

DOI 10.29254/2077-4214-2026-2-181-142-146

УДК 611.36:616-092:546.46/48'131:546.56:546.56:546.72

Закут І. М., Шаторна В. Ф.

**ДИНАМІКА БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ХРОНІЧНОГО
ВПЛИВУ КАДМІЮ ТА КОМПЕНСАТОРНОГО ВПЛИВУ
СУКЦИНАТІВ БІОГЕННИХ МЕТАЛІВ**

Дніпровський державний медичний університет (м. Дніпро, Україна)

verashatornaya67@gmail.com

Майже в усьому світі проблема якості навколишнього середовища та забруднення важкими металами перетворилася на життєво важливу проблему, а антропогенне навантаження сягає в промислових регіонах критичного рівню. Деякі токсичні речовини (ртуть, кадмій, свинець, марганець) депонуються в печінці, ушкоджуючи печінкові клітини і порушуючи її функцію, і спричиняють розвиток токсичного ураження печінки. Верифікація токсичних та медикаментозних гепатопатій у клінічній практиці та експериментальній патології залишається складним діагностичним завданням. Метою роботи було експериментальне визначення динаміки біохімічних маркерів ферментативної активності у щурів за умов тривалої інтоксикації хлоридом кадмію та пошук потенційних біоантагоністів гепатотоксичності хлориду кадмію серед сукцинатів біогенних металів (сукцинат цинку та сукцинат заліза). У межах проведеного дослідження нами було проаналізовано характер змін активності аспартатамінотрансферази (АСТ), аланінамінотрансферази (АЛТ) та лактатдегідрогенази (ЛДГ) у сироватці крові самиць щурів протягом усього експериментального періоду. Ізольоване введення металу призводило до стійкого цитолітичного ефекту: активність АЛТ зростала у 2–2,25 рази, а АСТ у 1,5 рази, ЛДГ у 1,3 рази відносно контрольних значень. Комбіноване надходження з хлоридом кадмію сукцинатів біогенних металів призводило до відновлення біохімічних показників крові щурів у бік до контрольних значень. В експерименті на середині терміну дослідження тканини печінки краще захищав сукцинат цинку, а у другій половині вагітності потужніші гепатопротекторні властивості виявив сукцинат заліза. Загальна динаміка підтверджує, що обидві сполуки ефективно зменшують руйнування клітин печінки, спричинене хронічним отруєнням кадмієм.

Ключові слова: експеримент, щури, важкі метали, кадмій, травна система, печінка, трансамінази, гепатотоксичність, сукцинати, мікроелементи.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження проводилось у рамках наукової теми кафедри медичної біології, фармакогнозії, ботаніки та гістології ДДМУ «Біологічні аспекти морфогенезу органів та тканин під впливом ксенобіотиків та за умов корекції в експерименті», номер державної реєстрації 0125U004298.

Вступ.

Майже в усьому світі проблема якості навколишнього середовища перетворилася на життєво важливу проблему, а антропогенне навантаження сягає в промислових регіонах критичного рівню. Екологічні порушення в промислових регіонах зумовлені надмірною концентрацією підприємств металургії, енергетики та хімічної промисловості, що призводить до системного забруднення всіх компонентів довкілля з подальшим стійким забрудненням усіх ланок екологічних систем. Збільшення концентрації промислових викидів призводить до їх накопичення та розповсюдження через потрапляння у водоймища, ґрунти та повітря з наступним переходом у рослини, тварин, організм людини.

Солі важких металів (ртуті, кадмію, свинцю, миш'яку, хрому) є одними з найнебезпечніших забруднювачів, оскільки вони не розкладаються, а лише накопичуються в організмах та ланцюгах живлення [1, 2]. Актуальність дослідження зумовлена масштабним забрудненням екосистем сполуками важких

металів, що створює загрозу для людського здоров'я та потребує системного вивчення їхньої біохімічної специфіки впливу на організм при надмірному потраплянні, маршрутів експозиції та патогенетичних механізмів [3]. Рівень цієї екологічної деградації становить критичну загрозу для громадського здоров'я, створюючи довгострокові ризики, що зберігатимуться як у ході активних бойових дій, так і в період майбутньої відбудови [4, 5, 6]. Токсичність солей важких металів реалізується через багатофакторний вплив, де ключову роль відіграє пряма взаємодія з біополімерами, ініціація окиснювального стресу з генерацією вільних радикалів, а також інактивація ензимів і деструкція метаболічних циклів. Зазначені процеси є взаємозалежними та спричиняють глибоку клітинну деструкцію. Більшість екополютантів є політропними токсикантами, що проникають у кров та знешкоджуються в організмі печінкою та нирками.

Деякі токсичні речовини (ртуть, кадмій, свинець, марганець) депонуються в печінці, ушкоджуючи печінкові клітини і порушуючи її функцію, і спричиняють розвиток токсичного ураження печінки [7]. Морфологічні дослідження останніх років показали, що печінка чутлива до дії різних екзогенних чинників не лише у дорослого населення, а і під час свого розвитку впродовж пренатального періоду [8, 9]. Проте немає єдиного погляду на ступінь чутливості цього органу до дії важких металів за умов їх хронічного надходження в організм вагітної жінки.

Верифікація токсичних та медикаментозних гепатопатій у клінічній практиці та експериментальній патології залишається складним діагностичним завданням. Зазвичай вона базується на оцінці лабораторних маркерів, що відображають ключові біохімічні патерни пошкодження печінки. До загальноприйнятого діагностичного комплексу належать тести на активність амінотрансфераз: аланінамінотрансфераза (АЛТ), аспаратамінотрансфераза (АСТ), та лактатдегідрогенази (ЛДГ). У межах проведеного дослідження нами було проаналізовано характер змін активності АСТ, АЛТ та ЛДГ у сироватці крові самиць щурів протягом усього експериментального періоду. Таким чином, з'ясування впливу на морфогенез печінки ізольованого введення хлориду кадмію та комбінованого введення кадмію з сукцинатами мікроелементів з метою визначення можливого біоантагонізму є нагальним та актуальним.

Мета дослідження.

Експериментальне визначення динаміки біохімічних маркерів ферментативної активності у щурів за умов тривалої інтоксикації хлоридом кадмію та пошук потенційних біоантагоністів гепатотоксичності хлориду кадмію серед сукцинатів біогенних металів.

Об'єкт і методи дослідження.

Експериментальна частина дослідження була виконана на молодих вагітних самицях щурів лінії Wistar віком 2,5–3 місяці, яких отримували з ліцензованого розплідника «Далі 2001» (м. Київ). Для проведення експерименту тварин було розподілено на чотири дослідні групи. Введення препаратів здійснювали внутрішньошлунково, щоденно впродовж усього терміну гестації самиць. Група I (контроль): тварини отримували 0,5 мл ізотонічного 0,9% розчину NaCl для встановлення фонових показників. Група II (модель інтоксикації): застосовували ізольований вплив хлориду кадмію у дозі 3,0 мг/кг. Група III (корекція цинком): на фоні щоденного введення 3,0 мг/кг хлориду кадмію тварини отримували сукцинат цинку в дозі 5 мг/кг для оцінки його протективних властивостей. Група IV (корекція залізом): схема передбачала поєднання кадмію із сукцинатом заліза в дозі 10,0 мг/кг з метою дослідження його корегуючої дії.

У експериментальних дослідженнях на щурах активність амінотрансфераз крові розглядається як чутливий маркер функціонального стану гепатобілярної системи. Найбільш інформативними показниками є аланінамінотрансфераза (АЛТ), аспаратамінотрансфераза (АСТ), а також лактатдегідрогеназа (ЛДГ), рівні яких відображають ступінь ушкодження гепатоцитів і порушення клітинної цілісності. Аналізи крові проводились на 13-ту та 19-ту добу експерименту.

Умови утримання та поводження з тваринами повністю відповідали вимогам «Положення про поводження з лабораторними тваринами у наукових дослідженнях», розробленого відповідно до Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 3447-IV від 21.02.2006 р.).

Результати дослідження та їх обговорення.

Аналіз результатів біохімічних досліджень на 13-ту добу експерименту продемонстрував зміни функціонального стану печінки вагітних самиць, які проявляються цитолітичним ефектом. Активність АЛТ в групі ізольованого впливу хлоридом кадмію збільшилась у 2 рази в порівнянні до контролю. В

групах комбінованого введення кадмію з сукцинатами біогенних металів визначалась модифікуюча дія сукцинатів на гепатотоксичність кадмію. Не зважаючи на ту саму дозу кадмію, при комбінованому його надходженні з сукцинатом цинку активність АЛТ була тільки в 1,4 рази вища за контрольні, а в комбінації з сукцинатом заліза в 1,6 разів. На 19-ту добу дослідження рівень активності АЛТ в групі ізольованого кадмієвого навантаження перевищував контрольну у 2,25 разів, що свідчить про високий рівень гепатотоксичності кадмію при вказаній дозі та способі введення в експериментах на щурах. А результати в групах комбінованого введення були досить неочікуваними. Найбільший рівень відновлення показників АЛТ у напрямку до контрольних на цьому терміні дослідження визначався у групі комбінації кадмію з сукцинатом заліза. Тобто, в другій половині вагітності більшу протекторну дію по відношенню до гепатотоксичності кадмію при хронічному введенні мав сукцинат заліза. Таким чином, динаміка активності АЛТ в нашому експериментальному дослідженні вказувала на збільшення активності цитолітичного симптому при ізольованому введенні хлориду кадмію, а також на поступове зниження цитолізу гепатоцитів в групах комбінованого введення. Така динаміка свідчить, на нашу думку, про зменшення токсичності кадмію при його одночасному надходженні в організм з сукцинатами досліджуваних біогенних металів, які проявляють гепатопротекторні властивості. Отже, якщо на середині терміну дослідження на рівень активності АЛТ краще впливав цинк, то у другій половині вагітності потужніші гепатопротекторні властивості виявив сукцинат заліза. Загальна динаміка підтверджує, що обидві сполуки ефективно зменшують руйнування клітин печінки, спричинене хронічним отруєнням кадмієм.

На 13-ту добу експерименту дослідження активності аспаратамінотрансферази підтвердило розвиток токсичного ураження печінки під впливом хлориду кадмію. В групі ізольованого впливу металу спостерігалось зростання ферментативної активності в 1,5 рази ($92,2 \pm 9,9$ од/л), тоді як у контрольній групі цей показник становив $62,6 \pm 2,9$ од/л. Такий стрибок свідчить про інтенсивний цитоліз, тобто руйнування клітин печінки. Аналіз груп із комбінованим введенням препаратів продемонстрував позитивну динаміку, проте з різним ступенем ефективності. Застосування сукцинату цинку призвело до зниження рівня АСТ до $82,4 \pm 12,9$ од/л, однак ця зміна не мала статистично достовірного характеру порівняно з групою чистої інтоксикації. Використання сукцинату заліза показало значно вищий захисний ефект: показник знизився до $72,8 \pm 2,9$ од/л, що є статистично значущим результатом ($p \leq 0,05$). Таким чином, результати експерименту на щурах доводять, що саме поєднання хлориду кадмію з сукцинатом заліза забезпечує виражену протекторну дію, стабілізуючи функціональний стан печінки та зменшуючи прояви цитолітичного синдрому в експерименті на щурах. На 19-ту добу експерименту зафіксована раніше тенденція залишилася незмінною, найбільш виражене порушення тканин печінки спостерігалось при ізольованому введенні кадмію і активність АСТ перевищила контрольні показники в 1,5 рази, що свідчить про стійке токсичне ураження. Водночас у групах із комбінова-

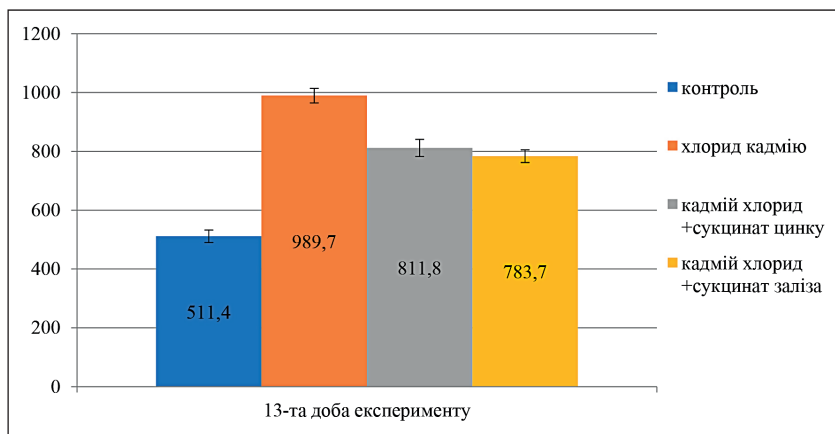


Рисунок 1 – Динаміка змін рівню активності лактатдегідрогеназа (ЛДГ) (од/л) в крові самиць щурів усіх експериментальних груп на 13-ту добу експерименту.

ним застосуванням препаратів активність ферменту знижувалася відносно групи кадмієвої інтоксикації. Найбільш ефективним виявилось поєднання хлориду кадмію з сукцинатом заліза, що демонструє його виражену гепатопротекторну дію в обраних дозах та умовах експерименту.

Лактатдегідрогеназа (ЛДГ) це цитозольний фермент енергетичного обміну, що каталізує взаємоперетворення лактату та пірувату в процесі окиснення глюкози, він відповідальний за вироблення енергії в клітинах. ЛДГ регулює перетворення молочної кислоти, підтримуючи вуглеводний обмін. Найвищі концентрації ЛДГ зосереджені в міокарді, гепатоцитах, нирковій паренхімі, скелетних м'язах та еритроцитах. Зростання активності цього ферменту в сироватці крові є також раннім індикатором цитолізу, що характерно для широкого спектра патологій. Оскільки цей фермент потрапляє в кровотік лише при пошкодженні клітин, його підвищення слугує універсальним сигналом «тривоги» при інфарктах, гепатитах чи онкологічних процесах.

В нашому експерименті при ізольованому введенні кадмію активність ЛДГ в крові самиць зростала майже вдвічі у порівнянні до контрольних показників (рис. 1) на 13-ту добу хронічного впливу та більш як у 2 рази на 19-ту добу (рис. 2). При комбінованому введенні тієї ж самої дози кадмію з сукцинатами біогенних металів визначалося зниження рівню активності ЛДГ, що свідчить про протекторну роль сукцинатів та захист клітин від ураження.

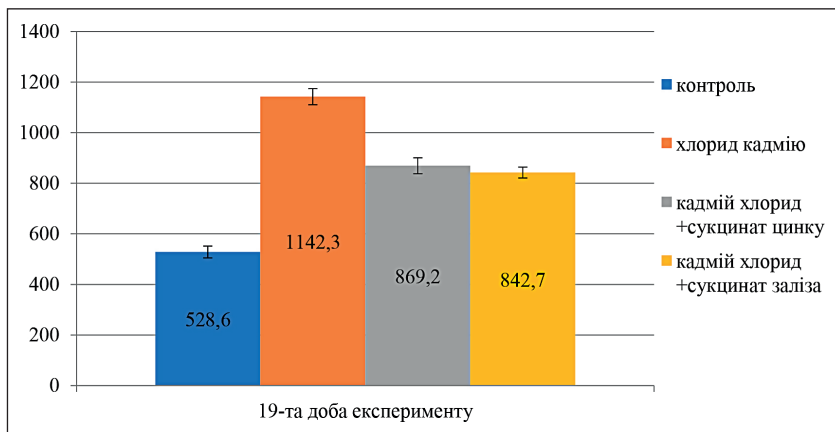


Рисунок 2 – Динаміка змін рівню активності лактатдегідрогеназа (ЛДГ) (од/л) в крові самиць щурів усіх експериментальних груп на 19-ту добу експерименту.

В порівнянні до групи ізольованого впливу на 13-тій добі експерименту активність ЛДГ знижувалась при комбінації з сукцинатом цинку – 811,8±29,1 од/л, що було достовірно нижче, а в групі комбінації з сукцинатом заліза – 783,7±21,5 од/л. Проте рівень ЛДГ все ж таки достовірно ($p \leq 0,05$) перевищував контрольні показники.

Ця тенденція зберігалась і на 19-тій добі експерименту, а саме в групах комбінованого введення рівень активності ЛДГ був в 1,3 рази нижчий за групу ізольованого впливу, проте в 1,6 разів перевищували контрольні дані

(рис. 2). Ми пояснюємо цей факт тим, що кадмій є поліорганним токсикантом і при потраплянні в організм впливає відразу на різні органи, руйнуючи їх клітини, що вивільняє цитоплазматичні ферменти у кров. Проте, зниження рівню активності усіх досліджуваних ферментів свідчить про протекторну дію сукцинатів заліза та цинку, що дозволяє їх розглядати як біоантагоністів хлориду кадмію при одночасному потраплянні в організм в експерименті на щурах.

Печінка відіграє центральну роль у гомеостазі металів, виступаючи головним органом їх метаболізму, депонування та екскреції. Взаємодія цього органу з залізом, цинком та кадмієм має різну біологічну природу: від фізіологічної регуляції до патологічного накопичення.

Отримані дані свідчать про доцільність використання сукцинатів біогенних металів, зокрема сукцинату заліза, як ефективного засобу мінімізації токсичного впливу важких металів на функціональний стан печінки в період вагітності.

Порівнюючи результати аналогічних експериментальних робіт з хронічного впливу солей кадмію при ізольованому введенні та в комбінації з цитратами біогенних металів визначилась певна тенденція. Вплив хлоридом кадмію призводить до зміни будови печінки: ущільнення паренхіми, розростання сполучної тканини, розшарованість сполучнотканинної капсули, локальні розширення синусоїдів з високим рівнем кровонаповнення. При впливі цитратом кадмію спостерігається потовщення печінкових балок та часткове розшарування капсули печінки. В групах комбінованого введення з цитратами металів показники гістогенезу печінки наближались до контрольних, а вагові показники печінки та гепатофетального індексу відновлюються до контрольних значень, що свідчить про компенсаторний вплив цитратів селену та германію на токсичність солей кадмію [9, 10]. Проте в даних роботах в якості потенційних гепатопротекторів використовувались цитрати біометалів, а доза по кадмію

менше від тієї дози, що використовувалась в нашому дослідженні.

Висновки.

1. Проведений аналіз біохімічних показників на 13-ту та 19-ту добу експерименту підтверджує виражений гепатотоксичний вплив хлориду кадмію в досліджуваній дозі у вагітних самиць щурів. Ізольоване введення металу призводило до стійкого цитолітичного ефекту: активність АЛТ зростала у 2–2,25 рази, а АСТ у 1,5 рази, ЛДГ у 1,3 рази відносно контрольних значень.

2. При комбінованому надходженні з хлоридом кадмію сукцинатів біогенних металів визначались тенденції до відновлення біохімічних показників крові щурів у бік до контрольних значень. В експерименті на середині терміну дослідження тканини печінки краще захищав сукцинат цинку, а у другій

половині вагітності потужніші гепатопротекторні властивості виявив сукцинат заліза.

3. Загальна динаміка підтверджує, що обидві сполуки ефективно зменшують руйнування клітин печінки, спричинене хронічним отруєнням кадмієм.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на поглиблене вивчення гістологічних порушень клітин паренхіми печінки в усіх дослідних групах для підтвердження протекторної ролі сукцинатів біогенних металів. Перспективним є визначення впливу сукцинатів цинку та заліза на рівень накопичення кадмію тканиною печінки і визначення можливого кореляційного зв'язку між рівнем накопичення важких металів і ступенем руйнації паренхіми печінки. Вкрай важливим та перспективним буде визначення впливу досліджуваних елементів на гепатогенез ембріонів, які вилучались нами під час експерименту.

Література

- Rybalova O, Korobkova G, Hudzevych A. Otsinka ryzyku dlia zdorovia naselennia vid zabrudnennia povitria v promyslovykh rehionakh Ukrainy. Visn Kharkiv nats univ im VN Karazina Ser Geol Heohr Ekol. 2022;56:240-54. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-18> [in Ukrainian].
- Doletskyi SP. Mineralne zhyvlennia tvaryn ta umist mikroelementiv i vazhkykh metaliv u kormakh riznykh rehioniv Ukrainy za suchasnykh ekolohichnykh umov. Nauk visn Nats univ bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. 2019;172(4):94-9. [in Ukrainian].
- MOZ Ukrayiny. Shchorichnyi zvit pro stan zdorovia naselennia Ukrainy ta epidemichnu situatsiiu za 2022 rik. Kyiv: MOZ Ukrayiny; 2023. 39 s. [in Ukrainian].
- Dmytrukha NM, Andrusyshyna IM, Kozlov KP, Lehkostup LA, Hromovi TIu, Rozhkova TO, ta in. Zabrudnennia dovkillia vazhkykh metalamy vnaslidok voiennykh dii v Ukraini, monitorynh ta sposoby ochyshchennia. Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu Babenkovskoi chytannia: vid molekuliarnykh mekhanizmv do terapii; 2025 Zhov 30-31; Ivano-Frankivsk. Ivano-Frankivsk: IFNMU; s. 63-24. [in Ukrainian].
- Saviak OL, Senchii VM, Bogdańska A, Erstenyuk HM, Humeniuk Iu. Vyvchennia vplyvu viiskovykh dii v Ukraini na yakist vody. Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu Babenkovskoi chytannia: vid molekuliarnykh mekhanizmv do terapii; 2025 Zhov 30-31; Ivano-Frankivsk. Ivano-Frankivsk: IFNMU; s. 133-135. [in Ukrainian].
- Samokhvalova VL, Kryvytska IA, Krainiukov OM. Vplyv viiskovykh dii na riven zabrudnennia gruntiv ta metody yikh reabilitatsii. Materialy naukovo-praktychnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu Babenkovskoi chytannia: vid molekuliarnykh mekhanizmv do terapii; 2025 Zhov 30-31; Ivano-Frankivsk. Ivano-Frankivsk: IFNMU; s. 139-141. [in Ukrainian].
- Kushch OH, Zemlianyi OA, Stryzhak OV. Suchasnyi pohliad na mekhanizmy vplyvu vazhkykh metaliv na morfo-funktsionalnyi stan travnoi systemy. Visn probl biol med. 2024;172(1):93-9. DOI: <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2024-1-172-55-61> [in Ukrainian].
- Nefodova OO, Yanushkevych KS. Vplyv izolovanoho vvedennya soley svyntsy na morfolohichni struktury pechinky shchuriv ta yiyi biokhimichniy stan. Persp innov nauky. 2023;15(33):1219-1231. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-15\(33\)-1219-1231](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-15(33)-1219-1231) [in Ukrainian].
- Nefodova OO, Bilishko DV. Eksperymentalne vyznachennia khronichnoho vplyvu soley kadmiiu na hepatohenez shchuriv. Visn probl biol med. 2021;1(159):230-235. [in Ukrainian].
- Nefodova OO, Bilyshko DV. Vplyv vazhkykh metaliv na morfofunktsionalnyi stan pechinky. Visnyk problem biologii i medytsyny. 2018;1(2):27-31. [in Ukrainian].

ДИНАМІКА БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ ХРОНІЧНОГО ВПЛИВУ КАДМІЮ ТА КОМПЕНСАТОРНОГО ВПЛИВУ СУКЦИНАТІВ БІОГЕННИХ МЕТАЛІВ

Закут І. М., Шаторна В. Ф.

Резюме. Інтенсивний розвиток промисловості, розширення асортименту хімічних речовин, що використовуються у сільському господарстві, призвело до забруднення довкілля цілим комплексом шкідливих для здоров'я населення хімічних факторів, серед яких провідне місце посідають солі важких металів. Печінка відіграє провідну роль у метаболізмі мікроелементів, виступаючи їх основним депо та забезпечуючи підтримання елементного гомеостазу організму. Верифікація токсичних та медикаментозних гепатопатій у клінічній практиці та експериментальній патології залишається складним діагностичним завданням. До загальноприйнятого діагностичного комплексу належать тести на активність амінотрансфераз: аланінамінотрансфераза, аспаратамінотрансфераза, та лактатдегідрогеназа. У межах проведеного дослідження нами було проаналізовано характер змін активності трансаміназ у сироватці крові самиць щурів протягом хронічного експерименту.

Дослідження було виконано на вагітних самицях щурів лінії «Вістар». Введення досліджуваних розчинів здійснювалося внутрішньошлунково щоденно, починаючи з першого дня вагітності і триваючи протягом 20 діб. Морфологічний матеріал для аналізу включає ферментний аналіз крові вагітних самиць щурів, отриманих на 13-ту та 20-ту добу експериментального впливу.

Проведений аналіз біохімічних показників підтверджує виражений гепатотоксичний вплив хлориду кадмію в досліджуваній дозі у вагітних самиць щурів. Ізольоване введення металу призводило до стійкого цитолітичного ефекту: активність АЛТ зростала у 2–2,25 рази, а АСТ у 1,5 рази, ЛДГ у 1,3 рази відносно контрольних значень. При комбінованому надходженні з хлоридом кадмію сукцинатів біогенних металів визначались тенденції до відновлення біохімічних показників крові щурів у бік до контрольних значень. Загальна динаміка підтверджує, що сукцинат цинку та сукцинат заліза ефективно зменшують руйнування клітин печінки, спричинене хронічним отруєнням кадмієм

Ключові слова: експеримент, щури, важкі метали, кадмій, травна система, печінка, трансамінази, гепатотоксичність, сукцинати, мікроелементи.

DYNAMICS OF BIOCHEMICAL INDICATORS OF RAT BLOOD UNDER CONDITIONS OF CHRONIC CADMIUM EXPOSURE AND COMPENSATORY EFFECT OF BIOGENIC METALS SUCCINATES

Zagout I. M., Shatorna V. F.

Abstract. Intensive development of industry, expansion of the range of chemicals used in agriculture, has led to environmental pollution with a whole complex of chemical factors harmful to human health, among which salts of heavy metals occupy a leading place. The liver plays a leading role in the metabolism of trace elements, acting as their main depot and ensuring the maintenance of elemental homeostasis of the body. Verification of toxic and drug-induced hepatopathies in clinical practice and experimental pathology remains a difficult diagnostic task. The generally accepted diagnostic complex includes tests for the activity of aminotransferases: alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, and lactate dehydrogenase. As part of the study, we analyzed the nature of changes in the activity of transaminases in the blood serum of female rats during a chronic experiment.

The study was performed on pregnant female Wistar rats. The administration of the studied solutions was carried out intragastrically daily, starting from the first day of pregnancy and continuing for 20 days. The morphological material for analysis included an enzymatic analysis of the blood of pregnant female rats obtained on the 13th and 20th days of experimental exposure.

The analysis of biochemical parameters confirms the pronounced hepatotoxic effect of cadmium chloride in the studied dose in pregnant female rats. Isolated administration of the metal led to a persistent cytolytic effect: ALT activity increased by 2–2.25 times, AST by 1.5 times, LDH by 1.3 times relative to control values. With the combined administration of succinates of biogenic metals with cadmium chloride, tendencies were determined to restore biochemical parameters of the blood of rats towards control values. The overall dynamics confirm that zinc succinate and iron succinate effectively reduce liver cell destruction caused by chronic cadmium poisoning.

Key words: experiment, rats, heavy metals, cadmium, digestive system, liver, transaminases, hepatotoxicity, succinates, trace elements.

ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Zagout I. M.: <https://orcid.org/0009-0000-6404-3577> ^{BCD}

Shatorna V. F.: <https://orcid.org/0000-0002-5853-9864> ^{AEF}

Конфлікт інтересів:

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Адреса для кореспонденції

Шаторна Віра Федорівна

Дніпровський державний медичний університет

Україна, 49000, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського 9

Тел.: +380567664848

E-mail: verashatornaya67@gmail.com

А – концепція роботи та дизайн, В – збір та аналіз даних, С – відповідальність за статичний аналіз, D – написання статті, Е – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії **Creative Commons Attribution (CC-BY)**, яка дозволяє необмежене використання, поширення та відтворення в будь-якому форматі за умови належного цитування оригінальної роботи © Всі автори, 2026

Стаття надійшла 18.01.2026 року
Стаття прийнята до друку 01.05.2026 року
Опубліковано 27.05.2026 року