

МОНИТОРИНГ ПОПУЛЯЦИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ЛЕОПАРДА (*PANTHERA PARDUS ORIENTALIS*) С ПОМОЩЬЮ ФОТОЛОВУШЕК

В.В. Арамилев^{2,4}, А.В. Костыря^{1,3}, С.А. Соколов², А.Н. Рыбин¹, Д. Маккула⁵,
Д.Дж. Микелл¹

¹ Общество сохранения диких животных (WCS), Нью-Йорк, США

² Институт устойчивого природопользования, Владивосток, Российская Федерация

³ Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток, Российская Федерация

⁴ Тихоокеанский институт географии, Владивосток, Российская Федерация

⁵ Университет Калифорния, США

Дальневосточный леопард (*Panthera pardus orientalis*) является самым северным подвидом из девяти существующих ныне (Miththapala et al., 1996; Uphyrkina et al., 2001). Он обитает в умеренных широтах, которые характеризуются экстремальными для вида *Panthera pardus* низкими зимними температурам и наличием снежного покрова. Этот подвид распространен в самой южной части Российского Дальнего Востока (юго-запад Приморского края) и в приграничной с Россией части Китая и Северной Кореи. Наряду с азиатским (*P. p. tulliana*), аравийским (*P. p. nimr*) и барбарийским (*P. p. panthera*) подвидами дальневосточный леопард находится на грани исчезновения и внесен в Красную книгу IUCN (IUCN Red List; Nowell, Jackson, 1995).

При проведении мониторинга леопарда по следам на снегу возникали различия в оценке численности популяции (Арамилев, Фоменко, 2000; Пикун и др., 2009), поэтому был нужен метод мониторинга, который снижал бы влияние субъективных оценок и данные которого можно было обработать статистическими методами.

Окраска леопардов и тигров индивидуальна, что дает возможность их идентификации по фотоснимкам. Эта особенность в Индии легла в основу разработки методик фотоучетов с использованием математических моделей Capture-recapture (Mark-recapture), имеющих твердую статистическую основу и применяемых в мире для оценки численности многих видов животных (в том числе и медведей) без проведения физических отловов (Karanth, 1995). В США фотоловушки служили для определения видового состава хищников на определенной территории и оценки предпочтительности местообитаний разными видами млекопитающих при установке фотоловушек на тропах животных.

Для начала работ по мониторингу леопарда были закуплены два вида фотоловушек: активная инфракрасная система TrailMaster 1550 с фотоаппаратами Yashica T4 Super D, которые срабатывали при пересечении дискретного луча, и пассивная инфракрасная система CamTrakker с фотоаппаратами Yashica T5 D, которые срабатывали при появлении объекта, излучающего инфракрасные лучи. Первые фотоснимки дальневосточного леопарда были сняты фотокамерами TrailMaster. Но эти камеры имели некоторые недостатки и в дальнейшем были заменены камерами, которые реагируют на тепловое излучение объекта.

Для отработки методики учета крупных кошек с помощью автоматических фотокамер был проведен учет амурского тигра в заповеднике «Уссурийский», который прошел достаточно успешно (Костыря и др., 2003).

В данной работе представлены результаты учета дальневосточного леопарда с применением фотоловушек, проведенного на юго-западе Приморского края в 2003, 2006 и 2008 гг.

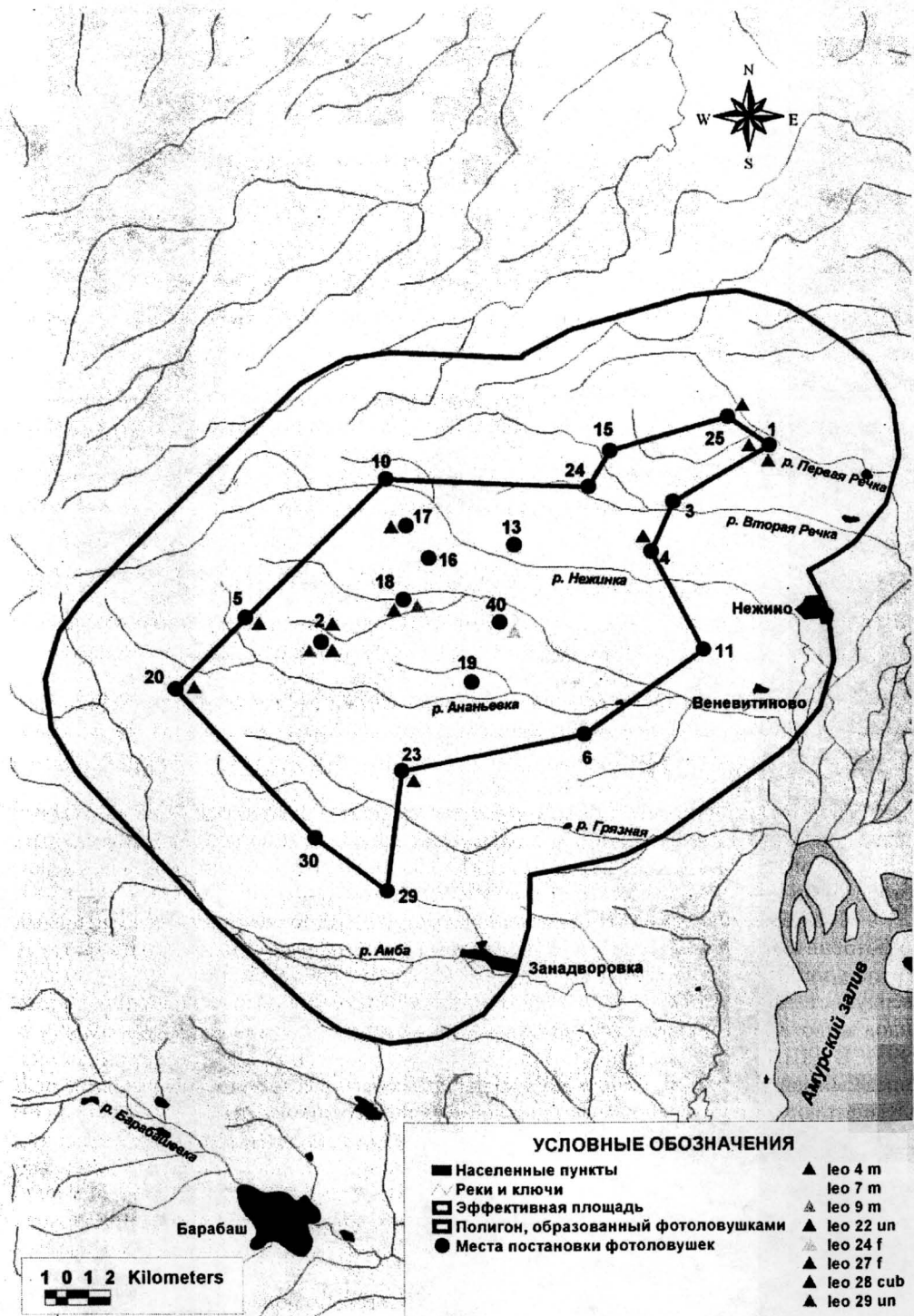


Рис. 1. Места отлова различных особей леопарда на северной площадке

Методы

Работы проводились на двух площадках: северной и южной. Северная площадка находилась на территории Нежинского охотничьего хозяйства и в юго-западной части заказника «Борисовское Плато» (рис. 1), южная включала часть заказника «Барсовый» и заповедник «Кедровая Падь» (рис. 2).

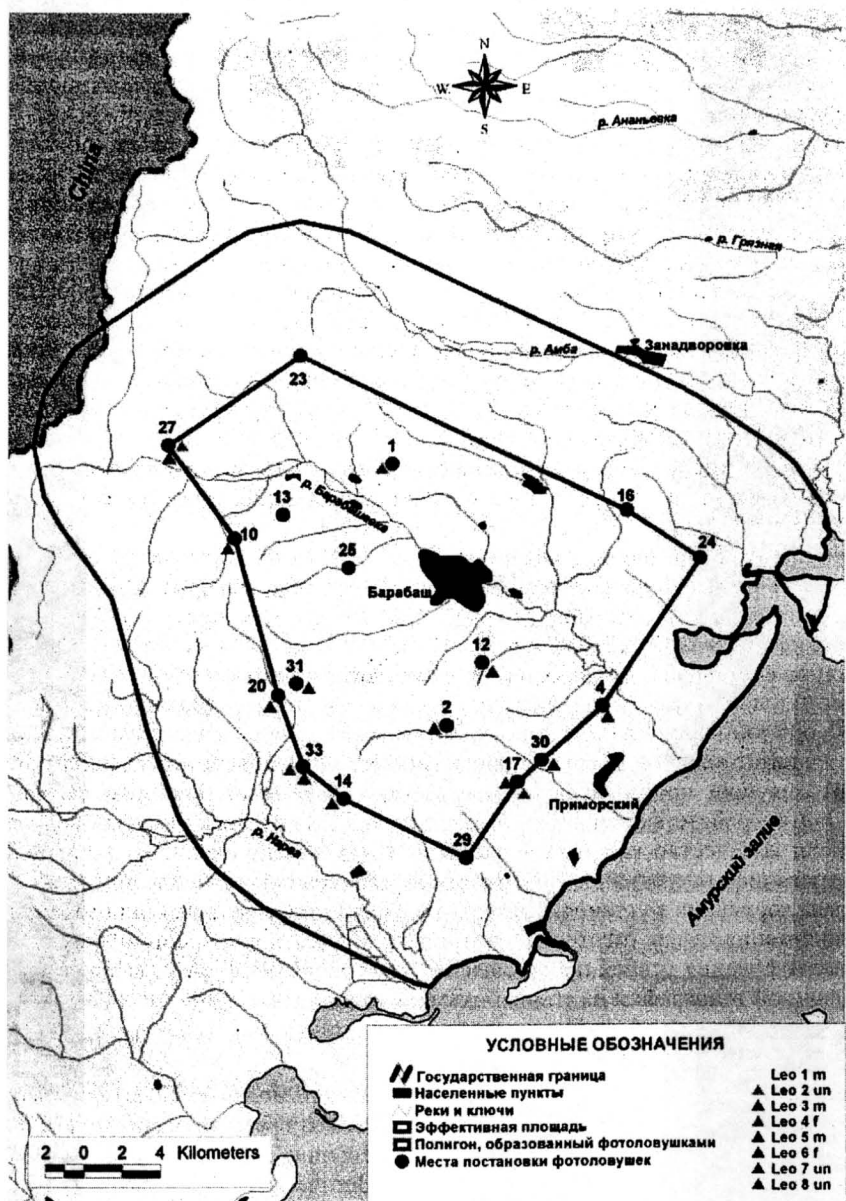


Рис. 2. Места отлова различных особей леопарда на южной площадке

Для работы были использованы пассивные системы CamTrakker (Forestry Suppliers, Jackson, MS, USA), конструкция которых представляет собой моноблок, в который были вмонтированы реагирующий на изменение температуры инфракрасный сенсор и автоматический фотоаппарат (Yashica T4 super D, «Canon Sure Shot 115uII» или «Canon Sure Shot 90uII», Japan). Окраска боков дальневосточных леопардов асимметрична, поэтому для точной идентификации особей моноблоки устанавливались попарно напротив друг

друга для обеспечения одновременной съемки животного с обеих сторон (Karanth, 1995; Karanth, Nichols, 1998). Оборудование крепилось к деревьям так, чтобы чувствительные части инфракрасных сенсоров находились на высоте 45–50 см над уровнем тропы и на расстоянии 3,5–4 м от предполагаемой траектории движения животного (Nichols, Karanth, 2002). Для обеспечения одновременного срабатывания фотоаппаратов системы направлялись приблизительно на одну точку, но при этом располагались под углом друг к другу. Подобное расположение систем исключает негативное воздействие вспышки противоположного фотоаппарата, а также значительно облегчает проверку камер. Для привлечения внимания животного и задержки его в зоне действия камер нами использовалась запаховая приманка.

Места для установки фотоловушек должны выбираться таким образом, чтобы вероятность попадания в них животного была максимальной. В качестве таких мест были выбраны тропы, проходящие либо по узким хребтам, либо по краю обрывов или скальных уступов. Пригодность троп для постановки на них оборудования определялась по наличию следов жизнедеятельности леопардов.

При определении расстояний, на которых должны располагаться камеры друг от друга, мы исходили из размеров индивидуальных участков обитания животных. Как предлагает Карант, камеры должны быть расставлены таким образом, чтобы как минимум 2–3 ловушки были установлены на территории, равной по площади наименьшему из известных индивидуальных участков самки. В этом случае существует наибольшая вероятность «отлова» всех особей обоего пола (Karanth, 1995). По данным, полученным с помощью радиотелеметрии в заповеднике «Кедровая Падь» и примыкающей к нему территории (Огастин и др., 1996), наименьший участок обитания самки составил 45–65 км².

При площади северной площадки в 270 км² и 23 выставленных ловушках (46 системах) плотность размещения фотокапканов составила 1 пару камер на 11,74 км². На южной площадке этот показатель составил 1 пару на 22,16 км² (18 ловушек на 404,78 км²). Для всей территории исследований с площадью 816,31 км² при 41 установленной ловушке плотность фотокапканов составила 1 ловушку на 19,91 км², что соответствует требованиям.

Местоположение фотоловушек фиксировалось на топографических картах масштаба 1 : 100000, они заносились в базу данных ГИС с использованием пакета программ ArcView 3.3. Этот же пакет использовался для последующего пространственного анализа данных.

Фотоловушки проверялись с интервалом в 5–7 дней, при этом собиралась вся информация по работе фотоаппаратов (отмечались количество снятых кадров, дата и время). Если количество кадров увеличивалось, пленки заменяли. Пленки проявлялись и распечатывались оперативно. На основании полученных снимков при необходимости проводилась коррекция в установке камер: изменялись вертикальный или горизонтальный угол расположения камер, расстояние до тропы или высота над уровнем земли.

Идентификация особей проводилась путем сравнения формы, размера «розеток» и их специфичной топографии на обоих боках животных.

Статистические концепции

Под демографически «закрытыми» популяциями подразумеваются те популяции, численность и состав которых остаются неизменным за время проведения исследований, т.е. эмиграции, иммиграции, смертность или замещение особей не должны проявляться в течение всего периода исследований (Stanley, Burnham, 1999). Классическая формула Линкольна–Питерсона для расчета численности в подобных популяциях по двум выборкам (двум периодам отловов) применима только в том случае, если на время проведения второго отлова достоверно известно количество оставшихся животных, отловленных в течение первого периода. В нашем случае это условие было не выполнимо. Поэтому мы придерживались многопериодного подхода (Nichols, Karanth, 2002).

При таком подходе история «отловов» и «переотловов» для животного i представляла собой векторный ряд из t записей, где t является количеством периодов «отловов». Каждая запись в истории представлялась как X_{ij} для особи i на период j и обозначалась либо «0», если животное не было снято в течение этого периода, либо «1», если животное было сфотографировано (Karanth, Nichols, 1998). Запись истории «отловов» и «переотловов»

подобным образом упоминается, как X -матрица (Otis et al., 1978), и является форматом для моделирования численности с применением компьютерной программы CAPTURE (Otis et al., 1978; Rextad, Burnham, 1991).

Программа CAPTURE включает в себя модели для расчета численности животных в «закрытых» популяциях. Для анализа данных использовались две содержащиеся в этой программе модели: M_0 и M_h . Модель M_0 подразумевает, что $p_{ij} = \text{const}$ на протяжении всего времени исследований, где p_{ij} является вероятностью для каждого животного i быть «отловленным» за период «отлова» j . То есть модель M_0 предполагает, что каждое животное имеет равную вероятность отлова (p) для каждого из периодов отлова (нет вариаций в p).

В противоположность модели M_0 , модель M_h подразумевает, что p_{ij} может варьировать среди особей в исследуемой популяции, однако этот параметр остается постоянным для особи i на протяжении всех периодов «отловов» t . То есть модель M_h подразумевает, что каждая особь в рассматриваемой популяции имеет разную вероятность отлова.

Дальневосточные леопарды считаются территориальными животными, занимающими индивидуальные участки, величина которых может значительно варьировать среди особей, относящихся к разным половозрастным группам (Пикунов, Коркишко, 1992; Огастин и др., 1996). Незнание пространственной структуры группировки животных на территории исследований может стать причиной разного количества фотоловушек, установленных на индивидуальных участках разных леопардов, что ведет к вариациям p_{ij} -го среди «отловленных» особей. Другими словами, из-за разного количества фотоловушек, приходящихся на индивидуальные участки конкретных леопардов, различна вероятность отлова этих зверей. Поэтому наиболее пригодной моделью для оценки численности следует считать модель M_h (Karanth, Nichols, 1998).

В исследованиях большой интерес представляет плотность населения животных для сравнения и анализа состояния популяций и группировок, населяющих различные ареалы или части одного ареала.

В нашей работе использовался метод определения эффективной площади для расчета плотностей, предложенный Уилсоном и Андерсеном (Willson, Anderson, 1985), и адаптированный Карантом и Николсоном (Karanth, Nichols, 1998) для учетов тигров с применением фотоловушек. Этот метод заключается в расчете дополнительной полосы или буфера для территории, которая могла содержать в себе лишь части индивидуальных участков «отловленных» животных. Для расчета буфера использовалось среднее значение максимальной дистанции между точками повторных «отловов». При этом подразумевалось, что это значение – усредненная величина диаметров индивидуальных участков сфотографированных леопардов.

Классически плотность рассчитывается посредством математического выражения: $D = \frac{N}{A}$, где N – численность животных, A – площадь территории. В нашем случае общая площадь территории, или эффективная площадь $A(W)$, включала в себя площадь полигона в виде минимального вогнутого многоугольника, образованного посредством соединения крайних точек местоположений фотоловушек, и площадь дополнительной буферной зоны шириной W (величины площадей получены посредством функций ArcView) (рис. 3).

Определим максимальную дистанцию между точками повторных «отловов» животного i , как d_i , а количество повторных отловов, как m . Тогда максимальная средняя дистанция $\bar{d}$ и ее дисперсия $S^2(\bar{d})$ рассчитываются следующим образом:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} ; \quad (1) \quad S^2(\bar{d}) = \frac{\sum_{i=1}^m (d_i - \bar{d})^2}{m(m-1)} . \quad (2)$$

Ширина буфера $\bar{W}$ и его дисперсия $S^2(\bar{W})$ могут быть оценены как

$$W = \frac{\bar{d}}{2} ; \quad (3) \quad S^2(W) = \frac{S^2(\bar{d})}{4} . \quad (4)$$

Плотность леопардов $\bar{D}$ и ее дисперсия $S^2(\bar{D})$ высчитываются в соответствии с формулами:

$$\bar{D} = \frac{\bar{N}}{A(W)}; \quad (5) \quad S^2(\bar{D}) = D^2 \left[\frac{S^2(A(W))}{[A(W)]^2} + \frac{S^2(\bar{N})}{\bar{N}^2} \right], \quad (6)$$

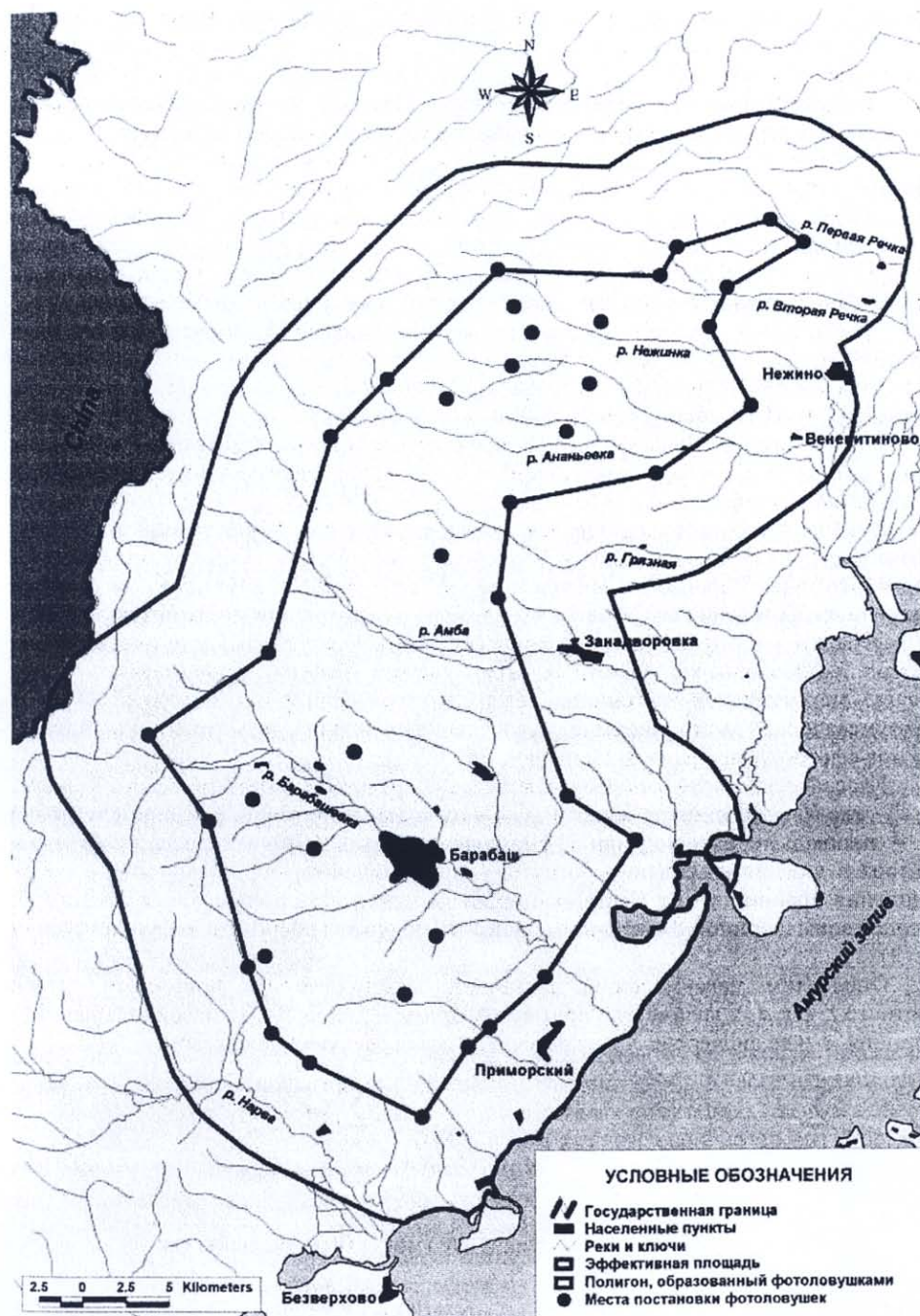


Рис. 3. Общая территория исследований

$$\text{где } S^2(A(W)) = 4\pi A(W)S^2(W), \quad (7) \quad \text{а } S^2(\bar{N}) = [S(\bar{N})]^2. \quad (8)$$

Численность леопардов на территории работ $\bar{N}$ и ее стандартная ошибка $S(\bar{N})$ рассчитываются программой CAPTURE.

Стандартная ошибка плотности $S(\bar{D})$ есть ни что иное как $\sqrt{S^2(\bar{D})}$.

Распределение «неотловленных» особей считается лог-нормальным (Rexstad, Burnham, 1991). Поэтому нижний предел 95%-ного доверительного интервала, рассчитываемого программой CAPTURE, может быть равен или даже больше количества отснятых животных, а верхний может быть значительно больше, чем при расчете асимптотического доверительного интервала $\bar{N} \pm 1,96S$ нормального распределения (Karanth, 1995).

РЕЗУЛЬТАТЫ

За время проведения работ было получено от 90 до 112 фотографий в год. Количество сфотографированных леопардов изменялось от 16 до 17 различных особей (табл. 1).

Таблица 1 (табл. 1).

Количество фотографий и «отловов» леопардов, полученное за время проведения учетных работ на всей территории исследований

Год	Кол-во фотографий леопардов	Кол-во «отловов»	Кол-во сфотографированных леопардов
2002–2003	112	53	17
2006	100	42	16
2008	90	54	16

С помощью программы CAPTURE была рассчитана численность леопардов для каждого года исследований (табл. 2).

Средняя численность леопардов варьировала от 16 до 18 особей в зависимости от использованной модели. Несмотря на большие значения верхнего предела 95%-ного доверительного интервала модели M_h , основываясь на значениях интервала модели M_0 , мы предполагаем, что максимальное значение численности будет ближе к модели M_h . Поэтому полагаем, что численность взрослых леопардов на всей территории исследований в сезоны 2003, 2006 и 2008 гг. находилась в пределах от 18 до 21 особей, где нижний предел соответствует значению M_{h-1} . Таким образом, за прошедшие 6 лет численность исследуемой группировки леопардов не изменилась.

Максимальные дистанции между повторными «отловами» отдельных особей варьировали в пределах 2,3–

Таблица 2

Численность дальневосточных леопардов на всей территории исследований

		2002–2003 гг.	2006 г.	2008 г.
Тест на «закрытость»	Z	-0,282	6	-1,424
	P	0,389	1	0,07722
$\bar{N}$ $S(\bar{N})$	M_0	16	15	16
	M_h	18	18	18
	M_0	0,8	0,99	0,65
	M_h	3,1	3,6	3,17
95%-ный Nci	M_0	16–20	15–21	16–16
	M_h	17–34	16–33	17–34
p-hat	M_0	0,225	0,236	0,1985
	M_h	0,201	0,202	0,1765

21,3 км. В среднем величина $\bar{d}_i$ для всей территории исследований составила 12,26 км, а ширина буферной зоны W – 6,13 км (табл. 3). В результате размер эффективной площади $A(W)$ в наших исследованиях составил 1826,97 км² (рис. 4).

Средние плотности населения дальневосточных леопардов в зависимости от модели составили 0,88 особи / 100км² (M_0) и 0,99 особи / 100 км² (M_h). Наблюдается незначительное

Таблица 3

Плотность дальневосточного леопарда на всей территории исследований

Год	Площадь полигона с фотоловушками, км ²	Максимальная средняя дистанция «отловов», км	Ширина буфера, км	Эффективная площадь, км ²	Средняя плотность населения, особь / 100 км ²	
					M ₀	M _n
2002–2003	765	9,7 ± 1	4,85 ± 0,5	1548 ± 66	1,1 ± 0,8	1,2 ± 0,2
2006	839	15 ± 1,5	7,5 ± 0,8	2082 ± 124	0,7 ± 0,06	0,9 ± 0,2
2008	816	12,26 ± 1,03	6,13 ± 0,52	1826,97 ± 78,27	0,88 ± 0,06	0,99 ± 0,18

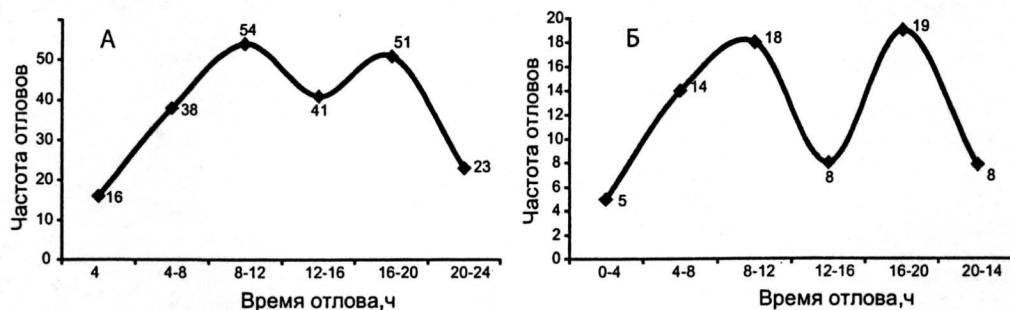


Рис. 4. Распределение частот отловов леопардов в течение суток:
 А – в сумме для шести сезонов на северной площадке (n = 223);
 Б – в сумме для четырех сезонов на южной площадке (n = 72)

снижение значений плотности, полученных в 2008 г., по сравнению со значениями этого показателя в 2002–2003 гг.

Суточная активность

Анализ времени «отловов» леопардов позволил сделать выводы об их суточной активности. Для этого мы поделили сутки на шесть периодов по 4 ч. Далее для каждого периода были просуммированы частоты «отловов». Предполагая, что существует зависимость между частотой «отловов» леопардов для определенного периода суток и активностью, можно считать кривые распределения частот «отловов» собственно кривыми, описывающими циркадный ритм дальневосточного леопарда. На рис. 4. представлены графики суточной активности леопарда на верной и южной площадках.

На основании полученных нами данных в течение шести полевых сезонов на северной площадке и четырех на южной можно утверждать, что в зимний период циркадный ритм дальневосточного леопарда описывается бимодальной кривой с пиками, приходящимися утром на с 8:00 до 12:00 и вечером с 16:00 до 20:00 ч. Однако мы допускаем вероятность сдвигов пиков активности или вообще изменение суточного ритма в летнее время вместе с изменением условий обитания хищников.

Выводы

Методика мониторинга крупных кошек с помощью фотоловушек успешно адаптирована к условиям юга Дальнего Востока России.

Для успешного применения этого метода исследований необходимо знание экологии крупных кошек. При выполнении этого условия удастся зафиксировать 100% особей с помощью фотоловушек на определенной территории.

Численность дальневосточного леопарда в лучших местах его обитания на модельных площадках оставалась стабильной с 2003 по 2008 г.

Изменение плотности населения леопарда объясняется изменением площади территории, используемой для расчета. А это изменение зависит от конфигурации

установки фотоловушек в каждом конкретном году и от площади буфера, который каждый год уточняется данными новых повторных отловов.

Зимняя суточная активность дальневосточного леопарда описывается бимодальной кривой с пиками активности с 8:00 до 12:00 и с 16:00 до 20:00 ч.

Мониторинг популяций дальневосточного леопарда с помощью фотоловушек позволяет получать достоверные результаты при минимальном вмешательстве в популяцию.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мониторинг дальневосточного леопарда проводился при поддержке Университета Калифорнии, Общества сохранения диких животных (WCS), Нью-Йорк, США, и Дальневосточного филиала WWF, Россия.

ЛИТЕРАТУРА

Арамилов В.В., Фоменко П.В. Единовременный учет дальневосточного леопарда и амурского тигра на юго-западе Приморья, зима 2000 г. // Отчет о результатах оценки численности популяции дальневосточного леопарда и амурского тигра в юго-западной части Приморского края в 2000 году. Владивосток, 2000.

Костыря А.В., Белозор А.А., Микелл Д. Дж., Арамилов В.В., Котляр А.К. Применение фотоловушек для учетов амурского тигра // Териофауна России и сопредельных территорий (VII съезд Териологического общества): материалы Междунар. совещ. 6–7 февраля 2003 г., Москва. М., 2003. С. 176–177.

Огастин Д., Микелл Д. Дж., Коркишко В.Г. Леопард выходит в эфир // Зов Тайги. Владивосток, 1996. № 4, вып. 27. С. 6–11.

Пикунов Д.Г., Коркишко В.Г. Леопард Дальнего Востока. М.: Наука, 1992. 191 с.

Пикунов Д.Г., Серёдкин И.В., Арамилов В.В., Николаев И.Г., Мурзин А.А. Крупные хищники и копытные юго-запада Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 2009. 96 с.

Karanth K.U. Estimating tiger populations from camera-trap data using capture-recapture models // Biol. Conserv. 1995. Vol. 71. P. 333–338.

Karanth K.U., Nichols J.D. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures // Ecology. 1998. Vol. 79. P. 2852–2862.

Miththapala S., Seidensticker J., O'Brien S.J. Phylogeographic subspecies recognition in Leo-

pards (*Panthera pardus*): molecular genetic variation // Conserv. Biol. 1996. Vol. 10. P. 1115–1132.

Nichols J.D., Karanth K.U. Statistical concepts: estimating absolute densities of tigers using capture-recapture sampling // Monitoring tigers and their prey. Center for Wildlife Studies, India, 2002. P. 125–137.

Nowell K., Jackson P. New Red List Categories for Wild Cats // Cat news. 1995. Vol. 23. P. 21–27.

Otise D.L., Burnham K.P., White G.C., Anderson D.R. Statistical inference from capture data on closed animal populations // Wildlife Monogr. 1978. Vol. 62. 135 p.

Rextad E., Burnham K.P. User's guide for interactive program Capture. Abundance estimation of closed animal populations. Colorado State University, Fort Collins, CO, USA, 1991.

Stanley T.R., Burnham K.P. A closure test for time-specific capture-recapture data // Environ. Ecol. Stat. 1999. Vol. 6. P. 197–209.

Uphyrkina O., Johnson W., Quigley H., Miquelle D., Marker L., Bush M., O'Brien S. J. Phylogenetics, genome diversity and origin of modern Leopard, *Panthera pardus* // Mol. Ecol. 2001. Vol. 10. P. 2617–2633.

Willson K.R., Anderson D.R. Evaluation of low density estimators of small mammal population size // J. Mammal. 1985. Vol. 66. P. 13–21.

MONITORING OF FAR-EASTERN LEOPARD POPULATION (*PANTHERA PARDUS ORIENTALIS*) WITH PHOTO TRAPS

V.V. Aramilev^{2,4}, A.V. Kostyria^{1,3}, S.A. Sokolov², A.N. Rybin¹, D. McCullough⁵,
D. Miquelle¹

¹ *Wildlife Conservation Society (WCS), New-York, USA*

² *Institute of Sustainable Use of Nature Resources (ISUNR), Vladivostok, Russian Federation*

³ *Institute of Biology and Soil Science FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation*

⁴ *Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation*

⁵ *California University, Berkley, USA*

Monitoring of big wild cats using photo traps is well adapted for the conditions of the southern Russian Far East. Knowledge of cats' ecology is indispensable condition for a successful application of this investigation method. Far Eastern leopard population number was stable from 2003 to 2008 within the best habitats on the model territories. Winter daily activity of Far-Eastern leopards is described by bimodal curve with activity peaks from 8:00 to 12:00 and from 16:00 to 20:00. Monitoring of Far Eastern leopard population using photo traps provides reliable results with a minimum disturbance into the population.