

Новые азосоединения на основе 2-цианометилен-4-тиазолидинона

Я. Ф. Янбарисова*, И. У. Турсунов*, Н. А. Полянская**,
О. В. Ковальчукова*,**,1

* Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия

** Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Аннотация

В качестве объекта исследования было выбрано одно из производных 4-тиазолидинона, а именно 2-цианометилен-4-тиазолидинон, который, согласно литературным данным, обладает биологической активностью. Изучена активность данного соединения в реакциях азосочетания. В результате эксперимента выделено три не описанных в литературе оранжево-коричневых соединения выходами от 41 до 74% — продукты азосочетания 2-цианометилен-4-тиазолидинона с 3-аминопиридином, 1,3-диметил-2-фенил-4-аминопиразолом-5 и 1Н-3-метил-4-(4'-метокси)-фенил-5-аминопиразолом. Строение соединений доказано спектральными методами анализа. Методом электронной спектроскопии изучено кислотно-основное равновесие выделенных соединений. Показано, что их нейтральные растворы характеризуются полосами поглощения в области 420–430 нм. При добавлении гидроксида натрия длинноволновые полосы поглощения претерпевают сдвиг в область больших длин волн, что связано с изменением таутомерной формы и ионизацией соединений. Метод компьютерного скрининга указывает на низкую токсичность синтезированных соединений и на возможность их использования в качестве биологически активных препаратов.

Ключевые слова

2-цианометилен-4-тиазолидинон, азосочетание, спектральные характеристики, кислотно-основное равновесие, биологическая активность.

¹ Для переписки

Email: kovalchukova-ov@rguk.ru

Введение

Соединения, содержащие тиазолидиноновое ядро, в настоящее время привлекают активное внимание исследователей в связи с разнообразием фармакологических свойств. В частности, сообщается об антимикробной, противораковой, антидиабетической, противовоспалительной и других видах фармакологической активности различных производных тиазолидин-4-она. Противоязвенная активность 3-[3-(морфолин-4-ил)пропил]-2-[(2,2,3-триметилциклопент-3-ен-1-ил)метил]-1,3-тиазолидин-4-она, сравнимая с активностью препарата омепразола, установлена *in vivo* в работе [2], показано, что противовоспалительный эффект вещества сравним с активностью диклофенака. Соединения, содержащие тиазолиновый цикл, входят в состав лекарственного препарата левамизола, который применяют для лечения стоматитов, бронхогенной карциномы, злокачественной меланомы, ревматоидного артрита и других заболеваний [3, 4]. Предполагается, что механизм действия левамизола связан с антиоксидантными свойствами компонентов препарата. Показано, что производные 1,3-тиазолидин-4-она, содержащие двойные экзоциклические C=C-связи в положениях 2 и 5 гетерокольца считаются потенциальными фунгицидами [5, 6].

С другой стороны, производные тиазолидинона имеют большой синтетический потенциал: благодаря разносторонней реакционной способности, являются строительными блоками для конструирования различных конденсированных и неконденсированных гетероциклических систем [7]. Реакции замещения в 4-тиазолидиноновом фрагменте могут проходить с участием положений 2, 3 и 5, но замещение в положении 2 приводит к получению продуктов с наибольшим структурным разнообразием [8].

Например, введение биологически активного тиазолидинонового фрагмента в основу азосоединений потенцирует их применение в качестве пищевых красителей, лекарственных препаратов, косметических средств и других биомолекул [9].

В последние годы производные тиазола, благодаря своей нелинейно-оптической активности, предлагаются к применению в вычислительной технике, обработке информации и интегральной оптике в передовых технологических приложениях для солнечных элементов, светодиодов (OLED), датчиков, флуоресцентных зондов, коммутационных устройств, нелинейно-оптических элементов [10].

В связи с вышесказанным, разработка новых химических и технологических подходов в синтезе новых производных тиазолидинона представляет несомненный интерес.

Материалы и методы. В качестве исходных веществ для синтеза азосоединений на основе 2-цианометилен-4-тиазолидинона использовали коммерчески доступные препараты марки «хч», а именно, 2-цианометилен-4-тиазолидинон, 3-аминопиридин, 1,3-диметил-2-фенил-4-аминопирозолон-5, 1H-3-метил-4-(4'-метокси)фенил-5-аминопиразол. Синтез азосоединений проводили двухстадийным методом, который включал классические реакции диазотирования соответствующего амина и последующего азосочетания с тиазолидиновым фрагментом [11]. Схемы синтеза соединений приведены на рисунке 1. С целью получения индивидуальных соединений продукты реакций азосочетания перекристаллизовывали из этанола.

Выходы продуктов составили 41%, 62% и 74% для соединений I, II и III соответственно.

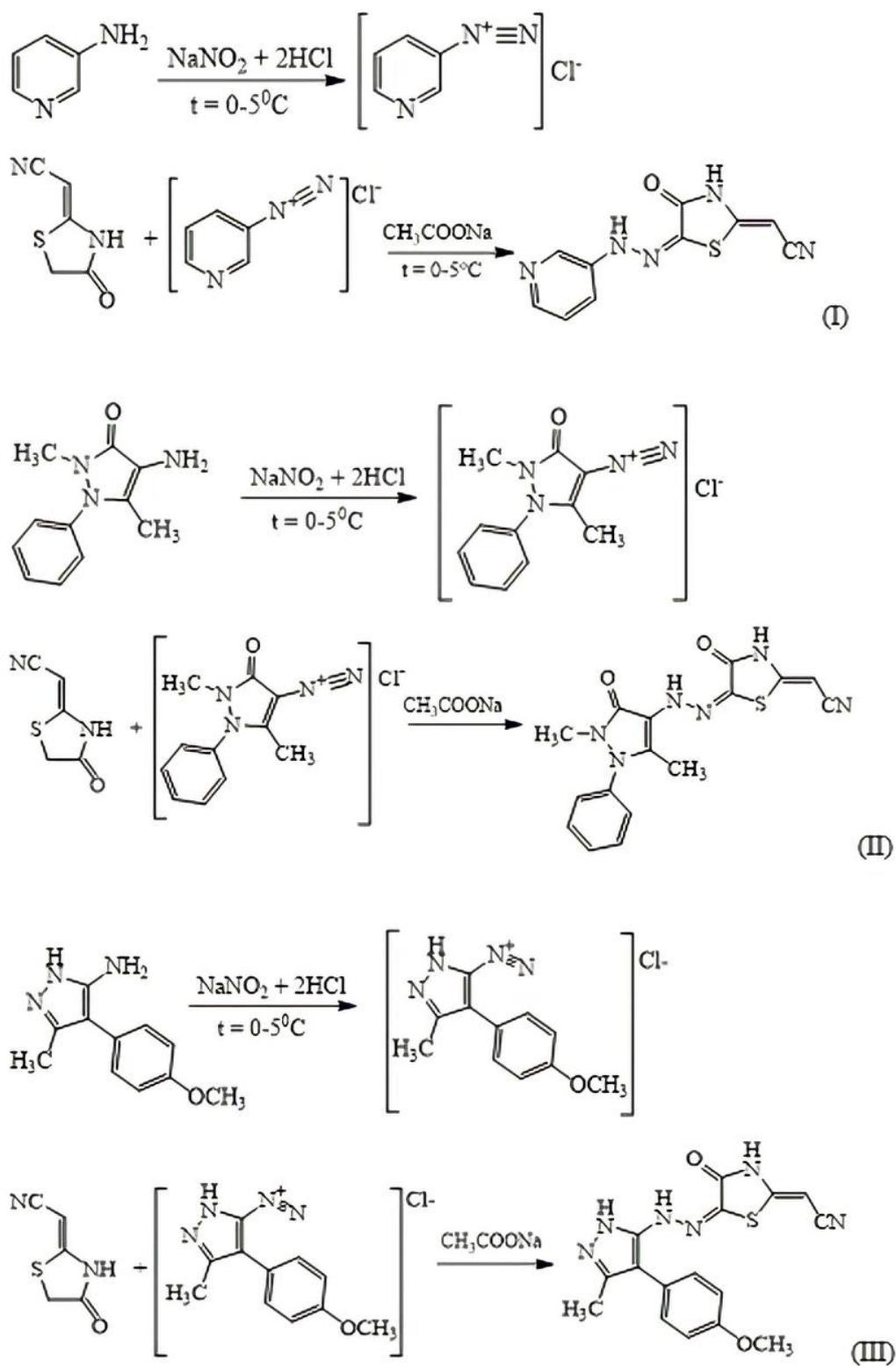


Рисунок 1 — Схемы синтеза соединений I–III

Чистоту выделяемых соединений контролировали методом тонкослойной хроматографии на алюминиевой хроматографической пластине Sulifola, покрытой слоем оксида алюминия. В качестве элюента использовали смесь и бензол : этанол = 4 : 1. Проявление хроматограмм проводили в ультрафиолетовом свете при длине волны равной 255 нм.

Масс спектры регистрировали на приборе марки ESI-TOF. Спектры ^1H ЯМР — на спектрометрах Bruker AM 300. ИК спектры поглощения регистрировали на спектрофотометре ФТ 801 в интервале частот $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ в таблетках KBr. Электронные спектры поглощения растворов выделенных соединений в различных интервалах pH записывали на спектрофотометре Cary-50 в интервале длин волн $200\text{--}700\text{ нм}$.

Для исследования синтезированных азосоединений в качестве красителей для различных типов тканей проводили пробное крашение холодным способом в условиях, соответствующих крашению кислотными, прямыми и активными красителями. Первое окрашивание проводили при pH красильной ванны равном 5, для определения сродства к кислотным красителям. Контроль pH проводили на индикаторной бумаге. При температуре $60\text{ }^\circ\text{C}$ погружали образец мультиткани в фарфоровый стакан и проводили крашение в течение 10 минут, промывали горячей водой, затем холодной водой и, наконец, высушивали. Второе и третье крашение проводили соответственно при $\text{pH} = 7$ и 9 по аналогичной методике.

Токсичность соединений при внутривенном и пероральном способах введения рассчитывали по программе GUSAR (General Unrestricted Structure-Activity Relationships).

Биодоступность выделенных соединений оценивали с помощью правила Липински. Прогнозирование биологической активности соединений проводили с помощью системы PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances).

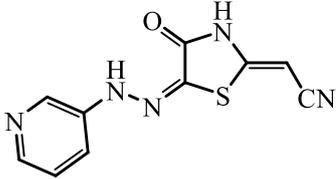
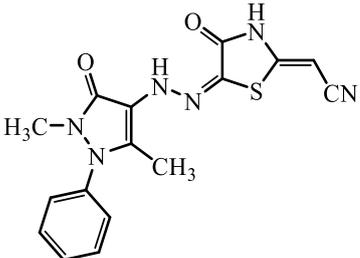
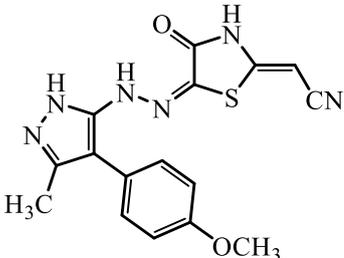
Результаты и их обсуждение. Основные характеристики синтезированных соединений приведены в таблице 1.

Строение соединений I–III подтверждено спектральными методами анализа. В ^1H ЯМР спектрах диметилсульфоксидных растворов сигналы протонов в области 2.50 м. д. на основании литературных данных можно отнести к протону неопределенного $=\text{CH}$ фрагмента, а сигналы $10.00\text{--}10.90\text{ м.д.}$ характеризуют протоны NH групп, что подтверждает гидразонную форму молекул, характерную для азосоединений подобного типа. Сигналы в области $7.21\text{--}7.90\text{ м.д.}$ указывают на наличие ароматических протонов в составе соединений.

Присутствие в ИК спектрах соединений I–III интенсивной полосы поглощения в области $1740\text{--}1750\text{ см}^{-1}$ связано с поглощением карбонильной группы тиазолидинонового фрагмента. Дополнительная полоса 1720 см^{-1} , присутствующая в спектре соединения II, отнесена нами к колебаниям карбонильной группы пиразолонового фрагмента молекулы. Форма и положение полос валентных колебаний всех карбонильных групп указывает на отсутствие водородных связей $\text{C}=\text{O}\dots\text{HN}$. Колебания CN фрагментов молекул соответствуют полосе поглощения $2196\text{--}2259\text{ см}^{-1}$.

Изучено поведение синтезированных соединений в растворах при различных значениях pH (кислотно-основное равновесие).

Таблица 1 — Основные характеристики соединений I–III

№	Соединение	R _f	Ms (M/z)	T пл, °C	¹ H ЯМР, м.д.	ИК, см ⁻¹	UV- VIS, нм
I		0.145	245	139	2.50; 6.15; 7.21–7.90; 10.80; 10.90	2972; 2196; 1750; 1604	424; 295
II		0.530	354	162	2.50; 3.82; 4.28; 7.05; 7.71; 10.12	3207; 2927; 2209; 1748; 1720; 1612	420; 256
III		0.765	354	140	2.50; 6.90–7.90; 10.00	3207; 2927; 2259; 1740; 1626	395; 220

Нейтральный раствор соединения I характеризуется полосой поглощения с $\lambda_{\text{max}} = 424$ нм. Добавление раствора соляной кислоты смещает полосу поглощения в коротковолновую область до 373 нм и уменьшает ее интенсивность (рисунок 2).

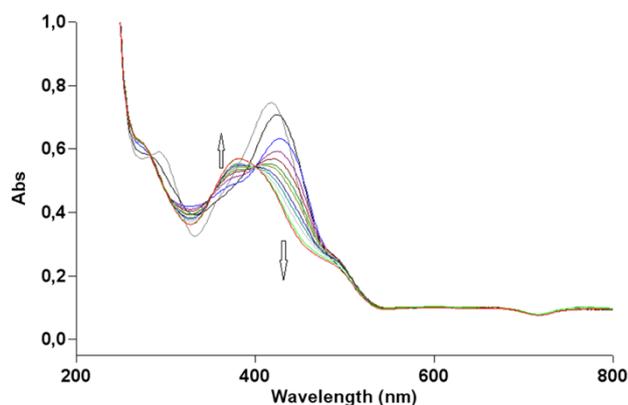


Рисунок 2 — Электронные спектры поглощения водно-диметилсульфидного раствора соединения I при постепенном добавлении соляной кислоты

Изменение в спектре можно объяснить протонированием пиридинового атома азота.

При добавлении гидроксида натрия длинноволновая полоса поглощения претерпевает сдвиг в область больших длин волн до 580 нм и также немного уменьшается по интенсивности, что связано с диссоциацией гидразо-группы и переходом молекулы в форму аниона (рисунок 3).

Значительное смещение длинноволновой полосы I в щелочных растворах ($\Delta\lambda = 156$ нм) позволяет предположить, что депротонирование молекулы сопровождается таутомерным переходом (переход гидразо-таутомера в азо-таутомер). Схемы процессов протонирования и депротонирования соединения I приведены на рисунке 4.

Нейтральные растворы соединений II и III характеризуются длинноволновой

полосой поглощения при 420 и 395 нм соответственно. В кислой среде полосы поглощения не изменяются, то есть протонирование молекул не происходит. Добавление раствора гидроксида натрия батохромно смещает длинноволновую полосу поглощения до 445 и 426 нм соответственно (рисунок 5).

Изменение цвета растворов соединений II и III от желтого в кислой и нейтральной средах до зелено-коричневых оттенков в щелочной среде (рисунок 6) позволяет предложить, что соединения можно использовать в качестве кислотно-основных индикаторов.

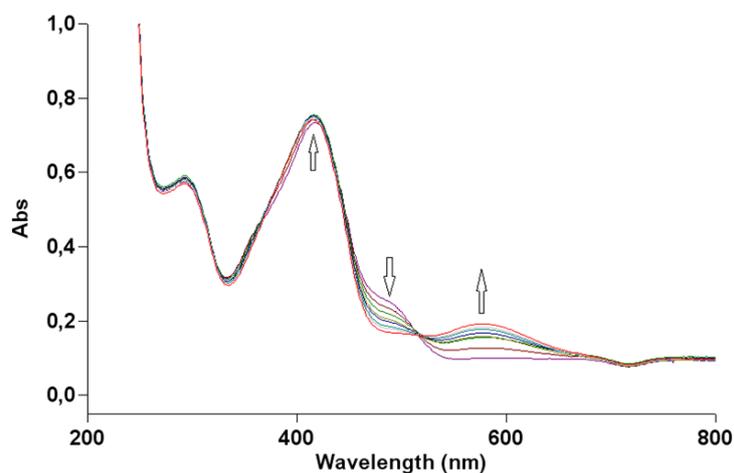


Рисунок 3 — Электронные спектры поглощения водно-диметилсульфоксидного раствора соединения I при постепенном добавлении гидроксида натрия

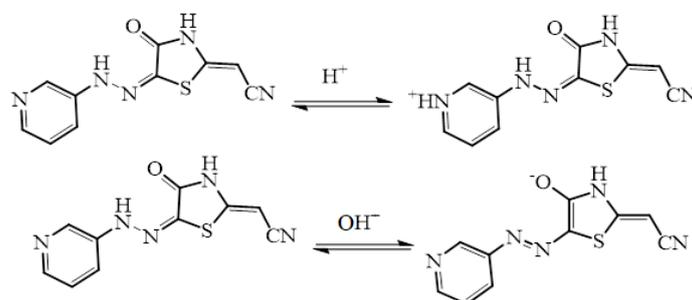


Рисунок 4 — Схемы таутомерных превращений и ионизации I

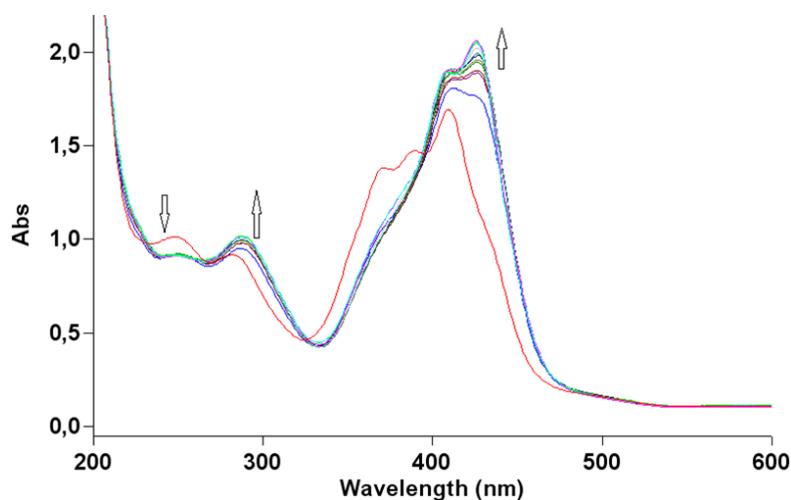


Рисунок 5 — Электронные спектры поглощения водно-диметилсульфоксидного раствора соединения II при постепенном добавлении гидроксида натрия

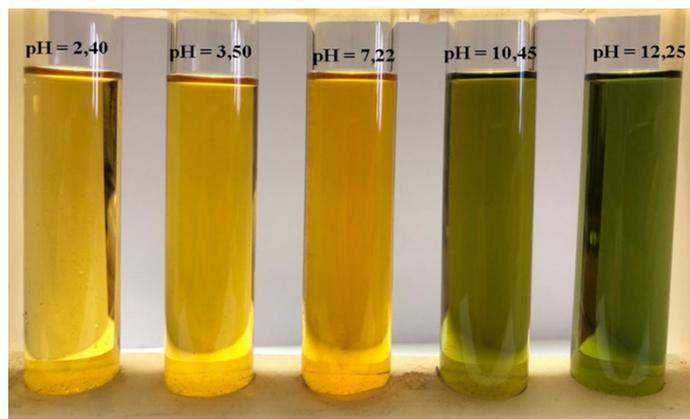


Рисунок 6 — Изменение цвета раствора соединения III и зависимости от pH

Тестовое крашение образцов мульти-ткани, состоящей из шести основных типов ткани, используемых в текстильной промышленности, при значениях pH = 5, pH = 7, pH = 9 и температуре 60–80°C показало, что соединения I и II испытывают сродство с волокном при pH = 7, окрашивая образцы ацетатного, полиамидного и шерстяного волокон, однако окраска получается тусклой и ненасыщенной. Соединение III не окрашивает испытываемые материалы. Следовательно синтезированные соединения не могут быть рекомендованы в качестве потенциальных красителей.

Токсичность синтезированных в работе соединений рассчитывали в программе GUSAR [12], а также с использованием правила Липински [13, 14]. В соответствии с расчетными данными все

азосоединения можно отнести к группе нетоксичных или малотоксичных соединений (4–5 класс токсичности при оральном и внутривенном способе введения).

Соединения I–III содержат цианомети-энтазолидиноновые фрагменты и различаются типом диазосоставляющей: пиридиновый цикл у соединения I, пиразолоновый фрагмент у соединения II и пиразольный — у соединения III. Их физиологическое действие может определяться как отдельными фрагментами молекулы, так и за счёт взаимодействия отдельных частей (молекулы в целом). Сравнение некоторых видов наиболее прогнозируемой биологической активности соединений I–III, проведенное с использованием программы PASS [15], представлено на рисунке 7.

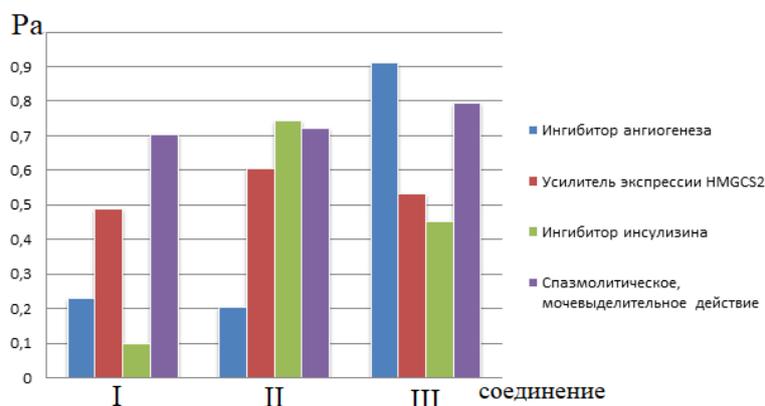


Рисунок 7 — Сравнение наиболее прогнозируемой биологической активности соединений I–III.

Как видно из диаграммы, представленной на рисунке 7, для всех соединений с примерно одинаковой вероятностью реализуется спазмолитическое и мочевыделительное действие, которое, скорее всего, связано с тиазолидиноновым фрагментом. Свойство, связанное с ингибированием инсулина, в наименьшей степени проявляется для соединения I (10%), которое в качестве диазокомпоненты содержит пиридиновый цикл. Для соединений II и III оно равно соответственно 72% и 46%. Соединение III, содержащее пиразольный цикл, с высокой вероятностью (91%) может быть предложено как препарат — ингибитор ангиогенеза (вещества, замедляющее рост и создание новых кровеносных сосудов). Таким образом, соединения I–III после дополнительных исследований можно рекомендовать в качестве возможных терапевтических препаратов.

Заключение

Таким образом, в процессе проведенного исследования впервые с выходами 40–70% выделены и охарактеризованы совокупностью методов исследования три азосоединения, содержащих фрагмент 2-цианометилен-4-тиазолидинона. Показано, что основными формами существования соединений в кристаллическом состоянии и в нейтральных растворах являются гидразонные таутомеры, в которых подвижный атом водорода молекул локализован на атоме азота азогруппы. Изучение кислотно-основных равновесий соединений в растворах проводили методом спектрофотометрического титрования. Установлено, что в щелочной среде длиноволновые полосы поглощения органических соединений в электронных спектрах смещаются bathochromно на 25–156 нм, что связано с изменением таутомерной формы и последующей ионизацией. Изменение цвета растворов соединений II и III от желтого в кислой и нейтральной средах до зелено-

коричневых оттенков в щелочной среде позволяет рассматривать их в качестве потенциальных кислотно-основных индикаторов.

Результаты компьютерного скрининга в системе PASS указывают на возможность использования синтезированных в работе азосоединений в качестве биологически активных препаратов, обладающих свойствами ингибирования ангиогенеза и инсулина, усиления экспрессии HMGCS2, а также имеющих спазмолитическую и мочевыделительную активность. Компьютерный расчет дескрипторов для соответствия синтезированных азосоединений критерию Липински и расчет острой токсичности в системе GUSAR при внутривенном и оральном способе введения показал, что изученные соединения являются биодоступными и малотоксичными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Manjal S. K., Kaur R., Bhatia R., et al. Synthetic and medicinal perspective of thiazolidinones: A review. *Bioorg. Chem.*, 2017, vol. 75, pp. 406–423. DOI: 10.1016/j.bioorg.2017.10.014.
- [2]. Борисова М. С., Соколов Д. Н., Жукова Н. А. и др. Противоязвенная и противовоспалительная активность тиазолидинона на основе камфоленового альдегида. *Сибирский научный медицинский журнал*, 2018, т. 38, № 2, с. 5–12. DOI: 10.15372/SSMJ20180201.
- [3]. Машковский М. Д. Лекарственные средства. М., «Новая волна», 2010.
- [4]. Студенцов Е. П., Рамш С. М., Казурова Н. Г. и др. Адаптогены и родственные группы лекарственных препаратов — 50 лет поисков. *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*, 2013, т. 11, № 4, с. 3–43.
- [5]. Manjal S. K., Kaur R., Bhatia R., et al. Synthetic and medicinal perspective of

thiazolidinones. *Bioorganic Chemistry*, 2017, vol. 75, pp. 406–423.

DOI: 10.1016/j.bioorg.2017.10.014.

[6]. Royse D. J., Ries S. M. The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathology*, 1978, vol. 68, pp. 603–607. DOI: 10.1094/Phyto-68-603.

[7]. Болдашевский А. В. Синтез 1,3-тиазолидин-4-онов и перспективы их использования в медицине. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 2012, №1(2), с. 11–16.

[8]. Agrawal N. Synthetic and therapeutic potential of 4-thiazolidinone and its analogs. *Current Chemistry Letters*, 2021, vol. 10, pp. 119–138.

DOI: 10.5267/j.ccl.2020.11.002.

[9]. Mohammadi A., Dehghan Z., Rassa M., et al. Colorimetric probes based on bioactive organic dyes for selective sensing of cyanide and fluoride ions. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2016, vol. 230, pp. 388–397.

DOI: 10.1016/j.snb.2016.02.077.

[10]. Alotaibi S. H., Radwan A. S., Abdel-Monem Y. K., et al. Synthesis, thermal behavior and optical characterizations of thin films of a novel thiazole azo dye and its copper complexes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2018, vol. 205, pp. 364–375.

DOI: 10.1016/j.saa.2018.07.043.

[11]. Aljamali N. M. Review in azo compounds and its biological activity. *Biochem. Anal. Biochem.*, 2015, vol. 4, pp. 1–4. DOI: 10.4172/2161-1009.1000169.

[12]. Institute of Biomedical Chemistry [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.way2drug.com/gusar/acutox-predict.html>.

[13]. Jorgensen W. The Many Roles of Computation in Drug Discovery. *Science*, 2004, vol. 303, pp. 1813–1818. DOI: 10.1126/science.1096361.

[14]. Neidle S. Design Principles for Quadruplex-binding Small Molecules. *Therapeutic Applications of Quadruplex Nucleic Acids*, 2012, pp. 151–174.

DOI: 10.1016/B978-0-12-375138-6.00009-1.

[15]. Institute of Biomedical Chemistry [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.way2drug.com/PASSOnline>.

Янбарисова Яна Фанзилевна — студент, кафедра Органической химии Российского государственного университета им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (Российская Федерация, 119071, Москва, Малая Калужская ул., д. 1).

Турсунов Ислонжон Уктамжонович — студент, кафедра Органической химии Российского государственного университета им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (Российская Федерация, 119071, Москва, Малая Калужская ул., д. 1).

Полянская Надежда Александровна — канд. хим. наук, старший преподаватель, кафедра общей химии, Российский университет дружбы народов (Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6).

Ковальчукова Ольга Владимировна — д-р хим. наук., профессор, кафедра неорганической и аналитической химии Российского государственного университета им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (Российская Федерация, 119071, Москва, Малая Калужская ул., д. 1), профессор, кафедра общей химии, Российский университет дружбы народов (Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6).

Novel azo-compounds based on 2-cyanomethylene-4-thiazolidinone

Ya. F. Yanbarisova*, I. U. Tursunov*, N. A. Polyanskaya**, O. V. Kovalchukova*,**,¹

* *The Kosygin State University of Russia, Moscow, Russia*

** *Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia*

Abstract

One of the derivatives of 4-thiazolidinone, namely 2-cyanomethylene-4-thiazolidinone, which, according to the literature data, has biological activity, was chosen as the object of research. The activity of this compound was studied in the azo-combination reactions.

As a result of the experiment, three orange-brown compounds not described in the literature before were isolated with yields from 41 to 74% products of the azo combination of 2-cyanomethylene-4-thiazolidinone with 3-aminopyridine, 1,3-dimethyl-2-phenyl-4-aminopyrazole-5 and 1H-3-methyl-4-(4'-methoxy)-phenyl-5-aminopyrazole. The structure of the compounds is proved by spectral analysis methods. The acid-base equilibrium of the isolated compounds was studied by electron spectroscopy. It is shown that their neutral solutions are characterized by absorption bands in the region of 420–430 nm. When sodium hydroxide is added, the long-wave absorption bands undergo a shift to the region of large wavelengths, which is associated with a change in the tautomeric shape and an ionization of compounds. The method of computer screening indicates the low toxicity of the synthesized compounds and the possibility of their use as biologically active drugs.

Keywords

2-cyanomethylene-4-thiazolidinone, azo-coupling, spectral characteristics, acid-base equilibrium, biological activity

REFERENCES

- [1]. Manjal S. K., Kaur R., Bhatia R., et al. Synthetic and medicinal perspective of thiazolidinones: A review. *Bioorg. Chem.*, 2017, vol. 75, pp. 406–423. DOI: 10.1016/j.bioorg.2017.10.014.
- [2]. Borisova M.S., Sokolov D.N., Zhukova N.A. i dr. Protivojzvennaja i protivovospalitel'naja aktivnost' tiazolidinona na osnove kamfolenovogo al'degida [Antiulcer and anti-inflammatory activity of the campholenic aldehyde-derived thiazolidinone]. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal* [Siberian Scientific Medical Journal], 2018, t. 38, № 2, s. 5-12. (In Russ.) DOI: 10.15372/SSMJ20180201.
- [3]. Mashkovskij M. D. Lekarstvennye sredstva [Medicines]. Moscow, «Novaja volna» Publ., 2010. (In Russ.).

¹ *Corresponding author*

Email: kovalchukova-ov@rguk.ru

- [4]. Studencov E. P., Ramsh S. M., Kazurova N. G. [et al.] Adaptogeny i rodstvennyye gruppy lekarstvennykh preparatov — 50 let poiskov [Adaptogens and related groups of drugs — 50 years of searching]. *Obzory po klinicheskoy farmakologii i lekarstvennoj terapii* [Reviews on clinical pharmacology and drug therapy], 2013, vol. 11, № 4, pp. 3–43. (In Russ.).
- [5]. Manjal S. K., Kaur R., Bhatia R., et al. Synthetic and medicinal perspective of thiazolidinones. *Bioorganic Chemistry*, 2017, vol. 75, pp. 406–423.
DOI: 10.1016/j.bioorg.2017.10.014.
- [6]. Roysse D. J., Ries S. M. The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathology*, 1978, vol. 68, pp. 603–607.
DOI: 10.1094/Phyto-68-603.
- [7]. Болдашевский А. В. Синтез 1,3-тиазолидин-4-онов и перспективы их использования в медицине. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 2012, №1(2), с. 11–16.
- [8]. Agrawal N. Synthetic and therapeutic potential of 4-thiazolidinone and its analogs. *Current Chemistry Letters*, 2021, vol. 10, pp. 119–138.
DOI: 10.5267/j.ccl.2020.11.002.
- [9]. Mohammadi A., Dehghan Z., Rassa M., et al. Colorimetric probes based on bioactive organic dyes for selective sensing of cyanide and fluoride ions. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2016, vol. 230, pp. 388–397.
DOI: 10.1016/j.snb.2016.02.077.
- [10]. Alotaibi S. H., Radwan A. S., Abdel-Monem Y. K., et al. Synthesis, thermal behavior and optical characterizations of thin films of a novel thiazole azo dye and its copper complexes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2018, vol. 205, pp. 364–375.
DOI: 10.1016/j.saa.2018.07.043.
- [11]. Aljamali N. M. Review in azo compounds and its biological activity. *Biochem. Anal. Biochem.*, 2015, vol. 4, pp. 1–4.
DOI: 10.4172/2161-1009.1000169.
- [12]. Institute of Biomedical Chemistry:
<http://www.way2drug.com/gusar/acutox-predict.html>.
- [13]. Jorgensen W. The Many Roles of Computation in Drug Discovery. *Science*, 2004, vol. 303, pp. 1813–1818.
DOI: 10.1126/science.1096361.
- [14]. Neidle S. Design Principles for Quadruplex-binding Small Molecules. *Therapeutic Applications of Quadruplex Nucleic Acids*, 2012, pp. 151–174.
DOI: 10.1016/B978-0-12-375138-6.00009-1.
- [15]. Institute of Biomedical Chemistry:
<http://www.way2drug.com/PASSOnline>.

Yanbarisova Ya. F. — student, Department of Organic Chemistry, The Kosygin State University of Russia (Malaya Kaluzhskaya st., 1, Moscow, 119071 Russian Federation).

Tursunov I. U. — student, Department of Organic Chemistry, The Kosygin State University of Russia (Malaya Kaluzhskaya st., 1, Moscow, 119071 Russian Federation).

Polyanskaya N. A. — Cand. Sc. (Chem.), Assistant Professor, Department of General Chemistry, Peoples' Friendship University of Russia (Mikhlukho-Maklaya st., 6, Moscow, 117198 Russian Federation).

Kovalchukova O. V. — Dr. Sc. (Chem.), Professor, Department of Inorganic and Analytical chemistry, The Kosygin State University of Russia (Malaya Kaluzhskaya st., 1, Moscow, 119071 Russian Federation), Professor, Department of General Chemistry, Peoples' Friendship University of Russia (Mikhlukho-Maklaya st., 6, Moscow, 117198 Russian Federation).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Новые азосоединения на основе 2-цианометилен-4-тиазолидинона / Я. Ф. Янбарисова, И. У. Турсунов, Н. А. Полянская, О. В. Ковальчукова // Промышленные процессы и технологии. 2022. Т. 2. № 2(4). С. 77 – 88.

DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-2(4)-77-88

Please cite this article as:

Yanbarisova Ya. F., Tursunov I. U., Polyanskaya N. A., Kovalchukova O. V., N. A. Polyanskaya, O. V. Kovalchukova Novel azo-compounds based on 2-cyanomethylene-4-thiazolidinone. Industrial processes and Technologies, 2022, vol. 2, no. 2(4), pp. 77 – 88

DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-2(4)-77-88