

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «ПАРАЗИТ-ХОЗЯИН» У АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ (*NEOVISON VISON*) В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ОБИТАНИЯ И ЗООКУЛЬТУРЕ***Полоз С.В., **Куделич В.А.***РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,
г. Минск, Республика Беларусь

**Alltech Belarus, г. Минск, Республика Беларусь

*В ходе проведенных исследований установлено, что видовой состав эймериид и сезонное распределение их у американской норки в зоокультуре и естественных условиях обитания имеет общие тенденции. Зараженность в весенне-летний период выше, чем в осенне-зимний период. Однако экстенсивность и интенсивность инвазии простейшими в условиях промышленного звероводства выше, чем в естественных условиях обитания. Доминирующим видом в зоокультуре является *Eimeria vison*, в естественной среде обитания - *Isospora laidlawi*. Отличительной особенностью является то, что при всех выделяемых паразитах зараженность американской норки *Isospora evermanni* в природных ареалах выше, чем в зоокультуре. **Ключевые слова:** американская норка (*Neovison vison*), система «паразит-хозяин», естественные условия обитания, зоокультура.*

ECOLOGICAL FEATURES OF THE FORMATION OF THE PARASIT-HOST SYSTEM AT THE AMERICAN MINK (*NEOVISON VISON*) IN THE NATURAL AREAS AND ZOOCULTURE***Polaz S.V., **Kudzelich V.A.**

*Republican Subsidiary Unitary Enterprise «The Institute for Fish Industry», Minsk, Republic of Belarus

**Alltech Belarus, Minsk, Republic of Belarus

*In the course of the conducted studies, it was found that the infection rate and the intensity of invasion in minks in industrial fur farming are higher than in natural habitats. Infection in the autumn-winter period is lower than in the spring-summer. The dominant species in mink in zooculture is *Eimeria vison*, in mink in its natural habitat - *Isospora laidlawi*. The species composition of Eimeriids and the intensity of parasitism in mink in zooculture and natural habitat have general trends. A distinctive feature is that the infestation rate of *Isospora evermanni* minks in natural areas is higher than in zooculture. **Keywords:** American mink (*Neovison vison*), parasite-host system, natural habitat, zooculture.*

Введение. К кардинальным аспектам пространственного анализа среды, окружающей паразитические организмы, в том числе эймерии и изоспоры, следует отнести признание ее структурного и функционального единства, дифференцированности по отношению к паразиту, структурированности и последствий физического совмещения паразита и хозяина.

Разнообразие паразитических форм в животном и растительном мире дает основание для переосмысления значения роли окружающей среды в паразитогенезе, в формировании индивидуального, популяционного и экосистемного уровней организации паразитических организмов, в колонизации паразитами биологической сферы жизни, путях и методах эксплуатации ее паразитами разных паразитарных систем.

Рассматривая паразитарные системы как «основу познания принципов структурно-функциональной организации Вселенной», Б.А. Астафьев (1997) склонен включать в понятие «окружающей среды» не только те условия, в которых непосредственно обитают паразиты и их хозяева, но и космические и глобальные земные (теллурические) факторы, оказывающие существенное воздействие на живые объекты биосферы. Окружающая среда представляет собой мощный фактор, управляющий и направляющий развитие любых живых систем, в том числе паразитарных, и действующих как та или иная форма естественного отбора [1].

В состав биосферы входят четыре основные сферы жизни: водная, наземная, воздушная и биологическая. Все косные и живые элементы этих сфер построены из одинаковых геохимических веществ и включаются в глобальную систему материальных объектов и явлений окружающего мира. В свою очередь, их совокупность образует окружающую среду для любого живого или неживого компонента биосферы, которая содержит живое вещество, представленное совокупностью населяющих ее живых организмов [2, 3].

Следовательно, паразитические организмы как объекты живого вещества колонизируют биологическую сферу жизни и, в силу специфики своего онтогенеза или жизненного цикла, используют части пространства других сфер жизни.

Одинаковые факторы среды (температура, влажность и др.) воздействуют как на паразитов и их группировки в популяциях хозяев, так и на самих хозяев, однако результаты такого воздействия могут иметь различные последствия для каждого из партнеров по паразитарной системе. Триада: паразит – хозяин – окружающая среда при совокупном функционировании подвергается комплексному воздействию системной формы естественного отбора, при

котором происходят изменения каждого составляющего ее компонента. Отсюда следует вывод, что среда жизни паразита в историческом плане представляет неразрывное единство.

Отдельные структурные и функциональные части среды, окружающей паразита, иерархически соподчинены и образуют неразрывное единство в границах различных сфер жизни. Неделимость внешней среды паразита проистекает из понимания того, что среда обитания (хозяева) и субъект обитания (паразит) как живые объекты образуют незамкнутые или полужамкнутые биологические системы, черпающие энергию из внешней среды.

В отношениях паразитических организмов со средой их обитания всегда присутствует двустороннее влияние среды на организм и организма на среду в их постоянном взаимодействии. Имеются специфические условия среды хозяина и изменения в организме паразита, отсутствующие в экологических отношениях свободно живущих организмов, например, проявление иммунитета.

Материалы и методы исследований. Работа выполнена в лаборатории популяционной экологии наземных позвоночных и управления биоресурсами ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам».

Для определения механизма передачи эймериид были проведены отборы проб почвы и воды (снега) в местах обитания американской норки в естественных условиях и зоокультуре в различные сезоны года. Было отобрано 29 образцов почвы и 29 образцов воды в естественных условиях и в зоокультуре.

В период 2016-2018 гг. проводили сравнительное изучение зараженности американской норки в естественных условиях обитания и зоокультуре в различные сезоны года. Было отобрано 347 образцов проб американской норки, в том числе 240 образцов проб было отобрано в условиях зоокультуры и 107 проб - в естественной среде обитания.

Сбор биологического материала проводили в условиях звероводческих хозяйств и полевых станций. Лабораторные исследования проводили методом Г.А. Котельникова (1974) [8]; культивирование эймериид по методу, предложенному А.И. Ятусевичем (1989) (цит. Герасимчик В.А.) [4].

Результаты исследований. При определении механизма передачи и вектора распространения эймериид американской норки во внешней среде установлено, что в основе их взаимодействия со средой обитания лежит экологический принцип. Эймерииды обитают в условиях комплексного действия сложной среды, обуславливающих выработку у паразитов на всех уровнях их организации очень тонких адаптивных механизмов.

Исследование грунта, взятого в местах обитания американской норки, показывает наличие ооцист эймериид в нем. Концентрация ооцист выше в почве, взятой под шедами на территории Пинского и Молодечненского звероводческих хозяйств. Интенсивность контаминации в почве, взятой в естественной среде обитания американской норки, незначительная и составляет 1-12 ооцист (таблица 1).

Таблица 1 - Контаминация почвы эймериями и изоспорами

Стационар	Кол-во проб	Интенсивность инвазии, общ. число ооцист на 1 г				Контаминация (вид возбудителя)			
		<i>Eimeria vison</i>	<i>Eimeria furonis</i>	<i>Isospora laidlawi</i>	<i>Isospora eversmanni</i>	<i>Eimeria vison</i>	<i>Eimeria furonis</i>	<i>Isospora laidlawi</i>	<i>Isospora eversmanni</i>
Контаминация воды эймериями и изоспорами (декабрь 2017 – март 2018)									
1	4	4	1	4	-	+	+	+	-
2	3	9	-	8	-	+	-	+	-
3	2	1	-	5	7	1/2	-	1/2	1/2
4	2	2	-	12	2	1/2	-	2/2	1/2
5	2	9	1	-	-	2/2	1/2	-	-
Контаминация воды эймериями и изоспорами (апрель – сентябрь 2018)									
1	4	14	4	8	1	+	+	+	+
2	4	18	2	6	-	+	-	+	-
3	3	6	6	1	7	2/3	1/3	1/3	2/3
4	3	8	6	10	4	1/3	3/3	2/3	1/3
5	3	3	8	12	9	3/3	2/3	3/3	1/3

Примечания: 1 – «Пинское зверохозяйство»; 2 – «Молодечненское зверохозяйство»; 3 – «Налибокская пушча»; 4 – «Береза»; 5 – «Припять».

В пробах воды, отобранных в местах обитания американской норки, также обнаружены ооцисты. В зоокультуре их количество больше, чем в ареалах в природе (таблица 2).

Таблица 2 - Контаминация воды эймериями и изоспорами

Стационар	Кол-во проб	Интенсивность инвазии, общ. число ооцист на 1 г				Контаминация (вид возбудителя)			
		<i>Eimeria vison</i>	<i>Eimeria furonis</i>	<i>Isospora laidlawi</i>	<i>Isospora eversmanni</i>	<i>Eimeria vison</i>	<i>Eimeria furonis</i>	<i>Isospora laidlawi</i>	<i>Isospora eversmanni</i>
Контаминация воды эймериями и изоспорами (декабрь 2017 – март 2018)									
1	3	2	2	4	-	+	+	+	-
2	3	11	-	-	-	+	-	-	-
3	2	-	-	4	3	-	-	1/2	2/2
4	2	2	-	1	2	1/2	-	1/2	1/2
5	2	1	3	-	1	1/2	1/2	-	1/2
Контаминация воды эймериями и изоспорами (апрель 2017 – сентябрь 2018)									
1	4	12	4	10	7	+	+	+	-
2	3	4	4	-	3	-	-	1/2	2/2
3	3	4	4	-	3	-	-	1/2	2/2
4	3	2	5	1	-	1/3	1/3	1/3	0/3
5	3	1	2	-	-	1/3	1/3	-	0/3

Примечания: 1 – «Пинское зверохозяйство»; 2 – «Молочненское зверохозяйство»; 3 – «Налибокская пуца»; 4 – «Береза»; 5 – «Припять».

В весенне-летнее время количество образцов, содержащих изоспоры эймерий и изоспор, больше, чем таковых в зимний период. Это подтверждает, что сезонность и климатические условия определяют распространение инвазии. Одновременно принимая во внимание, что индекс населения американской норки очень высокий, соответственно и контаминация почвы и воды также высока, что повышает риски заражения американской норки эймеридами.

В зоокультуре механизм передачи паразита осуществляется посредством заражения спорулированными эймеридами американской норки, контаминированными фекалиями и почвы под клетками шедов, поилок, кормовых столиков, а также самих животных; в естественной среде обитания - контаминированными почвой и водой, а также кормами, так как животные заражаются алиментарным путем.

Значение имеют факторы, регулирующие взаимоотношения хозяина с паразитом на уровне отдельных особей и на уровне популяций, выяснение количественных и качественных аспектов взаимоотношений между эймеридами и американской норкой, определение характера этих взаимоотношений.

Направленность паразитизма заключается в повышении организации биологических объектов путем освоения ими вещественно-энергетических ресурсов других организмов. Паразитизм действует как фактор, увеличивающий разнообразие жизненных форм. Это выражается в появлении у паразитических организмов новых морфологических структур и особенностей метаболизма, отсутствующих у их свободноживущих предков, или утерей ими некоторых органов или систем органов, а также и биосинтетических процессов. За счет возникновения новых признаков и структур, адаптивная ценность которых подвержена действию естественного отбора, увеличивается разнообразие биологических форм в природе. Этому также способствует воздействие паразитов на хозяев на всех уровнях организации, корректирующее и половой процесс, геномные перестройки, онтогенез, также индуцирующее формирование и действие иммуногенных систем [9]. Таким образом, векторность паразитизма выступает в пространстве и времени как мощный эволюционный и селективный фактор.

При отсутствии такой регуляции взаимоотношения могут быть устойчивыми лишь на протяжении коротких периодов, когда случайно возникает некое особое сочетание факторов, регулирующих одновременно плотности популяции и хозяина, и паразита. В остальное же время регулирующие факторы будут действовать на каждую популяцию независимо друг от друга [6]. Таким образом, взаимоотношения популяций в системе «паразит-хозяин» будут неустойчивыми.

Чрезмерное заражение хозяина всегда представляет потенциальную опасность для паразита. Кроме того, если паразит способен прямо или косвенно повысить смертность в популяции хозяина, то для поддержания устойчивых отношений необходимо, чтобы избыточная инвазия и плотность популяции паразита регулировались в зависимости от плотности популяции хозяина [11].

Устойчивость паразитарной системы обозначает способность системы придти в состояние равновесия и возвращаться к этому равновесию или к новому равновесному уровню в случае нарушения этого состояния. Рост популяции эймериид, подобно росту популяции любого свободноживущего вида при отсутствии посторонних воздействий, происходит по экспоненте [6]. При инвазировании щенков американской норки эймериями весной и в начале лета действительно можно наблюдать экспоненциальный рост популяции паразита. Однако такой рост происходит на протяжении короткого периода, а затем он прекращается. Экспоненциальная фаза роста продолжается очень недолго, а затем начинают действовать разного рода сдерживающие факторы. Эти факторы имеют четкое разделение

на два типа: 1) факторы, действующие одинаково эффективно на всем диапазоне плотностей популяции; 2) факторы, действующие все более жестко по мере возрастания численности популяции.

Эти два типа факторов не являются взаимоисключающими и могут действовать на данную популяцию одновременно. Лишь факторы второго типа могут привести к возникновению устойчивой системы; что требует добавить к приведенному уравнению компонент, который отражал бы противодействие росту популяции как функцию ее численности. В случае, когда рождаемость равна смертности, величина популяции является стабильной. Это показывает, что с увеличением численности популяции скорость ее роста снижается в прямой зависимости от величины популяции, пока не достигается некоторое состояние равновесия. Регулирующие факторы первого типа, интенсивность действия которых не зависит от плотности популяции, могут привести лишь к установлению неустойчивого равновесия [6, 7].

Во взаимоотношениях паразит-хозяин есть несколько черт, обеспечивающих регуляцию, основанную на принципе обратной связи. Это могут быть особенности поведения популяции самого паразита, в которой вслед за перенаселением наступает снижение скорости роста численности и продукции ооцист. Это также может быть связано с реакциями хозяина. Если интенсивность инвазии данной особи хозяина превышает пороговое значение, то у нее может возникнуть иммунная реакция на паразита, на которую паразит, в свою очередь, реагирует различным образом: из хозяина удаляются частично особи паразита; снижается образование ооцист. Низкую интенсивность инвазии хозяина, однако, вполне переносит, и она не вызывает иммунной реакции. Все эти регулирующие механизмы могут действовать одновременно или последовательно по мере возрастания интенсивности инвазии [6, 10, 12].

Численность паразитов может возрастать за счет бесполого размножения или простого накопления до тех пор, пока они не вызовут серьезных нарушений в организме хозяина или не доведут его до гибели. Гибель особей хозяина при высоких плотностях популяции снизит скорость передачи, и вред, наносимый популяции хозяина, сведется к минимуму благодаря перерасеянному распределению паразитов, в результате чего погибнет лишь часть популяции хозяина. Эта неоднородность приведет к некоторой регуляции численности паразита, поскольку смертность хозяина, а тем самым и паразита, будет зависеть от плотности популяции паразита и способствовать стабилизации системы [5, 6].

Устойчивость может также достигаться через реакции хозяина, поскольку степень их проявления зависит от интенсивности инвазии. Так, если уровни передачи, необходимые для поддержания популяции паразита, оказываются превышенными, нередко вступают в действие механизмы, стабилизирующие численность популяции и систему паразит-хозяин [6].

Конструкция паразитарной системы складывается, а ее функционирование протекает в качественно различных условиях окружающей среды.

При этом структурные элементы и модули паразитарной системы в определенный период времени могут находиться в одинаковых или различных условиях среды – физической или биологической, или сферах жизни американской норки (водной, наземной, воздушной, биологической). В водной среде такие физические факторы, как температура, содержание кислорода, солевой состав и др. влияют на формирование морфофизиологических и поведенческих адаптаций.

Водная среда для паразитарной системы служит источником поступления и включения в нее новых элементов и модулей, энергии и информации. Вода в силу своих физико-химических свойств служит источником и проводником механических, химических, электромагнитных сигналов для биологических составляющих паразитарной системы, управляя и регулируя происходящие в них процессы. С учетом того, что американская норка обитает в приводных ареалах, водная среда представляет собой одну из интегральных характеристик паразитарной системы и ее неразрывный компонент.

Сбор данных и анализ результатов их исследований позволяет иметь четкую картину по зараженности американской норки в условиях зоокультуры и естественных ареалах обитания (таблица 3). Полученные в различные периоды данные позволяют говорить о влиянии климатических условий на сезонность и механизмы передачи и распространения эймериид во внешней среде, а также об их взаимоотношениях с хозяином.

Результаты исследований показали, что в различные сезоны года контаминация экскрементов американской норки ооцистами эймериид как в природных ареалах, так и в зоокультуре различна, что согласуется с данными, полученными Герасимчиком В.А., о наличии сезонной динамики зараженности в условиях звероводческих хозяйств (1996) [5]. При этом контаминация экскрементов американской норки отдельными видами эймериид в осенне-зимний период в природных ареалах составляет от 6,3 до 25% с интенсивностью инвазии 3-8 ооцист, а в зоокультуре – от 10 до 20% с интенсивностью инвазии 0-24 ооцисты. В весенне-летний период контаминация экскрементов американской норки отдельными видами эймериид в природных ареалах составляет от 8 до 28% с интенсивностью инвазии 13-75 ооцист, а в зоокультуре – от 5,8 до 41,7% с интенсивностью инвазии 47-298 ооцист. Общая контаминация экскрементов американской норки отдельными видами эймериид и изоспор в природных ареалах составляет от 7,5 до 27,1% с интенсивностью инвазии 9-42 ооцисты, а в зоокультуре – от 2,9 до 30,8% с интенсивностью инвазии 0-24 ооцист.

Таблица 3 – Контаминация экскрементов американской норки эймериями и изоспорами

Стационар	Кол-во проб	Интенсивность инвазии, общ. число ооцист на 1 г				Экстенсивность инвазии, %			
		<i>Eimeria vison</i>	<i>Eimeria furonis</i>	<i>Isospora laidlawi</i>	<i>Isospora evermanni</i>	<i>Eimeria vison</i>	<i>Eimeria furonis</i>	<i>Isospora laidlawi</i>	<i>Isospora evermanni</i>
Контаминация экскрементов американской норки эймериями и изоспорами в осенне-зимний период 201–2018 гг.									
Зоокультура	120	24	11	11	0	20	10	14,2	-
Ареалы в природе	32	3	4	8	7	12,5	6,3	25	18,8
Контаминация экскрементов американской норки эймериями и изоспорами в весенне-летний период 2016–2018 гг.									
Зоокультура	120	298	101	166	47	41,7	10	40	5,8
Ареалы в природе	75	50	13	75	13	18,7	8	28	14,7
Общая контаминация экскрементов американской норки эймериями и изоспорами в период 2016–2018 гг.									
Зоокультура	240	161	56	89	24	30,8	10	27,1	2,9
Ареалы в природе	107	27	9	42	10	16,8	7,5	27,1	15,9

Заключение. Проведенными исследованиями установлено, что экстенсивность и интенсивность инвазии выше у американской норки в условиях промышленного звероводства, чем в естественных условиях обитания.

Экстенсивность инвазии в весенне-летние периоды выше, чем в осенне-зимние сезоны. Интенсивность инвазии также увеличивается с наступлением теплых сезонов и снижается с наступлением холодов.

Доминирующим видом у американской норки в зоокультуре является *Eimeria vison*. Доминирующим видом у американской норки в естественной среде обитания является *Isospora laidlawi*.

В целом видовой состав, зараженность и интенсивность паразитирования эймериид у американской норки в зоокультуре и естественных условиях обитания имеют общие тенденции. Отличительной особенностью является то, что при всех выделяемых паразитах американской норки экстенсивность инвазии только *Isospora evermanni* выше в природных ареалах, чем в зоокультуре.

Литература. 1. Астафьев, Б. А. Теория единой вселенной / Б. А. Астафьев. – Москва : Информациология. – 148 с. 2. Вернадский, В. И. Биосфера / В. И. Вернадский ; [ред., авт. вступ. ст. и примеч. А. Н. Перельмана]. – Москва : Мысль, 1967. – 376 с. 3. Вернадский, В. И. Живое вещество / В. И. Вернадский ; предисл. К. П. Флоренского. – Москва : Наука, 1978. – 358 с. 4. Герасимчик, В. А. Эймериозы норок и хорьков в хозяйствах Республики Беларусь : монография / В. А. Герасимчик. – Витебск, 2004. – 160 с. 5. Герасимчик, В. А. Эймериозы и изоспорозы норок зверохозяйств Республике Беларусь (этиология, патогенез, симптоматика, терапия и профилактика : автореф. дис. ... канд. вет. наук : 03.00.19 / В. А. Герасимчик. – Минск, 1996. – 18 с. 6. Гомеостаз популяции у паразитических организмов – Научные основы экологической паразитологии [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа : <http://cow-leech.ru>. – Дата доступа : 14.04.2020. 7. Дебердеева, Л. Р. Эндопаразитоценозы как фактор, снижающий биоресурсный потенциал свиноводства и их мониторинг в средне-волжском регионе : дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.32 / Л. Р. Дебердеева. – Ульяновск, 2006. – 161 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dlib.rsl.ru> – Дата доступа : 25.03.2020. 8. Котельников, Г. А. Диагностика гельминтозов животных / Г. А. Котельников. – Москва, 1974. – 240 с. 9. Мир рефератов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://worldreferat.ru/dl/af/896485.zip>. – Дата доступа : 25.03.2020. 10. Плиева, А. М. Паразитология / А. М. Плиева. – Назрань – 2011. – 168с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : igdu.ru/upload/lectures. – Дата доступа : 16.03.2018. 11. Портал медицинских лекций (инфекционных болезней). [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://medlec.org/lek-137437.html>. – Дата доступа : 25.03.2018. 12. Солтыс, Т. В. Компенсаторно-приспособительные эндоэкологические реакции паренхимы печени в процессе формирования хозяино-паразитарных отношений при описторхозе на различных этапах онтогенеза хозяина : дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Т. В. Солтыс. – Москва, 2002. – 109 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.dissercat.com/content/kompensatorno-prisposobitelnye-endoekologicheskie-reaktsii-parenkhimy-pecheni-v-protssesse-fo> – Дата доступа : 25.03.2018.

Поступила в редакцию 11.11.2020.