

ՄԵՀՐԱԲՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ԲԺՇԿԱԿԱՆ ՔՈԼԵՋԻ
ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ



ВЕСТНИК
МЕДИЦИНСКОГО КОЛЛЕДЖА
ИМ. МЕГРАБЯНА

**BULLETIN
OF THE MEDICAL COLLEGE
AFTER MEHRABYAN**

VOL. 17 TOM

ԵՐԵՎԱՆ 2024 YEREVAN

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU

ROAD DIRECTORY
OF OPEN ACCESS
SCHOLARLY
RESOURCES

doi

Crossref

9 771829 040003



Dear Colleagues,

We welcome you from one of the oldest colleges in Georgia, Panacea, which has been collaborating in the field of pharmaceutical educational programs for two years. Articles by our faculty members have been published in your scientific journal. It should be noted that publishing a scientific journal in a college is a significant responsibility, and we are proud to acknowledge that you are successfully meeting this challenge. Your journal features news about medical achievements and scientific research not only from local scientists but also from those in other countries who are your partners. We wish you continued success in your dedicated and essential work. In this way, you make an invaluable contribution to the education of future medical professionals. Such cooperation between the two countries is very important. I want to wish you success, progress and strengthening of our countries!



Sincerely,
Director of Panacea College,
PhD in Medicine,

Vasil Kiknadze



Dear authors and editorial board members!

On behalf of Municipal state enterprise on the right of economic management «High Medical College» Public Health Department of Almaty, I express my gratitude to you for your valuable work and dedication. Medical science and education are the foundation of our future, which require high level of professionalism. Your scientific magazine is an important platform where practitioners and researchers meet, united by a common goal - improving people's health and quality of life. Its publications reflect current medical problems, offer innovative solutions and introduction of advanced technologies into practical healthcare and education. Your publications provide a good opportunity to share best practices, discuss unresolved issues and lines of research, stimulate professional growth of specialists.

We highly appreciate your willingness to share your knowledge and experience. We wish you to continue to join like-minded persons, inspire new discoveries and serve as a reliable source of information for all those who have dedicated themselves to medicine.

We wish you further creative success and prosperity of your scientific magazine.

Best regards,
Candidate of medical science, professor,
Director of Municipal state enterprise on the right of economic management
«High Medical College» Public Health Department of Almaty, Kazakhstan

Zhumakhan Moldakulov



ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ
ՄԵՀՐԱԲՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ԲԺՇԿԱԿԱՆ ՔՈԼԵՋ

ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

РЕСПУБЛИКА АРМЕНИЯ
ВЕСТНИК
МЕДИЦИНСКОГО КОЛЛЕДЖА
ИМЕНИ МЕГРАБЯНА

REPUBLIC OF ARMENIA
BULLETIN
OF THE MEDICAL COLLEGE
AFTER MEHRABYAN

VOL. 17 TOM

Изд-во «МЕКНАРК»
YEREVAN 2024 ЕРЕВАН

«ВЕСТНИК» выходит два раза в год на русском, английском и армянском языках. Все статьи печатаются под авторскую ответственность / «BULLETIN» is published two times per year in English, Russian and Armenian languages. All the articles are published under the author's responsibility / «ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ»-ը տպագրվում է տարեկան երկու անգամ ռուսերեն, անգլերեն և հայերեն լեզուներով: Բոլոր հոդվածների պատասխանատվությունը կրում են հեղինակները

Печатается по решению Ученого Совета НТИЦ ОФХ НАН РА (от 13.02.2023г.)
Published by the decision of the Scientific Council of STC OPNCH NAS RA (13.02.2023)
Տպագրվում է ՀՀ ԳԱԱ ՕՂՔ ՊՏԿ-ի գիտական խորհուրդի որոշմամբ (13.02.2023թ.-ի)

Печатается по решению Ученого и Редакционно-издательского Советов МКМ
Published by the decision of the Academic and Editorial & Publishing Councils of MCM
Տպագրվում է ՄԲԲ-ի գիտական և խմբագրական-հրատարակչական խորհուրդների որոշմամբ

«ВЕСТНИК» Медицинского колледжа имени Меграбяна является научно-информационным органом медицинского колледжа, в котором представлены теоретические и практические научно-образовательные монографии, статьи, работы и предложения армянских и иностранных ученых в сфере общественного здравоохранения и медицинского образования. Все статьи содержат ключевые слова, краткие аннотации на разных языках с целью облегченного доступа исследователей.

«BULLETIN» of the Medical College after Mehrabyan is the scientific and informational body of the Medical College, which presents theoretical and practical scientific and educational monographs, articles, works and proposals of Armenian and foreign scientists in the field of public health and medical education. All articles contain keywords, brief annotations in different languages for easy access by researchers.

Մեհրաբյանի անվան բժշկական քոլեջի «ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ»-ը՝ բժշկական քոլեջի գիտական տեղեկատվական մարմինն է, որտեղ ներկայացվում են հանրային առողջապահության և բժշկական կրթության բնագավառներում հայ և օտարազգի գիտնականների տեսական և գործնական գիտակրթական մենագրությունները, հոդվածները, աշխատանքներն ու առաջարկությունները: Բոլոր հոդվածները պարունակում են հիմնաբառեր և կարճ տեքստեր տարբեր լեզուներով, նպատակ ունենալով թեթևացնել հետազոտողների օգտվելու հնարավորությունը:

«ВЕСТНИК» Медицинского колледжа имени Меграбяна // Научно-методический журнал, № 17 / Глав. ред. Пароникян Р.Г.; сост.: Акопян А.С.
– Ереван: Мекнарк, 2024. – 212 с.

«BULLETIN» of the Medical College after Mehrabyan, Scientific & Methodical Journal, No. 17; Editor in Chief: Paronikyan R.; comp.: Hakobyan A.
– Yerevan: Meknark, 2024. – 212 p.

Մեհրաբյանի անվան բժշկական քոլեջի «ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ» // Գիտամեթոդական ամսագիր, № 17 / Գլխ. խմբ.՝ Պարոնիկյան Ռ.Գ., կազմ.՝ Հակոբյան Ա.Ս.:
– Երևան՝ «Մեկնարկ», 2024: – 212 էջ:

pISSN 1829-040X, eISSN 2953-8289

Журнал индексирован в **ROAD**

Журнал входит в **eLIBRARY**

DOI: [10.53821/1829040X](https://doi.org/10.53821/1829040X)

 ORCID: [0000-0001-9263-6791](https://orcid.org/0000-0001-9263-6791)

© Медицинский колледж им. Меграбяна
© Medical College after Mehrabyan
© Մեհրաբյանի անվան բժշկական քոլեջ

◆ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ◆
◆ PHARMACEUTICAL CHEMISTRY ◆ ՀԵՂԱԳՈՂՏԱԿԱՆ ԲԻՄԻՍ ◆

DOI: 10.53821/1829040X-2024.17-113

ВЛИЯНИЕ CO₂ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ПОГЛОЩЕНИЕ
CO₂ АМИНАМИ

Арпине Сашаевна Арутюнян

*К.хим.н., руководитель группы «Разработка и применение ионных жидкостей в химии»,
Ст. научный сотрудник лаборатории синтеза психотропных соединений,
Институт тонкой органической химии им. А.Л. Мнджояна,
Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии (НТЦОФХ) НАН РА;
И.о. зав. кафедрой фармацевтической химии
Международного научно-образовательного центра НАН РА,
г. Ереван, Республика Армения*
 ORCID: [0000-0002-6089-8727](https://orcid.org/0000-0002-6089-8727)
harutyunyan_arpi@mail.ru

Эля Погосовна Сафарян

*Мл. научный сотрудник,
Группа «Разработка и применение ионных жидкостей в химии»,
Лаборатория синтеза психотропных соединений,
Институт тонкой органической химии им. А.Л. Мнджояна,
Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии (НТЦОФХ) НАН РА,
г. Ереван, Республика Армения*
 ORCID: [0000-0002-5656-4513](https://orcid.org/0000-0002-5656-4513)
elya.safaryan.1996@mail.ru

Анаит Сираковна Сакеян

*Мл. научный сотрудник,
Группа «Разработка и применение ионных жидкостей в химии»,
Лаборатория синтеза психотропных соединений,
Институт тонкой органической химии им. А.Л. Мнджояна,
Научно-технологический центр органической
и фармацевтической химии (НТЦОФХ) НАН РА,
г. Ереван, Республика Армения*
 ORCID: [0009-0002-0246-6130](https://orcid.org/0009-0002-0246-6130)
anahit.saqeyan.98@mail.ru

Аннотация. Добыча угля, нефти и газа ежегодно выбрасывает в атмосферу миллиарды тонн углекислого газа (CO₂). Воздействие углекислого газа на атмосферу играет важную роль в контексте изменения климата и глобального потепления. Из-за парникового эффекта планета Земля находится на грани разрушения. Рост уровня CO₂ в атмосфере является серьезной проблемой, имеющей далеко идущие последствия для окружающей среды и общества. Чтобы избежать подобных проблем, следует сократить количество углекислого газа в атмосфере. Разработаны оптимальные условия – комнатная температура и давление для удаления избытка CO₂ из атмосферы с помощью диаминов и алканоламинов. Эти амины были выбраны из-за их дешевизны, стабильности, дешевизны, высокой абсорбции и последующей широкой применимости. Изучено поглощение CO₂ этилендиамином, пропиленди-

амином, бутилендиамином, пиперазином, метилпиперазином и этилпиперазином, а также алкноламинами 3-амино-1-пропанола, 2-аминобутан-1-ола, 2-(этиламино)этанол, диэтанолamina, 1,1'-Иминодипропан-2-ол, 2-амино-2-(гидроксиметил)пропан-1,3-диол. Наилучшие результаты показали 3-амино-1-пропанол: 90%, этилендиамин: 89%, пиперазин: 78% и 2-аминобутан-1-ол: 70%. Результаты подтверждены методами ЯМР, ИК и масс-спектро-скопии, а также проводился детальный мониторинг количества CO₂ в конечных продуктах с помощью прибора ЯМР. Процесс с аминами основывается на химической реакции с обра-зованием карбаматов, что позволяет эффективно связывать CO₂.

Ключевые слова: диоксид углерода, парникового эффект, диамин, алканоламин, измене-ние климата, карбамат.

CO₂ IMPACT ON THE ENVIRONMENT. CO₂ ABSORPTION BY AMINES

Arpine Harutyunyan

*PhD of Chemistry, Candidate of Chemical Sciences,
Head of the Group «Development and Applications of Ionic Liquids in Chemistry»,
Senior researcher at the Laboratory of Synthesis of Psychotropic Compounds,
Institute of Fine Organic Chemistry after A.L. Mnjoyan
Scientific and Technological Center of Organic and Pharmaceutical Chemistry
of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia;
Acting Head of the Department of Pharmaceutical Chemistry,
International Scientific and Educational Center of the NAS RA,
Yerevan, Republic of Armenia
ORCID: [0000-0002-6089-8727](https://orcid.org/0000-0002-6089-8727)
harutyunyan_arpi@mail.ru*

Elya Safaryan

*Junior Researcher,
«Development and Application of Ionic Liquids in Chemistry» Group,
Laboratory of Synthesis of Psychotropic Compounds,
Institute of Fine Organic Chemistry after A.L. Mnjoyan
Scientific and Technological Center of Organic and Pharmaceutical Chemistry,
of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia,
Yerevan, Republic of Armenia
ORCID: [0000-0002-5656-4513](https://orcid.org/0000-0002-5656-4513)
elya.safaryan.1996@mail.ru*

Anahit Sakeyan

*Junior Researcher,
«Development and Application of Ionic Liquids in Chemistry» Group,
Laboratory of Synthesis of Psychotropic Compounds,
Institute of Fine Organic Chemistry after A.L. Mnjoyan
Scientific and Technological Center of Organic and Pharmaceutical Chemistry
of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia,
Yerevan, Republic of Armenia
ORCID: [0009-0002-0246-6130](https://orcid.org/0009-0002-0246-6130)
anahit.saqeyan.98@mail.ru*

Abstract. Coal, oil and gas production annually emit billions of tons of carbon dioxide (CO₂) into the atmosphere. The impact of carbon dioxide on the atmosphere plays an important role in the context of climate change and global warming. Due to the greenhouse effect, planet Earth is on the verge of destruction. The increase in CO₂ levels in the atmosphere is a serious problem with far-

reaching consequences for the environment and society. To avoid such problems, the amount of carbon dioxide in the atmosphere should be reduced. Optimum conditions, room temperature and pressure, have been developed to remove excess CO₂ from the atmosphere with diamines and alkanol amines. These amines were chosen because of their low cost, stability, low cost, high absorption and subsequent wide applicability. CO₂ absorption by ethylenediamine, propylenediamine, butylenediamine, piperazine, methylpiperazine, and ethylpiperazine was studied, and from the alkanol amines 3-amino-1-propanol, 2-aminobutan-1-ol, 2-(ethylamino)ethanol, diethanolamine, 1,1'-Iminodipropyl-2-ol, 2-amino-2-(hydroxymethyl)propan-1,3-diol. The best results were shown by 3-amino-1-propanol: 90%, ethylenediamine: 89%, piperazine: 78%, and 2-aminobutan-1-ol: 70%. The results were confirmed by NMR, IR and MASS spectroscopy. A detailed monitoring of the amount of CO₂ in the products was done using the NMR device. The amine process is based on a chemical reaction with the formation of carbamates, which allows for effective binding of CO₂.

Keywords: carbon dioxide, greenhouse effect, diamine, alkanol amine, climate change, carbamate.

CO₂ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՎՐԱ: CO₂-Ի ԿԼԱՆՈՒՄԸ ԱՄԻՆԵՐՈՎ

Արփինե Սաշայի Հարությունյան

ՀՀ ԳԱԱ Օրգանական և դեղագործական քիմիայի

Ա. Լ. Մնջոյանի անվ. Նուրբ օրգանական քիմիայի ինստիտուտի

գիտատեխնոլոգիական կենտրոնի

Հոգեմետ միացությունների սինթեզի լաբորատորիայի ավագ գիտ. աշխատող,
«Բոնական հեղուկների մշակումը և կրառությունները քիմիայում» խմբի ղեկավար,

ՀՀ ԳԱԱ Գիտակրթական միջազգային կենտրոնի

Դեղագործական քիմիայի ամբիոնի վարիչի ժ/պ,

ք. Երևան, Հայաստանի Հանրապետություն

 ORCID: [0000-0002-6089-8727](https://orcid.org/0000-0002-6089-8727)

harutyunyan_arpi@mail.ru

Էլյա Պողոսի Սաֆարյան

ՀՀ ԳԱԱ Օրգանական և դեղագործական քիմիայի

Ա. Լ. Մնջոյանի անվ. Նուրբ օրգանական քիմիայի ինստիտուտի

գիտատեխնոլոգիական կենտրոնի

Հոգեմետ միացությունների սինթեզի լաբորատորիայի կրտսեր գիտ. աշխատող,

«Բոնական հեղուկների մշակումը և կրառությունները քիմիայում»

խմբի կրտսեր գիտ. աշխատող,

ք. Երևան, Հայաստանի Հանրապետություն

 ORCID: [0000-0002-5656-4513](https://orcid.org/0000-0002-5656-4513)

elya.safaryan.1996@mail.ru

Անահիտ Միրակի Սաքեյան

ՀՀ ԳԱԱ Օրգանական և դեղագործական քիմիայի

Ա. Լ. Մնջոյանի անվ. Նուրբ օրգանական քիմիայի ինստիտուտի

գիտատեխնոլոգիական կենտրոնի

Հոգեմետ միացությունների սինթեզի լաբորատորիայի կրտսեր գիտ. աշխատող,

«Բոնական հեղուկների մշակումը և կրառությունները քիմիայում»

խմբի կրտսեր գիտ. աշխատող,

բ. Երևան, Հայաստանի Հանրապետություն

 ORCID: [0009-0002-0246-6130](https://orcid.org/0009-0002-0246-6130)

anahit.saqeyan.98@mail.ru

Ամփոփագիր: Ածուխի, նավթի և գազի արդյունահանմամբ ամեն տարի մթնոլորտ է արտանետվում միլիարդավոր տոննա ածխաթթու գազ (CO_2): Ածխածնի երկօքսիդի ազդեցությունը մթնոլորտի վրա կարևոր դեր է խաղում կլիմայի փոփոխության և գլոբալ տաքացման համատեքստում: Ջերմոցային էֆեկտի պատճառով Երկիր մոլորակը կործանման եզրին է: Մթնոլորտում CO_2 մակարդակի բարձրացումը լուրջ խնդիր է շրջակա միջավայրի և հասարակության համար հեռահար հետևանքներով: Նման խնդիրներից խուսափելու համար մթնոլորտում ածխաթթու գազի քանակությունը պետք է կրճատվի: Մշակել է օպտիմալ պայմաններ՝ սենյակային ջերմաստիճան և ճնշում, դիամիներով և ալկանոլ ամիններով CO_2 -ի ավելորդ քանակը մթնոլորտից հեռացնելու համար: Ընտրվել են հենց այս ամինները իրենց մատչելիության, կայունության, քիչ ծախսատարության, բարձր կլանման և հետագա լայն կիրառելիության պատճառով: Ուսումնասիրվել է CO_2 -ի կլանումը էթիլենդիամինի, 1,2-պրոպիլենդիամինի, 1,4-բութիլենդիամինի, պիպերազինի, մեթիլպիպերազինի և էթիլպիպերազինի կողմից, իսկ ալկանոլ ամիններից՝ 3-ամինո-1-պրոպանոլի, 2-ամինոբութան-1-ոլի, 2-(էթիլամինո)էթանոլի, դիէթանոլամինի, 1,1'-իմինոդիպրոպան-2-ոլի, 2-ամինո-2-(հիդրօքսիմեթիլ)պրոպան-1,3-դիոլի կոցմից: Լավագույն արդյունքները ցույց են տվել 3-ամինո-1-պրոպանոլը՝ 90%, էթիլենդիամինը՝ 89%, պիպերազինը՝ 78% և 2-ամինոբութան-1-ոլը՝ 70%: Արդյունքները հաստատվել են ՄՄՌ, ԻԿ սպեկտրոսկոպիայի և մասս-սպեկտոմետրիայի միջոցով, ինչպես նաև ՄՄՌ սարքի միջոցով մանրամասն մոնիթորինգ է արվել արգասիքներում CO_2 -ի քանակի: Ամինային պրոցեսը հիմնված է քիմիական ռեակցիայի վրա՝ առաջացնելով կարբամատներ՝ արդյունավետորեն անջատելով CO_2 :

Հիմնաբառեր՝ ածխաթթու գազ, ջերմոցային էֆեկտ, դիամին, ալկահոլ ամին, կլիմայի փոփոխություն, կարբամատ:

Влияние углекислого газа (CO_2) на атмосферу играет важную роль в контексте изменения климата и глобального потепления [13, 21]. CO_2 является одним из парниковых газов, который удерживает тепло вблизи поверхности Земли, не давая ему улечиваться в космос. Вот его основные эффекты.

1. *Парниковый эффект.* CO_2 является парниковым газом, то есть он удерживает тепло в атмосфере. Когда солнечная радиация попадает на Землю, часть энергии поглощается поверхностью, а затем излучается обратно в виде тепла. Углекислый газ и другие парниковые газы поглощают это тепло и предотвращают его уход в космос, что приводит к повышению температуры на планете.

2. *Изменение климата.* Повышенная концентрация CO_2 усиливает парниковый эффект, что вызывает глобальное потепление и изменения климата. Это может привести к экстремальным погодным условиям, таким как засухи, наводнения, ураганы, и изменению привычных климатических зон [7].

3. *Кислотность океанов.* Частично CO_2 поглощается океанами, где он вступает в реакцию с водой, образуя угольную кислоту. Это приводит к повышению кислотности океанов, что негативно сказывается на морских экосистемах, особенно на кораллах и раковинах моллюсков, которые подвержены разрушению в более кислой среде.

Таяние ледников и повышение уровня моря. Потепление из-за повышенного уровня CO_2 способствует таянию ледников и полярных льдов, что приводит к повышению уровня моря и угрожает прибрежным районам.

Таким образом, увеличение CO_2 в атмосфере опасно, что имеет далеко идущие последствия для окружающей среды и общества [19]. Чтобы избежать таких проблем, количество углекислого газа в атмосфере должно быть сокращено [6]. Варианты удаления углекислого газа (CO_2) из атмосферы важны для борьбы с изменением климата [17]. Вот основные методы, используемые или разработанные для удаления CO_2 [18]:

➤ **Естественные методы**

1. Сохранение углерода в почве [20]
2. Восстановление лесов
3. Решения для океана

➤ **Технологические методы**

1. Улавливание и хранение углерода, CCS
2. Улавливание и использование углерода, CCU
3. Прямое улавливание воздуха, DAC

➤ **Биотехнологические методы**

1. Выращивание водорослей
2. Биоэнергетика с улавливанием и хранением углерода, BECCS

➤ **Карбонизация минералов.** Этот метод включает химическую реакцию CO_2 с определенными минералами, превращая его в стабильные соединения диоксида углерода, которые могут храниться в течение длительного периода времени.

Эти методы можно комбинировать для более эффективного снижения уровня углекислого газа в атмосфере, но их широкомасштабное применение все еще требует разработки, совершенствования и крупных инвестиций.

Выбросы газа CO_2 оказывают большое негативное воздействие на атмосферу из-за парникового эффекта. Для снижения концентрации CO_2 в атмосфере была разработана технология поглощения CO_2 . Поэтому необходимо приложить немало усилий, чтобы найти решения по снижению количества CO_2 .

На *Рисунке 1* показано увеличение выбросов CO_2 за 100 лет [21].

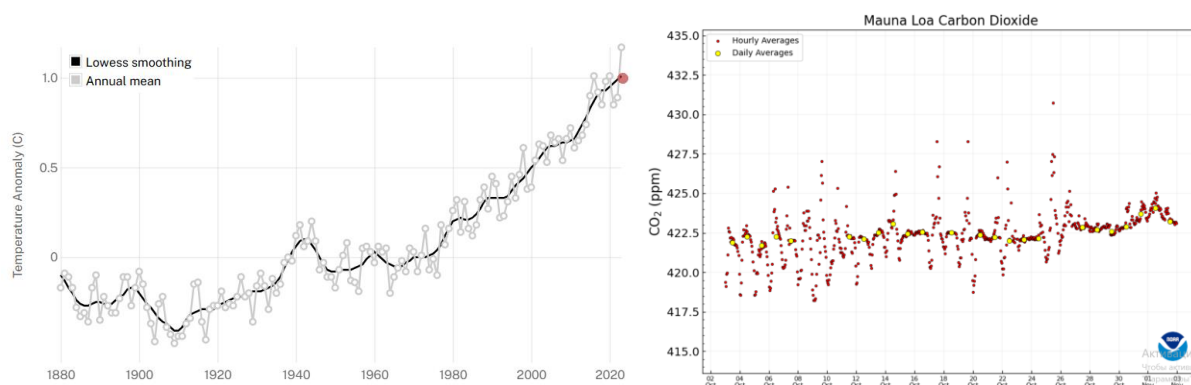


Рис. 1. Увеличение выбросов CO_2 за 100 лет

На Рисунке 2 показано изменение количества CO_2 [7].

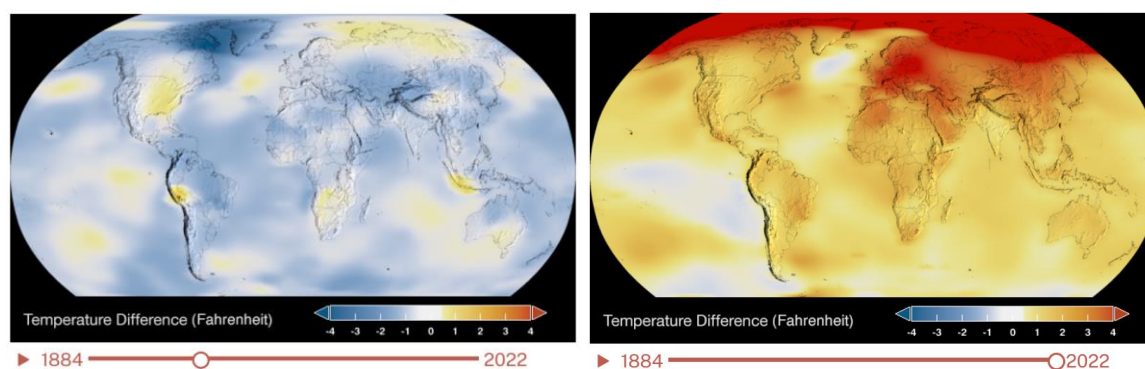


Рис. 2. Изменение Количества CO_2 .

Механизм реакции поглощения CO_2 в аминном растворителе был исследован теоретическим анализом. Реагентами были CO_2 амины, и реакции были разработаны с дополнительной молекулой воды или амина или без нее. Эти молекулы усиливают взаимодействие между реагентами и отводят протон от аминогруппы амина. Из дополнительной модели амина, которая показывает самую низкую энергию активации, цвиттерионные и термомолекулярные механизмы, по-видимому, подходят для реакции захвата CO_2 в аминных растворителях. Более того, дополнительную модель амина можно применить для понимания эффекта усиления поглощения CO_2 в смешанных аминных растворителях. Мы сообщаем о новой попытке, которая описывает механизм реакции в смешанном аминном растворителе путем применения дополнительного аминного основания. Результаты по способности захвата CO_2 были аналогичны экспериментальному наблюдению.

Адсорбционное улавливание CO_2 , особенно с помощью материалов, функционализированных аминами, из типичных газовых потоков, таких как дымовые газы, биогаз, факельный газ, синтез-газ и окружающий воздух, привлекло огромное внимание как со стороны научного сообщества, так и со стороны промышленности.

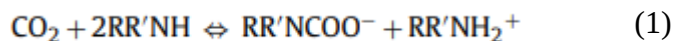
Поэтому необходимо приложить немало усилий, чтобы найти решения по снижению количества CO_2 . Поглощение углекислого газа (CO_2) аминами представляет собой ключевую технологию в области контроля выбросов парниковых газов и очистки промышленных газовых потоков [12]. В условиях глобального изменения климата и необходимости снижения выбросов CO_2 эта технология становится все более значимой. Амины эффективно взаимодействуют с CO_2 , образуя химически связанные соединения, что позволяет выделять и улавливать углекислый газ из различных источников, включая промышленные выбросы и природный газ. Процесс поглощения CO_2 аминами включает абсорбцию газа в жидкую фазу, где происходит реакция с аминами, и последующую десорбцию, при которой CO_2 высвобождается и амин регенерируется для повторного использования. Эта технология отличается высокой эффективностью и возможностью многократного использования абсорбента, что делает её экономически выгодной и устойчивой в долгосрочной перспективе [14]. Введение аминов в процессы улавливания CO_2 имеет значительные преимущества, включая их высокую реакционную способность, доступность и эффективность при относительно низких температурах. Это делает их предпочтительными абсорбентами для применения в различных отраслях промышленности, таких как энергетика, нефтехимия и производство химических веществ.

Среди нескольких методов улавливания CO_2 из промышленных выхлопных газов наиболее привлекательным с точки зрения гибкости является метод поглощения газа с использованием водных растворами аминов, также известный как процедура обработки аминов [15].

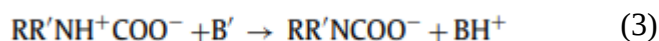
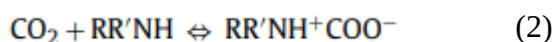
Механизм реакции поглощения CO_2 в аминном растворителе был исследован экспериментальным анализом. Реагентами были CO_2 и амины, и реакции были разработаны с дополнительной молекулой воды и добавкой основания или амина или без нее [4]. Эти молекулы усиливают взаимодействие между реагентами и отводят протон от аминогруппы амина. Из дополнительной модели амина, которая показывает самую низкую энергию активации, цвиттерионные и термомолекулярные механизмы, по-видимому, подходят для реакции захвата CO_2 в аминных растворителях. Более того, дополнительную модель амина можно применить для понимания эффекта усиления поглощения CO_2 в смешанных аминных растворителях.

Водные растворы алканоламина широко использовались из-за высокой скорости реакции и низкой стоимости [8]. Первичные, вторичные алканоламины реагируют с растворенным CO_2 и образуют карбаматы. Хотя было проведено много исследований по улавливания CO_2 в аминовых растворителях, механизм реакции до сих пор неясен [16].

Несколько механизмов были предложены в ходе экспериментальных и теоретических исследований. Один из них – двухступенчатый механизм реакции, в котором карбаминовая кислота образуется в качестве промежуточного продукта. Следующие химические реакции происходят с CO_2 в водных растворах первичных аминов, где R – алкил, а R – H для первичных аминов и алкил для вторичных аминов. Механизм цвиттериона, первоначально предложенный [5].



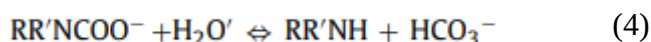
Кэпlou (1968) и повторно введенный Данквертсом (1979), обычно принимается как механизм реакции для реакции (1).



Предшествующий механизм реакции абсорбции состоит из главным образом из двух этапов: это образование цвиттер-ионов CO_2 -амин (2) и катализируемое основанием депротонирование этих цвиттер-ионов (3).

B обозначает основание, которое может быть амином, OH^- или H_2O [1]. Для первичных и вторичных аминов, таких как MEA, DEA и т.д., образующиеся карбаматы (3) довольно стабильны [9].

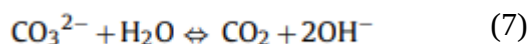
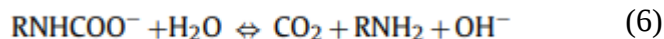
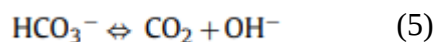
В случае стерически затрудненного амина, такого как AMP, карбаматная форма нестабильна и подвергается обратимой карбаматной реакции следующим образом [22].



Согласно реакции (4), для затрудненных аминов один моль CO_2 поглощается на моль амина. Стерические эффекты влияют на стабильность карбамата, образующегося в результате реакции амина с CO_2 .

Предполагается, что из-за нестабильности образовавшегося карбамата они легко подвергаются гидролизу с образованием бикарбоната, высвобождая свободный амин, который снова реагирует с CO_2 [2, 24]. Однако недавние исследования [10], обнаружили существование карбамата, хотя и небольшого количества, в системе абсорбции AMP– CO_2 – H_2O на протяжении прогона. Это означает, что реакция образования карбамата может играть некоторую роль в абсорбции CO_2 . Это важное наблюдение, поскольку предыдущие исследователи не придавали значения реакции образования карбамата стерически затрудненным амином [3].

Термическое разложение регенерируемого карбамата и поглощение продуктами выделяет CO_2 из раствора соединений аммония. Три потенциальные реакции могут быть ответственны за высвобождение CO_2 во время термической регенерации [25].



Из реакции (5) видно, что карбамат (RNHCOO^-) превращается в амин и CO_2 . Энтальпия диссоциации для выделения CO_2 зависит от стабильности образования карбамата [11]. Молекулярная структура АМР является затрудненной, и в результате карбаматы легко диссоциируют по сравнению с другими первичными и вторичными аминами.

Учитывая литературные данные, мы использовали «прямой улавливание углекислого газа с воздуха». В качестве поглотителя использовались амины. Поглощение углекислого газа с помощью аминов считается новым и развивающимся направлением [19]. Алканоламины и диамины являются стабильными и недорогими, доступными, энергоэффективными и неагрессивными растворителями. Альтернативным и эффективным методом абсорбции CO_2 считается обработка алканоламинов водой, органическими и неорганическими основаниями.

В литературе имеются данные о поглощении углекислого газа алканоламинами и диаминами при температуре 40–80°C и давлении 15–5000 кПа.

Мы подробно изучили некоторые алканоламины и поглощение диаминами, как неорганическими, так и органическими основаниями [26].

Для поглощения CO_2 из алканоламинов использовались чистые 3-амино-1-пропанол, 2-аминобутан-1-ол, 2-(этиламино)этанол, диэтаноламин и указанные соединения, а также 1,1'-иминодипропан-2-ол в КОН – водные растворы в соотношении 2:1:1 (Амин/КОН/ H_2O). Полученные растворы поглощали чистый CO_2 из сухого льда, поглощение составляло 60–90%.

В этом же соотношении поглощение диаминов водными растворами КОН очень мало. Максимальное полученное значение составляет 40%. Между тем, чистые или водные растворы тех же соединений демонстрируют более высокую оптическую плотность. Вот почему этилендиамин, пропилендиамин, бутилендиамин, метилпиперазин использовали химически чистые, пиперазин и этилпиперазин использовали в виде 20%-ных водных растворов. При поглощении CO_2 диаминами наблюдается интересное явление. CO_2 поглощается как первым, так и вторым атомом азота [23].

Изучено влияние солнечного света и тепла на поглощение CO_2 . Установлено, что этилендиамин поглощает до 89% под действием света и тепла, и 38% – в условиях темноты и холода. Однако в случае с пиперазином и алканоломином освещение и температура существенного влияния не оказывают.

Основываясь на результатах полученных данных, можно сделать вывод, что независимо от типа основания и степени прочности можно добиться высоких показателей поглощения CO_2 . Показано, что под воздействием солнечного света и тепла поглощение этилендиамина может достигать 89%, в темноте и на холоде оно не превышает 38%. В то время как в случае с пиперазином освещение и температура не имеют существенного значения. Среди алканоломинов 3-амино-1-пропанол и 2-аминобутан-1-ол безопасно всасываются не более чем на 50% при количестве абсорбций до пяти, тогда как абсорбция последних в водных растворах с КОН достигает 90% и 72% соответственно. Для поглощения CO_2 с помощью диаминов при этом CO_2 поглощается как первым, так и вторым атомом азота.

Исследование проведено при финансовой поддержке Комитета высшего образования и науки РА, в рамках научного гранта 23LCG-1D019.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Blauwhoff P.M.M., Versteeg G.F., van Swaaij W.P.M.* A study on the reaction between CO_2 and alkanolamines in aqueous solutions // *Chemical Engineering Science*, 1983, Vol. 38, Issue 9. – PP. 1411–1429. – DOI: 10.1016/0009-2509(83)80077-3.
2. *Chowdhury F.A., Goto K., Yamada H., Matsuzaki Y.* A screening study of alcohol solvents for alkanolamine-based CO_2 capture // *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2020 August, Vol. 99: 103081. – DOI: 10.1016/j.ijggc.2020.103081.
3. *Ciftja A.F., Hartono A., Svendsen H.F.* Carbamate Stability Measurements in Amine/ CO_2 /Water Systems with Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Spectroscopy // *Energy Procedia*, 2014, Vol. 63. – PP. 633–639. – DOI: 10.1016/j.egypro.2014.11.068.
4. *Ciftja F., Hartono A., Svendsen H.F.* Carbamate Formation in Aqueous – diamine – CO_2 Systems // *Energy Procedia*, 2013, Vol. 37. – PP. 1605-1612. – DOI: 10.1016/j.egypro.2013.06.036.
5. *Danckwerts P.V.* The reaction of CO_2 with ethanolamines // *Chemical Engineering Science*, 1979, Vol. 34, Issue 4. – PP. 443–446. – DOI: 10.1016/0009-2509(79)85087-3.
6. *Dubey A., Arora A.* Advancements in carbon capture technologies: A review // *Journal of Cleaner Production*, Vol. 373, 2022: 133932. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133932.
7. *Global Temperature / Vital Signs – Climate Change: Vital Signs of the Planet* [Electronic resource]. – Mode of access: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/?intent=121> (Date of access: Nov 1, 2024).
8. *Gülcihan G.K.* Diamine functionalized volcanic tuff: a promising CO_2 adsorbent // *JCTB*, 2023 June 26, Vol. 98, Issue 10. – PP. 2489–2496. – DOI: 10.1002/jctb.7474.
9. *Hairul N.A.H., Shariff A.M., Bustam M.A.* Mass transfer performance of 2-amino-2-methyl-1-propanol and piperazine promoted 2-amino-2-methyl-1-propanol blended solvent in high pressure CO_2 absorption // *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2016 June, Vol. 49. – PP. 121–127. – DOI: 10.1016/j.ijggc.2016.02.030.

10. *Hu W., Chakma A.* Modelling of equilibrium solubility of CO₂ and H₂S in aqueous amino methyl propanol (amp) solutions // *Chemical Engineering Communications*, 1990, Vol. 94, Issue 1. – PP. 53–61. – DOI: 10.1080/00986449008911455.
11. *Janatia S., Aghela B., Shadloo M.S.* The effect of alkanolamine mixtures on CO₂ absorption efficiency in T-Shaped microchannel // *Environmental Technology & Innovation*, 2021, Vol. 24: 102006. – DOI: 10.1016/j.eti.2021.102006.
12. *Khan A.A., Halder G.N., Saha A.K.* Carbon dioxide capture characteristics from flue gas using aqueous 2-amino-2-methyl-1-propanol (AMP) and monoethanolamine (MEA) solutions in packed bed absorption and regeneration columns // *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2015, Vol. 32. – PP. 15–23. – DOI: 10.1016/j.ijggc.2014.10.009.
13. *Khan U., Ogbaga Ch.C., Abiodun O.-A.O., Adeleke A.A., Ikubanni P.P., Okoye P.U., Okolie J.A.* Assessing absorption-based CO₂ capture: Research progress and techno-economic assessment overview // *Carbon Capture Science & Technology*, Vol. 8, 2023: 100125. – DOI: 10.1016/j.ccst.2023.100125.
14. *Lashaki M.J., Khiavi S., Sayari A.* Stability of amine-functionalized CO₂ adsorbents: a multifaceted puzzle // *Chemical Society Reviews*, 2019, Vol. 48, Issue 12. – PP. 3320–3405. – DOI: 10.1039/C8CS00877A.
15. *Liu F., Fang M., Dong W., Wang T., Xia Z., Wang Q., Luo Z.* Carbon dioxide absorption in aqueous alkanolamine blends for biphasic solvents screening and evaluation // *Applied Energy*, 2019 Jan 1, Vol. 233–234. – PP. 468–477. – DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.10.007.
16. *Liu S., Gao H., He C., Liang Z.* Experimental evaluation of highly efficient primary and secondary amines with lower energy by a novel method for post-combustion CO₂ capture // *Applied Energy*, 2019 Jan 1, Vol. 233–234. – PP. 443–452. – DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.10.031.
17. *Madejski P., Chmiel K., Subramanian N., & Kuś T.* Methods and Techniques for CO₂ Capture: Review of Potential Solutions and Applications in Modern Energy Technologies // *Energies*, 2022, Vol. 15, Issue 3. – P. 887. – DOI: 10.3390/en15030887.
18. *Nakao Sh., Yogo K., Goto K., Kai T., Yamada H.* Advanced CO₂ Capture Technologies. Absorption, Adsorption, and Membrane Separation Methods, 2019 (1st ed.). – VII, 83p. – ISBN: 978-3-030-18857-3. – DOI: 10.1007/978-3-030-18858-0.
19. *Nunes L.J.R.* The Rising Threat of Atmospheric CO₂: A Review on the Causes, Impacts, and Mitigation Strategies // *Environments*, Vol. 10, Issue 4, 2023. – P. 66. – DOI: 10.3390/environments10040066.
20. *Ontl T.A. & Schulte L.A.* Soil Carbon Storage // *Nature Education Knowledge*, 2012, Vol. 3, Issue 10. – P. 35 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/soil-carbon-storage-84223790/> (Date of access: Nov 1, 2024).
21. Recent Daily Average Mauna Loa CO₂. In: Carbon Cycle Greenhouse Gases. Global Monitoring Laboratory [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/monthly.html> (Date of access: Nov 1, 2024).
22. *Savage D., Sartori G., Astarita G.* Amines as rate promoters for carbon dioxide hydrolysis // *Faraday Discussions of The Chemical Society*, 1984, Vol. 77. – PP. 17–31. – DOI: 10.1039/DC9847700017.
23. *Shakhhatuni A., Safaryan E., Karapetyan T., Sakeyan A., Nikoghosyan T., Petrosyan S., Harutyunyan A.* The quaternization reaction of mono- and diamines / Book of Abstracts 18th Belgian Organic Synthesis Symposium, BOSS XVIII, Liège, Belgium, June 30 – July 5, 2024. – P. 285 [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.ldorganisation.com/v2/produits.php?langue=english%20&clic_menu=1238917758BOSS24-AbstractsBook (Date of access: Nov 1, 2024).
24. *Stunkard A.J., Sørensen T.I., Hanis C., Teasdale T.W., Chakraborty R., Schull W.J., Schulsinger F.* An adoption study of human obesity // *N Engl J Med*, 1986, Vol. 314. – PP. 193–198. – DOI: 10.1056/NEJM198601233140401.

25. Zhang Y., Liu T., Meyer C.A., Eeckhoutte J., Johnson D.S., Bernstein B.E., Nusbaum Ch., Myers R.M., Brown M., Li W., Liu X.Sh. Model-based analysis of ChIP-Seq (MACS) // *Genome Biology*, 2008, Vol. 9: R137. – DOI: 10.1186/gb-2008-9-9-r137.
26. Арутюнян А.С., Шахатуни А.А., Сафарян Э.П., Сакеян А.С., Анаников В.П. Поглощение углекислого газа некоторыми аминами и аминокислотами // *VI Всероссийская конференция по органической химии. Сборник тезисов.* – М., 2024. – С. 93. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chemsci.ru/wp-content/uploads/sbornik-tezisov.pdf> (Дата обращения: 01.11.2024г.).



© Harutyunyan A., Safaryan E., Sakeyan A., 2024

© Арутюнян А.С., Сафарян Э.П., Сакеян А.С., 2024

© Հարությունյան Ա.Ս., Սաֆարյան Է.Պ., Սաքեյան Ա.Ս., 2024

LINK FOR CITATION:

Harutyunyan A., Safaryan E., Sakeyan A. CO₂ impact on the environment. CO₂ absorption by amines // «BULLETIN» of the Medical College after Mehrabyan, Scientific & Methodical Journal, No. 17; Editor in Chief: Paronikyan R.; comp.: Hakobyan A. – Yerevan: Meknark, 2024. – PP. 113–124. – DOI: 10.53821/1829040X-2024.17-113.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Арутюнян А.С., Сафарян Э.П., Сакеян А.С. Влияние СО₂ на окружающую среду. поглощение СО₂ аминами // «ВЕСТНИК» Медицинского колледжа имени Меграбяна // Научно-методический журнал, № 17 / Глав. ред. Пароникян Р.Г.; сост.: Акопян А.С. – Ереван: Мекнарк, 2024. – СС. 113–124. – DOI: 10.53821/1829040X-2024.17-113.

ՄԵԶԲԵՐՄԱՆ ՀՂՈՒՄ՝

Հարությունյան Ա.Ս., Սաֆարյան Է.Պ., Սաքեյան Ա.Ս. CO₂ ազդեցությունը շրջակա միջավայրի վրա: CO₂-ի կլանումը ամիններով // Մեհրաբյանի անվան բժշկական քոլեջի «ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ» // Գիտամեթոդական ամսագիր, № 17 / Գլխ. խմբ.՝ Պարոնիկյան Ռ.Գ., կազմ.՝ Հակոբյան Ա.Ս.: – Երևան՝ «Մեկնարկ», 2024: – ԷԷ. 113–124. – DOI: 10.53821/1829040X-2024.17-113.

Информация о статье:

статья поступила в редакцию 05 ноября 2024 г.,
подписана к печати в номер 17 / 2024 – 25.12.2024 г.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ
ՄԵՀՐԱԲՅԱՆԻ ԱՆՎԱՆ ԲԺՇԿԱԿԱՆ ՔՈԼԵԺԻ
ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

РЕСПУБЛИКА АРМЕНИЯ
ВЕСТНИК
МЕДИЦИНСКОГО КОЛЛЕДЖА ИМ. МЕГРАБЯНА
REPUBLIC OF ARMENIA
BULLETIN
OF THE MEDICAL COLLEGE AFTER MEHRABYAN

Главный редактор – ПАРОНИКЯН Р.Г.

Составитель, технический редактор, корректор и дизайн – АКОПЯН А.С.

Ответственные за номер – БАБАЯН В.Г., МИКАЕЛЯН А.К., АКОПЯН А.С.



ORCID: 0000-0001-9263-6791

DOI: 10.53821/1829040X

Редакционный совет Вестника просит направлять статьи по адресу:

0012 Երևան,
Հր. Քոչարի 21.
Հեռ.՝ (+374 10) 26-27-43;
(+374 10) 28-95 -54
Կայք՝ www.armmed.am
E-mail:
med_mehrabyan@rambler.ru

0012 Yerevan
21 Hr. Kochari st.
Tel.: (+374 10) 26-27-43;
(+374 10) 28-95-54
Website: www.armmed.am
E-mail:
med_mehrabyan@rambler.ru

0012 Ереван
ул. Гр. Кочара 21.
Тел: (+374 10) 26-27-43;
(+374 10) 28-95-54
Сайт: www.armmed.am
E-mail:
med_mehrabyan@rambler.ru

Заказ № 17

Подписано к печати 25.12.2024г.

Формат 70x100^{1/16} Бумага офсетная № 1.

Объем – 13,25 усл. п. л. Тираж 200 экз.

Отпечатано в типографии:

ООО «МЕКНАРК»

г. Ереван, ул. Абовяна 41.

Тел.: (+374 91) 40-27-97 (моб.), (+374 94) 40-27-97 (моб.)

E-mail: dd1dd@mail.ru

MEDICAL COLLEGE AFTER MEHRABYAN «VIVA». Doctors and Volunteers for Armenia





LIQVOR[®] *pharmaceuticals* 34 Years

