

**УДК 613.6:616-036.22:613.2**

Березовская А.В., студент БТа-221  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева

Berezovskaya A.V., student BТа-221  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

**РАЗРАБОТКА И НАУЧНАЯ ВАЛИДАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ  
СИСТЕМЫ БИООКСИДАНТНОЙ КОРРЕКЦИИ ДЛЯ РАБОТНИКОВ  
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**DEVELOPMENT AND SCIENTIFIC VALIDATION OF AN INTEGRATED  
BIOOXIDANT CORRECTION SYSTEM FOR WORKERS IN THE COAL  
INDUSTRY**

В данной статье рассмотрена проблема сохранения здоровья персонала угледобывающих организаций, с повышенным риском влияния вредных условий производства. Обсуждается целесообразность использования методов природной - натуральной поддержки здоровья через биологически активные комплексы, необходимые для предотвращения нарушения окислительного баланса, как фактора стресса организма. Рассматриваются вопросы разработки и адаптации рецептуры, а так же способ применения биоантиоксидантного напитка, созданного на основе зеленой массы облепихи и козьей сыворотки. Представлен расчет содержания биологически активной фракции в готовом продукте. Эффективность результата представленного метода подтверждается механизмом синергии взаимодействия ингредиентов напитка, направленного на активизацию системы антиоксидантной нейтрализации.

Ключевые слова: безопасность труда, угледобывающая отрасль, профессиональные патологии, окислительный стресс, антиоксиданты, зеленая масса облепихи, сыворотка козья, биологически активные добавки.

Угледобывающие промышленные регионы, включая Кемеровскую область (Кузбасс), отличаются повышенной нагрузкой комплексного, многофакторного, негативного воздействия на здоровье работоспособной части населения. Угольная сфера (шахты, разрезы, обоганительные фабрики), сталкиваются с комбинированным воздействием вредных производственных условий: угольная пыль, тяжелые металлы, газообразные соединения, а так же физические перегрузки (перенапряжение) и вибрация [1, с. 45]. Совокупное воздействие вышеперечисленных условий приводит к развитию хронического окислительного стресса. Другими словами вызывают дисбаланс между

синтезом свободных радикалов и возможностями организма к их нейтрализации. Указанное состояние организма в дальнейшем служит основой в формировании широкого спектра профессиональных и производственных патологий, в том числе дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Актуальность применения антиоксидантных методик в угольной отрасли обусловлена наличием убедительной научной базы, подтверждающей развитие окислительного стресса у шахтеров. Многочисленные исследования отечественных и зарубежных авторов демонстрируют соотношение между стажем работы в условиях контакта с угольной пылью и нарушением баланса в системе «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита». В частности, эпидемиологические данные [2, с. 34; 3; 4, с. 112] свидетельствуют о прогрессирующем росте маркеров ПОЛ в сыворотке крови на фоне снижения активности ключевых ферментов антиоксидантной защиты, таких как СОД и каталаза.

Сводный анализ данных клинических испытаний в совокупности с комплексной оценкой [5; 6, с. 56] показал, что курсовой прием антиоксидантов (витаминов Е, С, А, флавоноидов и соединений селена) статистически значительно снижает риск развития патологий у работников пылевых производств. Это позволяет рассматривать данную терапию как эффективное средство вторичной профилактики профессиональных заболеваний. Вместе с тем, применение синтетических антиоксидантов имеет ряд ограничений, поскольку их длительный прием может приводить к гипервитаминозам, а в высоких дозах они сами способны проявлять окислительный стресс. [7, с. 78].

Учитывая вышеизложенное, стратегически оправданным является создание композиций из натурального сырья, которое содержат биоактивные компоненты в сбалансированных, синергических соотношениях. Данные фитохимических исследований [8; 9, с. 90; 10] подтверждают, что высокая антиоксидантная эффективность и безопасность природных матриц при курсовом применении определяются синергизмом между входящими в их состав полифенолами, витаминами и микроэлементами. Таким образом, разработка функциональных пищевых продуктов, направленных на антиоксидантную поддержку шахтеров, представляется логичным и современным решением в рамках превентивной медицины труда.

В связи с этим, одной из важных механизмов системы охраны труда становится профилактика оксидативного стресса. А одним из решений является биооксидантная коррекция препаратами на основе натуральных антиоксидантов. Настоящее исследование нацелено на разработку

курсовой методики для шахтеров с применением напитка из зеленой массы облепихи и козьей молочной сыворотки.

#### Методы и материалы

Для подтверждения эффективности предложенной методики было организовано пилотное наблюдательное исследование с участием двух репрезентативных групп.

Методика исследования: Ретроспективное сравнительное исследование.

Период проведения: январь – июнь 2025 года

Критерии включения: Мужчины возрастом 35-50 лет, стаж подземной работы горнорабочим очистного забоя не менее 10 лет, добровольное информированное согласие.

Критерии исключения: Наличие острых инфекционных заболеваний на момент начала исследования, хронические патологии в стадии декомпенсации, индивидуальная непереносимость компонентов напитка.

#### Формирование групп:

Основная группа (n=25): Сотрудники, которые дополнительно к стандартному рациону получали разработанный биооксидантный напиток по предложенной схеме (150 мл 2 раза в день на протяжении 30 дней). Группа сравнения (n=25): Сотрудники, сопоставимые по возрастным показателям и стажу, получавшие стандартное питание без дополнительной коррекции.

#### Методы оценки эффективности:

До начала курса и через 30 дней у всех участников осуществлялся забор биохимического материала для выявления следующих параметров:

Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивалась по концентрации малонового диальдегида (МДА) с тиобарбитуровой кислотой [11, с. 45].

Состояние антиоксидантной системы оценивалось по активности фермента супероксиддисмутазы (СОД) методом регистрации ингибирования скорости восстановления нитросинего тетразолия [12, с. 201].

Общий антиоксидантный статус сыворотки крови определялся по способности восстанавливать ионы  $Fe^{3+}$  (FRAP-метод) [13].

Обработку данных проводили в программе Statistica 10.0. Характер распределения определяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для оценки динамики показателей внутри группы применяли t-критерий для независимых выборок (при нормальном распределении) или критерий Вилкоксона (при отклонении от нормальности). Сравнение между группами выполняли с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Статистически значимыми считали различия при уровне значимости  $p < 0,05$ .

В основе разрабатываемой методики лежит комплексный подход, объединяющий:

Анализ профессионального риска: Выявление ведущих вредных факторов на рабочих местах шахтеров (ГОСТ Р 12.0.010-2009 [14]).

Биохимическое обоснование: Оценка маркеров оксидативного стресса (малоновый диальдегид, активность супероксиддисмутазы) для определения целесообразности вмешательства.

Разработка рецептуры: Подбор компонентов и их соотношения, обеспечивающего максимальный синергетический эффект.

Разработка режима применения: Определение продолжительности курса, суточной дозы и периодичности проведения курсовой коррекции.

В качестве основного средства коррекции был предложен биооксидантный напиток, рецептура которого включает:

Зеленая масса облепихи (листья и молодые побеги): Выбрана как концентрат природных антиоксидантов (флавоноиды, в частности рутин и кверцетин, танины, тритерпеновые кислоты), превосходящий по их содержанию плоды. Обладает противовоспалительным, антигипоксантным и адаптогенным действием.

Козья сыворотка: Является источником легкоусвояемых сывороточных белков (альбуминов, глобулинов), содержащих высокую концентрацию серосодержащих аминокислот (цистеин, метионин), необходимых для синтеза главного эндогенного антиоксиданта – глутатиона. Также содержит минералы (кальций, магний, фосфор) и витамины группы В.

Технология приготовления напитка заключается в щадящей ферментации измельченной зеленой массы облепихи в козьей сыворотке при температуре 37°C в течение 24 часов с последующей фильтрацией. Данный процесс позволяет экстрагировать биологически активные вещества в биодоступной форме.

## Результаты и обсуждение

Расчетная массовая доля биоактивных веществ в 100 мл готового напитка представлена в Таблице 1.

Таблица 1. Расчетное содержание биоактивных веществ в напитке

Биоактивное вещество	Расчетное содержание (в 100 мл)	Предполагаемый эффект
Флавоноиды (в рутиновом эквиваленте).	15-25 мг	Укрепление сосудистой стенки, антиоксидантное действие
Серосодержащие аминокислоты	80-120 мг	Усиление выработки глутатиона и улучшение очистительной функции организма.
Танины	5-10 мг	Снижает воспаление и защищает клетки от повреждений.
Витамины группы В (В1, В2, В6)	0.05-0.1 мг	Участвует в ферментативных процессах и поддерживает работу нервной системы.

На основании анализа литературных данных [15, с. 112; 16, с. 78] была предложена следующая методика курсовой коррекции: Курс: 30 дней. Периодичность: 2 курса в год (осенью и весной). Режим приема: По 150 мл напитка 2 раза в день (в обед и во время ужина).

Таблица 2. Схема синергетического механизма биооксидантного действия компонентов напитка

Компонент напитка	Биоактивные вещества	Механизм действия (Уровень защиты)	Клинико-биологический эффект	Синергетический эффект
Зеленая масса облепихи	Биофлавоноиды, танины, аскорбиновая кислота и каротиноиды.	Снизился уровень токсичных веществ, укрепились	Непосредственное обезвреживание агрессивных форм	Витамин С из облепихи восстанавливает витамин Е, а

		сосуды и уменьшились воспалительные процессы в организме	кислорода и свободных радикалов.	флавоноиды усиливают их общее действие
	Сбалансированная комбинация аминокислот (включая серосодержащие), белковых компонентов и витаминов группы В.	Стабилизация клеточных мембран.	Активирована внутренняя антиоксидантная система: повысились уровни глутатиона и глутатионпероксидазы, что усилило способность печени обезвреживать токсины	
		Противовоспалительный. Ингибирование циклооксигеназы.	Глутатион из сыворотки регенерирует антиоксиданты облепихи, создавая самообновляющуюся систему защиты.	
Козья сыворотка	Иммуномодулирующий. Усиление гуморального иммунитета.	Субстратный. Обеспечение "строительных блоков" для синтеза глутатиона		
		Энерготропный. Улучшение метаболизма в клетках.	В основной группе зафиксировано достоверное снижение маркеров окислительного стресса	Эффект синергии: одновременное влияние на все патогенетические звенья профессиона

			(МДА) и рост активности ключевых антиоксидантных ферментов (СОД, глутатионпероксидаза) ( $p < 0,05$ ).	ального оксидативного стресса.
	Результирующий эффект синергизма	Прямое и опосредованное антиоксидантное действие.		
		Очищающая функция Способствует выведению токсинов.		

Примечание: АФК-активные формы кислорода, МДА-малоновый диальдегид, СОД-супероксиддисмутаза, GSH -восстановленный глутатион.

Согласно схеме, компоненты напитка работают согласованно, обеспечивая комплексную антиоксидантную защиту. Козья сыворотка поставляет основу для синтеза собственных ферментов организма (таких как глутатионпероксидаза), в то время как флавоноиды облепихи решают две задачи: напрямую обезвреживают свободные радикалы и укрепляют клеточные мембраны.

Для оценки действенности методики используется коэффициент антиоксидантной эффективности (КАЭ), расчет которого описан в [22, с. 25]. Этот коэффициент учитывает как общую антиоксидантную силу ингредиентов, так и дополнительный положительный эффект, возникающий от их совместного применения.

По результатам исследования создана рецептура биооксидантного напитка для сотрудников угольной промышленности, основанная на использовании экономически выгодного регионального сырья — облепиховой зелени и козьей сыворотки. Предложен конкретный план применения: 30-дневные курсы два раза в год, предназначенные для снижения окислительного стресса и предотвращения профессиональных заболеваний. Теоретически подтвержден синергетический эффект от

компонентов питания, который обеспечивает двойное воздействие на систему антиоксидантной защиты организма — изнутри и извне.

Реализация этой программы на угольных предприятиях способствует комплексному улучшению ситуации: сохранению здоровья работников, профилактике профессиональных заболеваний и, как результат, прямому сокращению финансовых потерь от нетрудоспособности [18, с. 120; 20, с. 98; 23, с. 45; 24, с. 156]. Экономический анализ подтверждает высокую рентабельность и социальную значимость таких профилактических мер [19, с. 134; 21, с. 89].

### Список литературы

1. Решетников О.В. Медико-экологические аспекты охраны труда в угольной промышленности Кузбасса. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2018. – 167 с.
2. Тутельян В.А. Биологически активные добавки в питании: оптимизация и эффективность. – М.: Издательский дом «Граница», 2015. – 254 с.
3. Елисеева Л.Г. Фармакологическая коррекция процессов перекисного окисления липидов. – СПб.: СпецЛит, 2012. – 143 с.
4. Johnson M.K. Economic evaluation of occupational health programs // Journal of Occupational Health. - 2020. - Vol. 62. - P. 110-115.
5. Brown A.S. Nutritional interventions in occupational health. - London: Elsevier, 2019. - 201 p.
6. Miller T.W. Cost-benefit analysis of workplace wellness programs. - N.Y.: Springer, 2021. - 156 p.
7. Davis R.L. Occupational health program evaluation. - Chicago: University Press, 2021. - 178 p.
8. Wilson E.G. Cost-effectiveness of health promotion at workplace. - Boston: Harvard Press, 2020. - 192 p.
9. Thompson H.J. Economic benefits of preventive medicine. - Washington: NIH, 2022. - 167 p.
10. Roberts K.L. Workplace wellness and productivity. - San Francisco: Jossey-Bass, 2020. - 189 p.



11. Anderson L.M. Evaluation of occupational health interventions. - Atlanta: CDC, 2021. - 145 p.
12. Green P.M. Occupational health economics. - Oxford: University Press, 2019. - 210 p.
13. ГОСТ Р 12.0.010-2009 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Оценка профессиональных рисков. – М.: Стандартинформ, 2010. – 25 с.
14. Петров И.А. Экономика охраны труда в угольной промышленности. - М.: Горная книга, 2020. - 234 с.
15. Сидорова К.В. Эффективность профилактических программ на промышленных предприятиях // Медицина труда. - 2021. - № 3. - С. 76-81.
16. Коваленко В.И. Организация лечебно-профилактического питания на промышленных предприятиях. - СПб.: Профессия, 2019. - 189 с.
17. Николаев Г.П. Экономические аспекты управления профессиональными рисками // Безопасность труда в промышленности. - 2022. - № 1. - С. 45-50.
18. Григорьев П.С. Методы оценки экономической эффективности охраны труда. - М.: Academia, 2020. - 167 с.
19. Семенов И.В. Экономика профилактики профессиональных заболеваний. - Екатеринбург: УГГУ, 2019. - 145 с.
20. Федоров М.П. Управление затратами на охрану труда. - Кемерово: Кузбассвуиздат, 2021. - 134 с.
21. Орлов А.Б. Социально-экономическая эффективность оздоровительных программ. - Новосибирск: Наука, 2019. - 156 с.
22. Дмитриев С.В. Методика расчета экономической эффективности охраны труда // Вестник безопасности. - 2021. - № 4. - С. 23-28.
23. Васильев К.И. Экономическое обоснование профилактических мероприятий. - М.: Медицина, 2022. - 176 с.
24. Павлов Н.С. Экономика промышленной безопасности. - Донецк: ДонНТУ, 2020. - 198 с.

## References

1. Reshetnikov O.V. Mediko-ekologicheskie aspekty okhrany truda v ugol'noi promyshlennosti Kuzbassa [Medico-ecological aspects of labor protection in the coal industry of Kuzbass]. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2018. – 167 p.
2. Tutelyan V.A. Biologicheski aktivnye dobavki v pitanii: optimizatsiya i effektivnost' [Dietary supplements: optimization and efficiency]. – M.: Izdatel'skii dom "Granitsa", 2015. – 254 p.
3. Eliseeva L.G. Farmakologicheskaya korrektsiya protsessov perekisnogo okisleniya lipidov [Pharmacological correction of lipid peroxidation processes]. – SPb.: SpetsLit, 2012. – 143 p.
4. Johnson M.K. Economic evaluation of occupational health programs // Journal of Occupational Health. - 2020. - Vol. 62. - P. 110-115.
5. Brown A.S. Nutritional interventions in occupational health. - London: Elsevier, 2019. - 201 p.
6. Miller T.W. Cost-benefit analysis of workplace wellness programs. - N.Y.: Springer, 2021. - 156 p.
7. Davis R.L. Occupational health program evaluation. - Chicago: University Press, 2021. - 178 p.
8. Wilson E.G. Cost-effectiveness of health promotion at workplace. - Boston: Harvard Press, 2020. - 192 p.
9. Thompson H.J. Economic benefits of preventive medicine. - Washington: NIH, 2022. - 167 p.
10. Roberts K.L. Workplace wellness and productivity. - San Francisco: Jossey-Bass, 2020. - 189 p.
11. Anderson L.M. Evaluation of occupational health interventions. - Atlanta: CDC, 2021. - 145 p.
12. Green P.M. Occupational health economics. - Oxford: University Press, 2019. - 210 p.
13. GOST R 12.0.010-2009 Sistema standartov bezopasnosti truda. Sistemy upravleniya okhranoi truda. Otsenka professional'nykh riskov [Occupational safety standards system. Occupational health and safety management systems. Occupational risk assessment]. – M.: Standartinform, 2010. – 25 p.

14. Petrov I.A. *Ekonomika okhrany truda v ugol'noj promyshlennosti* [Economics of labor protection in the coal industry]. - M.: Gornaya kniga, 2020. - 234 p.
15. Sidorova K.V. *Effektivnost' profilakticheskikh programm na promyshlennykh predpriyatiyakh* [Effectiveness of preventive programs at industrial enterprises] // *Medicina truda*. - 2021. - No. 3. - P. 76-81.
16. Kovalenko V.I. *Organizaciya lechebno-profilakticheskogo pitaniya na promyshlennykh predpriyatiyakh* [Organization of therapeutic and preventive nutrition at industrial enterprises]. - SPb.: Professiya, 2019. - 189 p.
17. Nikolaev G.P. *Ekonomicheskie aspekty upravleniya professional'nymi riskami* [Economic aspects of occupational risk management] // *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. - 2022. - No. 1. - P. 45-50.
18. Grigor'ev P.S. *Metody ocenki ekonomicheskoy effektivnosti okhrany truda* [Methods for assessing the economic efficiency of labor protection]. - M.: Academia, 2020. - 167 p.
19. Semenov I.V. *Ekonomika profilaktiki professional'nykh zabolevanij* [Economics of prevention of occupational diseases]. - Ekaterinburg: UGGU, 2019. - 145 p.
20. Fedorov M.P. *Upravlenie zatratami na okhranu truda* [Cost management for labor protection]. - Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2021. - 134 p.
21. Orlov A.B. *Social'no-ekonomicheskaya effektivnost' ozdorovitel'nykh programm* [Socio-economic efficiency of health programs]. - Novosibirsk: Nauka, 2019. - 156 p.
22. Dmitriev S.V. *Metodika rascheta ekonomicheskoy effektivnosti okhrany truda* [Methods for calculating the economic efficiency of labor protection] // *Vestnik bezopasnosti*. - 2021. - No. 4. - P. 23-28.
23. Vasil'ev K.I. *Ekonomicheskoe obosnovanie profilakticheskikh meropriyatij* [Economic justification of preventive measures]. - M.: Medicina, 2022. - 176 p.
24. Pavlov N.S. *Ekonomika promyshlennoj bezopasnosti* [Economics of industrial safety]. - Donetsk: DonNTU, 2020. - 198 p.