

МЕТОД ОЦЕНКИ ПОДЗЕМНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА ЕРЕВАН КАК ОБЪЕКТОВ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Зара Зауровна Манвелян*, Аракся Албертовна Микаелян, Лилит Эриковна Саркисян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

**zaramanvelian@gmail.com*

Во многих странах последние десятилетия характеризуются расширением и развитием городов, а также растущим числом природных и техногенных катастроф. В связи с отмеченными тенденциями, актуальной становится задача размещения части городских сооружений различного назначения под землей, а также проектирование и эксплуатация этих объектов в условиях чрезвычайных ситуаций. Целью работы является анализ возможности использования городских подземных территорий г. Еревана в качестве объектов гражданской обороны. В ходе анализа был предложен метод оценки эффективного использования подземных сооружений с помощью экономических параметров и способы доведения их защитных свойств до уровня, соответствующего требованиям МЧС РА. Выявлена математическая зависимость используемого объема подземного сооружения от количества укрываемых людей и необходимой вентиляции. Материал исследования доказывает экономическую эффективность использования городских подземных территорий в качестве объектов двойного назначения.

Ключевые слова: *подземные территории, чрезвычайные ситуации, гражданские защитные объекты, экологические и экономические параметры, объекты двойного назначения*

Введение

Научно-технический прогресс в развитых странах мира является двигателем решения ключевых экономических задач и повышения уровня благосостояния населения. Тем не менее производственные объекты, созданные человеком в областях химии, нефтегазовой добычи, металлургии, биотехнологии, атомной энергетики и прочих, представляют собой значительную угрозу для окружающей природной среды и человечества в случае аварий и катастроф. В современном мире частые стихийные бедствия также приобретают статус обыденности, приводя к потере человеческих жизней и значительному материальному ущербу. Исследования свидетельствуют, что за последние десятилетия более 4 миллионов человек погибли, 3 миллиарда пострадали, а прямой экономический ущерб составил более 337 миллиардов долларов США из-за природных и техногенных катастроф [1]. Прогнозируется, что увеличение материальных потерь от подобных ситуаций приведет к тому, что значительная доля валового национального продукта (от 10 до 15 %) будет направляться не на экономическое и социальное развитие, а на аварийно-спасательные операции, оказание помощи пострадавшим и восстановление разрушенной инфраструктуры, что создает серьезную угрозу для любого государства [2].

Как известно, вся территория Республики Армения находится в зоне высокой сейсмичности и подвержена другим опасным природным процессам. Также высок риск возникновения техногенных ЧС, в связи с этим достаточно отметить Мецаморскую АЭС, расположенную в 26 км от окраин города Еревана. Анализ данных статистического комитета РА показывает, что население Еревана с 1 января 2023 г. выросло с 1092800 до 1098700 человек, что означает увеличение на 5900 жителей [3].

Необходимо принятие своевременных мер, включая разработку соответствующих нормативных актов, государственных документов, выработки конкретных решений по минимизации потерь и повышению защищенности населения и территорий от бедствий в г. Ереване.

В условиях современного мира, охваченного природными и техногенными катастрофами, возникает актуальная задача исследования инженерной защиты населения в гражданских подземных сооружениях. В связи с этим актуальны вопросы, касающиеся разработки подходов и методов регулирования эффективного использования городского подземного пространства, как объектов двойного назначения.

Важно отметить, что не все подземные сооружения могут быть адаптированы для использования в качестве объектов гражданской обороны. Необходимо провести тщательное техническое и инженерное исследование с учетом стандартов и требований, чтобы определить их пригодность, учитывая, как вместимость, так и уровень обеспечения защиты. Осуществление такой оценки позволит определить эффективность и возможности использования этих объектов в системе гражданской обороны.

Для эффективного освоения подземного пространства и реализации проектов важно разработать соответствующую градостроительную программу, которая учтет социально-экономические аспекты в сочетании с архитектурно-планировочными и инженерно-техническими мероприятиями. Как показывает опыт, такая программа необходима при инженерном освоении новых территорий или при реконструкции участков старой застройки [8]. В контексте поставленной цели исследования важно определить целесообразность использования каждого конкретного подземного объекта в условиях военного времени или чрезвычайной ситуации.

Основная часть

На текущий момент, защитные подземные сооружения гражданской обороны в РА характеризуются недостаточно высоким уровнем готовности и охватывают лишь небольшую долю населения. Это фактически подразумевает неотложную необходимость разработки и реализации мероприятий, направленных на улучшение готовности и повышение уровня защиты населения от чрезвычайных ситуаций и военных угроз. Вследствие Арцахской войны, в 2020 г., возникла насущная потребность в разработке методов управления и оптимального использования подземных оборонительных сооружений двойного назначения. Эта проблема приобретает особую важность в контексте г. Еревана, где проживает около трети населения РА.

В РА выделяются три основных типа защитных сооружений в области гражданской обороны: убежища, противорадиационные убежища и простейшие укрытия. Убежище представляет собой подземное здание, размещенное в цокольном или парапетном перекрытии (встроенное) здания, соответствующее требованиям нормативных документов в сфере градостроительства. Противорадиационное убежище является сооружением гражданской обороны и включает в себя укрытие, спроектированное для защиты людей, культурных и материальных ценностей от воздействия различных видов оружия. Кроме того, подземные станции метро, тоннели и другие сооружения также могут служить в качестве убежищ, обеспечивая защиту населения в случае чрезвычайных ситуаций [8].

Согласно плану развития г. Еревана, в столице насчитывается 41 подземных территорий и тоннелей, большинство из них находится в удовлетворительном состоянии, в ряде подземных переходов ведутся ремонтные работы. Однако с точки зрения гражданской обороны рассмотрение городских подземных территорий как объектов двойного назначения для укрытия населения требует разработки

новых функций управления и оценки, которые будут основаны на ситуативных, а также научно обоснованных решениях.

Исследования показывают, что ряд подземных переходов предназначались как общественные места, в первую очередь как подземные переходы, в которые уже были интегрированы коммерческие зоны, а оборонительная функция не была основным назначением. В конце 1970-х годов, началось строительство метро, которое также предназначалось как убежище для 50...60 тысяч горожан в чрезвычайных ситуациях. Метро имени К. Демирчяна в настоящее время имеет 10 станций, 7 из которых находятся под землей. В 12 административных районах Еревана планируется построить тайники и убежища, что должно регулироваться новыми нормами. Для подземных территорий двойного назначения необходима разработка методика, основанной на многофакторных критериях, которая позволит комплексно оценить возможности использования существующих территорий в качестве объектов укрытия.

Материалы и методы

Научные исследования подчеркивают неотложную потребность в разработке эффективных стратегий для обеспечения безопасности населения в условиях чрезвычайных ситуаций. Особое внимание уделяется концепции подземных территорий, которые должны учитывать потенциальные экологические и экономические риски. В ходе проведенного исследования была выявлена методика, учитывающая экологические и экономические критерии, и которая показывает математическую зависимость между ними. Эта зависимость позволяет получить систематизированные данные, касающиеся экономической эффективности использования городских подземных сооружений в качестве объектов двойного назначения. Полученные результаты способствуют разработке более точных и устойчивых концепций гражданской обороны, поддерживая баланс между безопасностью и ресурсоэффективностью [9].

С целью достижения поставленной задачи предлагается метод расчета, основанный на оценке подземных помещений. Этот метод учитывает количество людей, которых необходимо укрыть, объем необходимой вентиляции, а также позволяет систематизировать и анализировать параметры проектирования и использования подземных сооружений, обеспечивая более точные и эффективные решения в области гражданской обороны.

В основе метода рассмотрены три ключевые эколого-экономические критерии:

1. Норматив полного использования подземного пространства: оценка эффективности использования подземных помещений требует установления стандартов полного использования этого пространства с учетом его геометрических и структурных особенностей. Этот критерий позволяет оптимизировать распределение ресурсов и максимизировать использование подземных пространств в рамках установленных норм.

2. Количество укрытых людей в зависимости от объема использования подземных территорий: оценка числа укрываемых лиц зависит от общего объема подземного пространства, предназначенного для временных убежищ. Это экономический критерий важен тем, что направлен на определение эффективности планируемого использования подземных укрытий.

3. Объем вентиляции, необходимый для укрытия: этот экологический критерий оценивает требования к объему вентиляции, который необходим для обеспечения безопасных и здоровых условий в подземных укрытиях. Учет этого фактора имеет существенное значение для предотвращения

негативных последствий, связанных с ограниченным доступом к свежему воздуху в подземных пространствах [10].

Перечисленные выше эколого-экономические критерии служат основой для разработки эффективных стратегий проектирования и использования подземных укрытий с учетом их функциональности в качестве временных убежищ. В предложенном методе представлены расчетные данные эколого-экономических критериев на основе нормативных и проектных данных.

Как уже отмечалось, процесс комплексного использования подземных сооружений включает в себя важный аспект – коэффициент полноты использования подземного пространства (КПУ). Данный критерий рассчитывается по следующей формуле:

$$КПУ = V_{ис. под.т.} / V_{об. под.т.} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $V_{ис. под.т.}$ – объем используемой подземной территории; $V_{об. под.т.}$ – общий объем подземной территории.

Увеличение объема конкретного подземного сооружения при незначительном расширении общей подземной площади может способствовать повышению эффективности использования ресурсов, так как дополнительные инвестиции могут быть направлены на расширение функциональности и улучшение условий внутри сооружения.

Исходя из формулы общего объема подземной площади:

$$V_{об. под.т.} = n \times V_{н.} \quad (2)$$

где V – общий объем подземной территории, n – число укрытых людей, $V_{н.}$ – нормативный объем, рассчитанный на одного укрытого человека, который по действующим нормам в РА составляет $1,5 м^3$.

Предложен расчет количества укрываемых человек по следующей формуле:

$$N = V_{об. под.т.} / 1,5 \quad (3)$$

Количественное обеспечение вентиляции в подземных сооружениях является критическим элементом для обеспечения безопасности и комфорта. Для расчета требуемой нормы вентиляции (Ventilation rate), основываясь на формуле количества укрытых людей, предложена следующая формула:

$$Ventilation\ rate = Q \times n / T, \quad (4)$$

где Q – представляет собой количество воздуха, необходимое для одного человека за единицу времени, по действующим в РА нормам объем воздуха для оборонных сооружений должен рассчитываться из расчета $3 \dots 5 л/с$ на человека [11]; n – количество укрытых людей; T – время пребывания в укрытии.

Формула (4) позволяет рассчитать объем воздуха, который необходимо обеспечить для поддержания оптимальных условий вентиляции в подземных сооружениях, исходя из количества людей и длительности их пребывания в укрытии. Такие расчеты являются важной частью проектирования подземных сооружений для гражданской обороны.

В рамках проведенного исследования были рассчитаны вышеупомянутые критерии с учетом крупных подземных площадей г. Еревана, которые при необходимости можно рассматривать как объекты двойного назначения. Полученные данные представлены в следующей таблице.

Таблица

Оценка подземных территорий города Еревана по эколого-экономическим критериям

N	Подземный объект (ПО)	Объем занимаемой подземной территории, $V_{зан.под.т., м^3}$	Общий объем подземной территории, $V_{об.п.т., м^3}$	Коэффициент полного использования подземного пространства, %	Количество укрываемых людей, n (человек)	Необходимое количество воздуха /Ventilation rate/, $л/с$
1	ПО на перекрестке пр. Маштоца и ул. Г. Лусаворича	2536,00	3170,00	80	2113	8,452
2	ПО на проспекте Маштоца 22	3115,00	3893,75	80	2595	10,380
3	ПО улиц Абовяна-Корюна	1874,60	2343,25	80	1562	6,248
4	ПО на пересечении улиц Абовяна и Исаакяна (Метроном)	6971,00	8713,75	80	5809	23,236
5	ПО на пр. Тиграна Меца 86	1170,00	1462,50	80	975	3,900
6	ПО на пересечении улиц Аршакунянц и Г. Нжде	923,00	1156,25	80	770	3,080
7	ПО на пересечении ул. Комитаса и пр. Азатутяна	1457,00	1821,25	80	1214	4,856
8	ПО на ул. Ленинградян 29	1926,16	2407,70	80	1605	6,420
9	ПО на пр. Гая 19/14	1036,00	1295,00	80	863	3,452
10	ПО на площади «Г. Нжде»	4216,70	5270,87	80	3513	14,052
11	ПО - Метро «Дружба»	3476,62	4345,77	80	2897	11,588

На основе расчетных данных осуществлен графический анализ (рисунок), основанный на следующем принципе: количество укрытых людей, учитывая используемый объем подземного объекта, который соответствует рассчитанному объему вентиляции. Синяя линия графика отображает количество укрытых людей, в то время как красная линия - объем вентиляции по соответствующей используемой площади.

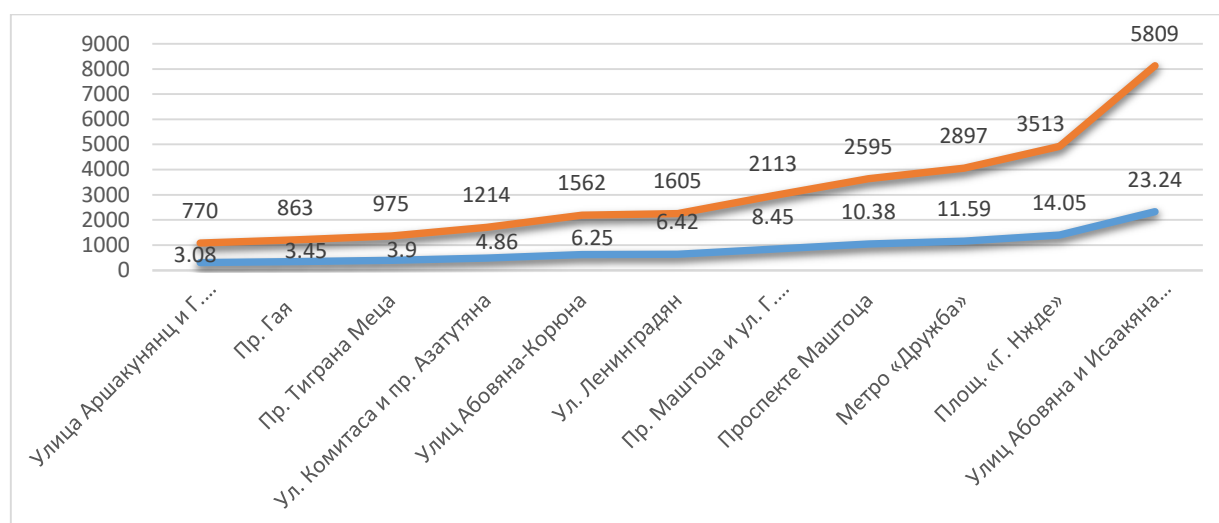


Рис. Графическая зависимость между количеством укрытых людей и объемом подземного объекта, который соответствует рассчитанному объему вентиляции

Опираясь на нормативную базу, можем констатировать, что в городских подземных убежищах должны быть места для сидения, по расчету на одного укрываемого человека в пределах 80 %, а для лежания - 20 %. Между сиденьями ширина проходов составляет не менее 0,85 м. Вместимость убежища определяется, исходя из нормы: не менее 0,5 м² площади на человека [12].

Предлагаемый метод позволяет разработать новый аналитический подход, который обеспечивает возможность:

- получения информации об эффективном использовании подземной площади и определения потенциала данного объекта для укрытия людей при чрезвычайных ситуациях;
- определения числа людей, которые могут быть размещены в подземном помещении в зависимости от объема его использования и соответствующих нормативов;
- оценки экологического состояния территории с учетом объема необходимой вентиляции, основываясь на стандартах комфорта для человека;
- определения диапазона эффективности подземной зоны и определения типа ее использования в различных сценариях.

Результаты и обсуждения

Анализ подземных сооружений с учетом нормативно установленного радиуса сбора людей с целью применения в оборонительных мероприятиях, а также их реконструкция и возведение новых масштабных подземных комплексов существенно повысит уровень защиты населения в чрезвычайных ситуациях. Предложенная методика предоставит возможность оценить состояние подземных территорий, их соответствие требованиям гражданской обороны, а также провести социально-экономическую обоснованность их создания.

Благодаря данной методике, заказчики и муниципальные органы смогут принимать обоснованные решения относительно модернизации существующих или возведения новых подземных сооружений. Это также позволит выявить потенциальные узкие места в системе защиты и предложить меры по их устранению.

Заключение

Исследование современного состояния подземных объектов г. Еревана показало, что они играют важную роль в идентичности каждого района города и по своей сути представляют общественную ценность. При соответствующей оценке они могут оставаться активными компонентами городской структуры, обладая присущей им относительной ценностью. В отличие от структур городского ландшафта, подземные пространства обладают особым характером и обладают существенным потенциалом не только для превращения их в важные общественные, транспортные объекты, но также в объекты гражданской обороны [13].

Рекомендации по разнообразному использованию подземных территорий в Ереване направлены на улучшение городской среды и могут быть реализованы посредством ключевых действий, включая сохранение подземных пространств от изоляции, рассмотрение новых функциональных целей, соответствующих демографическим изменениям, а также приведение их в соответствие с социальными предпосылками развития города. Следовательно, в современных условиях вопрос формирования методов планировки подземных пространств городов считается актуальным. Результаты этого

исследования, наряду с изложенными здесь методологическими подходами позволяют интерполировать и экстраполировать, получая необходимые параметры технологической эффективности использования городских подземных сооружений в качестве объектов двойного назначения. Таким образом, комплексный подход к анализу, реконструкции и строительству подземных объектов не только способствует безопасности граждан, но и обеспечивает эффективное использование ресурсов, что важно для обеспечения устойчивого развития общества в условиях неопределенности и чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

- [1] **А.В. Викулин, И.Ф. Вольфсон, М.А. Викулина, А.А. Долгая**, Цивилизация глазами катастроф: природных и социальных: монография. КамчатГТУ, Петропавловск-Камчатский, 2016, с. 61-78.
- [2] **И.Ю. Олтян, И.В. Жданенко**, Оценка потенциальной уязвимости общества, экономики и государства перед природными и техногенными угрозами, Технологии гражданской безопасности 16 (2 (60)) (2019) 8-14.
- [3] <https://armstat.am/am>
- [4] **В.Н. Макишин, А.А. Фаткулин**, Условия формирования и перспективы развития подземного пространства городов. Горный информационно-аналитический бюллетень 3 (2010) 220-225.
- [5] **В.А. Котляревский, В.И. Ганушкин, А.А. Костин**, Убежища гражданской обороны: конструкция и расчет. Стройиздат, Москва, 2011, с. 60-81.
- [6] **В.Г. Нарышкин, В.И. Пчелкин**, Проблема отбора горных выработок и пещер для их использования в качестве защитных сооружений на особый период. Технологии гражданской безопасности 10 (2 (36)) (2013) 56-60.
- [7] ՀՀԾՆ 31-03.02-2022. «Հայաստանի Հանրապետության քաղաքացիական պաշտպանության պաշտպանական կառույցներ» շինարարական նորմեր, ՀՀ քաղաքաշինության կոմիտեի նախագահի 2022 թվականի ապրիլի 4-ի N 06-Ն հրամանի:
- [8] **E. Sargsyan, Z. Manvelyan, H. Dheryan**, Ways of development of modern urban environment in the context of appropriation of underground spaces. Journal of architectural and engineering research 5 (2023) 53-58, <<https://doi.org/10.54338/27382656-2023.5-007>>.
- [9] <https://www.e-draft.am/ru/projects/4126/about>
- [10] **R. Liao**, Overview of Anti-Seismic Researches of Underground Structures. E3S Web of Conferences 38 (2018) 30-38.
- [11] **В.Н. Макишин, М.В. Куделина, Е.А. Хрулев, Ю.А. Хрулев**, Особенности освоения подземного пространства городов в условиях гористой местности. Вестник инженерной школы ДВФУ 3-4 (2014) 187-210.
- [12] **В.В. Денисов, И.А. Денисова, В.В. Гутенев, О.И. Монтвила**, Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий при чрезвычайных ситуациях: учебное пособие. ИКЦ «МарТ», Москва; Издательский центр «МарТ», Ростов на Дону, 2003, с. 66-78.
- [13] **В.В. Макаров, Е.А. Хрулев, Ю.А. Хрулев**, Эффективность использования подземного пространства мегаполисов. Вестник инженерной школы ДВФУ 1 (2016) 143-150.

ԵՐԵՎԱՆ ՔԱՂԱՔԻ ԱՏՈՐԳԵՏՆՅԱ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ՈՐՊԵՍ ԵՐԿԱԿԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ
ՕԲՅԵԿՏՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՄԵԹՈՂ

Զարա Զամուրի Մանվելյան*, Արաքսյա Ալբերտի Միքայելյան, Լիլիթ Էրիկի Մարկիսյան
Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ
*zaramanvelian@gmail.com

Շատ երկրներում վերջին տասնամյակները բնութագրվում են քաղաքների ընդլայնմամբ և զարգացմամբ, ինչպես նաև աճող թվով բնական և տեխնածին աղետներով: Նշված միտումների հետ կապված՝ հրատապ է դարձել քաղաքային կառույցների մի մասը տարբեր նպատակներով գետնի տակ տեղադրելու, ինչպես նաև արտակարգ իրավիճակներում այդ օբյեկտների նախագծման և շահագործման խնդիրների ուսումնասիրումը: Աշխատանքի նպատակն է վերլուծել Երևան քաղաքի ստորգետնյա տարածքների օգտագործման հնարավորությունները որպես քաղաքացիական պաշտպանության օբյեկտներ: Վերլուծության ընթացքում առաջարկվել է ստորգետնյա տարածքների արդյունավետ օգտագործման գնահատման մեթոդ՝ հիմնվելով էկոնոմիկական չափորոշիչների վրա և համապատասխանեցնելով դրանց պաշտպանիչ հատկությունները ՀՀ ԱԻՆ պահանջներին: Պարզվել է ստորգետնյա կառույցի օգտագործվող ծավալի մաթեմատիկական կախվածությունը պատասխարված մարդկանց թվից և անհրաժեշտ օդափոխությունից: Իրականացված հետազոտությունն ապացուցում է քաղաքային ստորգետնյա տարածքների օգտագործման տնտեսական արդյունավետությունը՝ որպես երկակի նշանակության օբյեկտների:

Բանալի բառեր. ստորգետնյա տարածքներ, արտակարգ իրավիճակներ, քաղաքացիական պաշտպանության օբյեկտներ, էկոլոգիական և տնտեսական չափորոշիչներ, երկակի նշանակության օբյեկտներ

**METHOD FOR ASSESSING UNDERGROUND TERRITORIES OF YEREVAN
AS DUAL-PURPOSE OBJECTS**

Zara Manvelyan*, Araksya Mikaelyan, Lilit Sarkisyan
National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA
*zaramanvelian@gmail.com

In many countries, recent decades have been characterized by urban expansion and development, as well as an increasing number of natural and man-made disasters. In connection with the noted trends, the task of placing part of urban structures for various purposes underground, as well as the design and operation of these facilities in emergency situations, has become urgent. The purpose of this work is to analyze the possibility of using urban underground territories in Yerevan as civil protection facilities. During the analysis, a method was proposed for assessing the effective use of underground territories using environmental and economic parameters, and methods for bringing their protective properties to a level that meets the

requirements of the RA Ministry of Emergency Situations. A mathematical dependence of the used volume of an underground territory on the number of people to be sheltered and the required ventilation was revealed. The research material can demonstrate the economic efficiency of using urban underground territories as dual-use facilities.

Keywords: underground areas, emergency situations, civil protection facilities, environmental and economic parameters, dual-use facilities

Մանվելյան Ջարա Ջամրի, տ. գ. թ., դոցենտ (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Էկոնոմիկայի, իրավունքի և կառավարման ամբիոն, (+374)93368026, zaramanvelian@gmail.com, **Միքայելյան Արաքսյա Ալբերտի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Էկոնոմիկայի, իրավունքի և կառավարման ամբիոն, մագիստրանտ, (+374)98098602, araksyamikayelyan2001@gmail.com, **Սարկիսյան Լիլիթ Էրիկի** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Էկոնոմիկայի, իրավունքի և կառավարման ամբիոն, մագիստրանտ, (+374)94797059, sarkisyanlilit02@gmail.com

Манвелян Зара Зауровна, к.т.н., доцент (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Экономики, права и управления, (+374)93368026, zaramanvelian@gmail.com, **Микаелян Аракся Албертовна** (РА, г. Ереван)- НУАСА, кафедра Экономики, права и управления, магистрант, (+374)98098602, araksyamikayelyan2001@gmail.com, **Саркисян Лилит Эриковна** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Экономики, права и управления, магистрант, (+374)94797059, sarkisyanlilit02@gmail.com

Manvelyan Zara, Doctor of philosophy (Ph.D) in engineering, Associate Professor (RA, Yerevan) – NUACA, Department of Economics, Law and Management, (+374)93368026, zaramanvelian@gmail.com, **Mikaelyan Araksya** (RA, Yerevan) – NUACA, Department of Economics, Law and Management, master student, (+374)98098602, araksyamikayelyan2001@gmail.com, **Sarkisyan Lilit** (RA, Yerevan) – NUACA, Department of Economics, Law and Management, master student, (+374)94797059, sarkisyanlilit02@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 12.02.2024թ.

Գրախոսվել է՝ 13.03.2024թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2024թ.