

УДК 57.084.1+599.323.45

О.А. Земляний

**ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИВЕДЕННЯ КАДМІЮ З ЕКСКРЕЦІЯМИ
ЛАБОРАТОРНИХ ЩУРІВ В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ***Дніпропетровській національній університет ім. Олеся Гончара,
Дніпропетровськ, Україна*

У статті розглядаються результати експерименту зі штучного введення Cd в організм лабораторних щурів. Встановлені деякі механізми процесів взаємодії поллютанту з іншими мікроелементами, його виведення з організму з екскреціями, шляхи та механізми цього процесу, його об'єми та особливості. Надається конкретна інформація про кількість екскрецій упродовж експерименту, добовий об'єм виведення поллютанту, кореляційні зв'язки з іншими показниками. Аналізується зв'язок між кількістю виділеного кадмію та об'ємом екскрецій і концентрацій у них поллютанту.

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

O.A. Zemlianyi

CADMIUM EXCRETION IN FECES OF RATS AT EXPERIMENTAL CONDITIONS*Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine*

Studies demonstrated that the excretions per 1 g of rat weight in the experimental group usually prevails over the control group, especially in the second part of the experiment. The increase in the amount of feces in animals of the experimental group was also registered. Such processes may indicate the intense excretory processes and increase the output of harmful pollutants from the rats together with overall stimulation of rat digestive activity.

The higher correlations between Cd and other pollutants, namely toxic Ni and Pb ($r = 0.84$ and 0.91 , respectively) were calculated for rat feces of experimental group compared to the control.

The concentration of Cd and Pb in the excretion of experimental group was maximal in the first day of the experiment, suggesting definite reaction towards rapid output of maximum amount of toxicants from rat body. Subsequently, a decrease in concentration of other pollutants demonstrated their incorporation in metabolic processes and significant accumulation in rat body (kidney and liver), or involvement of other mechanisms for neutralization and removal of intoxicants. Given the increasing amount of excretions in the second half of the experiment, this may be a solution to this issue.

The Cd output per 1 g of rat weight was maximal in the first day, followed by a rapid decline and partial restoration in second half of the experiment. Obviously, it confirms the theory of substitution mechanisms in excretion of significant amount of hazardous toxicants and shifting towards less concentrated excretions in greater amount.

Thus, the correlation index between the percentage of excreted pollutant and its concentration in the excretion was 0.75. When we considered only the first 7 days this increased to 0.91 and proved that during the first stage of experiment the percentage of pollutants excretion was dependent upon its concentration in feces. Correlation between Cd



output rate and excretion volumes was insignificant (0.08 for the complete experiment) but was increased sharply during the second half of the experiment – up to 0.70. This contributes to the theory that the volume of Cd output in the initial stage of experiment was determined by the concentration of other pollutants in feces, while in second half by the amount of excretions.

Keywords: cadmium, output, excretion, concentration, correlation.

А.А. Земляной

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫВЕДЕНИЯ КАДМИЯ С ЭКСКРЕЦИЯМИ
ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА**

*Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара,
Днепропетровск, Украина, email: alex.dnipro@i.ua*

В статье рассматриваются результаты эксперимента по искусственному введению Cd в организм лабораторных крыс. Установлены некоторые механизмы процессов взаимодействия поллютанта с другими микроэлементами, его выведение из организма с экскрециями, пути и механизмы этого процесса, его объемы и особенности. Приводится конкретная информация по количеству экскреций на протяжении эксперимента, суточному объему выведения поллютантов, корреляционным связям с другими показателями. Анализируется связь между количеством выделенного кадмия и объемом экскреций и концентрации в них поллютантов.

Ключевые слова: кадмий, выведение, экскреции, концентрация, корреляция.

ВСТУП

Проблематика досліджень процесів та механізмів надходження і виведення небезпечних поллютантів в організмі тварин та людини має не лише важливе теоретичне, але й цілком практичне значення. Це дозволяє зрозуміти загальні процеси, які відбуваються із накопиченням і виведенням мікроелементів, та встановити конкретні механізми й об'єми видалення, розрахувати норми надходження, шляхи, об'єми та терміни виведення поллютантів з організму. Мишоподібні гризуни найбільше підходять для подібних досліджень, оскільки є одними з небагатьох ссавців, що живуть у зонах промислового забруднення (Булахов, 2003). Надходження забруднювачів з їжею є визначальним у їх накопиченні організмом тварин. Так само як підвищений вміст металів у зовнішньому середовищі неминуче призводить до підвищення концентрацій цих елементів в організмах ссавців, штучне введення поллютанту спричинятиме його значні концентрації в організмі піддослідних тварин (Басмаджиева, 1981).

Наявність Cd, Pb та інших поллютантів в навколишньому середовищі в якості пріоритетних забруднювачів призводить до їх прямого впливу на тварин та суттєвих негативних змін в їх організмах. Вивчення таких процесів можливе шляхом моделювання під час хронічного експерименту (Глаголева, 2012; Трахтенберг, 1987; Уланова, 1969). Такі дослідження традиційно проводяться із

застосуванням лабораторних щурів, як одних з найбільш вдалих тварин-біондикаторів (Красовский, 1973). Вони чудово реагують як на окремі поллютанти, так і на весь комплекс забруднюючих речовин, що не завжди можна визначити за допомогою сучасних приладів (Добровольский, 1983).

Одним з найнебезпечніших токсикантів є кадмій, що й зумовило його вибір для дослідів. Він не є життєво необхідним мікроелементом і, крім впливу на обмін фізіологічно важливих хімічних елементів (Zn, Cu, Fe), іншого його специфічного біологічного значення не встановлено. Антропогенні джерела надходження в навколишнє середовище: промислові викиди і дифузно-розсіяні джерела різних ступенів потужності - теплові енергетичні установки, мотори, мінеральні добрива, тютюновий дим (Войнар, 1962).

Кадмій, що надходить із кормом в організм гризунів, впливає на характер включення і розподіл в тканинах інших важких металів. Встановлено позитивну кореляцію між концентраціями Cd і Zn, Cd і Cu, зокрема у печінці. Пероральне введення комплексів Cd з металопротейнами супроводжується його накопиченням у нирках (Безель, 1984).

Максимальне накопичення іншого небезпечного поллютанту – Pb – у нирках мишей відбувається у тварин, що одержують одночасно Pb, Zn і Cd. Виявлено антагоністичний ефект біоіндикації Cd і Zn. При одночасному введенні всіх трьох елементів накопичення Cd залишалося високим. У лабораторних експериментах було визначено, що тривале надходження в організм Cd викликало у мишоподібних гризунів специфічні селективні порушення в тестикалах, неволюючих гонадах і плаценті (Березина, 1981; Софронова, 2009; Бандман, 1988).

Існують дані про біологічну конкуренцію Cd з Zn, що визначає характер багатьох змін в організмі під дією Cd, а також протекторну дію цинку при кадмієвій інтоксикації. Кадмій знижує активність травних ферментів – трипсину і, меншою мірою, пепсину. Змінюється під дією Cd каталазна активність крові й тканин печінки, причому малі дози активують її, а більші пригнічують. Установлено можливість включення Cd у комплекс із ферментами. Впливає на вуглеводний обмін, викликаючи гіперглікемію, пригнічує синтез глікогену в печінці (Бандман, 1988).

Зіставлення показників токсичності металевого Cd, оксиду й ряду його солей при внутрішньошлунковому введенні мишам дозволяє вважати більш небезпечними нітрат і сульфат ($LD_{50} = 47$ мг/кг), оксид і хлорид (67 мг/кг); для металевого Cd $LD_{50} = 890$ мг/кг. Найменшою токсичністю володіють сульфід і сульфідселенід Cd. Ембріотоксична дія CdO і CdCl₂, вища, ніж при однократному отруєнні, через збільшення проникності плаценти. Хронічне отруєння можливе і при надходженні Cd через дихальні шляхи, і при потраплянні його в шлунково-кишковий тракт. Зміни при хронічному



отруєнні Cd відбуваються у дихальних шляхах, нирках та інших системах організму. Кадмій має кумулятивний ефект (Бандман, 1988).

Додавання солей Cd у раціон і питну воду викликає у пацюків затримку росту кісток і остеопороз, посилене виведення кальцію із сечею та калом, зменшення активності лужної фосфатази. У хронічних дослідах концентрація оксиду Cd $0,5 \text{ мг/м}^3$ визначена для пацюків, як гранична за гонадотоксичним ефектом, недіюча концентрація – $0,23 \text{ мг/м}^3$ (Parizek, 1982).

Кадмій впливає на ранні ультраструктурні перебудови в аденогіпофізі, наднирниках, щитовидній залозі у концентраціях порядку $0,1 \text{ мг/м}^3$. В організмі не існує контролю за обміном Cd, тому з віком відбувається його накопичення у тканинах (Войнар, 1952). При пероральному введенні мишам або надходженні з кормом Cd активно всмоктується у шлунково-кишковому тракті та потрапляє у кров. Кадмій пригнічує всмоктування Zn, що, імовірно, зумовлюється взаємодією іонів Cd^{2+} і Zn^{2+} на рівні відповідних транспортних систем. Поглинений з їжею та водою Cd всмоктується на 4-10% у дванадцятипалій і клубовій кишці. Розподіляється Cd по всіх тканинах тіла. Основними депо є печінка й нирки, у яких перебуває половина всього поглиненого металу. Виділення відбувається в основному із сечею (Войнар, 1962).

Що стосується кількості екскрецій, яка виділяється у навколишнє середовище дрібними ссавцями, то, за літературними даними, вона досить суттєва. Так, у монографії О.Е. Пахомова наводяться дані, отримані Булаховим та Тарасовим: миша хатня – $0,276 \text{ кг/особину на рік}$, миша лісова – $0,375 \text{ кг/особину на рік}$ (Булахов, 1980; Тарасов, 1982; Пахомов, 1998).

Таким чином, залишаються деякі не з'ясовані механізми виведення Cd с екскреціями тварин під час хронічного експерименту. Така проблематика є досить важливою для розуміння процесів, які відбуваються не лише в організмах лабораторних тварин, але й у природних екосистемах.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

У ході проведеного нами експерименту, тривалість якого становила 11 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. Тварини як контрольної, так і експериментальної групи були одного віку (близько трьох місяців), однієї статі (самці) та одержували однакову їжу. Щодня у тварин збиралися екскременти й замінювалася підстилка із фільтрувального паперу, у який збиралася сеча за минулу добу. Кожній тварині експериментальної групи вводилася своя, індивідуальна доза Cd, розрахована залежно від ваги даної тварини, але однакова добова доза для всіх експериментальних тварин, яка складала 30 мг/кг , незалежно від ваги та розміру тварин.

В роботі Бандмана (1988) зазначені летальні дози Cd для білих шурів. Нами була взята половина зазначеної дози, тобто напівлетальна (30 мг/кг).

Розрахунок конкретних концентрацій для кадмієвого розчину проводився згідно з наступним алгоритмом:

а) атомна маса солі кадмію: $(\text{CdSO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O} = 769,2\text{г}$

б) кількість солі для 30 мг поллютанту: 769,2-112,4

х - 30мг/кг

х = 205,3мг соли - 30мг/кг кадмію

в) розрахунок концентрації солі кадмію для кожного піддослідного щура, виходячи з його ваги.

Таким чином, для кожної тварини розраховувалась своя концентрація та готувався відповідний розчин з полулетальною добовою дозою Cd.

У результаті отримали кадмієвий розчин, який намагалися додавати в їжу експериментальної групи тварин. Однак виявилось, що тварини відмовилися вживати дану їжу з додаванням розчину Cd, тому нам довелося вводити необхідну дозу розчину Cd у ротову порожнину тварин за допомогою піпетки. Всі зібрані під час експерименту екскременти й фільтрувальний папір із сечею були оброблені для подальших досліджень у лабораторних умовах. Під час експерименту відбувалося постійне зважування кожної тварини.

Об'єми виведення Cd з екскреціями тварин дослідної групи визначались із урахуванням відомостей про кількість об'ємів самих екскрецій за добу та концентрації у них Cd. Також було розраховано кількість Cd, яка кожен добу вводилась щурам дослідної групи, оскільки відома концентрація, яка вводилась (30 мг/кг), та вага щура. У середньому такий показник становить 4,7 мг.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під час проведення досліду вимірювалась кількість екскрецій тварин обох груп (рис 1). Оскільки всі тварини мали однаковий вік та приблизно схожу вагу, з метою отримання найбільш достовірних та показових даних кількість екскрецій перераховувалась з розрахунку на 1 г ваги тіла кожної тварини, що дало можливість статистично достовірно порівнювати ці показники, як для усіх тварин даного досліду, так і інших досліджень, схожих за напрямком.

У тварин дослідної групи спостерігався у перший тиждень достатньо стабільний рівень кількості екскрецій, показники якого знаходились у межах 4–8 мг на 1 г ваги тіла тварин. На 8 добу досліду відзначалося різке збільшення показника до 16,5 мг, повернення на 9 добу до рівня 4 мг та збільшення цього показника до 14–7 мг в останні дні проведення досліду.

Дуже схожа тенденція спостерігалась також для показників тварин контрольної групи, де було зафіксовано показники кількості екскрецій на рівні 3–9 мг на протязі 2-7 доби, стрімке збільшення на 8 добу до 19 мг, різке зменшення на 9 добу до рівня 4 мг, невелике збільшення показника на 10 добу до 9 мг і зменшення на 11 добу знову до рівня 4 мг. Не дивлячись на схожість хвилеподібної динаміки зміни кількості екскрецій на 1 г тіла у тварин обох досліджених груп, кореляційний зв'язок між показниками дослідних та

контрольних щурів упродовж усіх 11 діб не дуже значний ($r = 0,47$). Однак, якщо брати до уваги результати 10 днів досліджень, то кореляція значно вища ($r = 0,76$).

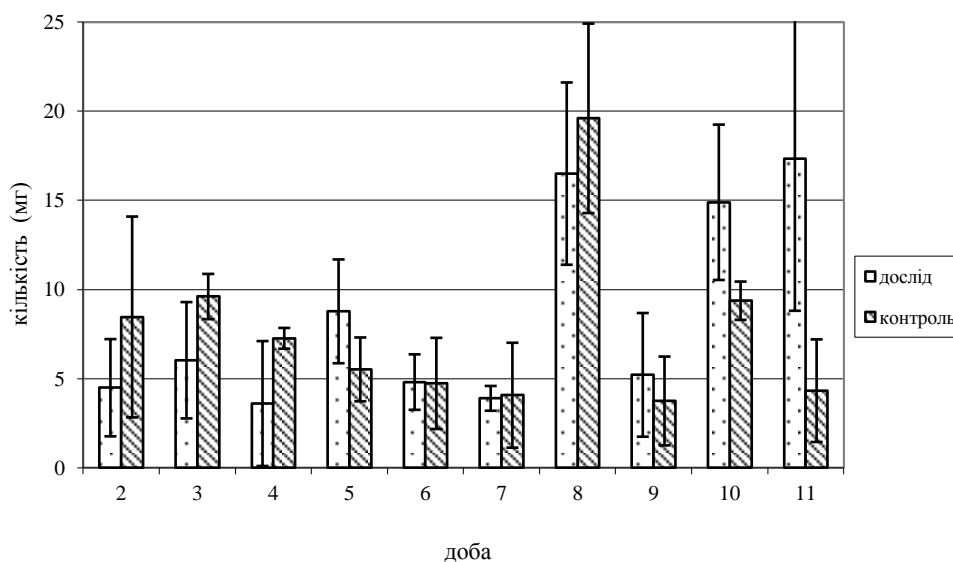


Рис. 1. Кількість екскрецій на 1 г ваги тварин під час проведення дослідів

Це свідчить про схожість процесів зміни об'ємів екскреторної діяльності щурів обох груп упродовж 10 днів і початку розходження цих показників на 11 добу проведення дослідів в умовах надходження в організм тварин однієї з груп значних об'ємів Cd.

Порівняльний аналіз кількості екскрецій виявив його домінування у контрольної групи тварин у перші 3 доби дослідів, що може свідчити про пригнічення екскреторної діяльності у тварин при пероральному надходженні значних показників Cd. Зміна відбувалась на 5 добу, коли показники дослідних тварин переважали аналогічні у контрольної групи, що говорить про інтенсифікацію процесів виведення небезпечних шкідливих речовин (полютанту Cd) з організму тварин експериментальної групи з екскреціями. На 6-7 добу значення показників майже однакові. Різкі зміни показника відбувались на 8 добу з домінуванням значень контрольної групи. В останні 3 доби спостерігалось чітке домінування показника тварин дослідної групи, що знову свідчить про намагання організму тварин збільшити обсяги виведення мікроелементів. Максимальна різниця між дослідними тваринами і контролем була визначена на 11 добу - 13 мг.

Середні показники дослідної групи $8,55 \pm 4,66$ мг, контрольної групи $7,66 \pm 3,27$ при $t = 0,35$, що підтверджує наші висновки.

Була досліджена концентрація найбільш важливих мікроелементів біогенної та токсикогенної природи в екскреціях обох груп тварин. Для виявлення синергичної та антагоністичної сутності у взаємодії цих елементів була розрахована кореляція між вмістом мікроелементів та Cd, якій безпосередньо вводився в організм тварин (табл. 1).

Таблиця 1. Значення коефіцієнтів кореляції між концентраціями важких металів і Cd в екскреціях обох груп тварин

| Групи | Елементи | | | | | |
|----------|----------|-------|------|------|------|------|
| | Fe | Mn | Cu | Zn | Ni | Pb |
| дослід | 0,69 | -0,02 | 0,52 | 0,45 | 0,84 | 0,91 |
| контроль | 0,42 | 0,30 | 0,05 | 0,73 | 0,41 | 0,05 |

Аналіз значень коефіцієнтів чітко дає зрозуміти, що потрапляння Cd в організм щурів змінює кореляційні зв'язки між вмістом мікроелементів в екскреціях, тобто змінюються об'єми їх виділення з організму тварин. Так, у контрольної групи майже відсутні кореляційні зв'язки між Cd та іншими елементами, за винятком Zn, де $r = 0,73$. У дослідної групи кількість і якість кореляційних зв'язків помітно зростає. Так, Cd корелює з біогенним Fe ($r = 0,69$) і з напівтоксичним Ni ($r = 0,84$). Максимальний кореляційний зв'язок Cd встановлено із таким самим небезпечним токсикантом Pb, $r = 0,91$. Надходження в організм тварин значних концентрацій Cd та його накопичення в екскреціях тварин провокує аналогічні тенденції для інших токсикантів - Ni і Pb.

Динаміка концентрації Cd та пов'язаного з ним Pb в екскреціях тварин дослідної групи зумовлена механізмами виведення цих поліютантів з організму щурів з екскреціями упродовж проведення досліду (рис. 2). Максимальні показники концентрації Cd спостерігаються в першу добу досліджень, що свідчить про намагання тварин негайно позбутись значних обсягів цього токсиканту, якій почав надходити в їх організм.

Упродовж наступних двох діб відбувається зменшення концентрації даного мікроелемента, що можливо, пов'язано з його значним накопиченням в організмі тварин та зв'язуванням з іншими елементами. У подальшому спостерігається деяке нарощування вмісту поліютанту в екскреціях тварин (упродовж 4-6 діб) з подальшим зменшенням концентрації, яка досягає свого мінімуму на 11 добу проведення досліду.

Динаміка зміни концентрацій Pb практично ідентична зазначеній для Cd, що закономірно при існуючій позитивній кореляції. Це свідчить про значний синергичний зв'язок між двома небезпечними токсикантами в умовах проведеного досліду із надходження в організм тварин Cd. У цілому, необхідно констатувати зменшення концентрації обох поліютантів в екскреціях під час

експерименту, що пов'язано як зі значним накопиченням поллютантів в самому організмі, в різних органах та тканинах, так і з погіршенням виведення токсикантів з екскреціями у зв'язку із порушенням відповідних процесів.

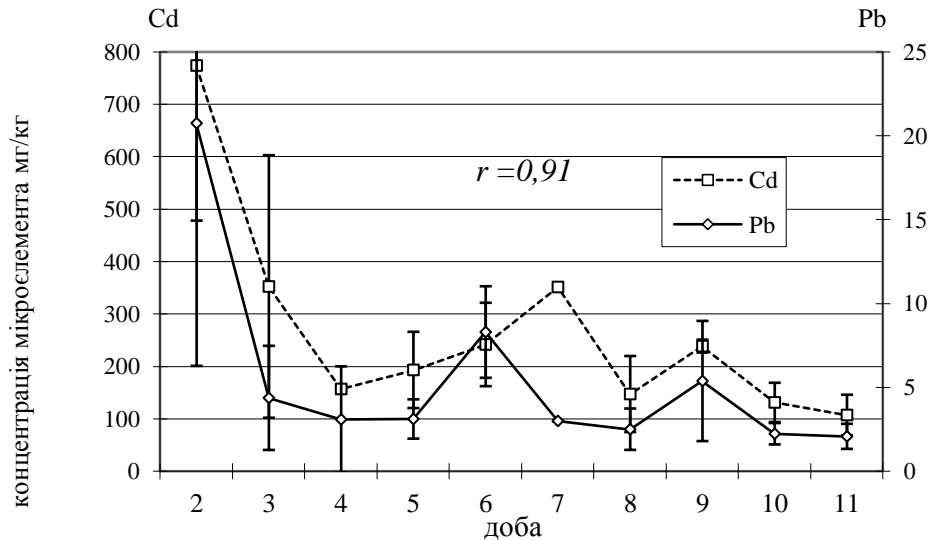


Рис. 2. Концентрація Cd і Pb в екскреціях тварин дослідної групи.

Також було розраховано об'єми виведення мікроелементів з організму тварин із екскреціями з розрахунку на 1 г ваги тіла тварини (рис. 3) на протязі проведення досліду. В контрольній групі тварин об'єми виведення Cd зростали у перші чотири доби, досягаючи свого максимуму (до 2,17 мкг). У подальшому відбувалось зменшення цього показника, і надалі він залишався приблизно на одному мінімальному рівні (0,22-0,83 мкг). Зовсім інша ситуація простежувалась у зміні об'ємів виведення Cd у тварин дослідної групи, які отримували значні концентрації цього поллютанту. Максимальні об'єми спостерігались на другу добу експерименту - 3,5 мкг. У подальшому відбувалось падіння кількості поллютанту до мінімального рівня на 4 добу до 0,56 мкг. Потім була відмічена хвилеподібна зміна показників з максимумами на 5, 8 и 10 добу (1,7-2,4 мкг). У порівнянні з аналогічними показниками тварин контрольної групи, відбувалось явне домінування показників дослідної групи, що цілком очевидно в умовах отримання добових полудетальних доз Cd.

У цілому, незважаючи на те, що кореляційний зв'язок між об'ємами екскрецій обох дослідних груп був достатньо високим на протязі десяти днів з одинадцяти ($r = 0,76$), кореляція між показниками об'ємів виведення Cd обох дослідних груп була невеликою ($r = 0,23$), див. рис. 1.

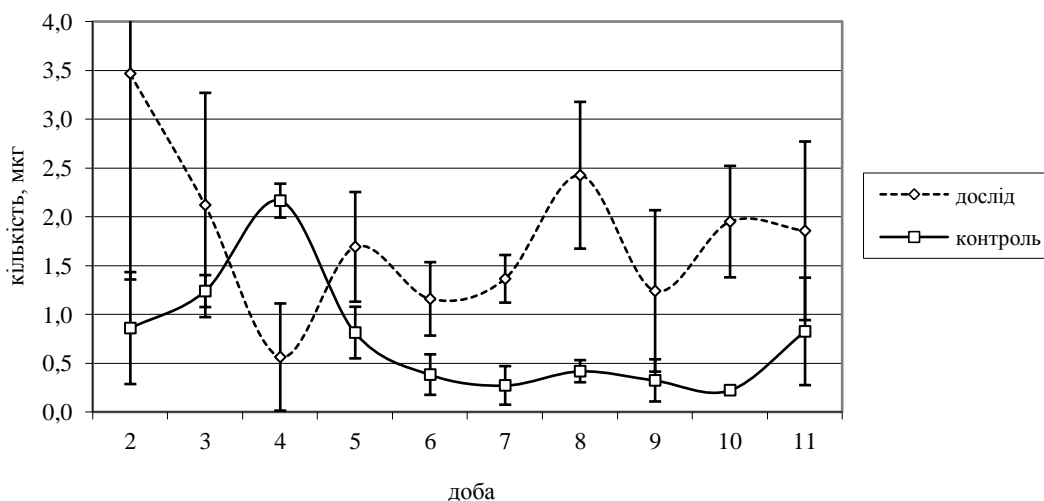


Рис. 3. Динаміка виведення Cd с екскреціями тварин в умовах експерименту, мкг

Такі закономірності підтверджено слабкими кореляційними зв'язками між показниками концентрацій Cd в екскреціях обох груп ($r = -0,13$) у результаті чого відмічено розбіжності у динаміці виведення об'ємів даного мікроелемента, що наведено на рис. 3.

Таким чином, на прикладі Cd констатуємо, що для об'ємів виведення мікроелементів у тварин з екскреціями, в першу чергу, визначним є концентрація цього металу в екскреціях, а не об'єми екскрецій за добу. У цілому, кількість виведення токсиканту Cd за добу з організму тварини з екскреціями була достатньо високою. Навіть у контрольній групі вона складає близько 0,5-1,0 мкг Cd на 1 г тварини. Таким чином, можна розрахувати об'єми виведення й інших мікроелементів, концентрація яких відома.

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 Cd та інших мікроелементів за рік, або будь-який інший період часу у зовнішнє середовище (Пахомов, 2000; 2002).

Із метою встановлення відсотка Cd, (мікроелемента, що штучно вводиться в організм щурів), який виводиться з екскреціями, було розраховано такий показник, де за 100 % приймалось значення у 4,7 мг, який у середньому надходив до організму кожної тварини (рис. 4).

Встановлено, що максимальні показники виведення полютанту (у відсотках) спостерігались у другу добу проведення дослідів, досягаючи 11 %. У подальшому відбувалось зниження цього показника до менш, ніж 2 % у четверту добу зі збільшенням на п'яту добу до майже до 5 % та ще одним

збільшенням до 7 % на 8 добу і подальшим коливанням показника від 3 до 5 % упродовж останніх днів експерименту. Такі показники, значною мірою, залежать від концентрації мікроелемента в екскреціях, про що свідчить достатньо високий кореляційний зв'язок з цими показниками ($r = 0,75$).

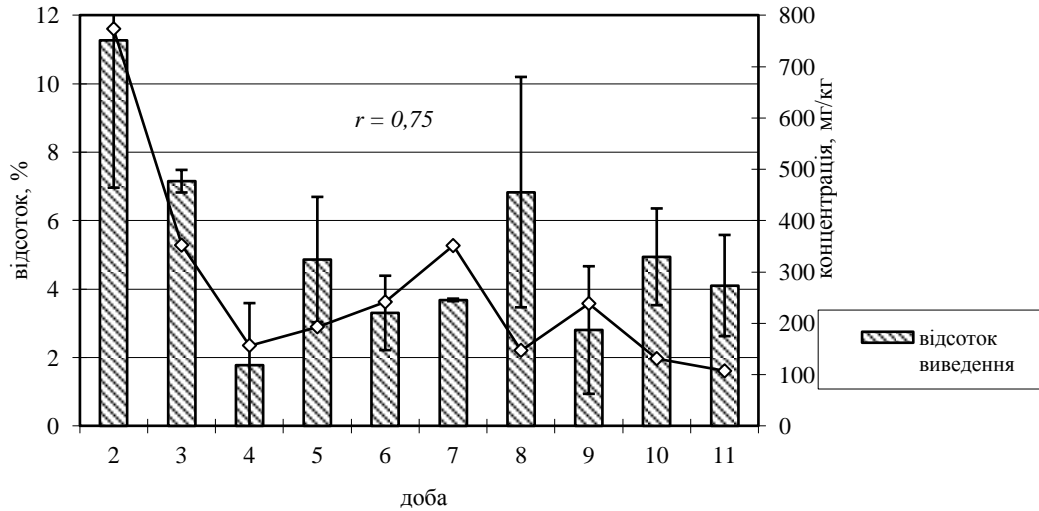


Рис. 4. Відсоток виведення Cd з організму тварин в умовах дослідю.

Відсоток Cd, якій виводився з екскреціями, не був достатньо значним. За літературними даними, значна кількість даного мікроелемента, що надходив до організму тварин під час експерименту, або виводився із сечею (Войнар, 1962), або накопичувався безпосередньо в організмі тварин, різних органах і тканинах, в першу чергу в нирках та печінці (Безель, 1984; Березіна, 1981; Войнар, 1953).

ВИСНОВКИ

Кількість екскрецій (на 1 г ваги щура) у тварин дослідної групи впродовж експерименту превалювало над аналогічними показниками тварин контрольної групи, особливо у другій частині проведення дослідю. Також із часом спостерігалось збільшення кількості екскрементів у тварин дослідної групи. Такі процеси можуть свідчити про наростання процесів екскреторної діяльності для збільшення виведення небезпечного поліютанту з організму тварин, а також про загальну стимуляцію травної діяльності тварин.

В екскреціях тварин дослідної групи, в порівнянні з контролем, спостерігалось збільшення кореляційних зв'язків показників концентрації Cd з іншими мікроелементами, особливо з токсикантами Ni і Pb ($r = 0,84$ та $0,91$ відповідно).

Показники концентрації поліютантів Cd і Pb в екскреціях дослідної групи були максимальними у першу добу дослідю, що свідчить про зміну стратегії організму для оперативного видалення значних об'ємів токсикантів. У подальшому відбувалось зниження показників концентрації мікроелементів,

що може свідчити про включення полютантів у метаболізаційні процеси організму, та значне накопичення в організмі (в нирках та печінці), або про підключення інших механізмів для нейтралізації та видалення інтоксикантів. Саме таким механізмом і стає збільшення кількості екскрецій у другій половині досліджу.

Що стосується безпосередньо об'ємів виведення Cd з розрахунку на 1 г ваги тіла тварин, Об'єми видалення Cd були максимальними у першу добу, потім відбувалось стрімке падіння цього показника з його частковим подальшим відновленням у другій половині досліджу. Це підтверджує теорію заміни механізмів виведення з організму значних об'ємів небезпечного токсиканту і полягає у "переорієнтуванні" значних концентрацій мікроелемента в екскреціях на значні об'єми самих екскрецій.

Значення коефіцієнту кореляції між показниками відсотку виведеного полютанту та його концентрацією в екскреціях дорівнювало 0,75), але при врахуванні тільки перших 7 діб значення коефіцієнту збільшувалось до 0,91. Це свідчить про те, що у першому етапі проведення досліджу на відсоток виведення полютанту в першу чергу впливає його концентрація в екскреціях. Кореляційний зв'язок відсотка виведення Cd з об'ємами екскрецій відсутній, $r = 0,08$ (якщо брати увесь період), але значення коефіцієнта різко збільшувалось до 0,7 при врахуванні другої половини досліджу. Це підтверджує той факт, що об'єми виведення Cd на першому етапі досліджу визначає концентрація мікроелемента в екскреціях, на другому – об'єм самих екскрецій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Бандман А. А. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I – IV групп / А. А. Бандман, Г. А. Гудзовский, Л. С. Дубейковская // – Л.: Химия, 1988. – 521 с.
- Басмаджиева К. Основные принципы, критерии и методы определения предельно допустимых концентраций загрязняющих воздух веществ / К. Басмаджиева, М. Кертес, К. Хорн // В кн.: Гигиенические аспекты охраны окружающей среды. – М.: СЭВ, 1981. – С. 7–11.
- Безель В. С. Накопление свинца мышевидными грызунами в природных популяциях / В. С. Безель, О. Р. Садыков, О. Ф. Садыков // Экология. – 1984. – № 6. – С. 26–29.
- Березина О. В. Изучение токсичности свинца, кадмия, серебра и бора по ускоренной методике исследования оперантного поведения животных / В кн.: Современные проблемы гигиенического регламентирования и контроля качества окружающей среды. – М., 1981. – С. 127–130.
- Булахов В. Л. Трофическая структура биомассы и продуктивность позвоночных животных как показатели биогеоценологической организации степных лесов Приднепровья // Вопросы биологической диагностики лесных биогеоценозов



- Присамарья: Сб. науч. тр. Комплексной экспедиции. – Днепропетровск: ДГУ. – 1980. – С. 110–124.
- Булахов В. Л. Биоразнообразие как функциональная основа экосистем / В.Л. Булахов, И.Г. Емельянов, А.Е. Пахомов // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. – 2003. – Вип. 11, т.1. – С. 3–8.
- Войнар А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М., 1953. – 187 с.
- Войнар А. И. Микроэлементы в живой природе. – М., 1962. – 94 с.
- Добровольский В. В. Некоторые аспекты загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. – М.: Наука, 1983. – С. 44–45.
- Глаголева Л. Э. Исследование энтеросорбирующих свойств пищевых биосистем в условиях *in vivo* / Л.Э. Глаголева, Н. С. Родионова, О. С. Корнеева, Г. П. Шуваева // Вестник ВГУИТ. – №3. – 2012. – С. 163–164.
- Красовский Г. Н. Моделирование интоксикаций и обоснование условий экстраполяции экспериментальных данных животных на человека при разрешении задач гигиенического нормирования // Автореф. дисс. д-ра мед. наук. – М., 1973. – 20 с.
- Пахомов А. Е. Биогеоценотическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины: Монография. Т 2. – Днепропетровск: ДГУ.– 1998. – С. 9.
- Пахомов А. Е. Средообразующая функция млекопитающих как естественная агротехнология в природных экосистемах и их использование // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. – 2000. – Вип. 8, т.1. – С. 3–8.
- Пахомов А. Е. Экскреторная деятельность косули (*Capreolus capreolus* L.) в условиях загрязнения никелем лесных почв в степи / Л. В. Грачева, Т. Замесова, А. Е. Пахомов // Екологія та ноосферологія. Т.12. – 2002. – № 3–4. – С. 47–53.
- Софронова С. А. Изыскание средств для лечения животных при сочетанном отравлении солями свинца и кадмия. – Казань, 2009. – 158 с.
- Тарасов М. А. Потребление грызунами первичной продукции в горных экосистемах // Млекопитающие СССР: Тез. докл. 3-го Всесоюз. териол. о-ва. – М., 1982. – С. 304.
- Трахтенберг И. М. Методы изучения хронического действия химических и биологических показателей / И. Я. Квятковская, Л. А. Тимофиевская, И. М. Трахтенберг. – Рига: Зинатне, 1987. – 172 с.
- Уланова И. П. К вопросу о переносе данных, полученных в эксперименте на животных, в гигиеническую практику. / И. П. Уланова, И. В. Саноцкий, К. К. Сидоров, А. И. Халепо // Гигиена труда и профзаболевания. – 1969. – № 7. – С. 22 – 25.
- Parizek J. Cd and reproduction after 25 years // *Reprod. and. Dev. Tixicity metals. Proc. Joint. Meet., Rochester, N.Y.L., 1982. - P. 301-313.*

REFERENCES

- Bandman, A.A., Gydzovskiy, G.A., Dubeikovskaia, L.S. (1988). Harmful chemicals. Inorganic compounds of elements of I-IV groups. Leningrad. Chemistry.
- Basmadgieva, K., Kertes. M., Chorn, K. (1981). Basic principles, criteria and methods for determining the maximum allowable concentrations of air pollutants. In: Hygienic aspects of environmental protection. Moscow.
- Bezel, V.S., Sadukov, O.F., Sadukov, O.P. (1984). Lead accumulation in micromammals in natural populations. *Ecology*. 6, 26-29.
- Berezina, O.V. (1981). A study of the toxicity of lead, cadmium, silver, and boron by intensive methods of study of operant behavior of animals. In: Modern problems of hygienic regulation and quality control of the environment. Moscow.
- Bulakhov, V.L. (1980). Trophic structure of the biomass and productivity of vertebrates as indicators of forest steppe biogeocenosis organization Pridneprovya. Questions of forest biological diagnostic of biogeocoenosis of Prissamarya. Dnepropetrovsk. Dnepropetrovsk State University.
- Bulakhov, V.L., Emelianov, I.G., Pakhomov, A.Ye. (2003). Biodiversity as functional basis of ecosystem. *Bulletin of Dnepropetrovsk National University*. 11(1), 3-8.
- Voinar, A.I (1953). The biological role of trace elements in the body of animals and human. Moscow.

Voinar, A.I. (1962). *Microelements in nature*. Moscow.



- Dobrovolskiy, V.V. (1983). Some aspects of the environmental contamination by heavy metals. Moscow. Science.
- Glagoleva, L.Ye., Rodionova, N.S., Korneeva, O.S., Shyvaeva, G.P. (2012). Research of enterosorbent biosystem properties of food production in vivo. Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. 3, 163-164.
- Krasovskiy, G.N. (1973). Simulation of intoxication and justification of the conditions for extrapolation of experimental animal data to human problems in the resolution of hygienic standardization. Thesis of Doctoral Dissertation. Moscow.
- Pakhomov, A.Ye. (1998). Biogeocenotic role of mammals in soil forming processes in steppe forest of Ukraine. Dnepropetrovsk: Dnepropetrovsk State University.
- Pakhomov, A.Ye. (2000). Environmental function of mammals as natural agrotechnology in natural ecosystems and their use. Bulletin of Dnepropetrovsk National University. 8(1), 3-8.
- Pakhomov, A.Ye., Gracheva, L.V., Zamesova, T. (2002). Excretory activity of roe deer (*Capreolus capreolus* L.) in the conditions of contamination the nickel of forest soils in steppe. Ecology and noospherology. 12(3-4), 47-53.
- Sofronova, S.A. (2009). Fundraising for the treatment of animals in the combined poisoning by salts of lead and cadmium. Kazan.
- Tarasov, M.A. (1982). Consumption of primary production in rodents' mountain ecosystems. In Mammals of the USSR. Moscow.

Trahtenberg, I.M., Kviatkovskaia, I.Yi., Timofievskaja, L.A. (1987). Methods of studying the chronic effects of chemical and biological indicators. Riga. Zinatne.

Ulanova, I.P., Sanozkiy I.V., Sidorov, K.K., Halepo, A.I. (1969). Towards transfer of the data obtained in experiments on animals to the hygienic practices. Hygiene of labor and professional disease. 7, 22-25.

Поступила в редакцию 05.09.2014

Как цитировать:

Земляний, О.А. (2014). Деякі особливості виведення кадмію з екскреціями лабораторних щурів в умовах експерименту. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 4 (3), 55-69. **crossref** <http://dx.doi.org/10.7905/bbmsspu.v4i3.894>

© *Земляний, 2014*

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).