



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЕКОСИСТЕМНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Мария Николаева Качамакова

**Адаптация на европейския лалугер (*Spermophilus citellus*) при
транслокации на индивиди в България**



АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд

за придобиване на научна и образователна степен “Доктор”

Научна специалност: 02.22.01 “Екология и опазване на екосистемите”

Научен ръководител: гл. ас. д-р Йордан Кошев

Научен консултант: доц. д-р Ясен Мутафчиев

София, 2020 г.

Дисертацията е разработена в рамките на редовна докторантура в Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания - БАН.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на отдел "Екосистемни изследвания, екологичен риск и консервационна биология" при Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания, БАН, състояло се на 13 октомври 2020 г.

Дисертационният труд е с общ обем 101 страници и съдържа 6 основни раздела, включително 23 таблици и 20 фигури. Списъкът на цитираната литература съдържа 177 заглавия, повечето от които на латиница.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 26.01.2020 г. от 10:00 часа на открито заседание на петчленно Научно жури (назначено със Заповед на Директора на ИБЕИ – БАН №35/22.03.2017) в състав:

1. Доц. д-р Михаела Недялкова (ИБЕИ-БАН) - председател
2. Проф. д-р Румяна Мечева (ИБЕИ-БАН, пенсионер)
3. Проф. д-р Даниела Симеоновска-Николова (БФ, СУ „Св. Климент Охридски“) - рецензент
4. Доц. д-р Диана Златанова (БФ, СУ „Св. Климент Охридски“) - рецензент
5. Доц. д-р Орлин Деков (пенсионер, Селскостопанска академия)

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в библиотеката на Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания при БАН, база 1.

I. Увод

Според водещи изследователи (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) 68% от популациите на диви животни са били унищожени в следствие на човешката дейност от 70-те години на XX век насам. Тази мрачна статистика поражда спешна нужда от мерки за тяхното опазване. Макар че природозащитните дейности се увеличават през последните десетилетия, те често се провеждат без задълбочени изследвания и последващ мониторинг. Осъзнаването на нуждата от съвместна работа между учени и природозащитници за подобряване успеха на консервационните дейности слага началото на нов дял от науката – консервационната биология. Това е и областта, в която е разработен настоящият дисертационен труд.

Подходящ и широко използван подход за предотвратяване намаляването на ареала, числеността и генетичното разнообразие на популациите са консервационните транслокации (премествания). Те биват реинтродукции (преместване и освобождаване на организъм в част от неговия ареал, откъдето той е изчезнал), интродукции (преместване и освобождаване на организъм извън неговия ареал) и популационни подсилвания (преместване и освобождаване на организъм в съществуваща негова популация).

През 2020 г. европейският лалугер, *Spermophilus citellus* (Linnaeus, 1766), е обявен за „Застрашен“ от Международния съюз за опазване на природата (IUCN). Той е ендемичен за Централна и Югоизточна Европа гризач, който обитава открити местообитания с ниска растителност. Доскоро масово разпространен у нас, днес числеността и ареалът му бързо намаляват главно поради унищожаване на местообитанията. Въпреки това видът не е пряко защитен от българското законодателство.

През последното десетилетие са предприети редица дейности за подобряване на консервационния статус на лалугера, включително интродукции, реинтродукции и подсилвания. Поради ключовата му роля в екосистемата, неговото възстановяване често съпътства дейностите по опазване на редки и застрашени видове грабливи птици (царски орел, ловен сокол), за които той е важна част от хранителната база.

Настоящата дисертационна работа използва два основни подхода, за да проучи факторите, влияещи върху адаптацията на лалугера след консервационни транслокации в България. От една страна в детайл са разгледани извършените до този момент подобни дейности в страната. За целта са анализирани непубликувани данни, прегледани са достъпните литературни източници по темата и са проведени интервюта с участници в самите дейности. Извършен е мониторинг на подсилени, реинтродуцирани и интродуцирани

лалугерови колонии и е определено нивото на успех на дейностите, а именно – успешно установяване, презимуване и размножаване (наблюдавани млади индивиди) на животните на мястото на преместване.

Вторият подход, приложен за изследване на процеса на адаптация на преместените животни, е провеждането на тригодишно мултидисциплинарно проучване, съпътстващо реална консервационна дейност – подсилване на лалугерова колония, изпълнено като част от проект „Земя за царския орел“ (LIFE14 NAT/BG/001119). Колонията, обект на природозащитни мерки, е разположена в близост до с. Момина църква (общ. Болярово, обл. Ямбол) и към 2017 г. има численост от около 20 индивида. Тя се намира в защитена зона от мрежата НАТУРА 2000 и територията в нейната сърцевина е собственост на Българското дружество за защита на птиците. Като вероятна причина за ниската численост е определено лошото състояние на местообитанието в миналото. В момента местообитанието е поддържано в благоприятно за лалугера състояние благодарение на пашата на селскостопански животни от близките животновъдни стопанства. Между 2017 и 2019 г. в колонията са освободени 213 индивида. Като донорската е използвана колонията при с. Тополчане, обл. Сливен, която поради ниската си степен на защита е заплашена от разораване. Изследването включва проучване на три ключови аспекта, които оказват сериозно влияние върху успеха на дейностите по преместване – пространственото поведение на животните, нивата на стрес и степента на инвазия с хелминти паразити през първите месеци след освобождаването им в новата среда. За да се ограничи безпокойството на животните са използвани дистанционни и неинвазивни методи – радиотелеметрия, анализ на фекални кортизолови метаболити и флотационни паразитологични методи. С цел да се осигури сравнимост на получените резултати са изследвани паралелно преместени и местни индивиди. Това дава възможност да се проучи и въздействието на подсилването върху местните лалугери.

II. Цел и задачи

Целта на настоящия труд е да се изследва поведенческата и физиологична адаптация на европейския лалугер (*Spermophilus citellus*) към условията на новата среда при различни типове транслокация (преместване) на индивиди в България.

Основните задачи на дисертационния труд са:

1. Да се анализира успеха на досега извършените транслокации в България, като се направи анализ на факторите (абиотични и биотични), които им влияят.
2. Чрез използване на радиотелеметрия, да се изследва пространственото поведение на индивидите в новосформирани колонии в зависимост от пола, теглото, възрастта, репродуктивното състояние и сезона.
3. Да се проучи половия и възрастов състав на донорските и новосформирани колонии.
4. Да се проучи поведението на индивидите в новосформирани колонии в различните етапи на транслокацията и последващата адаптация.
5. Да се сравни физиологичното състояние на индивидите на донорските и новосформирани колонии в процеса на адаптация чрез изследване нивата на кортикостероидни хормони.
6. Да се проучи инвазираността с ендопаразити на донорските и новосформирани колонии в процеса на адаптация.

III. Основни глави (представени като публикации) от дисертационния труд

A. Транслокации на европейския лалугер (*Spermophilus citellus*) по височинния градиент в България – обобщение

Материали и методи

Настоящото изследване обобщава всички транслокации с консервационна цел на европейски лалугер в България и анализира факторите, влияещи върху техния успех. Проучването е базирано на събрана литература, интервюта с участници в дейностите, непубликувани данни на авторите, като и данни от извършен мониторинг през 2017 и 2018 на колонии, обект на транслокации.

Резултати

В периода 2010 до 2018 г. са преместени повече от 1730 индивида (Табл. 1) в рамките на 4 подсилвания, 3 реинтродукции и 1 интродукция. Пет от завършените шест (83%) премествания са успешни (установено е присъствие на животни и размножаване), въпреки че в два от случаите броят на индивидите е критично нисък. Относително по-високия успех на преместванията в България отколкото тези в Централна Европа вероятно се дължи на използването на натрупания опит. При 6 от транслокациите е приложен щадящ подход на освобождаване с използване на адаптационни заграждения, подхранване и охрана. В 6 случая животните се установяват на 100 до 720 метра от мястото на освобождаване, което предполага нуждата от управление и защита на достатъчно голямо и подходящо местообитание извън зоната на транслокация. В 7 от транслокациите надморската височина между донорската колония и мястото на освобождаване варира от 470 до 1320 м. Рязката промяна на външните условия, на която са изложени преместените животни в тези случаи би могло да затрудни адаптацията им в новата среда. Основните причини за неуспех, установени от настоящото изследване, са неподходящите и недобре поддържани местообитания, както и неблагоприятните климатични условия (дъждовно и хладно време) по време на самото преместване. Европейските фондове са от решаващо значение за транслокациите в България, като само две се финансирани от други източници. Въз основа на събраните данни настоящата публикация дава препоръки за подобряване на бъдещи подобни дейности

Таблица 1. Обобщение на данните за транслокациите на лалугера в България в периода 2011-2018 г.

Място	ПП ¹ „Витоша“	ПП „Врачански Балкан“	ПП „Българка“	ЗЗ „Котленска планина“	ПП „Сините камъни“ – Каракютюк и Кариерата	ПП „Сините камъни“ – Голямата Чука и Локвата	ЗЗ „Западна Странджа“	Язовир „Луда Яна“
ЗЗ Натура 2000	Витоша SCI&SPA BG0000113	Врачански Балкан SCI BG0000166, SPA BG0002053	Българка SCI&SPA BG0000399	Котленска планина SCI BG0000117, SPA BG0002029	SCI Сините камъни BG0000164, Сините камъни - Гребенец SPA BG0002058	SCI Сините камъни BG0000164, Сините камъни - Гребенец SPA BG0002058	Западна Странджа SPA BG0002066, Дервентски възвишения - 2 SCI BG0000219	Средна гора SCI BG0001389 SPA BG0002054
Тип	Подсилване	Реинтродукция	Реинтродукция	Реинтродукция	Подсилване	Интродукция	Подсилване	Спасителна транслокация, Подсилване
Източник на финансиране	ОП ² Околна среда 2007-2013	ОП Околна среда 2007-2013	ОП Околна среда 2007-2013	Собствени средства на НПО	ОП Околна среда 2007-2013 (Каракютюк); Life+ (Кариерата)	ОП Околна среда 2007-2013	Life+	МРРБ
Изпълнител	ДПП ³ „Витоша“	ДПП „Врачански Балкан“	ДПП „Българка“	Фонд за дивата флора и фауна	ДПП „Сините камъни“	ДПП „Сините камъни“	БДЗП	ИБЕИ-БАН
Продължителност	2011-2014	2013-2016	2013-2015	2011-2016, продължава	2010-2014	2013-2014	2017-2019	2018
Брой локации	1	1	1	1	2	2	1	1
Брой преместени животни	120	132	149	309	292 в Каракютюк 57 в Кариерата	206 в Голяма чука, 222 в Локвата	167 (до 2018)	96
Метод на освобождаване	в адаптационни заграждения	в адаптационни заграждения	в адаптационни заграждения	в изкуствени дупки запушени с трева или камък	в изкуствени дупки запушени с трева или камък	в адаптационни заграждения	в индивидуални адаптационни заграждения	в индивидуални адаптационни заграждения
Месец на преместване	април – август	юли – август	май – август	юли	юли - август	юли - август	юни - юли	юли
Надморска височина	1550 м	1420 м	1420 м	660 м	920 м	830 м	300 м	1380 м
Собственост на земята	Публична държавна	Публична общинска и	Частна и държавна частна	Публична и частна	Публична държавна	Публична държавна	BSPB (NGO)	Основно публична общинска

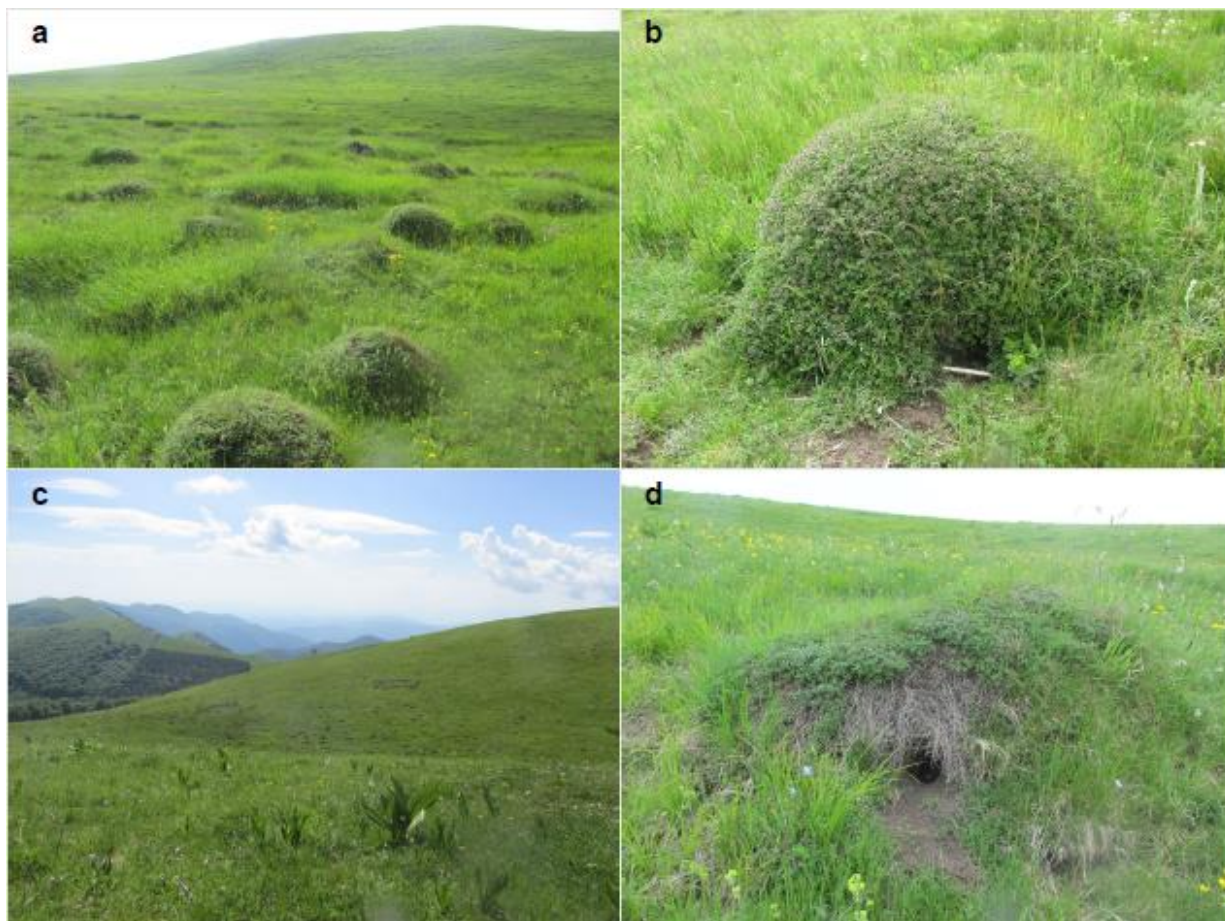
		частна общинска		общинска, частна				
Разстояние до донорската колония	36 км	44 км	13 км	27 км (от с. Тополчане) 32 км (до с. Речица и голф игрище)	13 км (от с. Тополчане), 11 км (до с. Речица и гольф игрище)	13 км (от с. Тополчане), 11 км (до с. Речица и голф игрище)	75 км	10 км
Разлика в надморската височина в сравнение с донорската колония	850 м	1320 м	970 м	470 м	730 м	630 м	110 м	780 м
Успех към 2017/2018 г.	Да	Да	Да	Да	Да	Не	Да	-
Дейности по предварителна подготовка на мястото	Изкуствени дупки и косене на трева	Изкуствени дупки и косене на трева	Изкуствени дупки	Изкуствени дупки	Изкуствени дупки	Премахване на храсти, изкуствени дупки и косене на трева	Изкуствени дупки	Изкуствени дупки
Дейности по поддръжка на местообитанието	Косене на тревата	Екстензивна паша на коне	Паша на добитък	Премахване на храсти, екстензивна паша на добитък	Екстензивна паша на овце	Премахване на храсти, екстензивна паша на добитък до 2014	Екстензивна паша на овце и крави	Паша
Подхранване	Да	Да	Да	Не	Да	Да	Да	Да
Маркиране на животните	Да, микрочипове	Да, микрочипове	Да, микрочипове	Да, с рязане на пръсти при последното пускане	Да, микрочипове и боя	Да, микрочипове	Да, микрочипове	Да, с боя
Пазене след освобождаване	Да, за 30 дни	Да, за 30 дни	Да, за 30 дни	Не	Да	Да	Да, за 10 дни след всяко пускане	Да
Основни заплахи и лимитиращи фактори	Липсва поддържане на местообитанието	Неблагоприятни метеорологични условия	Неблагоприятни метеорологични условия	Намаляване на пашата	Високо ниво на присъствие на хищници	Липсва поддържане на местообитанието	Намаляване на добитъка	-

¹ Природен парк, ² Оперативна програма, ³ Дирекция на природен парк

Б. Ролята на мравуняците при адаптацията на лалугера след реинтродукция в две български планини

Материали и методи

Разгледани са две реинтродуцирани колонии на европейски лалугер в планински райони на България. Дейностите по реинтродукцията са били извършени през периода 2013-2016 г. По време на ежегодния мониторинг на колониите е наблюдавано предпочитание на лалугерите да изкопават дупките си в основата на мравуняци (основно на жълтата ливадна мравка *Lasius flavus* (Fabricius, 1781)) (Фиг. 1). С цел да се изследва това по-детайлно през 2019 г. дупките на лалугери са преброени и картографирани чрез трансектния метод като е отбелязана тяхната асоциация с гнезда на мравки.



Фигура 1. Дупки на лалугери в основата на мравуняци в ПП „Българка“ (а, b) и ПП „Врачански Балкан“ (с, d).

Резултати

Изследването показва, че 82.3% от дупките на лалугерите в ПП „Българка“ и 70.2% от дупките на лалугерите в ПП „Врачански Балкан“ са в основата на мравуняци главно на жълтата ливадна мравка (*Lasius flavus*) (Табл. 2).

Таблица 2. Процентно разпределение на дупките на лалугерите в основата на мравуняци.

Колония	ПП „Врачански Балкан“	ПП „Българка“
Дата	29.05.2019	11.06.2019
Общ брой картирани дупки	84	132
Дължина на трансекта	4398 m	5043 m
Процент дупки в мравуняци (гнезда) на:		
<i>Lasius flavus</i>	57.1%	64.7%
<i>Formica cunicularia</i>	1.2%	-
<i>Formica rufibarbis</i>	1.2%	-
Изоставени или много стари (на повече от 10 години) гнезда на <i>L. flavus</i> заети от <i>Lasius alienus</i>	6%	-
Изоставени или много стари (на повече от 10 години) гнезда на <i>L. flavus</i> заети от <i>Formica fusca</i>	3.5%	-
Изоставени или много стари (на повече от 10 години) гнезда на <i>L. flavus</i> заети от <i>Myrmica scabrinodis</i>	-	2.9%
Изоставени или много стари (на повече от 10 години) гнезда на <i>L. flavus</i> заети от <i>Tetramorium</i> sp.	-	2.9%
Гнезда, в които <i>Lasius flavus</i> съжителства с <i>Myrmica scabrinodis</i>	-	1.5%
Гнезда, в които <i>Lasius flavus</i> съжителства с <i>Tetramorium</i> sp.	-	1.5%
Празни гнезда	1.2%	8.8%
Общ процент дупки на лалугери в мравуняци	70.2%	82.3%

В. Местните лалугери проявяват по-високи нива на стрес след транслокация в сравнение с преместените индивиди след консервационно подсилване

Материали и методи

В периода 2017-2019 г. е извършено популационно подсилване на лалугерова колония в близост до с. Момина църква, обл. Бургас. Началната ѝ численост е оценена на около 20 индивида. Дейностите са част от проект „Земя за царския орел“ (LAND for LIFE, LIFE14 NAT/BG/001119), който е координиран от Българското дружество за защита на птиците и се изпълнява в партньорство с местни фермери. Като донорска е избрана колонията при с. Тополчане, обл. Сливен. Основни причини за този избор са близостта ѝ с подсилваната колония, нейната голяма площ и плътност, както и фактът че тя е слабо защитена и поетапно се унищожава. През трите години на подсилването общо 213 лалугера са уловени

в колонията при с. Тополчане, измерени, маркирани и преместени. След началото на дейностите по подсилване в колонията при с. Момина църква са провеждани ежемесечни сесии за повторен улов в рамките на активния сезон (април-септември), по време на които са извършени 95 повторни улова, както и 138 улова на местни индивиди.

С цел да се проследи стресът, който транслокацията причинява в преместените и в местните животни при всеки улов са взимани копропроби (Табл. 3 и Табл. 4). Те са съхранявани при -18° и са изследвани за съдържание на кортизолови метаболити, които са показател за наличието на стрес при този вид. Анализите са извършени в Университета на Виена. Данните са обработени статистически със софтуер R чрез регресионен и дисперсионен анализ.

Таблица 3. Разпределение по пол и възраст на преместените животни, изследвани за съдържание на фекални кортизолови метаболити при транслокацията.

Година	Неполово зрели (n=86)		Полово зрели (n=47)	
	Мъжки	Женски	Мъжки	Женски
2017	20	35	15	11
2018	16	15	10	11
Общо	36	50	25	22

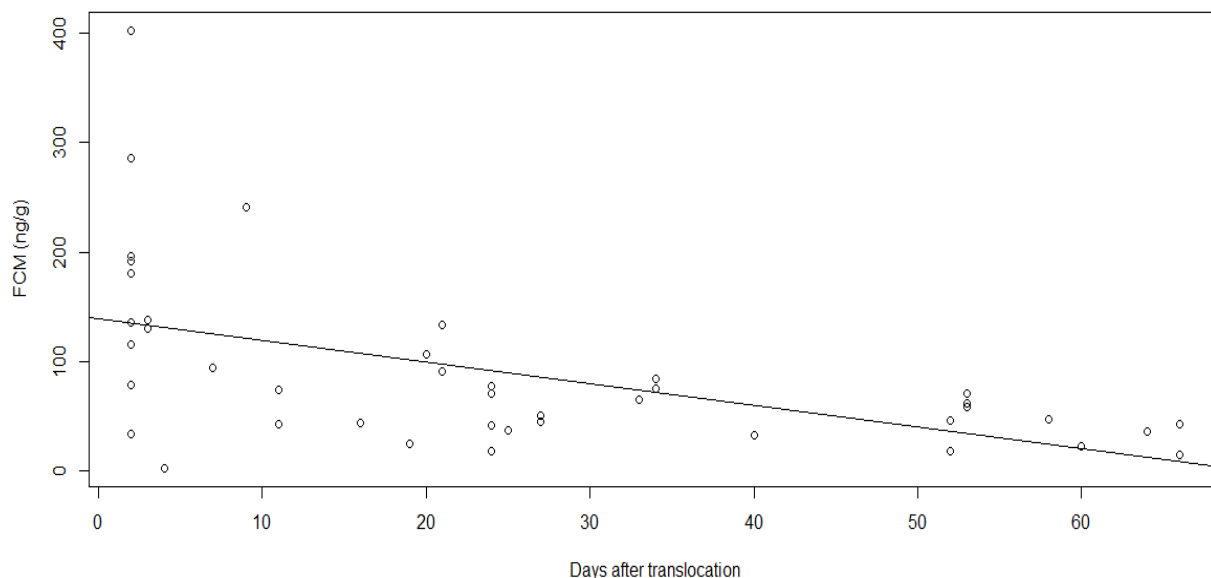
Таблица 4. Разпределение по пол и възраст на местните и повторно уловените преместени индивиди, изследвани за съдържание на фекални кортизолови метаболити.

Година	Местни животни (n=80)				Преместени животни (n=60)			
	Неполово зрели (n=50)		Полово зрели (n=30)		Неполово зрели (n=39)		Полово зрели (n=21)	
	Мъжки	Женски	Мъжки	Женски	Мъжки	Женски	Мъжки	Женски
2017	8	6	2	2	7	15	2	3
2018	15	18	2	8	10	7	6	3
2019	0	3	3	13	0	0	4	3
Общо	23	27	7	23	17	22	12	9

Резултати

Резултатите показват, че нивата на кортизоловите метаболити намаляват след освобождаването на преместените животни в новата среда и времето изминало от

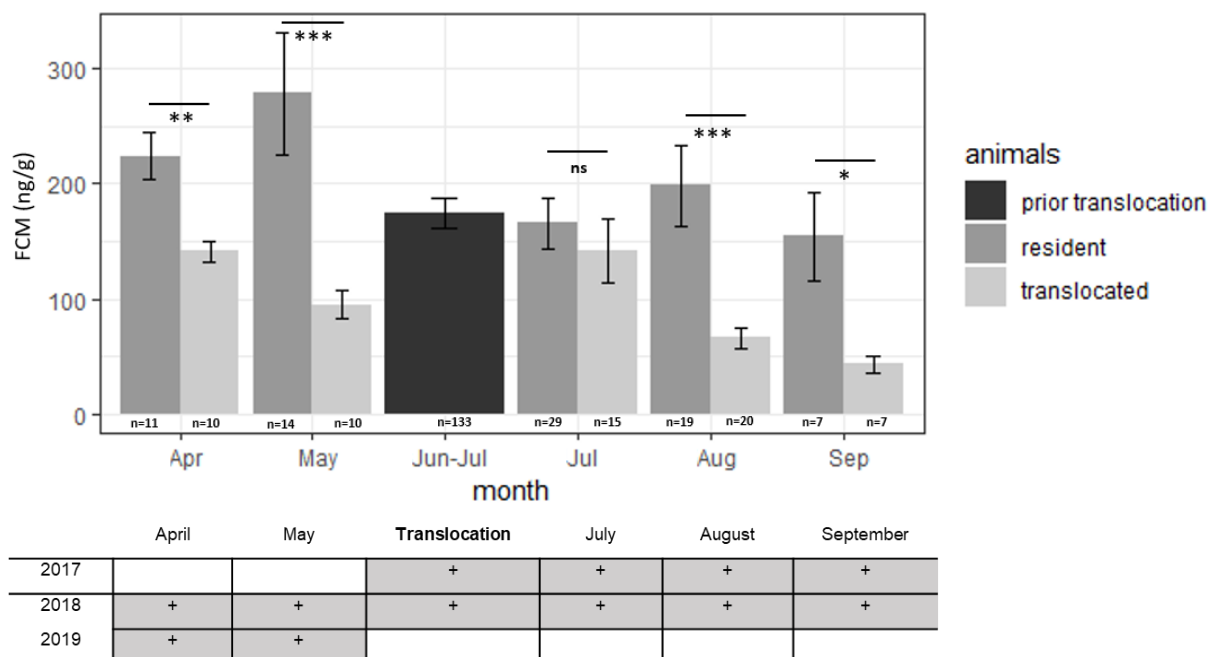
освобождаването е единственият статистически достоверен фактор, обясняващ това намаляване (Фиг. 2).



Фигура 2. Намаляване на концентрации на фекални кортизолови метаболити при преместените индивиди намалява в периода на адаптацията.

Установено е, че концентрациите на кортизоловите метаболити са по-високи при местните лалугери, отколкото при преместените индивиди през втората половина на активния сезон след транслокацията, както и през следващата пролет (Фиг. 3, Табл. 5). Това вероятно се дължи на присъствието на преместените лалугери и повишената плътност на колонията.

Концентрациите на кортизоловите метаболити не показват статистически значими разлики по отношение на пола и възрастта на индивидите. Разстоянията, изминати от преместените лалугери, както и промените в тяхната телесна маса не се влияят от нивата на кортизоловите метаболити.



Фигура 3. Динамика на концентрациите на кортизолови метаболити при местни и преместени индивиди през първата година след преместването.

Таблица 5. Статистическа достоверност на разликите в концентрациите на кортизолови метаболити при местни и преместени индивиди по месеци.

Месец	D.f.	F-стойност	p-стойност
Април	19	13.77	0.00148 **
Май	22	19.27	0.000233 ***
Юли	42	0.518	0.476
Август	37	14.89	0.00044 ***
Септември	12	7.584	0.0175 *

Г. Преместените лалугери се установяват близо до мястото на освобождаване при консервационно подсилване

Материали и методи

Пространственото поведение на 47 лалугера (*Spermophilus citellus*) (Табл. 6) след популационно подсилване на лалугерова колония при с. Момина църква, обл. Бургас, е изследвано с помощта на радионашийници. За първи път в подобно изследване са включени и местни индивиди. Радиотелеметричното изследване е с продължителност от 2 години (2017 и 2019). То включва два подхода за локализация на индивидите: 1) Директно проследяване: вечер след края на дневната активност на колонията с помощна на Yagi-антена и приемник се проследява сигнала от нашийника на животното, определя

мястото, където то се намира и се снемат координати с GPS-устройство; 2) Биангулация. На всеки час през деня от две точки с известни координати едновременно се определят посоките (азимутите), откъдето се чува най-силно сигнала на радиопредавателя. Радиотелеметрията е приложена след освобождаването през месец юли и по време на още две сесии през август и септември за общо 14 дни през 2017 г. и 18 през 2019 г. Броят на записаните местоположения варира при отделните животни поради различни причини – загуба на сигнал, животното е станало жертва на хищник или нашияникът е паднал. Средната продължителност на проследяването е 12 дни (2–18) в период от средно 38 дни (1–77). Средният брой локации, изчислени чрез биангулация, е 75 (5–156), а средният брой локации, определени с директно проследяване, е 11 (1–20) (Фиг. 5 и 6).

Таблица 6. Разпределение по пол и възраст на животните с поставени радионашийници.

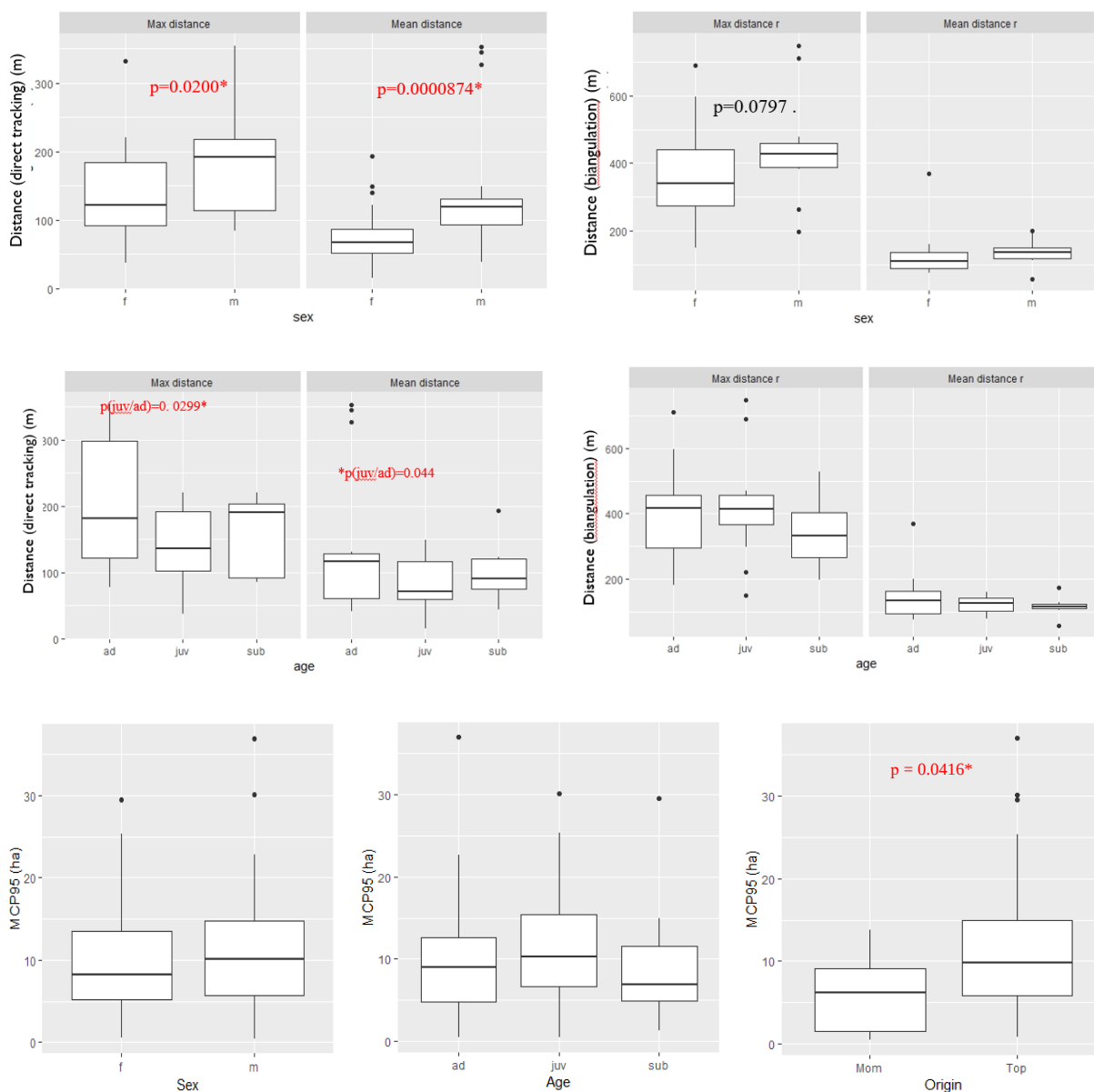
Година	Млади		Полувъзрастни		Възрастни		Общо
	Мъжки	Женски	Мъжки	Женски	Мъжки	Женски	
2017	3	4	1	2	5	3	18
2017 местни	2	2	0	0	2	1	7
2019	5	6	3	2	1	5	22
Общо	10	12	4	4	8	9	47

Въз основа на събраните данни за всеки индивид са изчислени средни и максимални разстояния на заселване (от локациите, определени чрез директно проследяване), средни и максимални разстояния на скитане и територии на обитаване (от локациите, определени чрез биангулация). За изчисляване на териториите на обитаване е използван методът Minimal Convex Polygon (MCP), като се включени 95% от локациите за всеки индивид. За статистическа обработка на получените резултати е използван дисперсионен анализ със софтуер R.

Резултати

Резултатите показват, че преместените лалугери прекосяват по-големи територии в сравнение с местните индивиди. Мъжките и възрастните, като и по-едрият животни от всяка група (мъжки, женски, възрастни, млади) изминават значително по-големи разстояния отколкото женските, младите и по-дребните животни. Средното разстояние на заселване при женските е 78 м, докато при мъжките е 146 м. Максималното разстояние на скитане при мъжките е средно 442 м, а при женските то е средно 364 м. Значителни разлики в средното разстояние на заселване има и при различните възрастови групи – то е средно 85 м при младите индивиди и 141 при възрастните. Най-голямото изминато разстояние е 712 м (Фиг. 4).

Основната причина за смъртта, установена в рамките на изследването е хищничеството. Преживяемостта на преместените индивиди с радионашийници в края на първия активен сезон след транслокацията е 79%.



Фигура 4. Разпределение на получените разстояния и територии по полови и възрастови групи, както и според произхода на индивидите (Мом – колония при с. Момина църква, Тор – колония при с. Тополчане). Статистически значимите (в червено) и близките до статистически значими (в черно) разлики са отбелязани чрез стойностите на p .



Фигура 5. Всички местоположения, определени чрез директно радио-проследяване през 2017 г.

Местоположенията на всеки индивид са маркирани с точки с различни цветове. Мястото на освобождаване е маркирано с жълта звезда. Полигоните, рамкирани в черно, са имоти, закупени от БДЗП като част от проекта.



Фигура 6. Всички местоположения, определени чрез биангулация през 2019 г.

Местоположенията на всеки индивид са маркирани с точки с различни цветове. Мястото на освобождаване е маркирано с жълта звезда. Полигоните, рамкирани в черно, са имоти, закупени от БДЗП като част от проекта.

Д. Хелминти паразити в подсилена колония на европейски лалугер

Материали и методи

С цел да се установи опаразитеността с хелминти преди консервативното подсилване копропроби за паразитологични изследвания бяха събрани от преместените индивиди при първоначалното им улавяне в донорската колония, както и от местни индивиди от колонията при село Момина църква преди подсилването. След транслокацията промените в срещаемостта на паразитите са проследени чрез сесии за повторен улов, провеждани ежесечно в продължение на 3-4 дни по време на активния сезон (април - септември) от юли 2017 г. до септември 2018 г. Копропроби са фиксирани в 70% етанол и са обработени по метода FLOTAC. При калибрацията му за европейския лалугер е установено, че цинковият сулфат ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) със специфична плътност 1,35 е най-подходящият флотационен разтвор (Табл. 7). На базата на получените резултати е изчислена срещаемостта на хелминтите (брой заразени индивиди/общ брой изследвани индивиди). Тази променлива следва биноминалното разпределение и съответно за статистическата обработка на данните са използвани непараметрични тестове извършени със софтуер R.

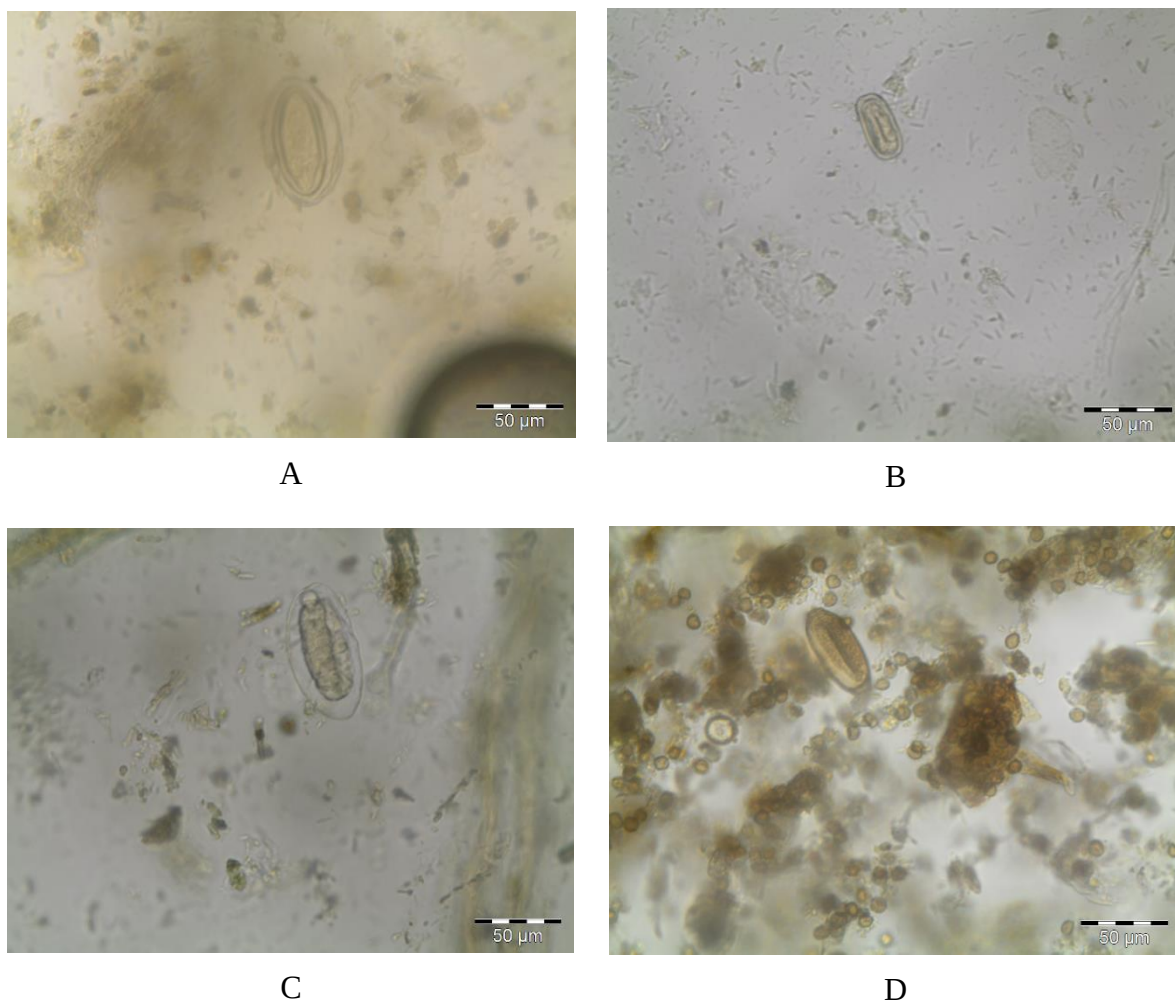
Таблица 7. Резултати от калибрацията на метода FLOTAC за европейския лалугер.

Флотационен разтвор	Специфична плътност	Брой паразитни елементи
Захароза и формалдехид	1.2	41
Натриев хлорид	1.2	3
Цинков сулфат	1.2	0
Натриев нитрат	1.2	0
Захароза и калиев живачен йодид	1.25	0
Магрезиев сулфат	1.28	66
Цинков сулфат	1.35	214
Калиев живачен йодид	1.44	10
Цинков сулфат и калиев живачен йодид	1.45	1

Резултати

Яйца на хелминти са открити в 54% от изследваните 24 копрологични проби, събрани от животните, уловени в донорската колония преди преместването (Табл. 2). Установени са яйца на 4 вида хелминти – *Moniliformis moniliformis*, *Streptopharagus kutassi*, *Trichostrongylus cf. colubriiformis* и *Capillariidae* gen. sp. (Фиг. 7). Само в една от 13-те проби (срещаемост 8%), взети от колонията в района на с. Момина църква през юли 2017 г. преди подсилването, са открити хелминтни яйца. Те принадлежат само към един вид и това е *M. moniliformis* (Табл. 3). Wilcoxon rank sum test потвърждава значимостта на наблюдаваните

разлики в срещаемостта между двете колонии ($W = 65$, $p = 0,025$, $n = 30$). През следващите 2 месеца разнообразието на хелминти в подсилваната колония се увеличава, като срещаемостта им достига стойности, сходни с тези в донорската колония.



Фигура 7. Яйца на хелминти, открити в копрологичните проби. A. *Moniliformis moniliformis*; B. *Streptopharagus kutassi*; C. *Trichostrongylus* cf. *colubriformis*; D. *Capillariidae* gen. sp.

Повторните улови през следващата година (2018) показват почти отсъстваща опаразитеност през пролетта и сериозно увеличаване на срещаемостта през лятото. Тези тенденции за сходни както при местните индивиди, така и при преместените (Табл. 8) и вероятно се обясняват със сезонни вариации при хелминтите паразити при лалугера.

Таблица 8. Среждаемост на хелминтите при преместените лалугери.

Дата	<i>M. moniliformis</i>	<i>T. cf. colubriiformis</i>	<i>S. kutassi</i>	<i>Capillariidae gen. sp.</i>	Обща	Брой проби
Преди преместването						
Юли 2017	-	47 %	12 %	12 %	53 %	17
Юли 2018	43 %	29 %	29 %	14 %	57 %	7
Обща	13 %	42 %	17 %	13 %	54 %	24
Повторни улови след преместването						
Юли – Септ. 2017	7 %	73 %	60 %	7 %	87 %	15
Април-Юни 2018	-	-	22 %	-	22 %	9
Юли-Септ 2018	11 %	44 %	33%	-	67 %	9

Таблица 9. Среждаемост на хелминтите при местните лалугери от колонията при с. Момина църква.

Дата	<i>M. moniliformis</i>	<i>T. cf. colubriiformis</i>	<i>S. kutassi</i>	<i>Capillariidae gen. sp.</i>	Общо	Брой проби
Юли 2017	8 %	-	-	-	8 %	13
Април-Юни 2018	-	-	-	-	-	15
Юли-Септ 2018	8 %	69 %	15 %	-	77 %	26

IV. Изводи и заключение

На основата на проведените изследвания могат да се направят следните основни изводи:

1. Проведеното мониторингово проучване показва, че дългосрочното поддържане на местообитанията, благоприятните метеорологични условия в момента на преместването и по-щадящият метод на освобождаване на индивидите, включващ адаптационни заграждения, подхранване и охрана, имат важно значение за успеха на транслокационните дейности.
2. Транслокацията на индивиди от колонии на по-ниска надморска височина към такива на по-висока представлява допълнителна трудност както при самата транслокация, така и при последващата адаптация на индивидите. Причина за това е разликата в периодите на активност на животните при различните климатични условия в планината и равнината.
3. Преместените лалугери са способни както на еднократни скитания, така и на дългосрочно преселване и установяване на колонията на разстояние до 720 м от мястото на пускане, като активно избират местообитания с благоприятни характеристики като например особености на микрорелефа (например мравуняци).
4. Данните от радиотелеметрията показват, че по отношение на половите разлики, пространственото поведение на преместените лалугери е подобно на това в естествените колонии (мъжките са по-мобилни от женските), докато по отношение на възрастовите различия се наблюдава противоположната тенденция в сравнение с естествените колонии (младите изминават по-малки разстояния от възрастните).
5. Установена е висока оцеляемост на преместените индивидите през първите два месеца (79%) след освобождаването в новата среда, като основната причина за смъртността е хищничеството.
6. Динамиката на кортизолови метаболити при преместените индивиди се характеризира с очакван пик на стреса непосредствено след освобождаването им в новата среда, последван от постепенен спад в процеса на адаптация.
7. По-високите концентрации на кортизолови метаболити в местните животни в сравнение с преместените дават основания да се смята, че е възможно подсилването с нови индивиди на лалугеровата колония да предизвиква стрес в местните животни.
8. Донорската колония, характеризирана с по-висока плътност и численост, показва значително по-високо видово разнообразие и ниво на инвазия с хелминтни паразити в сравнение с подсилената колония, която е с по-ниска плътност и численост. Тази положителна зависимост между плътността на гостоприемника и видовото богатство

и срещаемостта на паразитите се обуславя от увеличената възможност за предаване на паразите и завършване на жизнения им цикъл.

9. Проведените изследвания показват, че при транслокации с гостоприемника се пренасят и паразити, които в подсилваната колония достигат стойности на инвазията сходни с тези в донорската колония. Броят на индивидите в подсилената колонията нараства, което показва, че увеличените нива на инвазия нямат силно негативно влияние.
10. Наблюдавано е ниско ниво на видовото разнообразие и инвазия с хелминти през пролетта, което се увеличава през лятото, както при местните, така и при преместените индивиди. Това вероятно е свързано със сезонната динамика при паразитите и сезонните особености в активността на гостоприемника.

В заключение можем да твърдим, че настоящият дисертационен труд ясно очертава механизма на адаптация на европейския лалугер след консервационна транслокация. Представени са обобщение и анализ на всички подобни дейности осъществени в България през последното десетилетие. Проведено е задълбочено мултидисциплинарно изследване, съпътстващо реални консервационни дейности, при което са получени пионерни данни по отношение на пространственото поведение, нивата на стреса и динамиката на инвазираността с хелминтни паразити през първите месеци след преместването на индивидите в новата среда. Особена ценност на проучването е възможността за сравнение на резултатите, получени за преместените, с тези за местните индивиди, което значително допринася за разбиране процеса на приспособяване към нова среда.

V. Приноси

1. Проучен е успехът на проведените до този момент консервационни транслокации на лалугер в България. Анализирани са биотичните и абиотичните фактори, които му влияят. Изведени са препоръки за подобряване на успеха на консервационните транслокации на лалугери в бъдеще. Установена е необходимостта при подобни дейности да се гарантира дългосрочното поддържане на местообитанието.
2. В следствие на анализ на пространственото поведение на преместените животни е установено, че трябва да се вземат предвид по-големи територии (с радиус от 800 м) при планиране на бъдещи транслокации.
3. Чрез изследване на кортизолови метаболити е установена динамиката на нивата на стреса през първата година след транслокацията както в преместените, така и в местните индивиди. Изказана е хипотезата, че гъстота на колонията и появата на нови индивиди може да доведат до увеличаване на нивата на стрес в местните животни. Това може да бъде предотвратено чрез поетапно преместване на индивидите на малки групи и изместване на точката на пускане при всяка следваща група.
4. За първи път е проведено неинвазивно (копрологично) изследване на хелминтофауната в две популации лалугери, едната от които е обект на популационно подсилване. Доказано е, че транслокацията на лалугера е съпътствана от пренасяне на ендопаразитите му. Потвърдена е хипотезата, че плътните популации на гостоприемника се характеризират с по-голямо разнообразие и срещаемост на хелминти. Установена е сезонна динамика в опаразитеността с хелминти при лалугера. Проучена е динамиката на инвазираността с хелминтни паразити през първите месеци след преместването на индивидите в новата среда.

Декларация за оригиналност и достоверност

от Мария Николаева Качамакова

Във връзка с провеждането на процедура за защита на дисертация за придобиване на ОНС „Доктор“ в Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания – БАН, еднозначно декларирам:

1. Резултатите, обсъжданията и изводите в научната продукция, които предоставям в процедурата, са оригинални и не са заимствани без цитиране от изследвания и публикации, в които нямам участие.
2. Представената от мен информация във вид на копия на документи и публикации, лично съставени справки и др. съответства на обективната истина.

06.10.2020 г.

гр. София

Декларатор: М. Качамакова

/подпис/

Благодарности

На първо място бих искала да изкажа сърдечни благодарности на научния си ръководител гл. ас. д-р Йордан Кошев за това, че повярва в мен и ме включи в един истински проект-мечта, в резултат на което стана възможен настоящия дисертационен труд. Благодаря му за безкрайното търпение и затова, че беше насреща във всяка една ситуация по всяко време и успешно ме преведе през всички теренни, научни и административни перипетии през последните четири години.

Специални благодарности изказвам на научния си консултант доц. д-р Ясен Мутафчиев за помощта при определянето на нематодите паразити, за неговата отзивчивост, изключителен професионализъм и винаги критичен поглед. Благодаря на гл. ас. д-р Павел Николов за съдействието при калибрацията на метода FLOTAC, ценните насоки и ведрата атмосфера. Благодаря на доц. д-р Златка Димитрова за определянето на пробите от *Acanthocephala*.

Признателна съм на проф. д-р Eva Millesi за възможността да обработвам кортизоловите проби в лабораторията на Университета на Виена, за ценните съвети и за съдействието. Благодаря на д-р Ilse Hoffmann за подкрепата и на Elisabeth Pschernig за това, че беше до мен стъпка по стъпка при обработването на пробите.

Искрено благодаря на екипа на Българското дружество за защита на птиците (БДЗП), без който транслокацията в района на с. Момина църква нямаше да се случи: на първо място на Светослав Спасов – най-добрият трапер, когото познавам, на Димитър Градинаров – за съдействието в теренната работа и затова, че ни направи филмови звезди, на доц. д-р Георги Попгеоргиев – за помощта в неравната борба с QGIS.

Особено съм признателна на Dimitra-Lida Rammou за изключителната помощ в сесиите за повторен улов и страхотната морална подкрепа. Нейната поява беше истинско чудо в нашата тежка теренна работа.

За съдействието за определяне на мравките от колонии в ПП „Врачански Балкан“ и ПП „Българка“ благодаря на гл. ас. д-р Вера Антонова, също така за помощта при подготовката на статията и приятелското отношение.

Благодаря на Даниела от ПП „Врачански Балкан“ за логистичната помощ при посещенията на колонията, за ценните данни и за сърдечното отношение.

Изказвам искрените си благодарности на колегите си от Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания към БАН (ИБЕИ-БАН) особено на проф. д.б.н. Бойко Георгиев,

проф. д-р Снежана Грозева, проф. д-р Румяна Мечева и доц. д-р Михаела Недялкова за подкрепата, отзивчивостта и милото отношение. Благодаря на колегите, с които делихме една стая – Илияна Алексиева и Николай Караиванов, за радушното посрещане и загрижеността.

Благодаря на Димитър Рагъов и Симеон Арангелов за помощта за извършване на мониторинга на минали транслокации на лалугер. Благодаря на Ясен Мутафчиев, Кристина Йонкова, Таня Желева, Светла Тодорова, Силвия Дюлгерова и Васил Р. Попов за участието им в теренната работа.

Признателна съм на гл. ас. д-р Румяна Костова за съветите при статистическата обработка на данните.

Благодаря на доц. д-р Гергана Василева, гл. ас. д-р Анелия Бобева, ас. Яна Димитрова и ас. Нина Ванчева за въвеждането в работата в лабораторията и приятелската атмосфера.

Благодаря на Елена Стоева, Владимир Стефанов, д-р Никола Дойкин, Илиан Стоев, д-р Емилиян Стойнев, Лъчезар Бончев, Стефан Стайков и Силвия Иванова за предоставените данни за предходни транслокации на лалугери.

Бих искала да изкажа специални благодарности на колегите от ВВФ България за проявеното разбиране, загриженост и подкрепа.

Най-топли благодарности бих искала да изкажа на майка ми Божурка Андонова за неотлъчната подкрепа, любов и грижа.

Настоящият дисертационен труд стана възможен благодарение на проект „Земя за царския орел“ (LAND for LIFE, LIFE14 NAT/BG/001119, координиран от БДЗП), проект по Програма за подпомагане на млади учени и докторанти в БАН № ДФНП— 17 – 110/28.07.2017 г. и Националната програма “Млади учени и постдокторанти” 2020.

Списък на научните публикации по темата на дисертацията

1. Koshev Y, **Kachamakova M**, Arangelov S, Ragyov D (2019) Translocations of European ground squirrel (*Spermophilus citellus*) along altitudinal gradient in Bulgaria – an overview. - Nature Conservation 35: 63–95. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.35.30911> [Journal Impact Factor Web of Science 2018 = 1.22; Scopus Journal Rank (SJR) 2019 = 0.48; Q2]
2. **Kachamakova M**, Antonova V, Koshev Y (2019) The role of ant nests in European ground squirrel's (*Spermophilus citellus*) post-reintroduction adaptation in two Bulgarian mountains. Biodiversity Data Journal 7: e38292. <https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e38292> [Journal Impact Factor Web of Science 2018 = 1,01; Scopus Journal Rank (SJR) 2019 = 0.52; Q2]
3. **Kachamakova M**, Koshev Y, Millesi E (2020) Resident European ground squirrels exhibit higher stress levels than translocated individuals after conservation reinforcement. Mammalian Biology. <https://doi.org/10.1007/s42991-020-00066-2> [Journal Impact Factor Web of Science 2019: 1.595; Scopus Journal Rank (SJR) 2019 = 0.79; Q1].

Списък на участията в научни форуми с доклади и постери, отразяващи изследванията по дисертацията

1. **Kachamakova M**, Koshev Y, Ragyov D, Arangelov D (2018) Preliminary results of European ground squirrel (*Spermophilus citellus*) conservation translocations in Bulgaria. In: Programme and Book of Abstracts 8-th International Colloquium on Squirrels 4–8 June 2018, Zoology, School of Natural Sciences, National University of Ireland, Galway, Republic of Ireland, p. 29. <http://www.conference.ie/content/FINAL%20Book%20of%20Abstracts%20Squirrel%20Colloquium.pdf>
2. **Kachamakova M**, Koshev Y (2018) Preliminary results on *Spermophilus citellus* home range formation after repatriation activities in Bulgaria. In: Programme and Book of Abstracts 8-th International Colloquium on Squirrels 4–8 June 2018, Zoology, School of Natural Sciences, National University of Ireland, Galway, Republic of Ireland, p. 55. <http://www.conference.ie/content/FINAL%20Book%20of%20Abstracts%20Squirrel%20Colloquium.pdf>
3. Koshev Y, **Kachamakova M**, Ragyov D, Arangelov D (2018) Overview of the repatriations of European ground squirrel (*Spermophilus citellus*) at Bulgaria. In: Váczi O, Németh A (Eds.) VII European ground squirrel meeting & Subterranean Rodents Workshop, Book of Abstracts, 1–5 October 2018, Budapest, Hungary, p. 48. ISBN: 978-963-9119-3-3. http://sakerlife3.mme.hu/sites/default/files/vii_egsm_book_of_abstracts_isbn.pdf
4. **Kachamakova M**, Koshev Y (2018) First results on *Spermophilus citellus* (EGS) dispersal after translocation in Bulgaria. In: Váczi O, Németh A (Eds.) VII European ground squirrel meeting & Subterranean Rodents Workshop, Book of Abstracts, 1–5 October 2018, Budapest, Hungary, p. 51. ISBN: 978-963-89119-3-3. http://sakerlife3.mme.hu/sites/default/files/vii_egsm_book_of_abstracts_isbn.pdf
5. **Kachamakova M**, Koshev Y (2018) First results on *Spermophilus citellus* dispersal after repatriation in Bulgaria. In: Program/Abstracts 11 Seminar of Ecology-2018 with International Participation, 26–27 April 2018, IBER-BAS, USB, Section – Biology, p. 19. https://docs.wixstatic.com/ugd/16129b_92108b0e6fda4ed4a7f505ed972a5e11.pdf
6. **Kachamakova M**, Koshev Y (2018) Comparison of two methods for study of the post-release dispersal of translocated European ground squirrels (*Spermophilus citellus*) in South-eastern Bulgaria. In: International Scientific Conference “Kliment’s days” 8–9 November 2018, Abstracts, Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Biology, National Science Fund of Ministry of Education and Science of Bulgaria, Sofia, Bulgaria, p. 40. ISBN 978-954-07-4544-2. https://mega.nz/#!fyh3HI4Z!Yt5ce_6xnAkK8-ox7ofhBYd21uwjeCbD0RREyRVYzI

Adaptation of European ground squirrel (*Spermophilus citellus*) following conservation translocations in Bulgaria

PhD Thesis

Maria Nikolaeva Kachamakova

Institute of Biodiversity and Ecosystem Research - Bulgarian Academy of Sciences

Supervisor: Chief Assist. Yordan Koshev, PhD,

Co-supervisor: Assoc. Prof. Yassen Mutafov, PhD

Sofia, 2020

The present work clearly outlines the mechanism of adaptation of the European ground squirrel (*Spermophilus citellus*) after conservation translocations. It summarises the methodologies used in 8 such actions implemented in Bulgaria during the last decade and analyses the factors impacting their success. Five of the completed six translocations were successful. In most of the actions (6) a soft release approach was used. In 6 cases, the animals settled 100 to 720 metres away from the release site, implying management and protection of suitable habitat beyond the translocation area. In 7 of the translocations, the altitude between the donor colony and the release site varied from 470 to 1320 m which could have a hindering effect on the adaptation of animals due to the specific conditions in the mountains. The main reasons for failure are probably poorly selected and maintained habitats and bad climatic conditions (rainy and cool weather) during the translocation action. In two of the mountainous reintroduced ground squirrel colonies (NP “Bulgarka” and “Vrachanski Balkan”) the vast majority of the burrows are located in the base of anthills, mainly of yellow meadow ant (*Lasius flavus*). The benefits for the ground squirrel, including reduced energy demand for digging, as well as additional surveillance and hiding places available, could greatly enhance the post-reintroduction adaptation process.

An in-depth multidisciplinary study accompanying real conservation action (population reinforcement of a colony near the village of Momina tsarkva) was conducted. It provided pioneering data on spatial behaviour, stress levels and dynamics of helminth parasites infection during the first months after the individuals were moved to the new environment. A particular value of the study is the possibility for comparison between the resident and the translocated individuals that significantly contributes to the understanding of the adaptation process. The analysis of the faecal cortisol metabolites concentrations (FCM) showed that the stress in the translocated individuals decreased after the release and that the time span after the translocation

event was the key variable explaining that decrease. Surprisingly, the FCM levels were higher in the resident ground squirrels than in the translocated individuals throughout the active season and in the following spring. We found no effect of FCM concentrations on dispersal distances or body mass gain in translocated individuals. The study of the spatial behaviour showed that the translocated individuals had much larger territories in comparison with the residents. They settled close to the release site (108 m) but were able to traverse considerable distances (712 m). The males and the adults were significantly more mobile than the females and the juveniles. The survival of the translocated individuals at the end of the first active season after the translocation was 79%. The main reason for death was predation. The parasitological survey showed that the diversity of helminth parasites and their prevalence were higher in the donor colony compared to the levels in the recipient colony before the translocation. In the donor colony were found four type of egg, identified as belonging to *Moniliformis moniliformis* (Acanthocephala), *Streptopharagus kutassi*, *Trichostrongylus* cf. *colubriiformis* and Capillariidae gen. sp. (all three Nematoda), and the overall positive samples for helminths was 54% (n = 24). In the samples taken from the colony of *Momina tsarkva* before the reinforcement only *Moniliformis moniliformis* was found with a prevalence of 8% (n = 13). Both translocated and resident individuals had higher prevalence of parasites later in the season (August and September), likely a result of the seasonal dynamics of the parasites life cycle and the host activity. During the next two years reinforced colony developed same helminth species as those in donor colony showing that they were probably co-translocated. The growing number of ground squirrels in the reinforced colony suggests that the developed parasite loads (49%), similar to those of the donor colony, did not affect negatively the host population and the overall success of the conservation action.