

ЗАРАЖЕННОСТЬ ЕВРОПЕЙСКОГО КРОТА (*TALPA EUROPAEA* L.) КОКЦИДИЯМИ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© 2017 г. Ю. А. Давыдова^а, *, Д. В. Нестеркова^а, Л. И. Дроздова^б, А. И. Ганюкова^с

^аИнститут экологии растений и животных УрО РАН, 620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

^бУральский государственный аграрный университет, 620075 Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42

^сЗоологический институт РАН, 199034 Санкт-Петербург, Университетская наб., 1

*e-mail: davydova@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 21.09.2016 г.

Ключевые слова: экологическая паразитология, внутриклеточные паразиты, Eimeriorina, Coccidia, печень, система паразит–хозяин, медеплавильный завод, Средний и Южный Урал.

DOI: 10.7868/S0367059717040059

В отличие от других мелких млекопитающих европейский крот из-за специфических методов его учета редко становится объектом экотоксикологических исследований [1]. Однако включение в анализ подземного узкоспециализированного вида важно для понимания общих закономерностей реакции млекопитающих на промышленное загрязнение. В районах воздействия медеплавильных предприятий на Среднем и Южном Урале исследованы распространение крота [2], его популяционная структура и морфофизиологические характеристики [3, 4], накопление тяжелых металлов [4].

При гистологическом анализе печени крота нами были обнаружены паразитические простейшие, диагностированные затем как кокцидии. Хотя зараженность европейского крота кокцидиями неоднократно описана [5–8], многие экологические аспекты инвазии (распространенность, встречаемость у разных популяционных групп) плохо изучены. Не исследована, например, связь экстенсивности инвазии с уровнем промышленного загрязнения среды, однако это важно, поскольку на состояние животных-хозяев могут влиять оба фактора – загрязнение и паразитизм, а эффекты могут варьировать в зависимости как от вида паразита и хозяина, так и типа загрязнения [9]. В одном из возможных сценариев, обсуждаемых в экологической паразитологии, ведущее значение отводится экотоксикологическому фактору: загрязнение среды влияет на паразита, увеличивая его численность и патогенность, и на хозяина, снижая его резистентность к заражению [10].

Цель настоящей работы – анализ связи зараженности европейского крота кокцидиями с уровнем промышленного загрязнения. Проверили гипотезу о том, что животные в условиях за-

грязнения сильнее подвержены инвазии по сравнению с фоновой территорией.

Европейский крот – *Talpa europaea* L., 1758 (Talpidae, Insectivora) – повсеместен в лесных экосистемах Среднего и Южного Урала. Его отловы проведены в окрестностях Среднеуральского (СУМЗ, г. Ревда Свердловской обл., Средний Урал) и Карабашского (КМЗ, г. Карабаш Челябинской обл., Южный Урал) медеплавильных заводов. Предприятия имеют сходную структуру (SO₂, тяжелые металлы) и сопоставимые объемы выбросов. В каждом районе работы вели в двух зонах загрязнения – буферной (6–10 км от предприятия) и фоновой (25–30 км). Вблизи предприятий (до 5–7 км) европейский крот полностью отсутствует [2].

Животных отлавливали кротоловками с июня по сентябрь в 2008–2013 гг. (табл. 1). По возрастному состоянию их разделили на две группы: молодые (1–4.5 мес.) и взрослые (старше одного года). Абсолютный возраст определяли по Г.А. Клевезаль [11]. Для микроморфологического исследования образцы печени ($n = 76$) фиксировали в 10%-ном растворе формалина, затем готовили парафиновые срезы (5–7 мкм). Для таксономической диагностики паразита дополнительно готовили водные суспензии из высушенного или замороженного содержимого кишечника.

Зависимость вероятности заражения от района, уровня загрязнения, пола и возраста исследовали (при учете эффекта остальных) с помощью множественной логит-регрессии. В качестве референтной группы были выбраны молодые самки из фоновых участков СУМЗ. После экспоненциального преобразования отношения шансов и их доверительные интервалы (ДИ) интерпретировали непосредственно как отношения рисков [12].

Таблица 1. Зараженность европейского крота кокцидиями

Район (источник загрязнения)	Зона загрязнения	Возрастная группа		Всего
		молодые	взрослые	
Средний Урал (СУМЗ)	Фоновая	$\frac{9(3)}{6(4)}$	$\frac{8(8)}{7(6)}$	$\frac{17(11)}{13(10)}$
	Буферная	$\frac{9(6)}{11(7)}$	$\frac{12(11)}{5(5)}$	$\frac{21(17)}{16(12)}$
Южный Урал (КМЗ)	Фоновая	$\frac{1(0)}{2(2)}$	$\frac{4(4)}{0}$	$\frac{5(4)}{2(2)}$
	Буферная	$\frac{2(2)}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{2(2)}{0}$
Всего		40(24)	36(34)	76(58)

Примечание. В числителе – самцы, в знаменателе – самки, в скобках – количество зараженных особей.

Статистический анализ выполнен в пакете Statistica (StatSoft Inc., 2001).

Кокцидии (класс Coccidia, тип Apicomplexa (Leuckart, 1879)) – внутриклеточные паразиты беспозвоночных и позвоночных со сложным жизненным циклом, в котором всегда присутствуют эндогенные и экзогенные стадии. Первые включают мерогонию и гаметогамию, которые обеспечивают активное освоение клеток/тканей хозяина, вторые (спорогами) связаны с формированием и распространением во внешней среде специализированных цист (ооцист) и заражением новых хозяев. Систематика кокцидий построена на особенностях жизненного цикла и морфологии отдельных стадий (в особенности ооцист) [13–15].

У 76.3% обследованных особей в эпителиальных клетках, выстилающих междольковые желчные протоки печени, выявлены кокцидии на стадиях гаметогамии (макро- и микрогамонты, макрогаметы и незрелые ооцисты). Незрелые ооцисты обнаружены также в суспензии содержимого кишечника этих животных. У зараженных животных большинство желчных протоков было заселено паразитами. Кроме непосредственного повреждения самих клеток эпителия, отмечали чрезмерное расширение желчных протоков и развитие вокруг них полиморфноклеточного инфильтрата (признака воспалительной реакции), в составе которого всегда присутствовали эозинофилы. По форме, размерам и локализации незрелых ооцист паразит отнесен к отряду Eimeriorina (Leger, 1911), или собственно кокцидий. Более точная диагностика возможна на основе морфологии зрелых ооцист, пока не обнаруженных нами.

Степень инвазивности уральских популяций сопоставима с зараженностью европейского крота в Англии, где кокцидии были обнаружены у

88% особей [16]. Следует подчеркнуть, что в одной особи одновременно могут паразитировать несколько видов кокцидий. Европейский крот может быть хозяином по меньшей мере для 13 видов из родов *Eimeria* и *Cyclospora* (сем. Eimeriidae) и *Isospora* (сем. Isosporidae), однако для большинства из них не известны или спорны вопросы локализации эндогенных стадий развития паразитов, периода споруляции и другие аспекты жизненного цикла [6–8, 16, 17].

Кокцидии вызывают ряд заболеваний (эймериозы, циклоспорозы, изоспорозы) под общим названием кокцидиозы, хорошо известных в медицинской и ветеринарной практике. Благодаря тому, что европейский крот ранее был объектом пушного промысла, для него не только зарегистрированы случаи кокцидиозов, но и приведены симптомы (например, сильная диарея), сходные с теми, что наблюдаются у человека и домашних животных [18]. Зараженность крота кокцидиями не связана ни с полом животных, ни с районом, ни с зоной загрязнения. На зараженность влияет только возраст: вероятность обнаружить кокцидии у взрослых животных в 1.6 (1.2–2.1) раза выше, чем у молодых особей (табл. 2). Поскольку заражение происходит алиментарным путем, по видимому, молодняк становится инвазивным в первые два месяца жизни, до начала расселения. Почти тотальному заражению взрослых особей (94.4%) способствует совместное использование замкнутой системы подземных ходов.

Экстенсивность инвазии крота на фоновых и загрязненных территориях не различается, следовательно, не различается и степень его резистентности к заражению, по крайней мере по отношению к кокцидиям. Этот вывод косвенно подтверждают и результаты анализа общего морфофизиологического состояния: масса и размеры тела, а также индекс

Таблица 2. Оценки эффектов факторов риска на вероятность заражения европейского крота кокцидиями (результаты логит-регрессии ($LR(4) = 17.40$))

Фактор	<i>b</i>	SE	$\chi^2(1)$ Вальда	Отношение шансов [95% ДИ]
b_0	0.13	0.59	0.05	
Возраст	2.63	0.82	10.27	1.57 [1.21–2.05]
Пол	–0.50	0.62	0.64	0.98 [0.76–1.26]
Район	1.41	1.16	1.50	0.84 [0.64–1.09]
Зона загрязнения	0.72	0.62	1.37	0.92 [0.71–1.18]

Примечание. b_0 – референтная группа; *b* – коэффициент регрессии; SE – стандартная ошибка; полужирным выделены значения при $p < 0.0001$.

сы внутренних органов у животных из фоновых и загрязненных территорий также не различались [3]. Можно предположить, что регистрируемый уровень загрязнения не влияет и на ооцисты кокцидий, поскольку хорошо известна их устойчивость к различным воздействиям [19]. Повсеместно высокая степень зараженности европейского крота кокцидиями также может свидетельствовать о высокой устойчивости системы паразит–хозяин, на которую не влияет промышленное загрязнение.

К сожалению, сравнить полученные нами результаты с уже опубликованными данными не представляется возможным, так как для европейского крота подобных работ не проводилось. Большинство исследований в области экологической паразитологии выполнено для очень немногих групп паразитов и их хозяев – преимущественно для водных животных [9, 10, 20]. Дефицит подобных работ объясняется междисциплинарностью направления и недостаточной кооперацией экологов и паразитологов [9, 21].

Таким образом, нами показано, что европейский крот на Урале, как и особи этого вида из Европы, заражен кокцидиями. На экстенсивность инвазии существенно влияет только возраст животных, а промышленное загрязнение не увеличивает вероятность заражения. Поскольку зараженность может вносить существенный вклад в изменчивость оцениваемых показателей, особенно морфофизиологических, ее важно учитывать при экотоксикологических исследованиях.

Работа выполнена при поддержке Комплексной программы УрО РАН (15-3-4-28). Авторы выражают благодарность за консультации и обсуждение работы Е.Л. Воробейчику, И.А. Кшняеву, А.В. Иванову (ИЭРиЖ УрО РАН), Г.Г. Паскеровой и А.А. Добровольскому (СПбГУ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нестеркова Д.В.* Распространение и численность европейского крота (*Talpa europaea* L.) в районах воздействия двух медеплавильных заводов на Урале // *Экология*. 2014. № 5. С. 1–8. [*Nesterkova D.V.*

Distribution and abundance of european mole (*Talpa europaea* L.) in areas affected by two ural copper smelters // *Rus. J. Ecol.* 2014. V. 45. № 5. P. 429–436.]
 2. *Воробейчик Е.Л., Нестеркова Д.В.* Техногенная граница распространения крота в районе воздействия медеплавильного завода: смещение в период сокращения выбросов // *Экология*. 2015. № 4. С. 308–312. [*Vorobeichik E.L., Nesterkova D.V.* Technogenic boundary of the mole distribution in the region of copper smelter impacts: shift after reduction of emissions // *Rus. J. Ecol.* 2015. V. 46. № 4. P. 377–380.]
 3. *Нестеркова Д.В., Давыдова Ю.А., Мухачева С.В.* Морфофизиологические показатели трех видов мелких млекопитающих в окрестностях медеплавильного комбината // *Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования*. Нижний Тагил, 2012. С. 90–92.
 4. *Нестеркова Д.В., Воробейчик Е.Л., Резниченко И.С.* Тяжелые металлы в пищевой цепи “почва–дождевые черви–европейский крот” в условиях загрязнения среды выбросами медеплавильного завода // *Сибирский экологич. журн.* 2014. № 5. С. 777–788.
 5. *Yakimoff W.L.* Coccidiose beim Maulwurf // *Z. Parasitenkd.* 1935. Bd 7. S. 443–446.
 6. *Pellerdy L.P., Tanyi J.* *Cyclospora talpae* sp. n. (Protozoa: Sporozoa) from the liver of *Talpa europaea* // *Folia Parasitologica*. 1968. V. 15. P. 275–277.
 7. *Levine N.D., Ivens V.* The Coccidia (Protozoa, Apicomplexa) of Insectivores // *Revista Ibérica de Parasitologia*. 1979. V. 39. P. 261–297.
 8. *Duszynski D.W., Upton S.J.* Coccidia (Apicomplexa: Eimeriidae) of the Mammalian Order Insectivora // *Special Publications, Museum of Southwestern Biology*. 2000. № 4. P. 1–67.
 9. *Sures B.* Environmental Parasitology. Interactions between parasites and pollutants in the aquatic environment // *Parasite*. 2008. V. 15. P. 434–438.
 10. *Lafferty K.D., Kuris A.M.* How environmental stress affects the impacts of parasites // *Limnol. Oceanogr.* 1999. V. 44. P. 925–931.
 11. *Клевезаль Г.А.* Регистрирующие структуры млекопитающих в зоологических исследованиях. М.: Наука, 1988. 288 с.
 12. *Agresti A.* An introduction to categorical data analysis. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007. 372 p.

13. *Levine N.D.* The protozoan phylum Apicomplexa. Boca Raton, Fl.: CRC Press, Inc. 1988. V. 2. 154 p.
14. *Крылов М.В., Белова Л.М.* Эволюционные усложнения жизненных циклов кокцидий (Sporozoa: Coccidea) // *Паразитология*. 2004. Т. 38. № 6. С. 524–534.
15. *Бейер Т.В.* Класс Coccidea Leuckart, 1879 – Кокцидии // *Протисты. Руководство по зоологии*. СПб.: Наука, 2007. Ч. 2. 1144 с.
16. *Duszynski D.W., Wattam A.R.* Coccidian Parasites (Apicomplexa: Eimeriidae) from Insectivores. IV. Four New Species in *Talpa europaea* from England // *J. Protozool.* 1988. V. 35. № 1. P. 58–62.
17. *Mohamed H.A., Molyneux D.H.* Developmental stages of *Cyclospora talpae* in the liver and bile duct of the mole (*Talpa europaea*) // *Parasitology*. 1990. V. 101. P. 345–350.
18. *Павлинин В.Н.* Биологические основы промысла крота на Урале: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1949. 10 с.
19. *Акбаев М.Ш., Водянов А.А., Косминков Н.Е.* и др. *Паразитология и инвазионные болезни животных*. М.: Колос, 1998. 743 с.
20. *Marcogliese D.J., Giamberini L.* Parasites and ecotoxicology: fish and amphibians / *Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology* // Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 2013. P. 815–826.
21. *Балашов Ю.С.* Паразитизм и экологическая паразитология // *Паразитология*. 2011. Т. 45. № 2. С. 81–93.