolzovaniem naturalnogo plodovo-yagodnogo syrya / E. N. Alieva // Yunost i znaniya – garantiya uspeha – 2021 : sbornik nauchnyh trudov 8-j Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. V 3-h tomah, Kursk, 16–17 sentyabrya 2021 goda / otv. redaktor A. A. Gorohov. – Kursk: Yugo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, 2021. – S. 121–123.
4. Belokurova, E. S. Biotehnologiya produktov rastitelnogo proishozhdeniya : uchebnoe posobie / E. S. Belokurova, O. B. Ivanchenko. – Sankt-Peterburg : Lan, 2019. – 31 s.
5. Beresten, N. F. Funkcionalnost v bezalkogolnyh napitkah – koncepciya i innovacionnyj proekt kompanii «Dyoler» / N. F. Beresten, O. G. Shubina // Vestnik «Dyoler». – 2000. – № 2. – S. 7–10.
6. Varpahovskaya, I. Lekarstva ot boleznej civilizacii / I. Varpahovskaya, V. Sergeev // Remedium. – 2001. – № 7-8. – S. 3–16.
7. Kochetkova, A. A. Funkcionalnye ingredienty i koncepciya zdorovogo pitaniya / A. A. Kochetkova, I. N. Nesterova // Ihgredients. – 2002. – № 2 (9). – S. 4–7.
8. Mishina, O. Yu. Razrabotka receptury i tehnologii funkcionalnogo napitka dlya obshhestvennogo pitaniya / O. Yu. Mishina, E. S. Voroncova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. – 2017. – № 4. – S. 212–220.
9. Svidetelstvo 2019615069. UMK po discipline «Sovremennye metody issledovaniya syrya i produktov rastitelnogo proishozhdeniya» (dlya napravleniya 19.04.02 Produkty pitaniya iz rastitelnogo syrya) : programma dlya EVM / E. S. Romanenko, E. A. Sosyura, V. E. Milyusov, I. P. Barabash, N. A. Esaulko,

- M. V. Selivanova, T. S. Ajsanov, M. S. German (RU) / pravoobladatel FGOU VPO Stavropolskij GAU. № 2019613767 : zayavl. 08.04.2019 : opubl. 18.04.2019. 84,5 Mb.
10. Burmistrov, G. P. Razrabotka specialnyh bezalkogolnyh i slaboalkogolnyh napitkov funkcionalnogo naznacheniya / G. P. Burmistrov, P. P. Makarov, N. A. Mulina // Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy kachestva butilirovannyh pitevyh vod i bezalkogolnyh napitkov». – M. – 2003. – S. 51–55.
 11. Rodionova, L. Ya. Praktikum po tehnologii bezalkogolnyh i alkogolnyh napitkov : uchebnoe posobie / L. Ya. Rodionova, E. A. Olhovatov, A. V. Stepovoj. – 2-e izd., ster. – Sankt-Peterburg : Lan, 2018. – 288 s.
 12. Svidetelstvo 2019615706. Upravlenie kachestvom produkcii rastitelnogo proishozhdeniya (posobie dlya napravleniya 19.04.02 Produkty pitaniya iz rastitelnogo syrja) : programma dlya E`VM / E. S. Romanenko, E. A. Sosyura, V. E. Milyusov, N. A. Esaulko, M. V. Selivanova, T. S. Ajsanov, M. S. German (RU) / pravoobladatel FGOU VPO Stavropolskij GAU. № 2019614122 : zayavl. 16.04.2019 : opubl. 07.05.2019. 73,3 Mb.
 13. Razvitie inzhenerii tehniki pishhevyyh tehnologij : uchebnik / S. T. Antipov, A. V. Zhuravlev, V. A. Panfilov, S. V. Shahov ; pod redakciej V. A. Panfilova. – Sankt-Peterburg : Lan, 2019. – 448 s.
 14. Svidetelstvo 2019664542. UMK po discipline «Metody, sredstva ispytaniya i kontrolya kachestva syrja i gotovoj produkcii» (dlya magistratury 19.04.02 – Produkty pitaniya iz rastitelnogo syrja) : programma dlya EVM / E. S. Romanenko, E. A. Mironova, V. E. Milyusov, N. A. Esaulko, M. V. Selivanova, T. S. Ajsanov, M. S. German (RU) / pravoobladatel FGOU VPO Stavropolskij GAU. № 2019662904 : zayavl. 01.11.2019 : opubl. 08.11.2019. 170 Mb.
 15. Terminy i opredeleniya v industrii pitaniya. Slovar : uchebno-spravochnoe posobie / L. A. Mayurnikova, M. S. Kurakin, A. A. Koksharov, T. V. Krapiva. – Sankt-Peterburg : Lan, 2020. – 244 s.