

DOI: 10.26693/jmbs04.04.255

УДК 57.084.1+599.323.45

Земляний О. А.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИВЕДЕННЯ СВИНЦЮ З ЕКСКРЕЦІЯМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЩУРІВ В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Дніпропетровська медична академія, Дніпро, Україна

alex.dnipro@i.ua

У статті розглядається проблематика впливу техногенного забруднення на організм дрібних ссавців. Наводяться результати експерименту зі штучного введення небезпечного токсичного елемента – свинцю – в організм лабораторних щурів. Отримання результатів щодо конкретних закономірностей екскреторного виведення токсиканту свинцю з організму щурів після його перорального надходження під час експерименту, а також визначення концентрацій полютанту та встановлення кількості, яка виводиться з організму тварин упродовж експерименту, закономірності цього процесу, дослідження відсотка полютанту, що виводиться з організму тварин, відносно об'єму його надходження – головна мета дослідження. У ході проведеного експерименту, було використано дві групи тварин, одна з яких була експериментальною, а друга – контрольною.

Динаміка виведення мікроелемента з організмів щурів має вигляд хвилеподібної кривої з декількома піками значень, що характерно насамперед для тварин дослідної групи. Показники кількості Pb тварин домінують над аналогічними показниками щурів контрольної групи, що цілком логічно в умовах надходження в їх організм значних доз полютанту. Із метою встановлення відсотка Pb, який виводиться з екскреціями, було розраховано такий показник, де за 100% приймався показник, що надходив до організму кожної тварини (5,9 мг у середньому). Відсоток виведення мікроелемента з екскреціями з організму дослідних тварин є відносно незначним і не перевищує 2,5%. Зафіксовані два піки найбільшого відсотка виведення Pb з екскреціями, що повністю збігається з показниками максимальної концентрації полютанту та кількості його виведення з екскреціями. Кореляція з показниками концентрацій мікроелемента в екскреціях висока та складає $r=0,98$. Відсоток Pb, який виводиться за добу з екскреціями, не є значним. Усі інші об'єми цього мікроелемента, що надходили до організму тварин під час експерименту, або виводяться з із сечею, або накопичуються в організмі тварин, насамперед у нирках і печінці.

Ключові слова: свинець, виведення, екскреції, концентрація, кореляція.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проведені в рамках наукової теми кафедри медичної біології, фармакогнозії та ботаніки «Біологічні основи морфогенезу органів та тканин під впливом мікроелементів та ультрамікроелементів в експерименті» (анатомо-експериментальне дослідження), ДЗ «ДМА МОЗ України».

Вступ. Для України, як і для всього світу, проблема забруднення навколишнього середовища залишається однією з найбільш важливих та актуальних проблем сучасності [4]. Серед найбільш небезпечних забруднювачів природи та її об'єктів присутні важкі метали, які у великій кількості надходять у навколишнє середовище, передусім внаслідок промислової діяльності [3]. Токсиканти, поширюючись серед усіх ланок природного середовища, проникають і накопичуються як у тваринних об'єктах, так і в людському організмі. Це становить значну небезпеку для здоров'я людини [1, 11]. Останнім часом глобальне забруднення природного середовища призвело до необхідності організації системи контролю за його станом – екологічного моніторингу, однією з головних проблем якого є вибір оптимальних індикаторів, чутливих до тих або інших полютантів [3], а також показників, за якими можна судити про стан об'єкта дослідження. Найбільш відповідними для таких досліджень є мишоподібні гризуни – одні з небагатьох ссавців, що живуть у зонах промислового забруднення [2]. Саме тому вони були обрані для проведення експерименту.

Свинець є одним із найбільш небезпечних для живого організму мікроелементів. Щорічно в навколишнє середовище у вигляді силікатного пилу, ґрунту, вулканічного диму, випаровувань лісів, метеоритного пилу потрапляє до 210 тис. тонн свинцю. Техногенними джерелами є вихлопні гази двигунів, стічні води, пил, який розсіюється під час роботи

машин і механізмів. У світовий океан щорічно надходить до 460 тис. тонн свинцю. Також він застосовується у виробництві кабелів, у хімічному машинобудуванні, для одержання тетраетилсвинцю і свинцевих пігментів, як компонент різноманітних сплавів [1]. Свинець і його оксиди застосовуються у виробництві акумуляторів. Багато сполук свинцю використовуються для виготовлення фарб, зокрема свинцевого білила. Крім того, оксид свинцю (II) застосовується у виробництві скла, глазурі, емалі, оліфи; у гумовій промисловості та у виробництві сірників [1].

Свинець – це токсикант, який не має визначеної біологічної ролі, але може накопичуватися в організмі тварин і людини [14]. Його хронічне надходження в організм призводить до суттєвих незворотних порушень сперматогенезу [14] й естрального циклу, глибоких дегенеративних змін у фолікулярному апараті, деформації зародка і спонтанних абортів у тварин. Цей токсичний елемент здатний уражати центральну та периферичну нервові системи, кістковий мозок [8, 15], кров, судини, генетичний апарат клітин, має гонадо- й ембріотоксичну дію. Дія свинцю на кровотворення пов'язана з його впливом на ферментативні процеси [1, 5, 12]. У разі внутрішньовенної ін'єкції Pb первинно відкладається в кістках, печінці та нирках [2], але міцно втримується тільки в кістковій тканині. Свинець тісно пов'язаний з обміном у кістковій тканині [1].

Із сечею виводиться близько 5-10% харчового раціону Pb, що може служити непрямую вказівкою на рівні надходження його в організм. Середній вміст елемента в сечі становить у середньому 0,044 мг/добу. Свинець, що виявляється в калі, є переважно часткою елемента, що не всмокталася, однак деяка частина його виділяється із жовчю [12]. Вміст Pb у калі загалом відповідає надходженню його з їжею [1]. Виділення з калом характерне для важких металів. Особливості та механізми цього процесу до кінця не вивчені. Виведення свинцю, наприклад, істотно збільшується після збільшення в раціоні білкових продуктів. Добове надходження свинцю в організм людини становить 20-400 мкг. Близько 90% свинцю, який надходить в організм, потрапляє з продуктами харчування рослинного походження; інше – з водою й атмосферним повітрям. Найбільш чутливі до отруєння свинцю і його сполуками собаки й коні; помірно – кішки та кролики; малочутливі – морські свинки, барани, кози; найбільш стійкі – пацюки, миші, птахи [1].

Мета досліджень – отримання результатів щодо конкретних і чітких закономірностей екскреторного виведення небезпечного токсичного мікроелемента – свинцю – з організму лабораторних щурів після його перорального надходження під

час хронічного експерименту – головна мета дослідження. Визначення концентрацій поліютанту, що досліджується, та встановлення кількості свинцю, яка виводиться з організму тварин упродовж експерименту. Закономірності цього процесу, дослідження відсотка небезпечного поліютанту, який виводиться з організму тварин, відносно об'єму його надходження.

Матеріал та методи дослідження. У ході проведеного експерименту, тривалість якого становила 16 днів, було використано 2 групи тварин, одна з яких була експериментальною, а друга – контрольною. Всі тварини обох груп були поміщені в окремі клітки з однаковими умовами перебування. Утримання тварин та експерименти проводилися відповідно до положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 2005), Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (2006, ст. 26), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених П'ятим національним конгресом з біоетики (Київ, 2013).

Тварини як контрольної, так і експериментальної групи були одного віку (близько трьох місяців), однієї статі (самці) й одержували однакову їжу. Щодня у тварин збиралися екскременти та замінювалася підстилка із фільтрувального паперу, у яку збиралася сеча за минулу добу. Кожній тварині експериментальної групи вводилася своя, індивідуальна доза Pb, розрахована залежно від ваги цієї тварини, але однакова добова доза для всіх експериментальних тварин.

У книзі «Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I – IV», (Бандман, 1988) зазначені летальні дози Pb для білих щурів. Нами була взята половина зазначеної дози, тобто напівлетальна (30 мг/кг). Розрахунок конкретних концентрацій для свинцевого розчину проводився згідно з такими формулами:

а) знаходимо атомну масу солі свинцю:

$$Pb(NO_3)_2 = 207,2 * (14,007 + 15,99 * 3) * 2 = 331,15$$

б) дізнаємося, скільки солі потрібно взяти, щоб отримати 30 мг поліютанту:

$$48 \text{ мг солі (30 мг/кг Pb)}$$

в) встановлюємо, яку концентрацію солі свинцю необхідно взяти на вагу кожного піддослідного щура, виходячи з його ваги.

Як результат, ми отримали свинцевий розчин, який додавали в їжу експериментальній групі щурів. Всі зібрані під час експерименту екскременти та фільтрувальний папір із сечею були оброблені для подальших досліджень у лабораторних

умовах. Упродовж експерименту проводилося постійне зважування кожної тварини. Була розраховано кількість Pb, яка кожен добу вводилася щурам дослідної групи, оскільки відома концентрація, що вводилася (30 мг/кг), та вага щура. У середньому такий показник становить 5,9 мг. Визначення кількості мікроелемента проводили на атомно-абсорбційному спектрофотометрі AA-30 виробництва фірми «Карл Цейс Йена». Об'єми виведення Pb з екскреціями тварин дослідної групи визначалися з урахуванням відомостей про об'єми самих екскрецій за добу та концентрації у них Pb. Статистична обробка всього отриманого матеріалу проводилася за стандартними методиками в пакеті програм «STATISTICA 6.0» і Excel. Визначалося середнє значення і стандартне відхилення. Розраховувався коефіцієнт кореляції (r) між показниками.

Результати дослідження. У ході проведення досліджень кожен добу збиралася вся кількість екскрецій від кожної тварини, як із контрольної групи, так і з групи тварин, які отримували Pb з їжею. Оскільки всі тварини, хоч і були однакового віку та приблизно однакової ваги, все ж таки мали деякі відмінності у цьому показнику, з метою отримання найбільш достовірних і показових даних кількість екскрецій перераховувалася з розрахунку на 1 г ваги тіла кожної тварини, що дало можливість статистично достовірно порівнювати ці показники – як для цього досліджу, так і для інших досліджень, подібних за спрямуванням [6, 7].

Було встановлено конкретні об'єми екскрецій у тварин дослідної та контрольної групи, визначено концентрації як свинцю, так і інших мікроелементів, а також встановлені кореляційні зв'язки між різними компонентами токсичного забруднення та свинцем. Під час дослідження були визначені концентрації деяких найбільш поширених мікроелементів, біогенних і токсичних. З метою встановлення можливого кореляційного зв'язку Pb з різними мікроелементами був розрахований відповідний коефіцієнт в екскреціях тварин обох груп [7].

Також було розраховано об'єми виведення мікроелементів з організму тварин із екскреціями з розрахунку на 1 г ваги тіла тварини (**рис. 1**) упродовж досліджу. Таку можливість дає знання кількості екскрецій, які виділяються за добу, та показники концентрацій у них відповідного мікроелемента для кожної окремої тварини [7].

Динаміка виведення мікроелемента з організмів щурів має вигляд хвилеподібної кривої з декількома піками значень, що характерно насамперед для тварин дослідної групи, які цікавлять нас найбільше. Загалом показники кількості Pb дослідних тварин домінують над аналогічними показниками щурів контрольної групи, що цілком логічно в

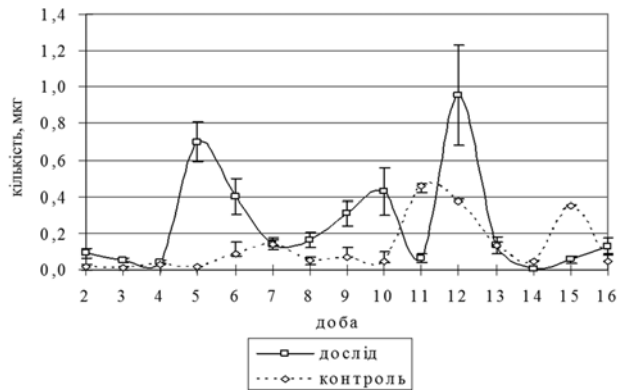


Рис. 1. Динаміка виведення Pb з екскреціями тварин в умовах експерименту, мг (на 1 г ваги тіла тварини)

умовах надходження в їх організм значних доз поллютанту.

Перший пік кількості Pb у тварин дослідної групи припадає на 5 добу експерименту – 0,7 мг на 1 г ваги тіла. Потім відбувається значне зниження та поступове збільшення показника до 0,4 мг на 10 добу, чергове різке зниження до мінімальних значень (0,1 мг) на 11 добу та повторне збільшення майже до 1,0 мг на 12 добу, після чого спостерігається також різке зниження показника до кількох тисячних мг. У тварин контрольної групи показники мають два піки збільшення, на 11 та 15 добу, але значення не перебільшують 0,4 мг.

Для встановлення чинників, які найбільше впливають на кількість Pb, що виводиться за добу з екскреціями тварин, була досліджена кореляція між цим показником і показниками концентрацій мікроелемента і кількості самих екскрецій за добу. Кореляція кількості Pb, що виводиться за добу, з кількістю самих екскрецій повністю відсутня у дослідних тварин і простежується незначною мірою у тварин контрольної групи ($r = 0,55$). Натомість кореляція кількості Pb, що виводиться за добу з екскреціями, з його концентрацією в екскреціях дуже значна. Так, у контрольних тварин вона складає $r=0,90$, а у дослідних – $r=0,98$, що досягає майже 100%.

Із метою встановлення відсотка Pb (як мікроелемента, що штучно вводився в організм щурів), який виводиться з екскреціями, було розраховано такий показник (**рис. 2**), де за 100% приймався показник, що надходив до організму кожної тварини (5,9 мг у середньому).

Відсоток виведення мікроелементу з екскреціями з організму дослідних тварин є відносно незначним і не перевищує 2,5%. За досліджений період показник змінюється в достатньо широких межах протягом експерименту. Зафіксовані два піки найбільшого відсотка виведення Pb з екскреціями.

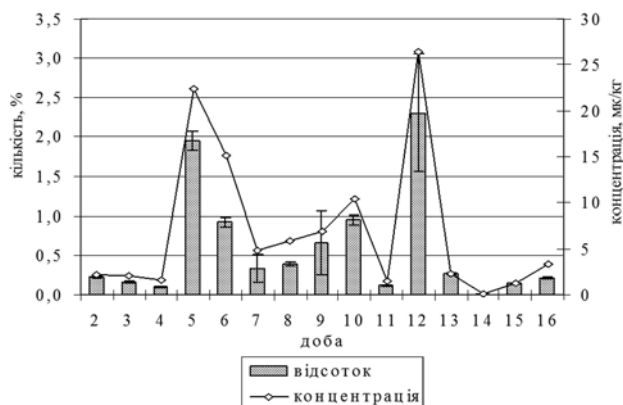


Рис. 2. Відсоток виведення Pb з організму тварин в умовах досліджу

Це 5 та 12 доба, що повністю збігається з показниками максимальної концентрації полутанту та кількості його виведення з екскреціями, що помітно на рис. 2. На 6 та 10 добу кількість виведеного токсиканту з екскрементами досягає біля 1%, в інший час знижується до 0,2–0,3%. Кореляція з показниками концентрації мікроелемента в екскреціях надзвичайно висока та складає $r=0,98$, що чітко помітно на рис. 2.

Обговорення отриманих результатів. Отримані результати свідчать про те, що на кількість виведення Pb у дослідних тварин в умовах нашого експерименту впливає переважно тільки рівень концентрації мікроелемента в екскреціях, а не кількість тих же екскрецій. Це може свідчити про адаптаційні процеси, які дозволяють збільшити об'єми виведення токсиканту шляхом збільшення його концентрації в екскреціях [6, 7].

Отримана інформація дає уявлення про об'єми надходження мікроелементів у навколишнє середовище, наприклад, у ґрунт, з екскреціями тварин. Таким чином, експериментальним шляхом можна встановити та розрахувати об'єми надходження Pb та інших мікроелементів за рік або будь-який інший період часу у природне середовище [9].

Загалом відсоток Pb, який виводиться за добу з екскреціями, не є значним. Усі інші об'єми цього мікроелемента, які надходили до організму тварин під час експерименту, або виводяться з організму із сечею [1], або накопичуються безпосередньо в організмі тварин, різних органах і тканинах, насамперед у нирках і печінці [10, 11].

Висновки. Таким чином, проведені дослідження встановили, що показники виведення свинцю з екскреціями за добу у дослідних тварин домінують над аналогічними показниками тварин контрольної групи, що цілком логічно в умовах його штучного надходження в організм щурів саме піддослідної групи. На кількість виведення токсиканту Pb за добу в умовах нашого експерименту впливає переважно тільки концентрація мікроелемента в екскреціях (у контрольних тварин $r=0,90$, а у дослідних – $r=0,98$), але не кількість тих самих екскрецій.

Відсоток виведення мікроелемента з екскреціями з організмів дослідних тварин є відносно незначним і не перевищує 2,5%. За дослідний період показник змінюється в достатньо широких межах упродовж експерименту. Частина токсиканту виводиться з організму тварин із сечею, але значна кількість накопичується в організмі.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження дають можливість встановити об'єми виведення не тільки небезпечних токсикантів, але і будь-якого іншого мікроелемента з екскреціями тварин, в організм яких він надходив штучним шляхом у визначених дозах в умовах експерименту. Перспективним є проведення подібних дослідів щодо виведення із сечею, завдяки чому можна буде отримати уявлення про реальну ситуацію із виведенням і накопиченням мікроелемента в організмі тварин у різних органах і тканинах. Такі дослідження можна екстраполювати на людину, розраховувати об'єми виведення з організму різними шляхами та накопичення в організмі небезпечних мікроелементів, що дасть можливість не застосовувати інші методи, травматичні та небезпечні.

References

1. Bandman AA, Gudzovskyy GA, Dubeykovskaya LS. *Vrednye khymicheskiye veshchestva. Neorganicheskiye soedyneniya elementov I–IV grupp* [Harmful chemicals. Inorganic compounds of elements I–IV groups]. Leningrad: Khymiya, 1988. 521 p. [Russian]
2. Vepryuk YuM. Vplyv ksenobiotykv na funktsiyi nyrok statevonezrylykh ta statevozrylykh shchuriv [The influence of xenobiotics on renal function of the sexually immature and mature rats]. *Bukovynskyy medychnyy visnyk*. 2009; 13; 4: 53–7. [Ukrainian]
3. Gygyenycheskiye kryteryi sostoyaniya okruzhayushchey sredy. 3. Svynets [Hygienic criteria for the state of the environment. 3. Lead]. *Sovmestnoe yzdanye Programmy OON po okruzhayushchey sredy u Vsemyrnoy organizatsyy zdravookhraneniya*. Zheneva: VOZ; 1980. 193 p. [Russian]
4. Dobrovolskyy VV. *Geografyya mykroelementov. Globalnoe rasseyaniye* [The geography of trace elements. Global scattering]. Moskva, 1983. 272 p. [Russian]
5. Dmytrukha NM, Lugovskyy SP, Lagutina OS. Kharakterystyka imunotoksychnoyi diyi spoluk svyntsyu z mikro- ta nanochastyinkamy [Characterization of immunotoxic action of lead compounds with micro- and nanoparticles]. *Suchasni problemy toksykologiyi, kharchovoyi ta khimichnoyi bezpeky*. 2014; 1–2(64–65): 59–66. [Ukrainian]

6. Zemlianoy OA. Deyaki osoblyvosti vyvedennya kadmiyu z ekskretsiyamy laboratornykh shchuriv v umovakh eksperymentu [Some features of the removal of cadmium from the excrements of laboratory rats under experimental conditions]. *Biologichnyy Visnyk Melitopolskogo derzhavnogo pedagogichnogo universytetu imeni Bogdana Khmelnytskogo*. 2014; 4(3): 55–69. [Ukrainian]
7. Zemlianoy OA. Vplyv svyntsyu na deyaki pokaznyky ekskretsiy laboratornykh shchuriv v umovakh eksperymentu [Lead Effects on Some Excretion Indicators of Laboratory Rats under Experimental Conditions]. *Ukrainian journal of medicine, biology and sport*. 2018; 3(1/10): 258–63. [Ukrainian] <https://doi.org/10.26693/jmbs03.01.258>
8. Lugovskyy SP. Morfo-funktsionalna kharakterystyka golovnoho mozku shchuriv pry khronichnomu vplyvi na organizm malykh doz svyntsyu [Morpho-functional characteristics of rats' brain in case of chronic effects on the body of small doses of lead]. *Sovremennye problemy toksykologyy*. 2005; 3: 36–43. [Ukrainian]
9. Pakhomov AE. Sredoobrazuyushchaya funktsyya mlekopytayushchykh kak estestvennaya agrotekhnologyya v pryrodnykh ekosystemakh y ykh yspolzovanye [The environment-forming function of mammals as a natural agrotechnology in natural ecosystems and their use]. *Visnyk Dnipropetrovskogo universytetu. Biologiya*. 2000; 8(1): 3–8. [Russian]
10. Trakhtenberg IM, ta in. Porivnyalna kharakterystyka nefrotoksychnykh effektiv rtuti i svyntsyu pry yikh tryvaliy diyti na organizm shchuriv riznogo viku [Comparative characteristic of nephrotoxic effects of mercury and lead in their long-term effects on the body of rats of different ages]. *Aktualni problemy transportnoyi medytsyny*. 2006; 2: 26–33. [Ukrainian]
11. Trakhtenberg IM. *Knyga pro otruty ta otruyennya. Narysy toksykologiyi* [A book on poisons and poisoning. Essays on toxicology]. Per z ros. Ternopil: TDMU; 2008. 364 p. [Ukrainian]
12. Castellino N, Colicchio G, Rossi A. *Folia Med.* ... Technicon Symp, New York–London, 1965. p 285-90.
13. Fioresi M, Simoes MR, Furieri LB, Broseghini-Filho GB, Vescovi MVA, Stefanon I, Vassallo DV. Chronic lead exposure increases blood pressure and myocardial contractility in rats. *PLoS One*. 2014; 9 (5): e96900. PMID: PMC4026242. doi: 10.1371/journal.pone.0096900
14. Wang L, Xun P, Zhao Y, Wang X, Qian L, Chen F. Effects of lead exposure on sperm concentrations and testes weight in male rats: a meta-regression analysis. *J Toxicol Environ Health A*. 2008; 71 (7): 454–63. PMID: 18306093. doi: 10.1080/15287390701839331
15. Gidlow DA. Lead toxicivt. *Occupational medicine*. 2004; 54: 76–81. doi: 10.1093/occmed/kqh019
16. Mameli O, Caria MA, Metis F, Solinas A, Tavera C, Ibba A, et al. Neurotoxic effect of lead at low concentrations. *Brain Research Bulletin*. 2001; 55 (2): 269-75. PMID: 11470326. doi: 10.1016/S0361-9230(01)00467-1

УДК 57.084.1+599.323.45

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫВЕДЕНИЯ СВИНЦА С ЭКСКРЕЦИЯМИ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА Земляной А. А.

Резюме. В статье рассматривается проблематика влияния техногенного загрязнения на организм мелких млекопитающих. Приводятся результаты эксперимента по искусственному введению токсичного элемента – свинца – в организм лабораторных крыс. Получение результатов по закономерностям экскреторного выведения свинца из организма крыс после его перорального поступления, определение концентраций поллютантов и установление количества, которое выводится из организма животных в течение эксперимента, закономерности данного процесса, исследование процента поллютанта, который выводится из организма животных, относительно объема его поступления – главная цель исследования. В ходе проведенного эксперимента были использованы экспериментальная и контрольная группы животных.

Динамика выведения микроэлемента из организмов крыс имеет вид кривой с несколькими пиками значений, что характерно, прежде всего, для экспериментальных животных. Показатели количества Pb у них доминируют над аналогичными показателями крыс контрольной группы, что вполне логично в условиях поступления в организм значительных доз поллютанта. С целью установления процента Pb, который выводится с экскрециями, был рассчитан такой показатель, где за 100% принималось количество, поступающее в организм каждого животного (5,9 мг в среднем). Процент вывода микроэлемента с экскрециями из организма животных не превышает 2,5%. Зафиксированы два пика максимального процента вывода Pb с экскрециями, что полностью совпадает с показателями максимальной концентрации поллютанта и количеством его выведения с экскрециями. Корреляция с показателями концентраций микроэлемента в экскрециях составляет $r=0,98$. Процент Pb, который выводится за сутки с экскрециями, не является значительным. Все остальные объемы этого микроэлемента, которые поступали в организм животных, либо выводятся из организма с мочой, либо накапливаются непосредственно в организме животных, в различных органах и тканях, прежде всего в почках и печени.

Ключевые слова: свинец, вывод, экскреции, концентрация, корреляция.

UDC 57.084.1+599.323.45

Some Aspects of Lead Exclusion with Excrements from Laboratory Rats in the Experimental Conditions

Zemlianyi O. A.

Abstract. Contamination of the environment is one of the most important challenges of today's world. Heavy metals are considered to be the most dangerous environmental contaminants. Lead (Pb) is one of the most toxic elements for living organisms. Chronic intake of lead causes numerous severe irreversible disorders.

The purpose of the study was to obtain the results on characteristics of the exclusion of a dangerous toxic element, lead, from the organisms of laboratory rats after its oral administration; to determine the lead amount and concentration excreted from the animal body during the experiment; and to study the parameters of this process, including the percentage of this dangerous pollutant excluded from the body of animals, in relation to the volume of the metal administered.

Material and methods. The duration of the experiment was 16 days. There were two groups of animals: experimental and control. All animals were placed in individual cages with identical conditions of stay. Individual Pb doses were administered to every animal in experimental group, depending on the weight of the animal, but in equal daily dose, in mcg per 1 mg of body weight.

Results and discussion. The volumes of microelements excreted (per 1 g of animal body weight) were calculated. The first peak of Pb excretion in experimental animal was found on the 5th day of the experiment and comprised 0.7 mg per 1 g of body weight. Then there was a decrease in Pb exclusion, and a gradual increase of this index up to 0.4 mcg for the next 10 days. There was a further significant decrease to the minimum values (0.1 mcg) for 11 days and a re-increase to almost 1.0 mcg for 12 days.

The amount of Pb exclusion is mainly affected only by the level of the microelement concentration in the faeces, not the amount of the faeces. In order to determine the percentage of Pb that was excreted, a relative indicator was calculated (where 100% was the amount of Pb that was ingested by each animal (5.9 mg on average). The percentage of microelement removal with faeces from the body of experimental animals did not exceed 2.5%. Two peaks of the highest percentage of Pb excretion were recorded. These were 5 and 12 days, which totally coincided with the maximum concentration of pollutant and the amount of faeces. The correlation with the micronutrient concentration in faeces was extremely high, with $r = 0.98$.

Conclusions. Indicators for the elimination of lead with faeces per day in experimental animals exceeded the same indicators in the control group, which corresponds to the conditions of artificial intake of the metal into the body of the rats in the experimental group. The amount of Pb toxicity per day was more influenced by the concentration of the trace elements in the faeces (in control animals $r = 0.90$, and in the experimental ones $r = 0.98$), but not by the amount of faeces. The percentage of excretion of trace elements from the body of experimental animals was low. The relative indicator varied rather broadly throughout the experiment. Some part of the toxicant was excreted from the body of animals with urine, but significant amount of Pb was accumulated in the body.

Keywords: lead, withdrawal, excretion, concentration, correlation.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 17.03.2019 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування