

Научная статья

УДК 615:665.994.581(06)

DOI 10.46845/1997-3071-2025-76- 64-73

**«Янтарные» напитки в регуляции функционального состояния
организма человека**

Валерия Дмитриевна Лемешко¹, Борис Юрьевич Воротников²

^{1,2} Калининградский государственный технический университет, Калининград,
Россия

¹lemeshkova@mail.ru

²vorotnikov@klgtu.ru

Аннотация. Балтийский янтарь является символом Калининградской области и всей России. Использование неликвидных (мелкодисперсных) фракций янтаря в настоящее время не предусмотрено в технологических схемах Калининградского янтарного комбината. В исследовании предполагается применение одного из компонентов янтарных отходов, а именно янтарной кислоты, составляющей порядка 10 % от веса отходов. В годовом выражении ее производство может достигать двух тонн. Наряду с известными свойствами янтарной кислоты как энергетического субстрата, антиоксиданта, вещества, участвующего в профилактике диабета, способствующего формированию радиорезистентности организма, нашедшего применение в лечении бронхолегочных заболеваний, миокардиопротекции, также обнаружена возможность ее трансформации в гамма-аминомасляную кислоту, относящуюся к группе адаптогенов и оказывающую нефармакологическое действие на организм человека. В соответствии с действующими санитарными правилами янтарная кислота может входить в состав напитков. В работе представлена схема и рассмотрен механизм возможной трансформации янтарной кислоты в гамма-аминомасляную в цикле Робертса (аминобутиратном шунте). Разработанную технологическую схему производства сухого продукта, обогащенного помимо янтарной кислоты эссенциальными микроэлементами (магнием, кальцием и калием), можно использовать для сокращения транспортных издержек, а сам напиток – разливать на линиях непосредственно в потребительскую тару в виде водных растворов, полученных из сухого вещества. Предполагается, что данный игристый напиток также станет атрибутом торжеств и будет использоваться для создания праздничной атмосферы. Исследование актуально на фоне растущего интереса к здоровому образу жизни и необходимости снижения негативных последствий, связанных с алкоголизмом, наркозависимостью и применением нейрорепарантов для улучшения общего состояния организма.

Ключевые слова: продукты для здорового образа жизни, гамма-аминомасляная кислота, балтийский янтарь, янтарная кислота, сукцинаты, нейроморальный ингибитор.

Для цитирования: Лемешко В. Д., Воротников Б. Ю. «Янтарные» напитки в регуляции функционального состояния организма человека // Известия КГТУ. 2025. № 76. С. 64–73. DOI 10.46845/1997-3071-2025-76-64-73.

Original article

"Amber" drinks in the regulation of the functional state of the human body

Valeriya D. Lemeshko¹, Boris Yu. Vorotnikov²

^{1,2} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹lemeshkovaler@mail.ru

²vorotnikov@klgtu.ru

Abstract. Baltic amber is a symbol of the Kaliningrad region and the whole Russia. The use of non-liquid (fine-dispersed) fractions of amber is currently not included in the technological schemes of the Kaliningrad Amber Plant. This study proposes the application of one of the components of amber waste, namely, succinic acid, which constitutes about 10% of the weight of the waste. Its annual production can reach two tons. Along with the well-known properties of succinic acid as an energy substrate, antioxidant, a substance involved in diabetes prevention, and a contributor to the formation of the body's radioresistance; it has also been found to have the potential for transformation into gamma-aminobutyric acid, which belongs to the group of adaptogens and has non-pharmacological effects on the human body. According to current sanitary regulations, succinic acid can be included in beverages. This work presents a scheme and discusses the mechanism of possible transformation of succinic acid into gamma-aminobutyric acid in the Roberts cycle (aminobutyrate shunt). The developed technological scheme for producing a dry product, enriched not only with succinic acid but also with essential trace elements (magnesium, calcium, and potassium), can be used to reduce transportation costs, while the beverage itself can be bottled directly into consumer containers in the form of aqueous solutions obtained from the dry substance. It is assumed that this sparkling drink will also become an attribute of celebrations and will be used to create a festive atmosphere. This research is relevant against the backdrop of growing interest in a healthy lifestyle and the need to reduce the negative consequences associated with alcoholism, drug dependence, and the use of neuroleptics to improve the overall health of the body.

Keywords: products for a healthy lifestyle, gamma-aminobutyric acid, Baltic amber, succinic acid, succinates, neurohumoral inhibitor.

For citation: Lemeshko V. D., Vorotnikov B. Yu. "Amber" drinks in the regulation of the functional state of the human body. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(76):64–73. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-76-64-73.

ВВЕДЕНИЕ

Функциональное состояние организма является ключевым показателем его здоровья и жизнеспособности. Оно включает в себя физическое, психическое и эмоциональное благополучие человека. Основные системы регуляции функцио-

нального состояния организма играют ключевую роль в обеспечении его гомеостаза, адаптации к изменениям окружающей среды и поддержании оптимального уровня функционирования. К таким системам относятся нервная, эндокринная и иммунная, каждая из которых выполняет свои специфические функции и взаимодействует с другими системами для достижения комплексного управления физиологическими процессами [1]. В современном мире увеличение числа стрессовых факторов, психических расстройств и ускорение темпа жизни привели к растущей популярности различных средств для регуляции состояния организма. Среди них особенно выделяются алкоголь, курение, наркотики, нейролептики, а также другие альтернативные средства, например, чай GABA, в основе которого лежит ГАМК (гамма-аминомасляная кислота, 4-Аминобутановая кислота) (*Acidum gammaaminobutyricum*) или БАДЫ на основе той же ГАМК. Интеграция алкоголя, наркотических веществ и табакокурения в данные системы регуляции приводит к значительным нарушениям в их функционировании и начинают их разрушать, что, в свою очередь, вызывает серьезные проблемы в современном обществе. А использование нейролептиков, несмотря на их эффективность, часто вызывает серьезные побочные последствия, которые могут значительно снижать качество жизни людей, начиная от экстрапирамидных симптомов (например, тремор) и заканчивая метаболическими нарушениями и эмоциональными расстройствами. Хочется отметить, что в последние годы возрос интерес к естественным и менее инвазивным методам регуляции функционального состояния организма. Одним из таких громких разработок стал синтетический спирт Alcarelle, созданный британским ученым Дэвидом Наттом [2]. Также один из методов – употребление продуктов, пищевых добавок, в которых содержится та же ГАМК, которая является основным атрибутом изменения состояния [3]. Многие ученые изучали и изучают разные типы действий гамма-аминомасляной кислоты на организм человека, и все сходятся в том, что данное вещество – главный медиатор, участвующий в процессах центрального торможения. ГАМК – ингибитор нейротрансмиссий в центральной нервной системе, а также в мозге человека, играет ключевую роль в снижении активности нервных клеток. За счет этого происходит расслабление, снижение тревожности и достижение успокаивающего эффекта. ГАМК может поступать в организм с продуктами питания (в основном она находится в овощах, фруктах и низкожирных кисломолочных продуктах), также существует возможность превращения янтарной кислоты в ГАМК на основе биохимических механизмов, благодаря чему и будет происходить изменение функционального состояния (рис. 1) Проанализировав данную информацию и многие источники, мы решили подробнее разобраться с потенциалом воздействия янтарной кислоты как на регуляцию организма, так и на общие показатели состояния для объяснения эффективности ее применения, обобщить известные механизмы регуляции состояния организма, изучить новые возможные в рамках пищевого направления, затем разработать напиток на основе янтарной кислоты «Янтарное шампанское», который сможет стать потенциальной заменой традиционным расслабляющим веществам и напиткам за счет своего состава и свойств.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основным составляющим компонентом данной разработки выступает янтарная кислота, полученная из балтийского янтаря – местного ресурса, для Калининградской области это является немаловажным достоинством и дает свои преимущества, однако янтарная кислота зачастую не находит должного применения [4]. Янтарная кислота (сукциновая, бутандиовая кислота) (*Acidum succinicum*) – органическое соединение, двухосновная карбоновая кислота, которая обладает уникальным свойством трансформации в организме человека в ГАМК [5]. Стоит отметить, что сукциновая кислота находится во всех наших клетках, она вырабатывается в митохондриях и используется организмом в основном для энергетических целей (цикл Кребса, цикл трикарбоновых кислот). Ее воздействие на организм исключает нежелательные побочные реакции, так как она является естественным метаболитом в организме и не накапливается [6, 7]. По изученным данным человеческий организм вырабатывает янтарную кислоту в количестве примерно 200 мг в день и существовать без нее не может [8]. Дополнительное поступление янтарной кислоты (повышение концентраций) может способствовать ее участию не только в энергетических процессах [9, 10]. Так янтарная кислота может участвовать в аминобутиратном шунте (цикл Робертса), где будет прекурсором вышеупомянутой ГАМК.

ГАМК (GABA) – химическое вещество в центральной нервной системе человека, а также в мозге, в наибольших количествах содержится в черной субстанции, гипоталамусе и лимбической системе [11], это основной медиатор, участвующий в процессах центрального торможения. ГАМК ингибирует нейротрансмиссии или же снижает активность нервных клеток, развивая успокаивающий эффект [12, 13]. После многочисленных исследований было установлено, что ГАМК является наиболее активным тормозным нейромедиатором центральной нервной системы, а также мозга человека и млекопитающих [14], ее можно назвать «натуральным агентом, успокаивающим мозг». Препятствуя перевозбуждению мозга, ГАМК способствует расслаблению и снижению нервного напряжения [15, 16, 17]. Хочется отметить, что успокаивающий эффект ГАМК дает только в зрелом состоянии мозга, это связано с поляризацией нервных клеток, когда ГАМК-эргические нейроны нервной системы стимулируют клетки, вследствие чего изменяется проницаемость мембраны для хлорид-ионов. В незрелых же нервных клетках уровень хлорид-ионов выше, чем вне клетки, и стимуляция ГАМК-рецепторов приводит к выходу этих ионов, что вызывает деполяризацию мембраны, то есть происходит снижение потенциала покоя клетки, и только когда глутаматная система мозга полностью созревает, ГАМК берет на себя роль тормозного медиатора. Таким образом, можно предположить, что «Янтарное шампанское» для лиц, не достигших полной зрелости, станет возбудителем нервных клеток, а значит, улучшит настроение, мышление и повысит энергию. Для лиц же, достигших зрелого возраста, напиток замедлит процессы в мозге, за счет чего будет достигаться расслабляющий эффект.

Как было упомянуто, янтарная кислота превращается в ГАМК в процессе аминобутиратного шунта, где сукцинат (соль янтарной кислоты) проходит ряд превращений. В результате получается большое количество глутаминовой кисло-

ты, которая в свою очередь переходит в ГАМК, далее она окисляется в головном мозге бескислородным путем (рис. 1).

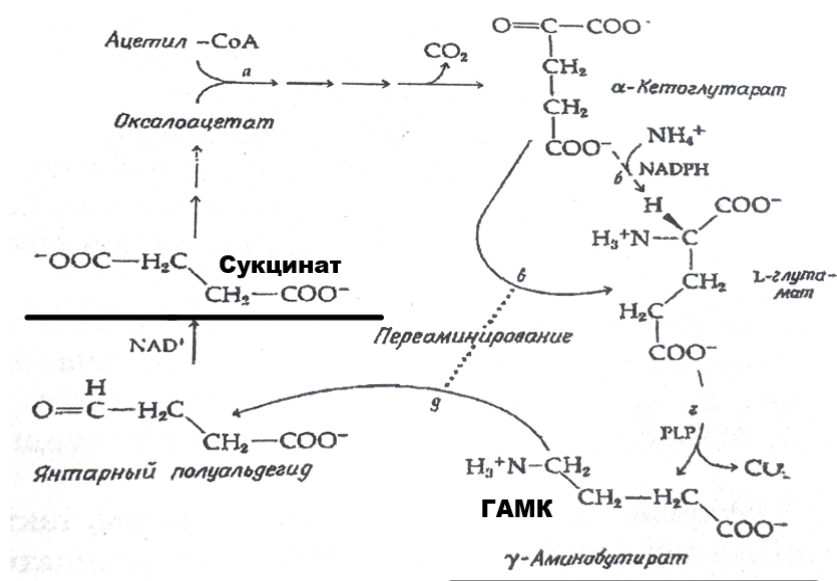


Рис. 1. Аминобутиратный шунт (цикл Робертса)

Fig. 1. Aminobutyrate shunt (Robert's cycle)

Данные теоретические наработки легли в основу создания напитка, технологическая схема которого представлена ниже (рис. 2). Были выбраны именно карбонаты металлов, потому что при взаимодействии их с янтарной кислотой образуются те самые нужные организму сукцинаты и выделяется углекислый газ (CO_2), который дает еще больше схожести с обычными, привычными нам расслабляющими напитками и помогает тем самым сохранить некую атрибуцию праздника и веселья, отличая «Янтарное шампанское» (Яша), например, от обычного янтарного сока или сиропа [18].

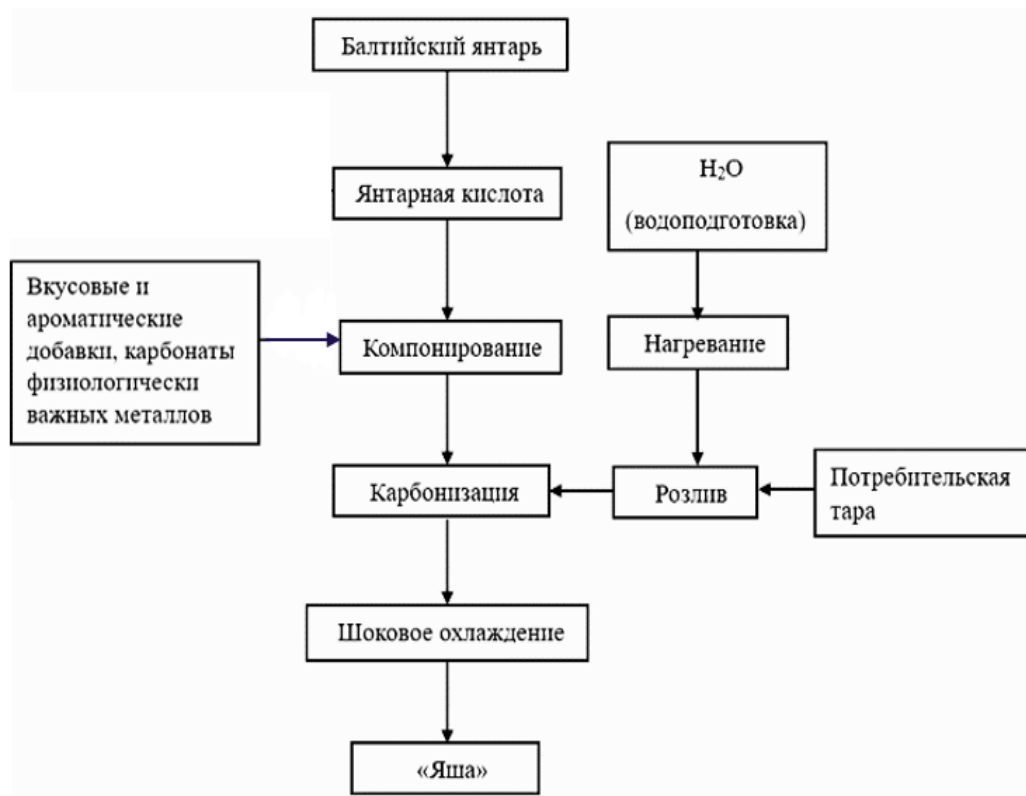


Рис. 2. Технологическая схема получения «Яши»
Fig. 2. Flow chart for the production of "Yasha"

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Был раскрыт возможный механизм образования ГАМК, разработана инновационная схема получения многофункционального продукта. Подводя итоги, можно выделить следующие преимущества «Янтарного шампанского»: это безопасный заменитель традиционных расслабляющих напитков, дополнительный источник микроэлементов и витаминов, доступный по стоимости для потребителей, потенциально может использоваться в сухом виде (для упрощения транспортировки в отдаленные места и в экстремальных условиях), способен положительно влиять на физиологические и психоэмоциональные показатели людей разных возрастов, изменять вкусовые характеристики в зависимости от предпочтения потребителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные результаты подтверждают целесообразность создания «Янтарного шампанского», данный напиток является перспективным средством для регуляции функционального состояния организма человека. Он может быть использован как альтернатива традиционным расслабляющим напиткам и веществам, а также как вспомогательное средство в борьбе со стрессом, тревожностью и нарушением сна. Дальнейшие исследования будут направлены на

оптимизацию состава и технологий производства напитка. Считаем, что разработка может стать новым трендом в индустрии напитков, привлекая внимание потребителей своими уникальными свойствами, безопасностью и относительно низкой ценой.

Список источников

1. Кондрашова М. Н. Регуляция янтарной кислотой энергетического обеспечения и функционального состояния ткани. Пушкино: Медицина, 1976. 150 с.
2. Nutt D., Tyacke Y., Robin Y. Functional Alternatives to Alcohol // *Nutrients*. 2022. N 1. P. 1–5.
3. Тургунов М. А. Препараты группы нейролептиков в практике доказательной медицины // *Экономика и социум*. 2022. № 3. С. 3–4.
4. Янтарь: знания и технологии: сборник научных трудов / под ред. Б. Ю. Воротникова. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2008. 153 с.
5. Семьянов А. В. ГАМК-эргическое торможение в ЦНС: типы ГАМК-рецепторов и механизмы тонического ГАМК-опосредованного тормозного действия // *Нейрофизиология*. 2002. № 1. С. 12–16.
6. Гаруст Ю. В. Янтарная кислота и возможности ее применения при хронических дерматозах // *Торсуевские чтения*. 2020. № 2. С. 36–39.
7. Зинкевич Д. Д., Лебедев А. Н., Дегтярёва Е. И., Петровская Т. А. Бактерицидные свойства янтарной кислоты в отношении золотистого стафилококка // *Международная научно-практическая конференция: материалы*. Курск, 2022. С. 73–75.
8. Евсенина М. В., Шиманова Е. К. Перспективы применения янтарной кислоты // *XV международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию заслуженного агронома БССР, профессора БГСХА А. М. Богомолова: материалы*. Горки, 2020. С. 93–95.
9. Хлебалина А. С., Лунегов А. М. Янтарная кислота как дополнительный элемент композиционных препаратов // *Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения профессора В. В. Рудакова: материалы*. Санкт-Петербург, 2023. С. 278–279.
10. Смирнов А. В., Нестерова О. Б., Голубев Р. В. Янтарная кислота и ее применение в медицине. Часть I. Янтарная кислота: метаболит и регулятор метаболизма организма человека // *Нефрология*. 2014. № 2. С. 33–41.
11. Ben-Ari Y., Tseeb V., Raggozzino D. Gamma-aminobutyric acid (GABA): a fast excitatory transmitter which may regulate the development of hippocampal neurons in early postnatal life // *Progress in Brain Research*. 1994. N 3, P. 261–273.
12. Щербакова Т. Н., Озерова П. А. Изучение противоотечного действия фенибута и новых производных ГАМК // *Фармация и фармакология*. 2015. № 3. С. 72–74.
13. Коваленко А. Л., Белякова Н. А., Романцов М. Г. Фармакологическая активность янтарной кислоты и ее лекарственные формы // *Врач*. 2000. № 4. С. 26–27.
14. Девойно В. К., Ильюченко Р. Ю. Нейромедиаторные системы в психо-нейроиммунотензии: дофамин, серотонин, ГАМК, нейропептиды. Новосибирск: ЦЭРИС. 1993. 240 с.

15. The succinate receptor as a novel therapeutic target for oxidative and metabolic stress-related conditions / A. Ariza, P. Deen, J. Robben, M. Lausanne // *Front Endocrinol.* 2021. N 3. P. 1–8.
16. Савин Г. А., Ситникова А. А., Бирюкова Е. Г. Синтез ациламидных производных янтарной кислоты // *Грани познания.* 2022. № 3 (80). С. 64–67.
17. Кузнецова В. А., Науменко О. А. Положительное влияние янтарной кислоты на процессы биохимической адаптации растений // II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Молодые ученые – науке и практике XXI века». Оренбург, 2023. С. 226–229.
18. Воротников Б. Ю., Притыкина Н. А., Ткачев И. М. Использование янтарной кислоты для получения овощного соуса «Янтарный чили» // XI Международный Балтийский морской форум: материалы. Калининград, 2023. С. 34–36.

References

1. Kondrashova M. N. *Regulyatsiya yantarnoy kislotoy energeticheskogo obespecheniya i funktsional'nogo sostoyaniya tkani* [Regulation of the energy supply and functional state of the tissue by succinic acid]. Pushchino, Meditsina Publ., 1976, 150 p.
2. Nutt D., Tyacke Y., Robin Y. Functional Alternatives to Alcohol. *Nutrients.* 2022. N 1. P. 1–5.
3. Turgunov M. A. Preparaty gruppy neyroleptikov v praktike dokazatel'noy meditsiny [Drugs of the group of neuroleptics in the practice of evidence-based medicine]. *Ekonomika i sotsium*, 2022, no. 3, pp. 3–4.
4. *Yantar': znaniya i tekhnologii: sbornik nauchnykh trudov* [Amber: knowledge and technology: collection of scientific papers]. Pod red. B. Yu. Vorotnikova. Kaliningrad, 2008, 153 p.
5. Sem'yanov A. V. GAMK-ergitsheskoe tormozhenie v TSNS: tipy GAMK-retseptorov i mekhanizmy tonitsheskogo GAMK-oposredovannogo tormoznogo deystviya [GABA-ERGIC inhibition in the central nervous system: types of GABA receptors and mechanisms of tonic GABA-mediated inhibitory action]. *Neyrofiziologiya*, 2002, no. 1, pp. 2–9.
6. Garust Yu. V. Yantarnaya kislota i vozmozhnosti ee primeneniya pri khronicheskikh dermatozakh [Succinic acid and the possibilities of its use in chronic dermatoses]. *Torsuevskie chteniya*, 2020, no. 2, pp. 3–9.
7. Zinkevitsh D. D., Lebedev A. N., Degtyaryova E. I., Petrovskaya T. A. Bakteritsidnye svoystva yantarnoy kisloty v otnoshenii zolotistogo stafilokokka [Bactericidal properties of succinic acid against Staphylococcus aureus]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Prospects of the International Scientific and Practical Conference]. Kursk, 2022, pp. 73–75.
8. Evsenina M. V., Shimanova E. K. Perspektivy primeneniya yantarnoy kisloty [Prospects for the use of succinic acid]. *Materialy XV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu zaslužennogo agronoma BSSR, professora BGSHA A. M. Bogomolova* [Prospects of the XV International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Honored agronomist of the BSSR, Professor of the BSSA A. M. Bogomolov]. Gorki, 2020, pp. 115–118.

9. Khlebalina A. S., Lunegov A. M. Yantarnaya kislota kak dopolnitel'nyy element kompozitsionnykh preparatov [Succinic acid as an additional element of composite preparations]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora V. V. Rudakova* [Prospects of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the professor V. V. Rudakov]. Saint-Petersburg, 2023, pp. 278–279.
10. Smirnov A. V., Nesterova O. B., Golubev R. V. Yantarnaya kislota i ee primeneniye v meditsine. Chast' I. Yantarnaya kislota: metabolit i regulyator metabolizma organizma cheloveka [Succinic acid and its use in medicine. Part I. Succinic acid: a metabolite and a regulator of the human body's metabolism]. *Nefrologiya*, 2014, no. 2, pp. 1–4.
11. Ben-Ari Y., Tseeb V., Raggozzino D. Gamma-aminobutyric acid (GABA): a fast excitatory transmitter which may regulate the development of hippocampal neurons in early postnatal life. *Progress in Brain Research*. 1994. N 3, P. 261–273.
12. Shcherbakova T. N., Ozerova P. A. Izuchenie protivootchnogo deystviya fenibuta i novykh proizvodnykh GAMK [Study of the decongestant effect of phenibut and new GABA derivatives]. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2015, no. 3, pp. 72–74.
13. Kovalenko A. L., Belyakova N. A., Romantsov M. G. Farmakologicheskaya aktivnost' yantarnoy kisloty i ee lekarstvennyye formy [Pharmacological activity of succinic acid and its dosage forms]. *Vrach*, 2000, no. 4, pp. 2–5.
14. Devoyno V. K., Il'yuchenok R. Yu. Neyromediatornyye sistemy v psikhoneyroimmunomodulyatsii: dofamin, serotonin, GAMK, neuropeptidy [Neurotransmitter systems in psychoneuroimmunomodulation: dopamine, serotonin, GABA, neuropeptides]. Novosibirsk, TSERIS Publ., 1993, 240 p.
15. Ariza A., Deen P., Robben J., Lausanne M. The succinate receptor as a novel therapeutic target for oxidative and metabolic stress-related conditions. *Front Endocrinol*. 2021. N 3, P. 1–8.
16. Savin G. A., Sitnikova A. A., Biryukova E. G. Sintez atsilamidnykh proizvodnykh yantarnoy kisloty [Synthesis of acylamide derivatives of succinic acid]. *Grani poznaniya*, 2022, no. 3 (80), pp. 64–67.
17. Kuznetsova V. A., Naumenko O. A. Polozhitel'noe vliyaniye yantarnoy kisloty na protsessy biokhimicheskoy adaptatsii rasteniy [The positive effect of succinic acid on the processes of biochemical adaptation of plants]. *Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Molodye uchenye – nauke i praktike XXI veka"* [Prospects of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation "Young scientists – science and practice of the XXI century"]. Orenburg, 2023, pp. 226–229.
18. Vorotnikov B. Yu., Pritykina N. A., Tkachev I. M. Ispol'zovaniye yantarnoy kisloty dlya polucheniya ovoshchnogo sousa "Yantarnyy chili" [The use of succinic acid for the production of vegetable sauce "Amber chili"]. *Materialy XI Mezhdunarodnogo Baltiyskogo morskogo foruma* [Prospects of the XI International Baltic Maritime Forum]. Kaliningrad, 2023, pp. 34–36.

Информация об авторах

В. Д. Лемешко - студентка

Б. Ю. Воротников - кандидат технических наук, заведующий кафедрой химии

Information about the authors

V. D. Lemeshko – student

B. Yu. Vorotnikov – Ph.D. in Engineering, Head of the Department of Chemistry

Статья поступила в редакцию 11.11.2024; одобрена после рецензирования 21.11.2024; принята к публикации 25.11.2024.

The article was submitted 11.11.2024; approved after reviewing 21.11.2024; accepted for publication 25.11.2024.