



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2542-1255



№8(87)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА

МОСКВА, 2025



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА

*Сборник статей по материалам LXXXVII международной
научно-практической конференции*

№ 8 (87)
Август 2025 г.

Издается с ноября 2016 года

Москва
2025

УДК 08
ББК 94
Н34

Председатель редакционной коллегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Арестова Инесса Юрьевна – канд. биол. наук;

Бахарева Ольга Александровна – канд. юрид. наук;

Гайфуллина Марина Михайловна – канд. экон. наук;

Мартышкин Алексей Иванович – канд. техн. наук;

Попова Ирина Викторовна – д-р социол. наук;

Севостьянова Ольга Игоревна – кандидат биол. наук

Н34 Научный форум: Инновационная наука: сб. ст. по материалам LXXXVII междунар. науч.-практ. конф. – № 8 (87) – М.: Изд. «МЦНО», 2025. – 26 с.

ISSN 2542-1255

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ISSN 2542-1255

ББК 94

© «МЦНО», 2025 г.

Оглавление

Статьи на русском языке	4
--------------------------------	----------

Технические науки	4
--------------------------	----------

КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КИБЕРАТАКАХ Папоротный Никита Владимирович	4
--	---

Экономика	8
------------------	----------

АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ АЗЕРБАЙДЖАНА: МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ Исаева Гюльана Вагиф кызы	8
---	---

Articles in English	13
----------------------------	-----------

Chemistry	13
------------------	-----------

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THERMOSETTING COPOLYMERS OF POLYETHYLENE GLYCOL MALEATE WITH ACRYLIC ACID DURING THEIR "COLD" CURING Gulsym Burkeyeva Anna Kovaleva Danagul Muslimova Zhansaya Ibrayeva Madinabonu Ibadullayeva Nurken Zhumabek Nurlan Nukin Daria Makarova	13
---	----

Economy	20
----------------	-----------

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF SOLID WASTE RECYCLING IN AZERBAIJAN Jahangir Mammadzadeh	20
---	----

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КИБЕРАТАКАХ

Папоротный Никита Владимирович

*исследователь,
РФ, г. Краснодар*

CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF SECURITY THREATS ARISING FROM THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CYBER ATTACKS

Nikita Paporotny

*researcher,
Russia, Krasnodar*

Аннотация. С резким скачком технологий машинного обучения мир кибербезопасности изменился. Для выполнения базовых атак достаточно качественно описать, что необходимо, и искусственный интеллект (ИИ) сделает это. ИИ в автоматическом режиме обрабатывает большой массив информации и представляет в нужном виде, что позволяет проводить целенаправленную фишинговую атаку. В статье рассматривается роль (ИИ) в проведении кибератак.

Abstract. With the surge in machine learning technologies, the world of cybersecurity has changed. To perform basic attacks, it is enough to describe qualitatively what is needed, and artificial intelligence (AI) will do it. AI automatically processes a large amount of information and presents it in the desired form, which allows for a targeted phishing attack. The article discusses the role of (AI) in conducting cyber attacks.

Ключевые слова: deepfake; C&C; кибербезопасность; искусственный интеллект; фишинг.

Keywords: deepfake; C&C; cybersecurity; artificial intelligence; phishing.

В 2023 году ИИ шагнул далеко вперед [2]. На сегодняшний день, технологии машинного обучения используются повсеместно. Технологии ИИ внедряются в различные отрасли: в промышленность, медицину, сельское хозяйство, торговлю, индустрию развлечений. ИИ применяется для различных задач автоматизации рабочих процессов. Широкие возможности машинного обучения имеют большой потенциал, и привлекают внимание киберпреступников. Злоумышленники внедряют возможности ИИ в различные этапы атаки на компьютерную систему. В этой статье мы обсудим, как ИИ способствует проведению успешных атак.

Противодействовать ИИ может только ИИ. Необходимо создать классификацию использования ИИ при проведении кибератак. Отправной точкой для формирования классификация определим методологию «Penetration Testing Execution Standard» [5].

Классификация применения ИИ в кибератаках выглядит следующим образом:

1. Разведка и сбор информации.
2. Моделирование архитектуры.
3. Анализ уязвимостей.
4. Создание полезной нагрузки.
5. Доставка полезной нагрузки.
6. Эксплуатация уязвимостей.
7. Создание точки опоры.
8. Управление и контроль.
9. Действие на цели.

На этапе разведки и сбора информации ИИ может: анализировать общедоступные источники (социальные сети, веб-сайты, базы данных) и находить утекшие учетные данные и конфиденциальную информацию, профилировать сотрудников организации, для определения их роль в организации, оптимизировать процесс сканирование, сосредотачиваясь на наиболее вероятных уязвимых сервисах, представлять данные в любом формате для использования в других инструментах.

На втором этапе, с применением ИИ возможно практически полностью воссоздать архитектуру исследуемого приложения. Провести предварительное тестирование используемых технологий. Посмотреть, как работают сервисы, как происходит обмен данными.

На третьем этапе, при наличии исходного кода, ИИ анализирует и показывает известные уязвимости в коде [1], которые можно поэксплуатировать. С применением ИИ этот процесс становится мгновенным.

На этапе создания полезной нагрузки ИИ генерирует вредоносный код: полиморфные и метаморфические вирусы, способные избегать обнаружения сигнатурными антивирусами, так же возможна обфускация кода, чтобы его было сложнее проанализировать и обнаружить. Применение ИИ способно адаптировать полезную нагрузку под любую операционную систему.

Доставка полезной нагрузки с применением ИИ перешла на новый этап персонализированного фишинга «deepfake» [4]. ИИ генерирует фишинговые сообщения под конкретного пользователя, позволяет использовать дипфейки, для выдачи себя за доверенных лиц, рассылает спам-сообщения с вредоносным содержанием, определяет оптимальные пути доставки вредоносного ПО, избегая систем обнаружения вторжений и использует машинное обучение для адаптации процесса взлома паролей к конкретным пользователям [1], анализируя их имена, даты рождения, увлечения, род занятий и другую информацию.

На этапе эксплуатации уязвимостей ИИ может: автоматически эксплуатировать известные уязвимости, анализировать работы систем защиты (антивирусов, фаерволов, систем обнаружения вторжений),

ИИ способен создавать хорошие точки опоры, обходить стандартные механизмы защиты операционной системы, скрываться от обнаружения, используя техники руткитов и стеганографии, и присутствовать в системе, даже после перезагрузки.

На этапе управления и контроля ИИ может: автоматически создавать и поддерживать инфраструктуру управления и контроля (C&C), включая регистрацию новых доменов, перенаправление и шифрование трафика, менять местоположение, чтобы обойти ограничения и блокировку, применять приемы инкапсуляции и эксфильтрации данных и управлять ботнетами.

На финальном этапе, ради которого осуществлялась атака, ИИ может: находить и идентифицировать критическую информацию, шифровать данные, координировать DDoS-атаки и распространять дезинформацию [3].

Таким образом, ИИ может изменить баланс сил между атакующими и защищающими. Появляются новые средства защиты, механизмы которых используют технологии машинного обучения для обнаружения кибератак, но целевую систему изучают месяцами, что дает злоумышленникам некое преимущество. Изучение и освещение данной темы, поможет специалистам по информационной безопасности

выстраивать защиту целевой системы, которая сможет противодействовать угрозам реального времени.

Список литературы:

1. ИИ атакует, ИИ защищает: как использовать нейросети в ИБ. – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://habr.com/ru/companies/bitrix/articles/927564/> (дата обращения: 06.08.2025).
2. Искусственный интеллект в кибератаках. – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/iskusstvennyj-intellekt-v-kiberatakah/> (дата обращения: 06.08.2025).
3. DDoS-атаки на основе искусственного интеллекта: адаптивность и автоматизация на службе преступности. – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://tiinside.com.br/ru/22/05/2024/ataques-ddos-baseados-em-inteligencia-artificial-adaptabilidade-e-automacao-a-servico-do-crime/> (дата обращения: 06.08.2025).
4. DeepFake: A Deep Learning Approach in Artificial Content Generation. – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://medium.com/@gupta.brij/deepfake-a-deep-learning-approach-in-artificial-content-generation-a626ceebe48f> (дата обращения: 06.08.2025).
5. High Level Organization of the Standard – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.pentest-standard.org/index.php/Main_Page (дата обращения: 06.08.2025).

ЭКОНОМИКА

АНАЛИЗ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ АЗЕРБАЙДЖАНА: МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ

Исаева Гюльана Вагиф кызы

*докторант,
Бакинский государственный университет,
Азербайджан, г. Баку*

Аннотация. В современных экономических условиях анализ финансового состояния хозяйствующих субъектов имеет большое значение. На фоне диверсификации экономики и развития ненефтяного сектора в Азербайджанской Республике сравнительный анализ финансовых показателей организаций, действующих в различных сферах, стал еще более актуальным. Финансовый анализ является основным инструментом оценки эффективности хозяйственной деятельности организаций и прогнозирования перспектив развития. Сравнительный финансовый анализ хозяйствующих субъектов в Азербайджане, межотраслевые сопоставления играют важную роль в оценке общего состояния экономики страны и принятии инвестиционных решений.

Ключевые слова: финансы, стандарт, методология, анализ, сравнение, риск, устойчивость

С точки зрения методологии финансового анализа и международного опыта можно отметить, что средний коэффициент текущей ликвидности промышленных предприятий в Азербайджане колеблется в диапазоне 1,8-2,2. Для сравнения, в Турции этот показатель находится в диапазоне 1,5-1,9. В Европе нормативным считается значение 2,0-2,5. Тот факт, что коэффициент текущей ликвидности немецких промышленных предприятий находится в диапазоне 2,1-2,4, свидетельствует о наличии у них более надёжных систем финансового планирования.

В финансовом секторе Азербайджана коэффициенты ликвидности банков формируются в соответствии с нормативными требованиями Центрального банка, и эти показатели находятся в диапазоне 25-30%.

Хотя в Российской Федерации норматив ликвидности составляет 10-15%, в Азербайджане более высокие требования направлены на снижение рисков нестабильности.

Для оценки финансовой устойчивости используются коэффициент автономии и показатели долговой нагрузки. Средний коэффициент автономии азербайджанских предприятий варьируется в диапазоне 0,6-0,7, что сопоставимо с показателями скандинавских стран. У датских предприятий этот коэффициент составляет 0,65-0,75 и свидетельствует о высокой финансовой устойчивости.

С точки зрения долговой нагрузки средний показатель азербайджанских хозяйствующих субъектов находится в диапазоне 0,3-0,4. В Турции этот показатель находится на уровне 0,45-0,55, что отражает более высокую долговую нагрузку. Использование заёмного капитала в американских корпорациях варьируется в диапазоне 0,4-0,6 и соответствует стратегии использования налоговых льгот.

В свою очередь, методологию финансового анализа можно рассмотреть в сравнительном разрезе по секторам. Нефтегазовый сектор Азербайджана является основной движущей силой экономики страны. Финансовые показатели крупных компаний сектора конкурентоспособны по сравнению с международными нефтяными компаниями. Финансовые показатели SOCAR демонстрируют аналогичную динамику в сравнении с норвежской компанией Equinor. Рентабельность активов обеих компаний колеблется в диапазоне 10-14% и отражает цикличность сектора.

В энергетическом секторе финансовые показатели «Азерэнерджи» и региональных электросетей демонстрируют хорошие результаты по сравнению с энергокомпаниями стран Восточной Европы. По сравнению с польской компанией PGE и чешской группой CEZ, долговая нагрузка энергетических предприятий Азербайджана ниже, а финансовая устойчивость выше. Это связано с успешностью государственной поддержки и инвестиционной политики.

Рентабельность азербайджанских компаний в пищевой промышленности составляет 12-18%. У турецких гигантов пищевой промышленности она находится в диапазоне 15-22% и является результатом более эффективных стратегий брендинга. Рентабельность небольших грузинских пищевых предприятий составляет 8-14%, что свидетельствует об особенностях деятельности, ориентированной на местный рынок.

Финансовые показатели строительного сектора демонстрируют высокую волатильность. Коэффициент текущей ликвидности крупных строительных компаний варьируется в диапазоне 1,2-1,8, что соответствует характеристикам сектора. В строительном секторе Турции этот показатель составляет 1,1-1,6 и отражает схожие структурные проблемы.

Финансовые показатели азербайджанских компаний в секторе информационных технологий (ИТ) стремительно улучшаются. Показатели рентабельности варьируются в диапазоне 25-40%, что свидетельствует о способности сектора создавать высокую добавленную стоимость. Эстонские ИТ-компании (Skype, Wise) имеют рентабельность 30-50%, что демонстрирует преимущества мощной технологической базы.

Азербайджанские хозяйствующие субъекты подвержены значительному валютному риску. В частности, предприятия, использующие импортное оборудование и сырье, подвержены влиянию колебаний обменного курса маната к доллару США. Опыт норвежских компаний показывает, что систематическое использование инструментов хеджирования необходимо для управления валютным риском. Ограниченная доступность инструментов хеджирования в Азербайджане подталкивает предприятия к стратегиям естественного хеджирования. Опыт Турции показывает, что в странах с высокой волатильностью валютного курса финансовое планирование предприятий ограничено краткосрочными периодами. Аналогичная ситуация наблюдается и в Азербайджане, что создает трудности при принятии долгосрочных инвестиционных решений.

В финансовом секторе для оценки кредитного риска применяются международные стандарты. Доля проблемных кредитов в азербайджанских банках составляет 5-8%, что соответствует средним региональным показателям. В польских банках этот показатель составляет 3-5% и является результатом более жесткой кредитной политики.

В нефинансовом секторе большое значение имеет управление дебиторской задолженностью. Средний срок оборачиваемости дебиторской задолженности на азербайджанских предприятиях составляет 45-65 дней. В немецких компаниях этот показатель составил 30-40 дней, что свидетельствует о более эффективном управлении цепочками поставок. Необходимо усилить системы внутреннего контроля в сфере управления операционными рисками на азербайджанских предприятиях. Применение стандартов COSO (Комитет организаций-спонсоров) широко распространено в международной практике и постепенно внедряется в Азербайджане.

Совершенствование стандартов корпоративного управления важно для повышения финансовой прозрачности. Опыт Эстонии показывает, что применение систем электронного управления является эффективным инструментом повышения подотчетности и улучшения качества финансовых показателей. Применение инструментов искусственного интеллекта и машинного обучения необходимо для повышения качества финансового анализа. Опыт финского банка Nordea показывает, что автоматизированные системы анализа снижают количество ошибок, связанных с человеческим

фактором, на 60-70% и ускоряют процесс анализа. Применение аналогичных систем в Азербайджане также может повысить точность финансового анализа.

Исходя из опыта эстонской программы электронного резидентства, рекомендуется создание цифровых платформ. С помощью этих платформ субъекты предпринимательства могут отслеживать свои финансовые показатели в режиме реального времени и сравнивать их с отраслевыми эталонами. Применение новых международных стандартов, таких как МСФО (IFRS) 17 (страховые договоры) и МСФО (IFRS) 16 (лизинг), может повысить подотчётность азербайджанских предприятий. Опыт немецких и голландских компаний, внедривших эти стандарты на раннем этапе, показывает, что переходный период занимает 2-3 года и требует дополнительных инвестиций.

Опыт датских компаний в области отчётности ESG (экология, социальная сфера, управление) важен для Азербайджана. Интеграция показателей устойчивого развития в финансовый анализ повышает интерес инвесторов и расширяет возможности привлечения капитала. Методология инвестиционного анализа Норвежского фонда национального благосостояния может быть использована в развитии опыта Государственного нефтяного фонда Азербайджана. Норвежский опыт в области оптимизации соотношения риска и доходности и диверсификации портфеля представляет ценность.

Сравнительный анализ финансового анализа деятельности хозяйствующих субъектов Азербайджана дает ценную информацию о текущем состоянии экономики страны. В процессе диверсификации экономики наблюдаются различные темпы развития и финансовые характеристики различных секторов. Анализ показывает, что наличие у каждого сектора собственного финансового профиля требует применения отраслевых подходов. Хотя секторы информационных технологий и услуг демонстрируют высокую рентабельность, традиционные промышленные секторы преобладают с точки зрения финансовой устойчивости.

Для повышения эффективности финансового анализа в будущем необходимо комплексное применение методологических инноваций, институционального развития и технологических решений. Это будет способствовать как индивидуальному развитию организаций, так и формированию общей экономической политики. Для устойчивого развития экономики Азербайджана важно повышение финансовой эффективности хозяйствующих субъектов, обеспечение сбалансированного развития всех секторов и продолжение процессов адаптации к международным стандартам.

Список литературы:

1. Национальные стандарты бухгалтерского учета Азербайджанской Республики (НСБУ). Баку: Министерство финансов.
2. Отчеты о финансовой стабильности Центрального банка Азербайджанской Республики. Баку: ЦБА.
3. Статистические сборники Государственного статистического комитета Азербайджанской Республики. Баку: Госкомстат.
4. Международные стандарты финансовой отчетности (МСФО). Лондон: Фонд МСФО, 2024.
5. Международный валютный фонд. «Показатели финансовой устойчивости: Руководство по составлению». Вашингтон, округ Колумбия: Издательство МВФ.
6. Группа Всемирного банка. «Отчеты о ведении бизнеса». Вашингтон, округ Колумбия: Издательство Всемирного банка.
7. Бригам, Э.Ф., Хьюстон, Дж.Ф. «Основы финансового менеджмента». Последнее издание. Cengage Learning.
8. Дамодаран, А. «Прикладные корпоративные финансы». Последнее издание. John Wiley & Sons.
9. Пенман, С. Х. «Анализ финансовой отчетности и оценка ценных бумаг». Последнее издание. McGraw-Hill Education.
10. Росс, С. А., Вестерфилд, Р. У., Джаффе, Дж. «Корпоративные финансы». Последнее издание. McGraw-Hill Education.

ARTICLES IN ENGLISH

CHEMISTRY

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THERMOSETTING COPOLYMERS OF POLYETHYLENE GLYCOL MALEATE WITH ACRYLIC ACID DURING THEIR “COLD” CURING

Gulsym Burkeyeva

*PhD, Associate Professor,
Department of Organic Chemistry and Polymers,
Karaganda Buketov University,
Kazakhstan, Karaganda*

Anna Kovaleva

*PhD, Senior Researcher,
Karaganda Buketov University,
Kazakhstan, Karaganda*

Danagul Muslimova

*PhD Student,
Department of Organic Chemistry and Polymers,
Karaganda Buketov University,
Kazakhstan, Karaganda*

Zhansaya Ibrayeva

*PhD Student,
Department of Organic Chemistry and Polymers,
Karaganda Buketov University,
Kazakhstan, Karaganda*

Madinabonu Ibadullayeva

*Master Student,
Department of Organic Chemistry and Polymers,
Karaganda Buketov University,
Kazakhstan, Karaganda*

Nurken Zhumabek

*Master Student,
Department of Organic Chemistry and Polymers,
Karaganda Buketov University,
Kazakhstan, Karaganda*

Nurlan Nukin

*Master Student,
Department of Organic Chemistry and Polymers,
Karaganda Buketov University,
Kazakhstan, Karaganda*

Daria Makarova

*Student,
Department of Organic Chemistry and Polymers,
Karaganda Buketov University,
Kazakhstan, Karaganda*

Abstract. The study investigated the physicochemical properties of polyethylene glycol maleate (p-EGM) solutions in acrylic acid and their products after “cold” curing. The weight-average molecular weight of p-EGM was determined by GPC, while the degree of unsaturation of both the initial polyester and the obtained copolymers was evaluated using the bromide–bromate method. The viscosity of the polymer–monomer mixtures was measured by viscometry, and density values were obtained using pycnometric (solutions) and hydrostatic (cured products) methods, which further allowed calculation of the overall shrinkage. The copolymer composition was analyzed by HPLC, swelling degree was determined gravimetrically, and structural identification was carried out using IR and ^1H NMR spectroscopy. SEM was employed to study surface morphology. The findings demonstrate the possibility of controlling the properties of cured unsaturated polyesters by varying the initial composition of the polymer–monomer mixtures, enabling the design of polymer matrices for bulk products with favorable physicochemical characteristics.

Keywords: unsaturated polyester, “cold” curing, density, viscosity, total volumetric shrinkage, hydrophobicity, thermosetting polymers, bulk products

Thermosetting polyester binders are widely applied across multiple industries due to their stability and resistance to environmental factors [3,9]. In the automotive sector, they are employed for producing high-strength composites, coatings, and durable adhesives [11]. In aerospace, polyester binders serve as lightweight yet strong structural materials capable of withstanding elevated temperatures and mechanical stresses [10,12]. In construction, they are used in concretes and mixtures to enhance strength and resistance to environmental impacts [14,15], as well as in advanced insulation materials for thermal and corrosion protection in construction and electrical applications.

A key direction in the development of thermosetting polyester binders is the design of polymers with tailored properties for specific technological applications. This is achieved by introducing additives and fillers that allow adjustment of mechanical, thermal, and chemical characteristics; for example, minerals and carbon fibers enhance strength and environmental resistance. Due to the presence of unsaturated bonds, polyesters undergo crosslinking to form three-dimensional networks, which improve mechanical performance, thermal stability, and chemical resistance. By varying monomer ratios and curing methods, the properties of unsaturated polyesters can be modified to meet modern requirements. Current research aims at improving resistance to UV radiation, mechanical strength, and adhesion, expanding their use in electronics, biomaterials, and nanocomposites [11,14].

The curing reactions of unsaturated polyesters with styrene [1] and methyl methacrylate [2] are well documented, but no studies report the use of unsaturated carboxylic acids as solvent-curing agents for polyester binders. Our earlier work examined polyethylene(propylene)glycol fumarate curing products as potential polymer matrices for hermetic materials [4,13]. The present study focuses on the physicochemical properties of polyethylene glycol maleate (p-EGM) solutions in acrylic acid (AA) and their cured products, evaluating the potential of the p-EGM–AA system as a thermosetting polyester binder for filler materials with minimal mineral additives. Thermosetting polyester binders have gained wide application in modern industry due to their outstanding performance properties, such as high strength, thermal and chemical resistance, and long-term durability under various environmental influences. These characteristics explain their active use in diverse industrial sectors. In the automotive industry, they serve as a basis for high-strength composites and protective coatings, while also being applied in adhesive formulations to ensure durable joining of different materials. In the aerospace

sector, polyester binders are employed in the production of lightweight yet robust structural materials that are capable of withstanding extreme operating conditions, including elevated temperatures and mechanical stress. Their role is also highly significant in construction, where they are used as polymer binders for concretes and mixtures in order to enhance mechanical strength and environmental resistance. Furthermore, polyester-based systems are involved in the fabrication of advanced insulation materials, providing protection against high temperatures and corrosion in both the construction and electrical industries. While the curing of unsaturated polyesters with styrene and methyl methacrylate has been well studied, the use of unsaturated carboxylic acids as curing agents has not been reported. This work investigates the physicochemical properties of polyethylene glycol maleate (p-EGM) solutions in acrylic acid (AA) and their cured products, demonstrating the potential of the p-EGM-AA system as a binder for filled materials.

Polyethylene glycol maleate was synthesized by polycondensation of ethylene glycol and maleic anhydride in the presence of ZnCl_2 catalyst at 150–160 °C, yielding 98% product with an average molecular weight of ~1232 Da and unsaturation degree of 89% (bromide–bromate method). Solutions of p-EGM in AA at different mass ratios (60:40, 70:30, 80:20) were prepared, and viscosity and density were measured. Curing was performed at 293 K using a cold-initiating system based on benzoyl peroxide and dimethylaniline, followed by purification with dioxane. The composition of the copolymers was determined by high-performance liquid chromatography (HPLC), yields were measured gravimetrically, and functional group identification was carried out using IR and NMR spectroscopy[5,6]. Volumetric shrinkage was calculated from density data, and surface morphology of cured products was examined by SEM at nanometer resolution.

Solutions of p-EGM in acrylic acid were prepared in different mass ratios (60:40, 70:30, and 80:20). These mixtures were analyzed for viscosity and density, both of which increased systematically with higher polyester content: at 60% p-EGM, viscosity and density were the lowest (294.3 mPa·s; 1.2069 g/cm³), while at 80% p-EGM they reached maximum values (736.8 mPa·s; 1.2412 g/cm³). Such tunability of viscosity and density is of practical significance, since it allows tailoring of resin formulations for specific technological processes, including casting and molding of bulk products. The copolymers obtained were insoluble, indicating the formation of a crosslinked three-dimensional network. HPLC showed that the composition of the cured products closely corresponded to the initial ratios of p-EGM and AA, and the yield exceeded 89%, which demonstrates the efficiency of the curing process. Moreover, the degree of unsaturation of the copolymers was directly proportional to the content of p-EGM, ranging from 37.7% to 54.8%, confirming

that polyester concentration has a defining role in the structural characteristics of the resulting networks. The chemical structure of the cured products was investigated using IR and NMR spectroscopy. IR spectra confirmed the presence of residual double bonds and carboxyl groups, while NMR analysis indicated a predominance of *cis*-isomerism in the polymer backbone. These findings prove that the cured copolymers retain a certain level of unsaturation, which may influence their reactivity and mechanical performance. Importantly, the degree of retained unsaturation provides a potential for further chemical modification of the cured materials.

The technological properties of the resulting polymers were also thoroughly evaluated. One of the key findings was the low volumetric shrinkage of the cured systems, which did not exceed 10%. For pure p-EGM, shrinkage was as low as 4.4%. This is an important characteristic for practical applications, since low shrinkage prevents the formation of internal stresses, cracks, and warping in bulk polymer products. The swelling degree was also strongly dependent on the p-EGM/AA ratio: it decreased significantly as polyester content increased, from 144.6% in AA-rich copolymers to only 12.8% for pure p-EGM.

Surface morphology studies showed that acrylic acid increases porosity and water absorption, while higher p-EGM content yields denser, less porous structures with improved hydrophobicity. These differences determine application: porous materials suit filtration and sorption, whereas dense copolymers are preferable for construction and protective coatings. The analysis of the obtained results concerning the physicochemical properties of polyethylene glycol maleate (p-EGM) solutions in acrylic acid (AA) of various compositions, as well as the properties of their cured copolymers, clearly demonstrates the potential of this binary system for practical applications in the production of filler products. What is especially noteworthy is that the proposed system requires only a minimal amount of mineral bulk fillers, which makes it both technologically and economically advantageous. The study revealed that the viscosity and density of the solutions increase with the concentration of p-EGM, indicating high sensitivity of their structure to polyester content. This allows tuning the rheological behavior to technological needs. Cured copolymers from solutions with higher p-EGM content show greater density and unsaturation, enhancing their stability and durability.

The analysis of volumetric shrinkage and swelling revealed that higher p-EGM content reduces water sorption, with the copolymers overall showing low moisture uptake and hydrophobic character, which enhances their resistance to environmental factors and durability. It is also worth emphasizing that in the studied binary system acrylic acid plays a dual role – serving both as a solvent and as a curing agent. Owing to this, the resulting cured products

show relatively low values of volumetric shrinkage, not exceeding 10%. Such a parameter is highly desirable for industrial applications, since excessive shrinkage often leads to the formation of internal stresses, microcracks, and dimensional instability of the material. The obtained experimental values can be regarded as key indicators when evaluating the suitability of polymer solutions for the production of filler and construction materials. Among the most promising applications is the production of polymer tiles and other bulk construction products, where both mechanical reliability and chemical resistance are crucial. Based on the conducted studies, the most preferable composition, providing the optimal balance of physical and chemical properties (including high density, low swelling, and pronounced hydrophobicity), corresponds to the p-EGM-AA solution with a mass ratio of approximately 80:20. This composition, due to its improved set of characteristics, can be considered a promising candidate for use as a thermosetting polyester binder in the manufacture of durable filler products with reduced dependence on mineral additives, which opens the way for its application in modern construction and related industries.

References:

1. An, W.L., Wang, X.L., Liu, X.H., Wu, G., Xu, S.M., Wang, Y.Z. Chemical recovery of thermosetting unsaturated polyester resins // *Green Chemistry*. – 2022. – Vol. 24, № 2. – P. 701–712. DOI: <https://doi.org/10.1039/d1gc03724b>
2. Asakura, K. NMR Data Processing Software “JASON” by the NMR Manufacturer for the NMR Users // *Journal of Synthetic Organic Chemistry*. – 2024. – Vol. 82, № 3. – P. 281–285. DOI: <https://doi.org/10.5059/yukigoseikyokai-shi.82.281>
3. Belhadj, F.A., Belkheir, M., Mokaddem, A., Doumi, B., Boutaous, A. Numerical characterization of the humidity effect on the fiber-matrix interface damage of hybrid composite material based on vinyl ester polymer matrix for engineering applications // *Emergent Materials*. – 2022. – Vol. 5, № 2. – P. 591–600. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42247-022-00353-3>
4. Burkeyev, M.Z., Kovaleva, A.K., Plocek, J., Tazhbayev, E.M., Burkeyeva, G.K., Bolatbai, A.N., Davrenbekov, S.Z. Synthesis and Properties of Poly(Propylene Glycol Maleate Phthalate) – Styrene Copolymers as a Base of Composite Materials // *Russian Journal of Applied Chemistry*. – 2018. – Vol. 91, № 11. – P. 1742–1749. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1070427218110022>
5. Burkeyeva, G., Kovaleva, A., Tazhbayev, Y., Ibrayeva, Z., Zhaparova, L. Investigation of curing process and thermal behavior of copolymers based on polypropylene glycol fumarate and acrylic acid using the methods of DSC and TGA // *Polymers*. – 2023. – Vol. 15. – Art. 3753. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15183753>

6. Burkeyeva, G.K., Kovaleva, A.K., Tazhbayev, Ye.M., Ibrayeva, Zh.M., Plocek, J. Development of energy-efficient “cold” curing method for polypropylene glycol fumarate using an optimized initiating system // *European Journal of Chemistry*. – 2023. – Vol. 109, № 1. – P. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.3n89/2959-0663/1-23-10>
7. Chabros, A., Gawdzik, B. Methacrylate monomer as an alternative to styrene in typical polyester–styrene copolymers // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2019. – Vol. 136, № 27. – Art. 47735. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.47735>
8. Gillela, S., Yadav, S.M., Kelkar, B.U., Sihag, K., Dangtungee, R., Bhuyar, P., Lee, S.H., Fatriasari, W., Wibowo, E.S., Sinha, A. Advancing thermoset polymer composites with nanoclay reinforcement: a comprehensive investigation within composite interfaces // *Composite Interfaces*. – 2024. – Vol. 31, № 12. – P. 1615–1657. DOI: <https://doi.org/10.1080/09276440.2024.2373486>
9. Glogowska, K., Klepka, T., Dulebova, L. Characteristics of polymer materials with new smart utilities // *Advances in Science and Technology Research Journal*. – 2022. – Vol. 14, № 4. – P. 96–103. DOI: <https://doi.org/10.12913/22998624/125581>
10. Han, C.Y., Hou, B.N., Li, Z.Z. Research progress in functional polymer materials // *Journal of Materials Engineering*. – 2021. – Vol. 49, № 6. – P. 55–65. DOI: <https://doi.org/10.11868/j.issn.1001-1381.2020.000187>
11. Lin, C.H., Yu, J.S. Research on improving polymer pervious concrete mechanical strength by adding EVA to UP resin binder material // *Construction and Building Materials*. – 2022. – Vol. 359. – Art. 129416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129416>
12. Lorenz-Fonfina, V.A. Infrared Difference Spectroscopy of Proteins: From Bands to Bonds // *Chemical Reviews*. – 2020. – Vol. 120, № 7. – P. 3466–3576. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00449>
13. Raskutin, A.Ye. Development strategy for polymer composite materials // *Aviation Materials and Technologies*. – 2017. – Special issue. – P. 344–348. DOI: <https://doi.org/10.18577/2071-9140-2017-0-S-344-348>
14. Wu, H., He, M., Wu, Sh., Cheng, J., Wang, T., Che, Ya., Du, Yo., Deng, Q. Effects of binder component and curing regime on compressive strength, capillary water absorption, shrinkage and pore structure of geopolymer mortars // *Construction and Building Materials*. – 2024. – Vol. 442. – Art. 137707. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137707>
15. Zhang, Z.P., Liu, H., Ban, X.Y., Liu, X.S., Guo, Y.X., Sun, J., Liu, Y.Q., Zhang, S.Y., Lei, J.H. Thermosetting resin modified asphalt: A comprehensive review // *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. – 2024. – Vol. 10, № 6. – P. 1001–1036. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.11.002>

ECONOMY

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF SOLID WASTE RECYCLING IN AZERBAIJAN

Jahangir Mammadzadeh

*PhD student,
Baku State University,
Azerbaijan, Baku*

Abstract. In modern times, waste management has become one of the most pressing environmental and economic problems worldwide. According to the 2024 report of the United Nations Environment Program, the world's solid waste is projected to increase from 2.1 billion tons in 2023 to 3.8 billion tons by 2050. In Azerbaijan, as a result of population growth, accelerated urbanization and increased consumption levels, the volume of solid waste is increasing year by year. The country receives daily solid waste, of which 25% is recycled. However, this figure is very low compared to the average of 48.6% in the European Union countries. This situation creates serious problems from both an ecological and economic perspective.

Keywords: waste, efficiency, recycling, ecological, income, savings.

Thousands of tons of household waste are generated in Azerbaijan every day, and a large part of it is accumulated in landfills. This waste releases harmful substances into the soil, water sources and the atmosphere, creating serious environmental problems. Proper waste management is vital for preserving the ecological balance of the Caspian Sea.

The recycling process offers great economic advantages. Firstly, it reduces dependence on raw material imports and stimulates local production. Secondly, it leads to the creation of new jobs - in the areas of collection, sorting, processing and sale of household waste. Thirdly, it significantly reduces the costs of maintaining landfills.

The production of biogas from organic waste, recycled paper from paper and cardboard, and new products from plastic allows for more efficient use of the country's energy and material resources. This is especially important in the context of the country's diversification strategy.

Baku and other large cities have a high population density and the demand for landfill space is increasing. Recycling significantly alleviates this problem and improves the quality of living areas around the city.

Azerbaijan is a party to international environmental agreements and must improve waste management in order to achieve sustainable development goals. This is also an important step in the process of harmonizing with EU standards.

The formation of a recycling culture contributes to increasing environmental awareness in society and preserving a cleaner environment for future generations. For these reasons, the establishment and development of a waste recycling system in Azerbaijan should be considered a national priority.

There are 2,540 garbage collection points in Baku city and three landfills are located in Sabunchu, Surakhani and Garadagh districts. The Balakhani city waste disposal landfill, which has been operating since 1963, is the largest among them. The composition of solid household waste generated in Azerbaijan is as follows:

- Organic waste: 45-50%
- Paper and cardboard: 15-18%
- Plastic: 12-15%
- Glass: 8-10%
- Metal: 3-5%
- Textiles and other materials: 10-12%

It is noted that humanity currently produces approximately 2.3 billion tons of solid waste. 4000-4500 tons of solid household waste are generated daily in Baku, and 9500-10000 tons in Azerbaijan. Taking into account the economic, social, and ecological importance of their management, in accordance with the Decree of the Head of State "On Improvement of Municipal Waste Management in Baku" dated August 6, 2008, "Tamiz Shahr" OJSC was established on March 12, 2009. A waste incineration plant and a solid waste sorting facility were built in Balakhani settlement. Currently, the existing infrastructure in the country consists of the following:

- Energy Recovery Plant: 500,000 tons of solid municipal waste per year, 10,000 tons of clinical waste; 231.5 million kWh of electricity production per year;
- Material Recovery Facility (sorting line);
- Balakhani Eco-Industrial Park.

The Law of the Republic of Azerbaijan "On Waste" and the National Strategy "Improving Solid Waste Management in the Republic of Azerbaijan for 2018-2022" constitute the legal basis for solid waste management. Currently, the application of the principle of Extended Producer Responsibility

and the draft law "On Packaging and Packaging Waste Circulation" are being discussed.

The main investment directions for the development of the solid waste recycling industry can be divided into two: the provision of technological equipment and the development of infrastructure. The provision of technological equipment includes the construction of modern sorting lines and plastic recycling facilities, while the development of infrastructure mainly includes the modernization of collection and transport systems, storage facilities and utilities.

Referring to the facts, it can be said that in 2020 the direct global cost of waste management amounted to approximately 252 billion US dollars. Direct revenues from recycling amounted to \$50-80 million per year from the sale of recycled materials, \$20-30 million from energy production (biogas, etc.) and \$15-25 million from compost sales. In addition, indirect savings, including a reduction in landfill costs of \$40-60 million and health costs of \$25-35 million, were noted.

With the establishment of a new recycling plant, more than 130 people were created with government contracts and health insurance. The development of the recycling industry can create 15,000-20,000 new jobs. It should be noted that globally 19% of waste is recovered through recycling and composting. The resource saving effect of recycling is estimated at approximately 50-70 million m³ per year for water resources, 200,000-300,000 m³ per year for forest resources, and 500,000-800,000 tons per year for wood and mineral raw materials.

Taking into account the above, the establishment of modern sorting centers in Baku and Sumgayit cities in Azerbaijan, the establishment of plastic and paper recycling plants, and the expansion of organic waste composting systems have been identified as short-term priorities for 2025-2027. A number of institutional reforms should also be implemented during this period. Thus, the implementation of the Extended Producer Responsibility concept, which covers all stages of the production cycle - design, production, use and, finally, waste management, is considered important, as is the phased implementation of the waste separation system and the implementation of the principle of producer responsibility.

Within the framework of medium-term goals, it is planned to increase the recycling rate to 15-20% in 2027 and to 30-35% in 2030. In addition, active work is underway to create a modern infrastructure for waste collection, sorting and recycling in the liberated territories. Nine landfills for solid waste disposal are planned to be created in Karabakh and East Zangezur

Consequently, long-term prospects imply the adoption of the "Zero Waste - Baku" initiative within the framework of the transition to a circular

economy, the development of public-private cooperation models, as well as the implementation of the tasks of effective use of export potential.

From the perspective of global experience, it can be noted that, based on the European Commission's Waste Framework Directive, European Union (EU) member states will have a legal obligation to recycle (or prepare for reuse) 60% of waste by 2030. By 2035, they will have to reach the 65% target. In accordance with the EU Landfill Directive, EU countries must ensure that the amount of waste sent to landfills is reduced to 10% of total waste by 2035.

The development of solid waste recycling in Azerbaijan has high efficiency from both an economic and environmental perspective. By taking measures to control, prevent and manage waste, it is expected that annual costs can be limited to 270.2 billion US dollars by 2050. The establishment of a plastic waste recycling and hose production facility for technical water supply in Sheki city, a plastic recycling facility and bioenergy production facilities in Sumgayit city are currently important and effective investment measures. Their successful implementation is based on technological decisions such as the application of artificial intelligence technologies in sorting, the development of blockchain-based tracking systems and mobile applications.

Currently, within the framework of the "Clean Gala" project, a system of collection and disposal of household waste is being organized in the territory of the historical Gala village, voluntary initiatives are being supported, and within the framework of the "My Clean Country" pilot project, plastic containers collected in special containers placed in parks, residential areas and universities are being recycled. According to preliminary estimates, the implemented and planned measures can bring a total economic benefit of 200-300 million manats per year, create 15,000-20,000 new jobs and increase GDP. As for environmental benefits, it is projected that 1.1-1.7 million tons of CO₂ emissions will be reduced per year, protect and sustainably use natural resources, and restore ecological balance.

The effective implementation of solid household waste recycling is an important step for Azerbaijan to achieve its sustainable development goals and transition to a green economy. Azerbaijan has adopted a green development course as one of the main goals in its national priorities, which means transition to a green economy. For this process to be successful, coordinated cooperation between the state, the private sector and society is necessary. The development of recycling is not only an ecological necessity for Azerbaijan, but also a great economic opportunity. With a properly planned and phased implementation strategy, the country can become a regional leader in this area by 2030.

References:

1. UNEP (2024). Global Waste Management Outlook 2024. United Nations Environment Programme.
2. EU4Environment Programme (2024). Municipal Solid Waste Management in Azerbaijan.
3. Caliber.az (2024). How Azerbaijan is shaping a zero-waste future? - Recycling for a "greener" tomorrow.
4. G20 Marine Plastic Litter (2018). Republic of Azerbaijan - Towards Osaka Blue Ocean Vision.
5. HEJ Support (2024). Azerbaijan – Plastics in EECCA.
6. European Environment Agency (2024). Waste recycling in Europe.
7. Eurostat (2024). Municipal waste statistics - European Commission.
8. World Bank (2024). Trends in Solid Waste Management.
9. Statista (2024). Municipal waste recycling rate in the European Union (EU-27) in 2022, and targets from 2025 to 2035.
10. EU Monitor (2024). Waste management in the EU: infographic with facts and figures.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА

*Сборник статей по материалам LXXXVII международной
научно-практической конференции*

№ 8 (87)
Август 2025 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 28.08.25. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,63. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: inno@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru