

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

УДК 628.394.6:57/59

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

*В.С. Безель,  
С.В. Мухачева*

ФГБУН Институт экологии  
растений и животных  
УрО РАН, 620144, г.  
Екатеринбург, Российская  
Федерация

**Н**а основе исследований репродуктивных параметров мелких млекопитающих из природных популяций (на примере рыжей полевки), обитающих в зоне действия крупного предприятия цветной металлургии, и сопоставления полученных данных с результатами токсикологических экспериментов (хроническая затравка самок крыс Cd), сделана попытка оценить величину прямых эффектов токсического действия Cd. Ожидалось, что при существующих уровнях загрязнения, эмбриональные потери, вызванные прямым токсическим действием Cd, не должны превышать 7 %, однако, фактические потери существенно превышали результаты экстраполяции. Наблюдаемые различия обусловлены действием на репродукцию животных из природных популяций внешних и внутренних факторов, влияющих на реализацию репродуктивного потенциала.

**Ключевые слова:** загрязнение среды, кадмий, природные популяции, рыжая полевка, эмбриональные потери, токсикологический эксперимент.

**Введение.** В настоящее время приходит четкое понимание того, что в условиях возрастающего антропогенного воздействия на природную среду человечество страдает не только от прямого неблагоприятного воздействия антропогенных факторов, но и от вызываемых этими же факторами нарушений состояния отдельных биогеоценозов и биосферы в целом.

Традиционно негативные эффекты воздействия ксенобиотиков на человека исследуются в медицинской токсикологии в экспериментах на лабораторных животных. Развиваемая в последние десятилетия система мониторинга состояния природных экосистем, использующая широкий набор видов-индикаторов, также

предполагает их применение в качестве модельных объектов для оценки влияния химического загрязнения не только на природную среду, но и на человека. Часто в качестве таких моделей рассматривают популяции хорошо изученных зоологами видов мелких млекопитающих, обладающих широким ареалом, относительной оседлостью, высокой плодовитостью и значительной численностью в природных экосистемах [1,2].

Однако из-за существенной разницы условий возникают сложности прямого сопоставления состояния зверьков из природных популяций и лабораторных животных, тем более человека. Если в эксперименте можно строго дозировать

**Безель Виктор Сергеевич (Bezel Victor Sergeevich)**, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории экотоксикологии популяций и сообществ Института экологии растений и животных УрО РАН, 620144, г. Екатеринбург, Российская Федерация, beze I@ipae.uran.ru  
**Мухачева Светлана Валерьевна (Mukhacheva Svetlana Valer'evna)**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экотоксикологии популяций и сообществ Института экологии растений и животных УрО РАН, 620144, г. Екатеринбург, Российская Федерация, msv@ipae.uran.ru

вать токсическую нагрузку и контролировать условия, а также обеспечить однородность выборки животных (генетическую, половую, возрастную), то в природных условиях соблюдение этих требований представляет значительные трудности. По этой причине при исследовании загрязнения территорий ксенобиотиками (в том числе, тяжелыми металлами) авторы, как правило, ограничиваются сведениями об их концентрациях в органах, тканях или организме в целом [2-5], реже изучают реакцию на воздействие физиологических, биохимических и популяционно-ценотических показателей [6-10].

Важнейшими характеристиками, которые необходимо регистрировать при изучении токсичности среды обитания для животных, имея в виду и благополучие человека, являются репродуктивные показатели, поскольку именно они определяют ход процессов популяционно-воспроизводства. Сложность сопоставления данных по плодовитости и эмбриональным потерям у млекопитающих из природных популяций и лабораторных животных заключается в том, что у диких видов эти параметры определяются не только уровнем токсической нагрузки, но и влиянием «внутренних» (разнокачественностью особей, действием плотно-зависимых механизмов) и «внешних» (мозаичностью полей загрязнения, гетерогенностью микро-средовых параметров среды, погодно-климатическими условиями) факторов. В подобной ситуации встает проблема разделения эффектов прямого и опосредованного воздействия токсических агентов на репродуктивные параметры животных.

*Цель работы* – оценить прямые эффекты токсического действия загрязнения среды промышленными выбросами металлургического

производства, содержащими Cd, на репродуктивные параметры мелких млекопитающих из природных популяций (на примере рыжей полевки); сопоставить результаты с данными экспериментов по хронической затравке лабораторных животных соединениями Cd; рассмотреть возможность экстраполяции экспериментальных данных на природные популяции диких видов млекопитающих.

**Материалы и методы исследования.** В работе использованы материалы, полученные при исследовании населения мелких млекопитающих в зоне действия (1-2 и 4-6 км) крупнейшего на Урале предприятия по выплавке меди из первичного сырья (Среднеуральского медеплавильного завода) и на значительном удалении от него (20-30 км), где уровень загрязнения территории близок к уровню регионального фона.

В качестве модельного объекта использовали рыжую полевку (*Myodes glareolus* Schreber, 1780), доминирующую в сообществах мелких млекопитающих сравнимых территорий. Животных отлавливали линиями ловушек в течение периода массового размножения (май-август) одновременно на всех участках. В работе использовали только размножающихся самок (перезимовавших и прибылых), параметры репродукции документированы у 348 особей (табл. 1). Оценивали потенциальную (число желтых тел беременности) и фактическую (число жизнеспособных эмбрионов) плодовитость, общие эмбриональные потери (разность между числом желтых тел и живых эмбрионов, в % от числа желтых тел) [11]. Самки с полным срывом беременности из расчетов исключены.

Для оценки уровня индивидуальной токсической нагрузки на организм у полевок отбирали образцы содержимого желудков (n = 216), кон-

Таблица 1

**Репродуктивные характеристики самок рыжей полевки (в расчете на 1 самку), населяющих загрязненные и фоновые территории**

Исследуемый параметр	Территория исследования	
	Фоновая	Загрязненная
Анализируемая выборка	186	162
Количество желтых тел беременности	6,63 ± 0,11	6,43 ± 0,11
Размер выводка (число живых эмбрионов)	6,01 ± 0,16	5,75 ± 0,15
Общие эмбриональные потери, %	9,7 ± 1,2	8,6 ± 1,2

центрацию Cd (мкг/г сухой массы) в которых определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (AAS 6 Vario, Analytik Jena AG, Германия) в лаборатории экотоксикологии популяций и сообществ ИЭРиЖ УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС. RU0001.515630).

Суточное потребление корма (P, г сухой массы) рассчитывали индивидуально по формуле [12]:  $P = (1.42 + 0.08 \times m)$ , где m – масса особи, г. Суточное поступление в организм Cd с кормом (мкг/г массы тела) оценивали дифференциро-

вано для каждой особи по индивидуальной концентрации элемента в содержимом желудка и количеству потребляемого ею корма.

Для экстраполяции экспериментальных данных на особей из природных популяций использовали сведения из литературных источников [13-22], полученные при хронической заправке самок крыс солями Cd (табл.2).

Статистический анализ осуществляли в пакете Statistica v.8.0. Для оценки различий в содержании Cd в рационе использовали непараме-

Таблица 2

**Репродуктивные эффекты Cd у самок крыс в лабораторном эксперименте**

Источник	Схема эксперимента, дозы (мкг/г/сутки)	Наблюдаемый эффект	Эмбриональные потери, %*
[13]	Внутрижелудочно, во время беременности (с 6 по 19 день) дозы: 0; 20; 40; 60; 80	Снижение размера выводка при дозах 60 и 80 мкг/г.сут	эффект отсутствует
[14]	Внутрижелудочно, до и в течение всей беременности дозы: 0; 0.1; 1.0; 10.0	Снижение размера выводка при дозе 10 мкг/г.сут	эффект отсутствует
[15,16]	Внутрижелудочно, до и во время беременности (с 7 по 16 день) дозы 0; 0.04; 0.4; 2.0; 4.0; 12.0; 40.0	Эмбриональные потери достигали 45% при дозе 40 мкг/г.сут	эффект отсутствует
[17]	Внутрижелудочно, во время беременности (с 6 по 18 день) дозы: 0; 10.0; 25.0; 50.0	Размер выводка не изменялся	эффект отсутствует
[18]	Внутрижелудочно, в течение всей беременности дозы: 2.5; 5.0; 10.0; 20.0	Эмбриональные потери составили от 15.5 % при дозе 2.5 мкг/г до 30% при дозе 20.0	2.0
[19]	Внутрижелудочно, в течение всей беременности дозы: 0.075; 0.75; 7.5	Эмбриональные потери составили 15.0; 17.7; 18.5 соответственно	7.0
[20]	С кормом в течение беременности (с 1 по 6 день) дозы: 0, 2.5; 5.0; 10.0	Срыв беременности у 40% самок при дозе 5.0 мкг/г.сут; у 87 % - при дозе 10.0 мкг/г.сут )	эффект отсутствует
[21]	Внутрижелудочно, в течение всей беременности доза: 0.5	Эмбриональные потери 11.4 %	6.7
[22]**	С кормом в течение беременности (с 9 по 19 день); дозы: 0; 3.0	Эмбриональные потери (резорбция) до 47%	эффект отсутствует

Примечание: \* – наши оценки эмбриональных потерь для природных популяций рыжей полевки на основе экспериментальных результатов \*\* – эксперимент на лабораторных мышах.

трический тест Манна-Уитни (U), для сравнения репродуктивных показателей использовали двухфакторный дисперсионный анализ, значимыми считали различия при  $p < 0.05$ .

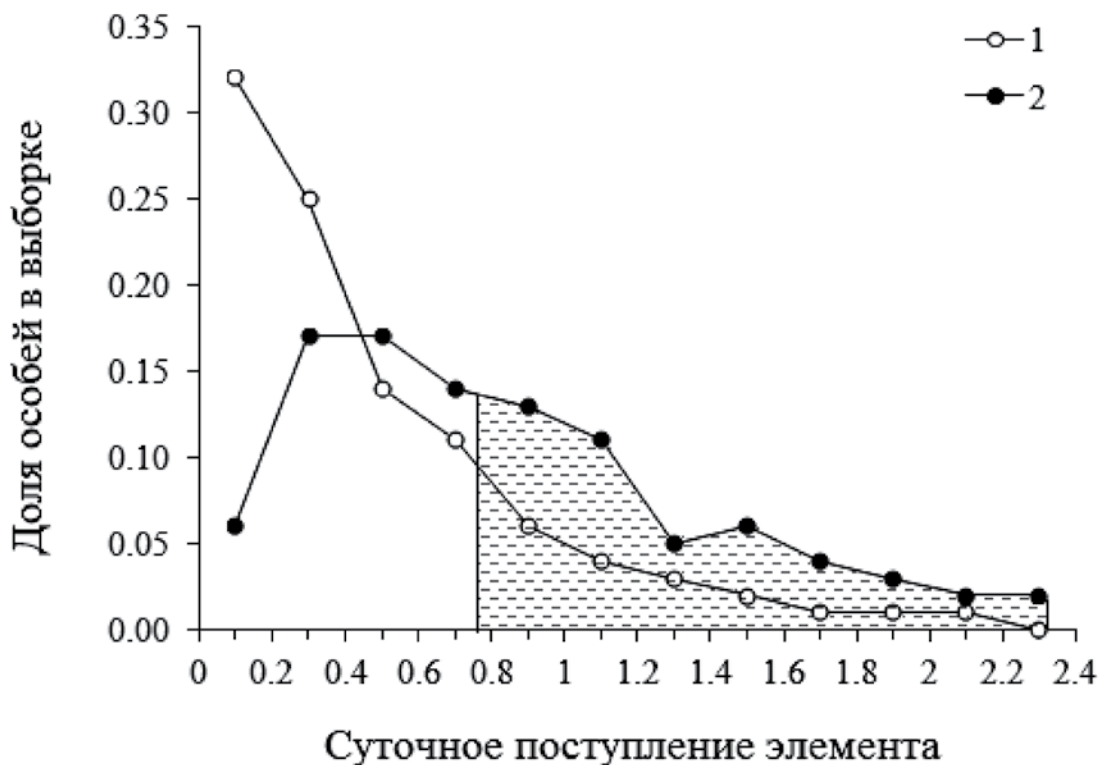
### Результаты и обсуждение.

Поступление Cd в организм самок рыжей полевки с кормом. Как правило, токсикологические эксперименты основаны на длительной заправке лабораторных животных соответствующими дозами токсических агентов, поступающими в организм разными способами (перорально, ингаляционно, подкожно и др.). При многокомпонентном составе рационов животных в природных условиях, мозаичности загрязнения и возможных различиях состава корма в градиенте загрязнения среды наиболее адекватно количественно оценить «дозовую нагрузку», можно учитывая концентрацию элемента в содержимом желудка и объем суточного потребления корма. Согласно нашим данным средняя концентрация Cd в корме размножающихся самок с загрязненных участков (4.27 мкг/г) существенно ( $U_{Cd=1606}, p < 0.0001$ ) превышала фоновые (0.92 мкг/г) значения [23]. На основании дифференцированных расчетов суточного поступления Cd с кормом в организм отдельных особей можно оценить особенности рас-

пределения «дозовой нагрузки» в анализируемой выборке (рис.1).

Репродуктивные показатели самок рыжей полевки. Показатели репродукции самок рыжей полевки, населяющих сравниваемые территории, приведены в таблице 1. У полевок, отловленных на разных участках, не отмечали значимых различий в размере выводка, потенциальной плодовитости и уровне эмбриональных потерь. Этот факт свидетельствует как о достаточно высокой консервативности показателей репродукции, обеспечивающих процессы популяционного воспроизводства в гетерогенной среде, так и эффективном действии внутривидовых механизмов поддержания численности вида в нестабильных условиях. Действие этих факторов в лабораторных исследованиях оценить невозможно ввиду константности условий проведения эксперимента.

Данные токсикологических экспериментов, сопоставление с результатами из природных популяций рыжей полевки. В таблице 2 приведены литературные сведения о воздействии разных доз солей Cd на репродуктивные показатели самок лабораторных крыс в течение беременности (при внутрижелудочном поступлении).



**Рис. 1.** Суточное поступление Cd с кормом (мкг/г массы тела) в организм особей рыжей полевки, населяющих фоновые и загрязненные участки. 1 – фоновый участок; 2 – импактный участок; заштрихованная область – доля самок рыжей полевки, получавших с кормом суточную дозу Cd, превышающую 0,75 мкг/г массы тела.

Для примера рассмотрим данные В.И. Качкова с соавторами [19]. При хронической заправке Cd лабораторных крыс дозой в 0.75 мкг/г массы тела средний уровень эмбриональных потерь у них не превышал 15% (табл.2). Согласно представленному выше распределению суточного потребления Cd рыжими полевками, подобную дозу с кормом может получать до 47% животных, населяющих загрязненные территории (рис.1, заштрихованная часть графика). В этой «критической» группе самок эмбриональные потери не должны превышать 7%. Аналогичная экстраполяция данных других авторов [18,21] показала, что на загрязненных участках общие эмбриональные потери у полевок, обусловленные поступлением Cd с кормом, не должны превышать эти значения (табл.2). У полевок с фоновых территорий общие эмбриональные потери за счет Cd, рассчитанные таким же способом, не должны превышать 3%.

В таблице 2 приведены также данные других авторов, отмечающих иные нарушения репродуктивного процесса у крыс в лабораторном эксперименте. Экстраполяция этих условий на данные по поступлению Cd с пищей к рыжим полевкам показала, что в нашем случае не следует ожидать подобных проявлений токсичности в природных популяциях полевок на загрязненной территории, в первую очередь, из-за отсутствия в этих популяциях доз, подобных экспериментальным заправкам (рис.1). В использованном нами подходе не учитывалось, что в определяемой нами «критической» группе животных имеются также особи, получающие ежедневно дозы Cd, выше порога, установленного на основании экспериментальных данных. Однако в силу логнормального характера кривой распределения суточного поступления Cd в природных популяциях животных доля таких сильно уменьшается с увеличением дозы и, вероятно, не может существенно изменить наши оценки (рис.1).

**Заключение.** Токсическое влияние Cd на репродукцию млекопитающих хорошо известно. При всей условности нашей экстраполяции, приводимые оценки в определенной мере отражают возможные эффекты прямого действия загрязнения среды на природные популяции рыжей полевки. При уровнях загрязнения, реально существующих в зоне действия изученного нами источника эмиссии поллютантов (в том числе, Cd), в результате подобной экстраполяции эмбриональные потери, вызванные прямым токсическим воздействием Cd, в среднем не должны превышать 7 %.

Однако приводимые выше оценки отличаются от реальных данных, полученных для рыжей полевки (табл.1): общие эмбриональные потери на загрязненном и особенно на фоновом участках превышали результаты экстраполяции (табл. 2). Наблюдаемые различия могут быть обусловлены влиянием на репродукцию множества внешних факторов, с которыми животные ежедневно сталкиваются в природной среде (уровень локальной численности, пространственная и демографическая структура популяции, меж- и внутривидовая конкуренция, кормовые и защитные свойства среды, погодноклиматические факторы и т.д.). Все эти факторы могут прямо и косвенно влиять на реализацию репродуктивного потенциала мелких млекопитающих. Приведенные оценки эмбриональных потерь в природных популяциях рыжей полевки соответствуют конкретным уровням и структуре загрязнения. Необходимо с осторожностью относиться к возможности экстраполяции настоящих выводов на другие экотоксикологические ситуации, при которых уровень эмбриональных потерь, вызванных прямой токсичностью Cd, может быть иным.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума УрО РАН (проект 15-12-4-28), (НШ-2840.2014.4) и РФФИ (грант № 16-04-00201).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Talmage S.S., Walton B.T. Small mammals as monitors of environmental contaminants. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 1991; 119: 47-1
2. Sawicka-Kapusta K., Świergosz R., Zakrzewska M. Bank voles as monitors of environmental contamination by heavy metals. A remote wilderness area in Poland imperiled. Environ. Pollut. 1990; 67: 315-3
3. Bezel V.S., Koutchenogij K.P., Mukhacheva S.V., Savchenko T.I., Chankina O.V. Using of synchrotron radiation for study of multielemental composition of the small mammal diet and tissues. Nucl. Instr. & Meth. in Physics Res. 2007; 575: 218-220.
4. Milton A., Cooke J.A. & Johnson M.S.: Accumulation of lead, zinc, and cadmium in a wild population of *Clethrionomys glareolus* from an abandoned lead mine. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2003; 44: 405-4
5. Sánchez-Chardi A., López-Fuster M.J., Nadal J. Bioaccumulation of lead, mercury and cadmium in the greater white-footed shrew, *Crocidura russula*, from the Ebro Delta (NE Spain): sex- and age-depend variation. Environ. Pollut. 2007; 145: 7-6
6. Безель В.С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценоотический аспекты. Екатеринбург: Екатеринбург: Гошицкий; 20(in Russian)
7. Давыдова Ю.А., Мухачева С.В. Промышленное загрязнение не увеличивает частоту нефропатологий у рыжей полевки. Экология. 2014; 4: 278-2(in Russian)
8. Мухачева С.В. Воспроизводство населения рыжей полевки в градиенте техногенного загрязнения среды. Зоол. журн. 2001; 80 (12): 1509-15(in Russian)
9. Damek-Poprava M., Sawicka-Kapusta K. Histopathological changes in the liver, kidneys, and testes of bank voles environmentally exposed to heavy metal emissions from the steelworks and zinc smelter in Poland. Environ. Res. 2004; 96: 72-
10. Zakrzewska M. Effect of lead on postnatal development of the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1988; 17: 365-371.
11. Туликова Н.В. Методы изучения природных очагов болезней человека. М.: Медицина; 19(in Russian)
12. Кузнецов Г.В., Михайлин А.П. Особенности питания и динамики численности рыжей полевки в условиях широколиственного леса. М.: Наука; 19(in Russian)
13. Scharpf L.G., Hill I.D., Wright P.L., Plank J.B., Keplinger M.L., Calandra J.C. Effect of sodium nitrilotriacetate on toxicity, teratogenicity, and tissue distribution of cadmium. Nature. 1972; 239: 231-234.
14. Sutou S., Yamamoto K., Sendota H., Tomomatsu K., Shimizu Y., Sugiyama M. Toxicity, fertility, teratogenicity, and dominant lethal tests in rats administered

cadmium subchronically. *J. Toxicity studies. Ecotox. Environ. Safety.* 1980; 4: 39-

15. *Barański B., Stetkiewicz I., Sitarek K., Szymczak W.* Effects of oral, subchronic cadmium administration on fertility, prenatal and postnatal progeny development in rats. *Arch. Toxicol.* 1983; 54 (4): 297-302.
16. *Baranski B.* Effect of exposure of pregnant rats to cadmium on prenatal and postnatal development of the young. *J. Hyg. Epidemiol. Microbiol. Immunol.* 1985; 29(3): 253-262.

## REFERENCES:

1. Talmage S.S., Walton B.T. Small mammals as monitors of environmental contaminants. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 1991; 119: 47-1
2. *Sawicka-Kapusta K., Świergosz R., Zakarzewska M.* Bank voles as monitors of environmental contamination by heavy metals. A remote wilderness area in Poland imperiled. *Environ. Pollut.* 1990; 67: 315-3
3. *Bezel V.S., Koutchenogii K.P., Mukhacheva S.V., Savchenko T.I., Chankina O.V.* Using of synchrotron radiation for study of multielemental composition of the small mammal diet and tissues. *Nucl. Instr. & Meth. in Physics Res.* 2007; 575: 218-220.
4. *Milton A., Cooke J.A. & Johnson M.S.:* Accumulation of lead, zinc, and cadmium in a wild population of *Clethrionomys glareolus* from an abandoned lead mine. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2003; 44: 405-4
5. *Sánchez-Chardi A., López-Fuster M.J., Nadal J.* Bioaccumulation of lead, mercury and cadmium in the greater white-footed shrew, *Crocidura russula*, from the Ebro Delta (NE Spain): sex- and age-depend variation. *Environ. Pollut.* 2007; 145: 7-6
6. *Bezel V.S.* Ecological toxicology:

17. *Simmons D.L., Valentine D.M., Bradshaw W.S.* Different patterns of developmental toxicity in the rat following prenatal administration of structurally diverse chemicals. *J. Toxicol. Environ. Health* 1984; 14: 121-1
18. *Литвинов Н.Н., Казачков В.И., Астахова Л.Ф.* К вопросу о дозоэффективной зависимости эмбриотоксического действия хлористого кадмия. *Гигиена и санитария.* 1988; 2: 86-(in Russian)
19. *Казачков В.И., Гасимова З.М., Астахова Л.Ф.* Модифицирующее

- population and biocenotic aspects. *Yekaterinburg: Goscicki;* 20(in Russian).
7. *Davydova Y.A., Mukhacheva S.V.* Industrial pollution does not cause an increased incidence of nephropathies in the bank vole (in Russian) *Rus. J. of Ecol.* 2014; 4: 278-2
8. *Mukhacheva S.V.* The reproduction of bank vole in the gradient of anthropogenic pollution (in Russian). *Zoologicheskii zhurnal.* 2001; 80 (12): 1509-1517.
9. *Damek-Poprava M., Sawicka-Kapusta K.* Histopathological changes in the liver, kidneys, and testes of bank voles environmentally exposed to heavy metal emissions from the steelworks and zinc smelter in Poland. *Environ. Res.* 2004; 96: 72-
10. *Zakrzewska M.* Effect of lead on postnatal development of the bank vole (*Clethrionomys glareolus*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1988; 17: 365-371.
11. *Tupikova N.V.* Methods of studying the natural foci of human disease. *Moscow: Meditsina;* 19(in Russian)
12. *Kuznetsov G.V., Mikhailin A.P.* Peculiarities of feeding and population dynamics of bank vole in a broad-leaved forest. *Moscow: Nauka;* 19(in Russian)
13. *Scharpf L.G., Hill I.D., Wright P.L.,*

- действие свинца на эмбриотоксичность кадмия. *Гигиена и санитария.* 1992; 2: 60-(in Russian)
20. *Paksy K., Varga B., Lázár P.* Effect of cadmium on female fertility, pregnancy and postnatal development in the rat. *Acta Physiol. Hung.* 1996; 84 (2): 119-130.
21. *Саломейна Н.В., Машак С.В.* Структурные основы материнско-плодовых отношений при химическом воздействии в эмбриогенезе. *Медицина и образование в Сибири.* 2012; available at: <http://ngmu.ru/cozo/mos/article/>

- Plank J.B., Keplinger M.L., Calandra J.C.* Effect of sodium nitrilotriacetate on toxicity, teratogenicity, and tissue distribution of cadmium. *Nature.* 1972; 239: 231-234.
14. *Sutou S., Yamamoto K., Sendota H., Tomomatsu K., Shimizu Y., Sugiyama M.* Toxicity, fertility, teratogenicity, and dominant lethal tests in rats administered cadmium subchronically. *J. Toxicity studies. Ecotox. Environ. Safety.* 1980; 4: 39-
15. *Barański B., Stetkiewicz I., Sitarek K., Szymczak W.* Effects of oral, subchronic cadmium administration on fertility, prenatal and postnatal progeny development in rats. *Arch. Toxicol.* 1983; 54 (4): 297-302.
16. *Baranski B.* Effect of exposure of pregnant rats to cadmium on prenatal and postnatal development of the young. *J. Hyg. Epidemiol. Microbiol. Immunol.* 1985; 29(3): 253-262.
17. *Simmons D.L., Valentine D.M., Bradshaw W.S.* Different patterns of developmental toxicity in the rat following prenatal administration of structurally diverse chemicals. *J. Toxicol. Environ. Health* 1984; 14: 121-1
18. *Litvinov N.N., Kazachkov V.I., Astakhova L.F.* On the question depending

- abauthors.php?id=580
22. *Rus M., Checui M.* Teratogenic and embryo toxic effects induced by heavy metals in mice: the quest for a recent and more precise classification of fetal skeletal anomalies in mouse strains. *Roman. Biotechn. Lett.* 2014; 19 (3): 9330-9338.
23. *Мухачева С.В., Безель В.С.* Тяжелые металлы в системе мать-плацента-плод у рыжей полевки в условиях загрязнения среды выбросами медеплавильного комбината. *Экология.* 2015; 6: 444-4(in Russian)

- "doze - effect" by embryo toxic influence of cadmium chloride. *Hygiene and sanitaria.* 1988; 2: 86-(in Russian).
19. *Kazachkov V.I., Gasimova Z.M., Astakhova L.F.* Modifying effects of lead on the embryotoxicity of cadmium. *Hygiene and sanitaria.* 1992; 2: 60-(in Russian)
20. *Paksy K., Varga B., Lázár P.* Effect of cadmium on female fertility, pregnancy and postnatal development in the rat. *Acta Physiol. Hung.* 1996; 84 (2): 119-130.
21. *Salomeina N.V., Mashak S.V.* Structural bases of maternal-fetus relationship in chemical exposure during embryogenesis. *Medicina i obrazovanie v Sibiri.* 2012; available at: <http://ngmu.ru/cozo/mos/article/abauthors.php?id=580> (in Russian)
22. *Rus M., Checui M.* Teratogenic and embryo toxic effects induced by heavy metals in mice: the quest for a recent and more precise classification of fetal skeletal anomalies in mouse strains. *Roman. Biotechn. Lett.* 2014; 19 (3): 9330-9338.
23. *Mukhacheva S.V. Bezel V.S.,* Heavy metals in the mother-placenta-fetus system in bank voles under conditions of environmental pollution from copper plant emission. *Rus. J. of Ecol.* 2015; 46 (6): 564-572.

*V.S. Besel, S.V. Mukhacheva*

## THE USE OF EXPERIMENTAL TOXICOLOGICAL DATA FOR EVALUATION OF THE STATE OF NATURAL POPULATIONS OF SMALL MAMMALS

Federal State Budgetary Institution of Science, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, 620144, Yekaterinburg, Russian Federation

An attempt was made to estimate the dimension of direct toxic effects of exposure to Cd on the basis of researches on reproductive parameters in small mammals in natural populations (on the example of red-backed vole) inhabiting localities of large-scale non-ferrous metal plants and comparison of results obtained with outcome of toxicological experiments (chronic exposure of female rats to Cd). It was expected that at the existing pollution levels, embryonic losses caused by direct toxic effect of Cd shouldn't exceed 7%; however actual losses significantly exceeded extrapolation results. Distinctions observed are caused by impact of external and internal factors influencing reproductive potential on fulfillment of reproduction of animals in natural populations.

**Keywords:** *pollution of the environment, cadmium, natural populations, red-backed vole, embryonic losses, toxicological experiment.*

Материал поступил в редакцию 16.10.2015 г.