

Федеральное агентство по рыболовству
(Росрыболовство)
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии»
(ФГБНУ «ВНИРО»)

**Методические рекомендации
по проведению учета приплода байкальской нерпы (*Pusa sibirica*)
с беспилотных летательных аппаратов
в Байкальском рыбохозяйственном бассейне**

ФГБНУ «ВНИРО»
Москва, 2021

УДК 599.745.31

Настоящие рекомендации разработаны сотрудниками:

- Центрального аппарата ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва
- Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), г. Тюмень
- Байкальского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («БайкалНИРО»), г. Барнаул

Составители:

Бизиков В.А., Петерфельд В.А., Черноок В.И., Кузнецов Н.В., Петров Е.А., Бобков А.И., Ткачев В.В., Сидоров Л.К., Болтнев Е.А.

Рецензенты:

Даричев П.Г., советник директора по цифровизации ФГБНУ «ВНИРО»
Крохалевский А.И., к. биол. наук, советник руководителя Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»)

Мет 54 Методические рекомендации предназначены для научно-исследовательских и экологических организаций, осуществляющих мониторинг и оценку численности популяции байкальской нерпы методом авиационных учетных съемок с применением беспилотных летательных аппаратов.

Настоящие рекомендации были рассмотрены и одобрены:

Биологической секцией Байкальского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («БайкалНИРО») от 19 января 2021 г. (Протокол №1).

Ученым советом Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр») от 22 января 2021 г. (Протокол №1).

Ученым Советом ФГБНУ «ВНИРО» от 27 января 2021 г. (Протокол №2).

ISSN 978-5-85382-498-0

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. КРАТКАЯ БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ (<i>PUSA SIBIRICA</i>)	5
2. ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА И КЛИМАТА ОЗ. БАЙКАЛ	6
3. ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО ОБИТАНИЯ И ЭКОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ	9
3.1. ОТДУШИНЫ НЕРП РАЗНОГО ВОЗРАСТА И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ЛЬДУ ОЗЕРА	9
3.2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОГОВИЩ ПО ТИПАМ ТОРОСОВ	11
3.3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЩЕННЫХ САМОК (ЛОГОВИЩ) ПО БАЙКАЛУ	12
3.4. ПЛОЩАДЬ ГНЕЗДОВОГО УЧАСТКА И ФОРМА ОТКРЫТЫХ ЛОГОВИЩ	13
3.5. ПАРНЫЕ (ДВОЙНЫЕ) ЛОГОВА	14
3.6. РАЗРУШЕНИЕ ЛОГОВИЩ	16
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ФАЗЫ НА БАЙКАЛЕ	18
5. АВИАСЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ	21
5.1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП	21
5.2. АВИАСЪЕМКИ	22
5.3. ПОСЛЕПОЛЕТНАЯ ОБРАБОТКА	25
5.4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ФОТОМАТЕРИАЛОВ	25
6. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ	26
6.1. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ АВИАСЪЕМКИ	27
6.2. ДЕШИФРОВКА АВИАСНИМКОВ	27
6.3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЕШИФРИРОВАНИЯ	35
6.4. ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	42
ПРИЛОЖЕНИЯ	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	
ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АВИАСЪЕМКЕ ЛОГОВОВ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ АВИАСЪЕМКИ	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	
ОСОБЕННОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛОГОВОВ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ НА АЭРОФОТОСНИМКАХ	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	
ТАБЛИЦА ЧИСЛЕННОСТИ ЛОГОВОВ, ОБНАРУЖЕННЫХ НА ТРАНСЕКТАХ ДВУХ ПОЛЕТОВ 13.05.2019 Г.	54

ВВЕДЕНИЕ

Байкальская нерпа (*Pusa sibirica*), эндемик озера Байкал, является единственным представителем настоящих тюленей (сем. Phocidae), полностью приспособившимся к жизни в пресноводных внутренних водоемах. Само наличие морского млекопитающего — нерпы — в экосистеме озера Байкал символизирует особый статус этого уникального водоема — «славного моря — священного Байкала». Байкальская нерпа занимает высший трофический уровень в экосистеме озера и в силу этого является своеобразным видом-индикатором. Численность популяции нерпы, физическое состояние животных, накопление в них антропогенных поллютантов отражают состояние экосистемы Байкала в целом.

Одним из важнейших параметров, характеризующих состояние вида в экосистеме, является численность его популяции. Численность байкальской нерпы оценивают по величине приплода, который, в свою очередь, определяют по числу логовов ценных самок в ходе весенних учетов на льду озера. Дополнительно используют данные летнего мониторинга, в ходе которого оценивают демографическую структуру популяции: соотношение полов, долю взрослых самок и долю яловых самок.

Традиционный способ учета байкальской нерпы базируется на методе, предложенном в 1963 г. [Пастухов, 1964], а затем впервые осуществленном им же в 1966 г. [Пастухов, 1971]. Суть его заключается не в прямом подсчете встречающихся животных, а в учете логовищ на льду, в которых ценные самки приносят и воспитывают детенышей. Такие учеты выполняются путем санных объездов по стандартным разрезам, с последующей экстраполяцией данных на всю акваторию озера.

В последние годы быстрое развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) включило в повестку дня вопрос о возможности их применения для авиаучетов морских млекопитающих и, в частности, байкальской нерпы. Новые технологии уже успешно применяются при авиаучетах различных видов морских млекопитающих во всем мире, в том числе настоящих тюленей.

Экспериментальные авиаучетные работы ФГБНУ «ВНИРО», проведенные на Байкале в мае 2019 г. с применением комплекса беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) типа «Лунь-20», были выполнены с применением новых методов и технических средств [Бизиков и др., 2019]. Авиасъемка логовов была проведена тремя беспилотными самолетами с большой дальностью полетов. В ходе этих работ были решены вопросы применения современных технических средств, методов авиасъемки и обработки материалов авиасъемки. Необходимо было адаптировать имеющиеся технологические решения по инструментальному авиаучету тюленей [Черноок и др., 1999; Черноок и др. 2014], учитывая как эколого-биологические особенности байкальской нерпы, так и гидродинамический режим оз. Байкал.

Настоящие методические рекомендации были составлены по итогам авиасъемки логовов нерпы на оз. Байкал, выполненной в мае 2019 г., а также авиаучета ладожской нерпы, выполненного весной 2020 г., в ходе которого впервые для обработки фотоматериалов съемки были применены программные алгоритмы машинного зрения с использованием элементов искусственного интеллекта.

Необходимо особо отметить, что уже первые попытки применения БПЛА для учета морских млекопитающих показали ряд существенных преимуществ этого нового

метода. Использование БПЛА самолетного типа позволяет покрывать съемкой огромные площади и оперативно получать большие объемы данных, позволяет снизить погрешности и повысить точность учетов. Бесшумность БПЛА полностью исключает беспокоящий фактор, дает возможность проводить наблюдения за животными в их естественной среде обитания. Очень важно то, что применение БПЛА практически исключает реальные риски, которым традиционно подвергаются исполнители работ при традиционном учете на льду либо наблюдатели пилотируемых летательных аппаратов, часами работающие на сверхмалых высотах, порой в сложных погодных условиях. Наконец, динамика климатических изменений и ледовых условий на оз. Байкал такова, что не исключено, что в ближайшем будущем авиаучет с использованием БПЛА может стать основным методом оценки состояния популяции байкальской нерпы.

В настоящих методических рекомендациях обобщен имеющийся опыт применения технических средств, технологии проведения авиасъемки логовов и самих животных, а также обработки материалов авиасъемки для определения численности популяции байкальской нерпы.

1. КРАТКАЯ БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ (*PUSA SIBIRICA*)

Байкальская нерпа — представитель самых мелких настоящих тюленей (Phocidae). Филогенетически нерпа имеет северные корни, ее ближайшие родственники — кольчатая нерпа (*Pusa hispida*) и каспийская нерпа (*Pusa capsica*). Эволюция байкальской нерпы шла при пониженных температурах в условиях глубоководного водоема, что и отразилось на всем развитии этих животных.

Байкальская нерпа быстро достигает половой зрелости. В возрасте 4 лет часть самок приносят потомство, самцы созревают в 6–7 лет [Пастухов, 1993]. С середины 1970-х гг. было отмечено замедление сроков созревания самок, что связывали с достижением популяции численности, соответствующей «емкости среды» [Пастухов, 1993].

Для целей авиаучета нерпы, в первую очередь, важны ее поведенческие особенности в зимне-весенний период жизни. Когда Байкал покрывается льдом, все нерпы независимо от пола и возраста устраивают себе отдушины для дыхания и отнырки, отличающиеся от отдушин меньшим диаметром. В январе-марте размеры этих «вентиляционных» отверстий (лунок) не превышают диаметра тела самих нерп, поскольку животные в это время не вылезают на поверхность льда, а живут подо льдом. Эти отверстия зимой практически незаметны для человека, поскольку находятся, как правило, под снегом.

Беременные самки, готовящиеся к родам, заблаговременно сооружают логовища («гнездовые дыры») — по сути те же отдушины, только большего размера и обязательно поблизости от торосов, в которых скапливается снег (рис. 1). Ближе к родам логово расширяется, превращаясь в полуовальную снежную нору, достигающую в длину 7 и более метров [Пастухов, 1971]. Она связана с водой через отдушину. В логовах в феврале-марте самки приносят щенка (иногда двух) — белька с массой тела 3–5 кг — и выкармливают его молоком до 2–2,5-месячного возраста. В логове щенки проводят почти все время, там же они и линяют, превращаясь из бельков в серок.

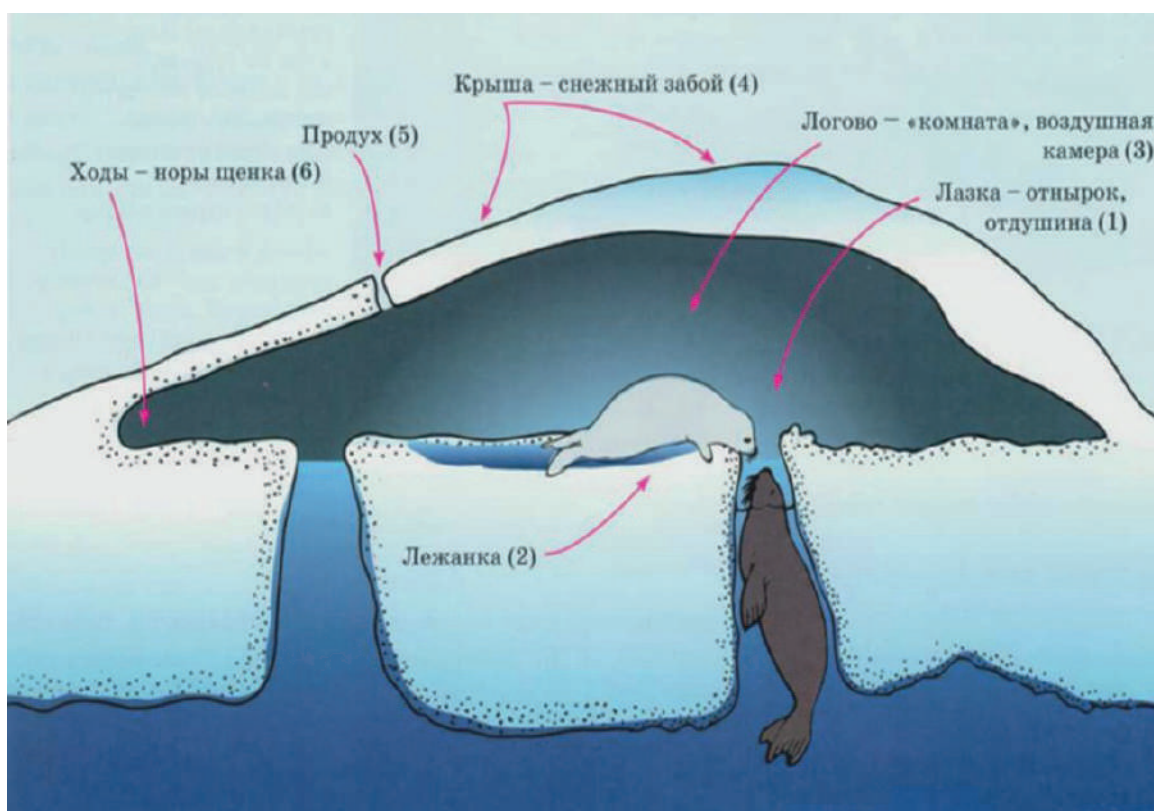


Рис. 1. Схема логова щенной самки байкальской нерпы

По мере роста щенка логово увеличивается в размерах, и диаметр отдушины в мае может достигать 3–3,5 м [Пастухов, 1971], в том числе и за счет жизнедеятельности самого щенка. Детеныш роет ходы в снежных забоях, ползает и линяет.

Рождение и молочное выкармливание щенка в логовах резко повышает выживаемость щенков. Этому же способствует и быстрый рост щенка, масса тела которого за время лактации увеличивается в 6 раз [Егорова и др., 1998]. Ко времени перехода к самостоятельному питанию щенки обладают всеми необходимыми адаптационными механизмами к водной среде обитания [Петров, 1982]: они уже способны самостоятельно добывать пищу, и их спектр питания практически такой же, как у старших особей. После распада ледового покрова трофическая связь щенка с матерью обрывается, и животные всех возрастов держатся преимущественно в открытом Байкале над большими глубинами.

2. ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА И КЛИМАТА ОЗ. БАЙКАЛ

Поскольку авиасъемочные работы проводятся в ледовый период жизни нерп, при планировании этих работ необходимо учитывать особенности гидрологии и климата оз. Байкал. Ледовый покров начинает появляться в северной части Байкала в конце осени. В течение зимы толщина ледового покрова озера растет. В открытом Байкале нарастание льда продолжается до конца марта, но скорость его намерзания и, соответственно, толщина во многом зависят от наличия или отсутствия снега на льду. На состояние ледового покрова оказывают влияние также температура, течения, ветра и тектоническая активность.

Толщина однослойного гладкого льда к концу зимы обычно колеблется от 70 до 120 см. Многослойный лед (с подсовами) значительно толще.

Торосы образуются в начальной стадии ледостава за счет ветровых подвижек ледовых полей, которые «наезжают» друг на друга. На границе соприкосновения лед ломается, и часть льдин подсовывается под сплошной ледовый покров, а часть выдавливается наружу, образуя торосы. Толщина льдин, образующих гряды (полосы) торосов, показывает, какой толщины был лед в момент подвижки.

В течение зимы в ледовом покрове Байкала образуются полыньи — устойчивые пространства чистой воды среди неподвижных льдов или на их границе. На Байкале их называют «пропарины» или «ключи», подразумевая, что образуются они в местах подъема со дна теплой воды и в местах выхода горячих ключей. Районы их возникновения остаются неизменными из года в год (например, у мыса Кадильного) и хорошо известны. Размеры этих полыней к весне постепенно увеличиваются и могут достигать десятков и даже сотен метров в диаметре. К нерпам полыньи прямого отношения не имеют, но весной животные нередко выбирают на их края, образуя многочисленные залежки — урганы, состоящие из разновозрастных особей, в том числе и взрослых самцов. Весной около устьев рек во льду возникают продолговатые промоины, которые образуются, когда становится теплее и увеличивается сток воды. В результате весенних подвижек и процессов деформации возникают разводья — разломы или разрывы сплошного льда, заполненные водой. Они также используются нерпой для создания ледовых залежек, где животные отдыхают.

Основным фактором в процессе разрушения ледового покрова являются колебания температуры воздуха, которые с разной ритмичностью и амплитудой постоянно происходят в течение всей зимы на всем 650-километровом протяжении Байкала [Сокольников, 1960]. Солнечные лучи через лед нагревают подледный слой воды и лед начинает таять снизу, разрушаясь одновременно с обеих сторон. После того, как через лед пройдет вода, он «разыгливается» на столбики и иглы, теряя свою крепость. Тогда полыньи возникают уже повсеместно, их площадь увеличивается, становые щели начинают расширяться и сужаться, а полый воды становится все больше. Большие ледяные поля отрываются от берегов и под действием ветра приходят в движение — возникают нажимы и надвиги льда, в том числе иногда и на берега.

Взлом льда в южной части Байкала обычно начинается в прибрежной трети озера — вдоль берега от пос. Листвянка до бухты Песчаная (обычно в конце апреля). Там же возникают самые первые обширные акватории полый, чистой ото льда воды (рис. 2). Прежде взлом ледового покрова в северном Байкале начинался ближе к концу мая, но теперь к этому времени обычно лед исчезает вовсе. Разрушение ледового покрова и очищение Байкала ото льда до полый воды происходит одновременно на всей акватории озера и неодинаково в разные годы. Поэтому трудно прогнозировать скорость процессов распада ледового покрова, следовательно, и время разрушения логовищ. Обычно разрушение ледового покрова начинается от западного берега. Но отличительной чертой (по крайней мере, некоторых лет) является то, что лед начинает исчезать не на глади, а в торосах, особенно в мелких и средних ребровиках и ломе, образующих длинные узкие гряды.

Если зимнее распределение нерпы зависит от сроков и скорости ледостава, то сроки и скорость разрушения логовищ определяются зимними температурами, снежностью зим

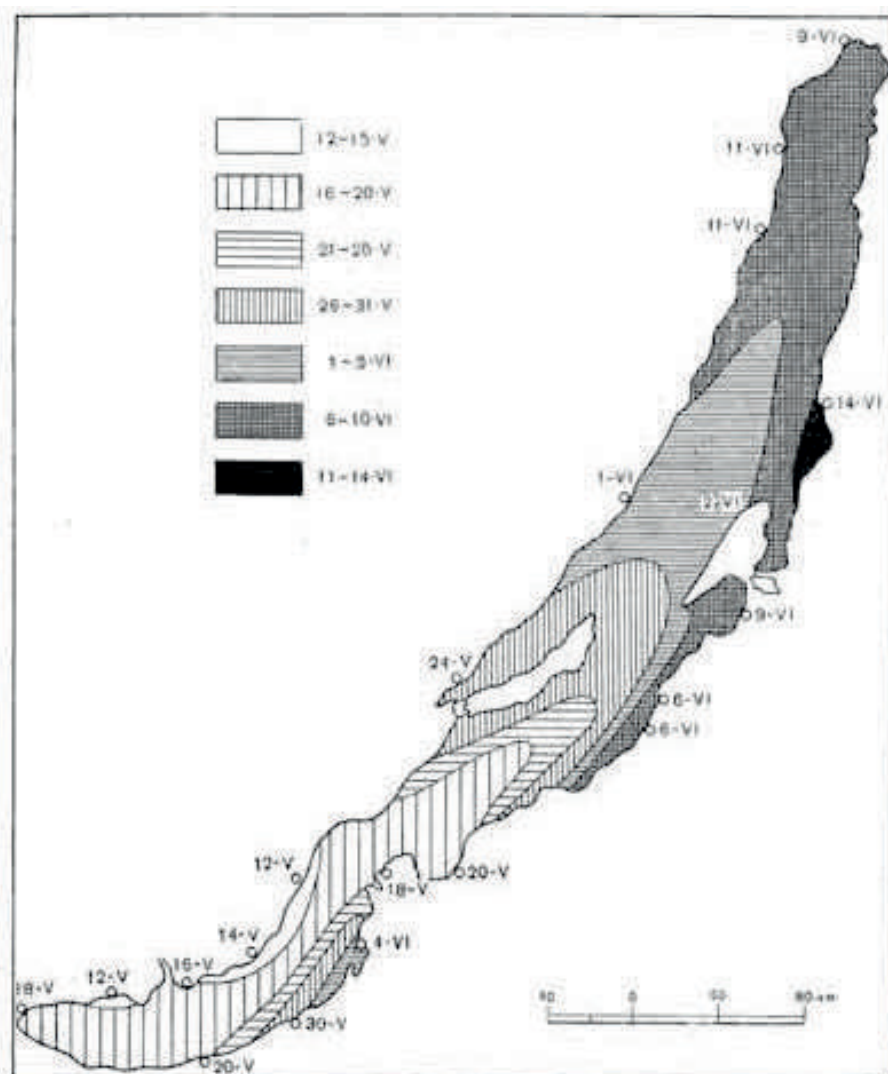


Рис. 2. Карта-схема схода ледового покрова на Байкале

и сроками наступления весны. На Байкале темпы климатических изменений (потепления) по среднегодовым температурам воздуха в 3–4 раза выше таковых по земному шару и примерно в 1,5 раза выше по сравнению с Арктикой. Потепление на Байкале, как и в Арктике, происходит в основном за счет повышения зимних температур [Куимова и др., 2010].

В связи с глобальным потеплением в последние годы на Байкале особенно четко прослеживаются изменения ледового режима [Шимараев и др., 1991]. Изменения проявляются в запаздывании сроков ледостава, более раннем вскрытии ото льда, сокращении продолжительности зимнего ледостава и так далее. Уменьшается на Байкале и максимальная толщина льда [Куимова и др., 2010].

В связи с изменением ледового режима окончание осеннего нагула и сроки «залегания» нерпы на зимовку стали более поздними, а сроки линьки и перехода щенков на самостоятельное питание, напротив, более ранними, что не могло не отразиться на состоянии популяции.

Т. М. Иванов (1938), описывая распространение нерпы по Байкалу, дал характеристику типов торосов и льдов на озере. Выделенные им типы торосов и льдов напрямую

связаны с особенностями экологии байкальской нерпы, но не всегда совпадают с современной номенклатурой морских льдов [Номенклатура, 1974].

Из сказанного выше появляется необходимость отслеживания условий и сроков ледостава на Байкале, а также погодных условий зимой и ранней весной.

3. ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО ОБИТАНИЯ И ЭКОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ

3.1. Отдушины нерп разного возраста и их распределение по льду озера

После замерзания Байкала нерпа в течение 4–5 месяцев живет подо льдом. «Для дыхания нерпы пользуются щелями и целым рядом отверстий, имеющих во льду, почти не заметных с поверхности. Отверстия эти проделываются во льду самими нерпами и имеют вид воронки или конуса, узким концом обращенного к поверхности льда» [Сватош, 1925]. Считается, что в это время нерпы ведут оседлый образ жизни, поскольку привязаны к своим отдушинам: «нерпы поддерживают эти «продухи» с самого начала замерзания озера и к весне расширяют их настолько, что могут пользоваться ими для выхода на лед» [Сватош, 1925].

По мнению Т. М. Иванова (1938) «... от 70 до 80% всех нерпичьих отдушин находятся в торосах», следовательно, подавляющая часть отдушин устраивается уже после образования торосов. Нерпы в качестве основы используют многочисленные свободные ото льда просветы воды, во множестве возникающие во время торошения, и потому остаются на зимовку вблизи торосов. Отдушины на гладком льду и на других плоских поверхностях (чашечники, битый лед) устраиваются в момент ледостава путем пробивания льда с нижней стороны.

Неполовозрелые особи. Считается, что неполовозрелые особи предпочитают зимовать на достаточно гладком льду (торосы им не очень нужны) над большими глубинами. По «классическим» представлениям неполовозрелые особи (на Байкале их называли «черняками») чаще зимуют группами, используя для дыхания «коллективные отдушины». Как они живут под снежным покровом, мы в точности не знаем, но на поверхность льда животные зимой не вылезают, так как в воде теплее.

Весной (с конца марта и в апреле), когда отдушины увеличиваются в размерах, у нерп появляется возможность вылезать на поверхность льда. Неполовозрелые животные часто образуют коллективные залежки (обычно не больше 10–20 особей в одном месте) — урганы. Но это не линные залежки, которые возникнут позже на плавающих льдах, а скорее, релаксационные.

Черняки, зимующие одиночками, а к ним Т. М. Иванов (1938) относил животных от годовиков до трехлеток (по его представлениям всех неполовозрелых), имеют отдушины в форме чаши, перевернутой вверх дном, или тупого конуса, обращенного острием вверх. Внутренний диаметр этой «чаши» примерно соответствует длине животного, а внешний увеличивается в течение зимы. Коллективные отдушины черняков могут иметь также чашеобразную форму, размеры которой определяются количеством нерп, пользующихся отдушиной [Иванов, 1938].

С точки зрения дешифровки авиаснимков отдушины (отнырки) неполовозрелых особей представляют собой относительно большие округлые отверстия во льду, на кромке которых должны наблюдаться многочисленные лежки, или же лед вокруг отверстия темного цвета от воды, выплескивающейся на поверхность льда, когда нерпа выбирается на лед. Особо отметим, что «не найдено никаких признаков, с помощью которых удавалось бы различить между собой отдушины неполовозрелых животных» и зачастую их легко спутать с отнырками (дополнительными отдушинами) взрослых самок [Пастухов, 1993].

Взрослые (половозрелые) самцы. Взрослые (половозрелые) самцы, особенно озабоченные продолжением рода, зимуют поодиночке, их отдушины ничем не отличаются от отнырков ценных самок и представляют собой цилиндрические, суженные в верхней части отверстия. Некоторые больше похожи на опрокинутый тупой конус. Отдушины самцов чаще всего обнаруживаются на гладком льду [Сватош, 1926] в центральной части озера, располагаясь друг от друга на сотни и даже тысячи метров. Надледных (снежных) «домов» они не строят, близко к берегам не селятся. Ранней весной на поверхности льда самцы появляются самыми первыми. Они отличаются «прогонистой» формой тела и очень осторожны.

На аэроснимках отличить отдушину взрослого самца от отнырков животных другого возраста и пола невозможно. Единственный ориентир — привязанность взрослых самцов к гладкому льду и одинокий образ жизни. Вокруг отдушины взрослого самца, через которую он выбирается наружу, отнырки, используемые для дыхания, встречаются редко (или они незаметны из-за небольших размеров). Отдушины самцов небольшого размера, к весне их диаметр обычно немногим больше максимального обхвата самого животного — лишь бы можно было выбраться на лед.

Яловые самки. Какая-то часть взрослых самок, не участвующих в рождении щенков в данном году, и полувзрослых самцов может зимовать как поодиночке, так и группами, но очень небольшими. Весной они образуют немногочисленные залежки вокруг своих достаточно больших отверстий с полой водой, предпочитая центральную и восточную трети озера. Отдушины яловых самок по форме очень похожи на отдушины неполовозрелых, зимующих поодиночке, только большего размера [Иванов, 1938]. Отдушины этих животных можно спутать с логовищами, расположенными вне «нерпичьего» типа торосов, особенно на гладях или на очень мелком торосе, который ко времени проведения учета может вообще исчезнуть.

Разновозрастные животные осваивают весь Байкал [Иванов, 1938], но распределены они неравномерно в направлении восток-запад (а не юг-север). Благодаря рассредоточенности нерпа избегает возникновения случаев гибели от недостатка кислорода, поскольку в этом случае огромное количество всевозможных отверстий во льду (преимущественно нерпичьего генезиса) разбросаны на огромной территории, и всегда можно найти, где подышать воздухом, если животные удалились от своих отдушин на большое расстояние.

Даже без большого снегопада в любых торосах скапливается большое количество снега, в результате чего возникают снежные забои (сугробы), необходимые для изготовления логовища. Известная приуроченность логовищ к грядам торосов из ребровка и лома объясняется тем, что именно в этих торосах задерживается много снега при поземках.

Высота снежных забоев у торосов может достигать одного и более метра [Пастухов, 1981], и под такими большими забоями (сугробами) обычно и находятся логова и отдушины.

По мнению В. Д. Пастухова (1993) у каждого зверя обычно бывает одна основная и серия (иногда до 20 штук) дополнительных отдушин меньшего диаметра, называемых отнырками. Отнырки от основной отдушины отстоят на десятки и даже сотни метров, располагаясь обычно вдоль тороса. Это касается, главным образом, щенных самок.

Щенные самки. Щенные самки озабочиваются рождением потомства еще в момент ледостава. Самки в зависимости от своего индивидуального физического и физиологического состояния до последнего пытаются держаться на кромке льдов, очевидно, продолжая активно питаться. Считается, что беременные самки в отличие от неполовозрелых и взрослых самцов «стремятся заблаговременно перейти к зимнему образу жизни, задерживаясь у припайных и плавучих льдов» [Пастухов, 1993].

По мере замерзания воды самки оказываются под тонким льдом, который они легко продавливают головой или лопаточной частью тела («загривком»), образуя отверстия для дыхания — отнырки. Когда образуются торосы, щенные самки перебираются на участки торошения льда и устраивают логова почти исключительно в торосах. Но толщина слагающих их льдин показывает, что торосы зачастую образуются не по первому (тонкому) льду, а позже, когда толщина гладкого льда достигает 15–20 см (в более крупном торосе самки селятся редко). Соответственно и логова закладываются в момент торошения, а для закладки логова используются естественные отверстия, которые в изобилии возникают в процессе торошения.

Отсюда возникает вопрос о «возрасте» логовищных отдушин. Если логово устроено в снежном забое, образованном в мелком торосе льдин толщиной в несколько сантиметров (ребровик, лом), то оно «строилось» в начале ледостава, когда ледовый покров был еще тонкий в 2–5 см. Когда логово расположено в торосе, сложенном льдинами толщиной 10–15 см, оно «строилось» позже — в момент подвижек ледяных полей толстого льда.

Кроме прочего, для «строительства» логова на льду, хотя бы в торосах, должно накопиться достаточно много снега. Ко времени рождения щенка логово имеет скромные размеры [Сватош, 1926]. Размеры логова поначалу определяются размерами самой самки. Но по мере посещения логова самкой снег под влиянием тепла животного тает, самка расширяет воздушную камеру, сгребая снег в отдушину передними лапами (следы от когтей часто остаются на стенах логова). Стены и крыша (толщиной 20–25 см) логова обледеневают от дыхания самки, промерзают и становятся очень прочными, особенно крыша.

В результате получается «родильная комната», обычно по форме немного вытянутая вдоль тороса. Ко времени появления щенка размеры логовища увеличиваются и позволяют находиться в нем одновременно взрослой самке и ее детенышу в достаточно комфортных условиях. В принципе логово имеет определенные размеры (и форму) только до рождения нерпенка. После его появления логово начинает преобразовываться за счет двигательной и дыхательной активности щенка, быстро меняется и быстрее разрушается [Пастухов, 1993].

3.2. Распределение логовищ по типам торосов

У самок нерпы есть «любимые» типы торосов, которые она предпочитает для закладки логовищ. По 10-летним наблюдениям в период 1963–1980 годов 61% логовищ

отмечен в ребровке разных размеров, 34% — в торосе типа «лом» и только 5% — в других торосах и на гладком льду [Пастухов, 1993]. С конца 1990-х гг. распределение логовищ по типам торосов стало меняться — то ли из-за недостатка подходящих «нерпичьих» торосов, то ли по причине высокой численности ценных самок. Самки чаще стали селиться в не «нерпичьих» торосах (битый лед, блинчатый и др.), а также встречаться в «полях» и в крупных торосах (рис. 3) и даже — практически на глади [Петров, 2003].

Редко, но ценные самки могут закладывать свои логова и на льдах, практически лишенных торосов. Такие логова отличаются наличием всего 2–3 отнырков (обычно их намного больше) и невысокими, но большими по площадям забоями снега. Сами логовищные отдушины могут быть разных размеров.

В целом, частота распределения логовищ по торосам различных типов довольно хорошо отражает частоту встречаемости этих торосов на данном участке озера.

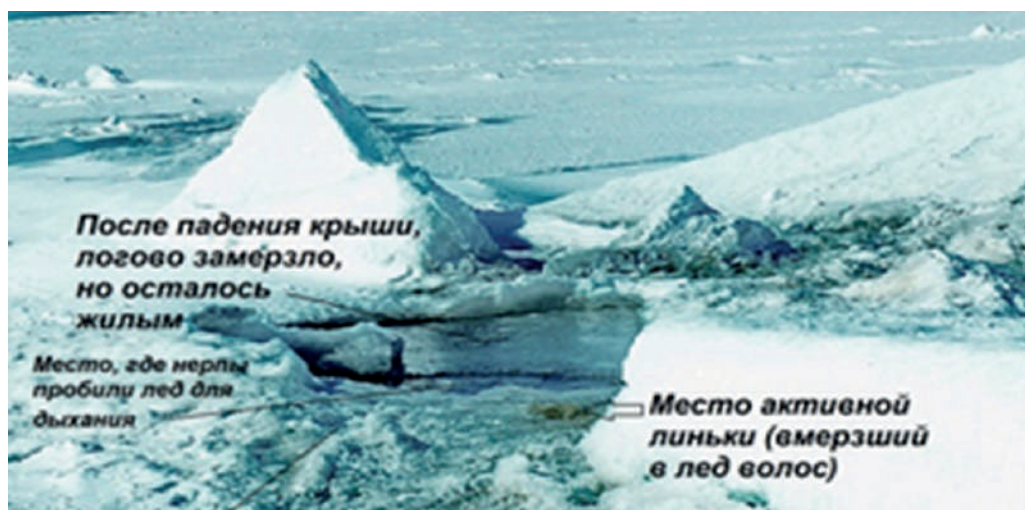


Рис. 3. Логово в крупном торосе (на фото толщина лома до 20 см) (16 апреля 2007 г., район пос. Гремячинск)

Опыт дешифровки авиаснимков, полученных в мае 2019 г., показал, что на фото-снимках хорошо различаются типы торосов, поэтому, при поиске логовищ надо обращать особое внимание на торосистые участки.

3.3. Распределение ценных самок (логовищ) по Байкалу

Расселение ценных самок. Распределение логовищ по акватории озера определяется условиями окончательного ледостава [Иванов, 1938]. Поскольку обычно процесс замерзания Байкала идет с севера на юг (не считая заливов и мелководий — они замерзают раньше), то самки распределяются по всей глубоководной акватории озера. Основная масса ценного зверя концентрируется в 8–15-километровой продольной полосе глубоководной части Байкала [Пастухов, 1993]. Поскольку значительную роль при устройстве логова играет снег, «у западных берегов Байкала, где снег сдувается ветром, логова встречаются значительно реже, чем у восточных» [Сватощ, 1926].

Принято считать, что ценные самки зимуют на больших расстояниях друг от друга. В. Д. Пастухов (1993) по материалам 1969 г. рассчитал, что в местах с повышенными концентрациями логовиц это расстояние составляет в среднем 735 м. Как рассчитано это расстояние не пояснено, но очевидно, что имеет больший смысл оценка расстояний между соседними логовами в одной и той же гряде тороса. В благоприятных для самок типах торосов логова, принадлежащие разным самкам, могут располагаться на расстоянии 200–250 м одно от другого, а иногда и чаще [Петров, 1997].

Прибрежная часть озера. Считается, что в прибрежной зоне самки с детенышами не встречаются [Пастухов, 1971]. Это не совсем так, и нельзя сказать, что нерпы не осваивают «прибрежную» зону. Впрочем, о том, что нерпа может устраивать свои отдушины и над небольшими глубинами (110–200 м и даже 7–25 м) давно известно [Иванов, 1938], как и о случаях нахождения логовиц в трех верстах от берега [Сватош, 1926]. По-видимому, «выбор» места зимовки в значительной мере зависит от стечения обстоятельств.

В любом случае, при дешифровке авиаснимков нельзя игнорировать кадры, на которые попали изображения прибрежной зоны льдов, и тем более ориентироваться на местоположение определяемого объекта в принятии решения о его принадлежности к тому или иному животному.

3.4. Площадь гнездового участка и форма открытых логовиц

Не принимая во внимание наиболее удаленные отнырки, принадлежность которых к данному логову с достоверностью определить невозможно, территория всей гнездовой дыры с близлежащими отнырками в апреле достигает 30 м² и более [Елагин и др., 1990]. Средние размеры полой воды в логове, конечно, меньше — 2–3 м в диаметре. Хорошо протаявший логовищный участок (само логово + ходы щенка + близлежащие отнырки) с полностью упавшей крышей может достигать в длину 5–6 м и больше, и вдвое меньше в ширину — 2–3 м (рис. 4).

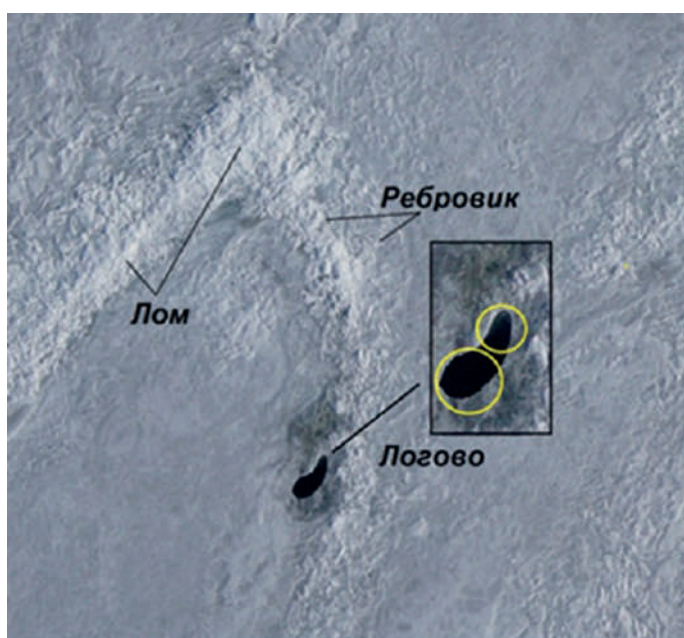


Рис. 4. Образование логова продолговатой формы

Вообще, нерпичьи отверстия во льду обычно округлой формы. Особенно это характерно для одиночных самцов, а также для весенних урганов. Округлость образуется от волн, возникающих при выныривании и вылезании нерп на лед и равномерно омывающих края ледового покрова. Отдушины по форме, близкие к кругу, как правило, не могут быть логовом щенной самки, хотя круглые отнырки вблизи логовищ — дело обычное.

Характерной особенностью логова является вытянутая продолговатая форма. Такую форму логово приобретает к весне в результате слияния отдушины с близлежащим крупным отнырком. Зимой они располагались под единой крышей и под снегом, могли соединяться посредством ходов, вырытых нерпенком (см. рис. 4). В результате две «дыры» (а иногда и три) «сливаются» и получается более или менее удлиненное сооружение с большой площадью свободной воды. Часто логова в плане становятся похожими на матрешку. Если такового не происходит, логова в апреле могут быть самой разной формы (рис. 5).

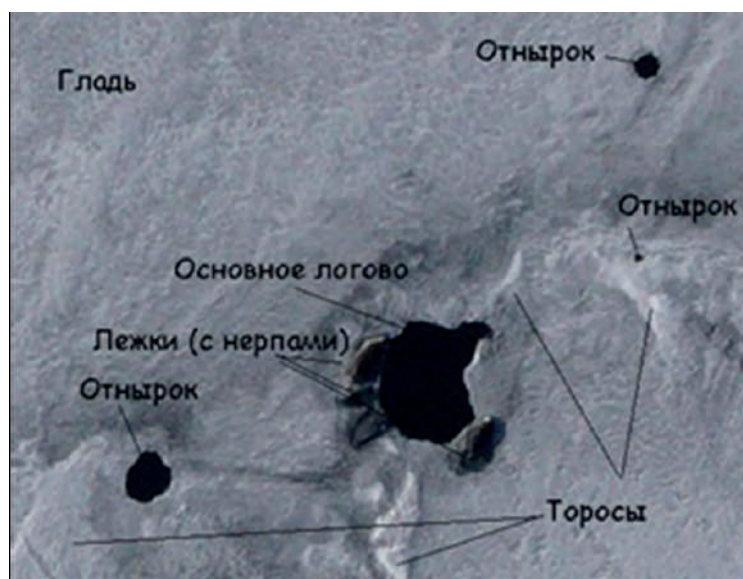


Рис. 5. Логово неправильной формы. Отнырки логовов практически всегда круглые

Заметим, что возле «слившегося» логова бывает трудно найти основной отличительный признак логова — линию шерсти, поскольку место линьки часто тает и исчезает, попадая в зону «затопления». Но пока логово относительно сохранное, при выполнении работ на льду шерсть обнаруживается в большинстве из них.

3.5. Парные (двойные) логова

Под парными (двойными) логовами подразумевают наличие у одной самки не одной гнездовой отдушины (логова), а двух или даже трех. В. Д. Пастухов (1981) отмечал, что иногда во время расширения логова самкой стенка или крыша становятся излишне тонкими (проникает свет) и такие логова становятся непригодными для детенышей, поскольку сильно промерзают. Тогда самка строит другое убежище. По сути, здесь речь идет о «парном» или «двойном» логове (рис. 6). Как и о том, что оба логова какое-то время могут использоваться в дальнейшем.

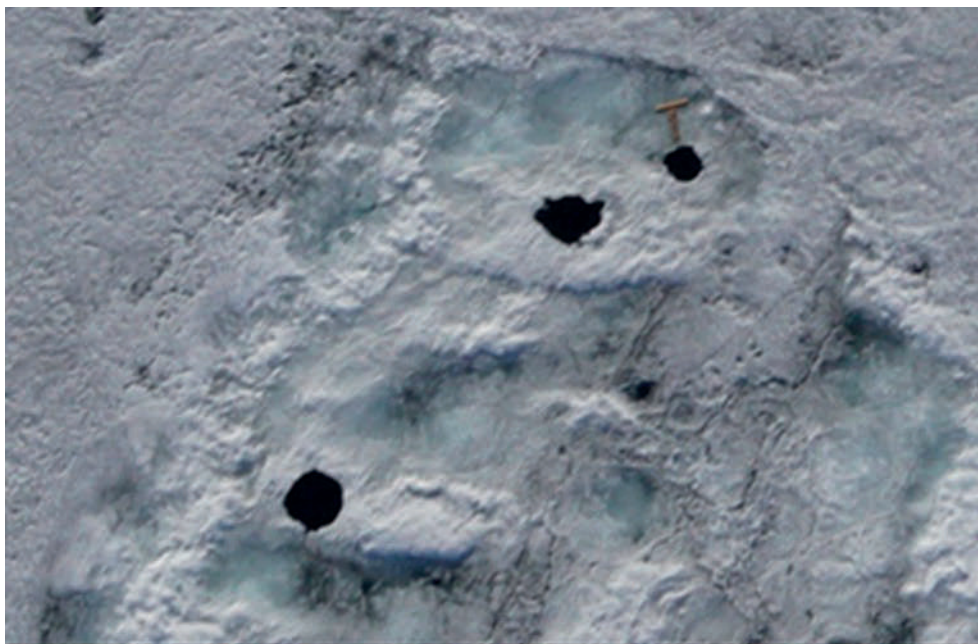


Рис. 6. Простое парное (двойное) логово

Более того, щенок может линять в обоих логовах, особенно, если они расположены на небольшом расстоянии. А это значит, что при учете нерпы этот, по сути один гнездовой участок, можно посчитать ошибочно за два логова. Хотя Пастухов писал, что логовища чаще всего располагаются на расстоянии в сотни метров одно от другого, а то и в километрах, он признавал, что очень редко расстояние определяется десятками метров [Пастухов, 1993].

Вопрос о наличии у щенных самок байкальской нерпы парных (двойных) логовов остро встал с конца 1980-х гг. Решение его было очень важно с методической точки зрения, поскольку от этого зависели результаты учета нерпы. В 1990-е гг. плотности логовищ в торосах бывали настолько высокими [Петров, 1997], что парные логова стали «бросаться в глаза» (рис. 7). На этом фото виден плавающий в воде кусок мощной крыши. Щенок и самка лежат в «родном» логове, невдалеке — второе меньшего размера, вероятно, используемое как отнырок. Однако определить — одно это логово или два со 100%-ной уверенностью можно только визуально наблюдая нерп у обоих логовищ. При больших плотностях залегания щенных самок, отмечаемых в некоторые годы, вопрос о парных логовищах становится особо актуальным.

Количество парных логовищ в отдельные годы может быть заметным. Часть самок имеют по две логовищные отдушины (очень редко даже три). Например, на тщательно обследованном полигоне в 1969 г. парными были признаны 20–25% логовищ. Расстояние между ними может составлять от нескольких десятков метров до 150–200 м [Петров и др., 1992]. Обе отдушины имеют типичное строение и признаки, и идентифицировать «основное» (где родился щенок) и дополнительное (запасное) логово весьма сложно. Особенно, если две логовищные отдушины расположены рядом, скажем в 30–40 м. Проведя специальные исследования этого вопроса, пришли к выводу, что количество парных логовов не одинаково в разные годы и зависит от особенностей ледовых и погодных условий [Петров, 1997].

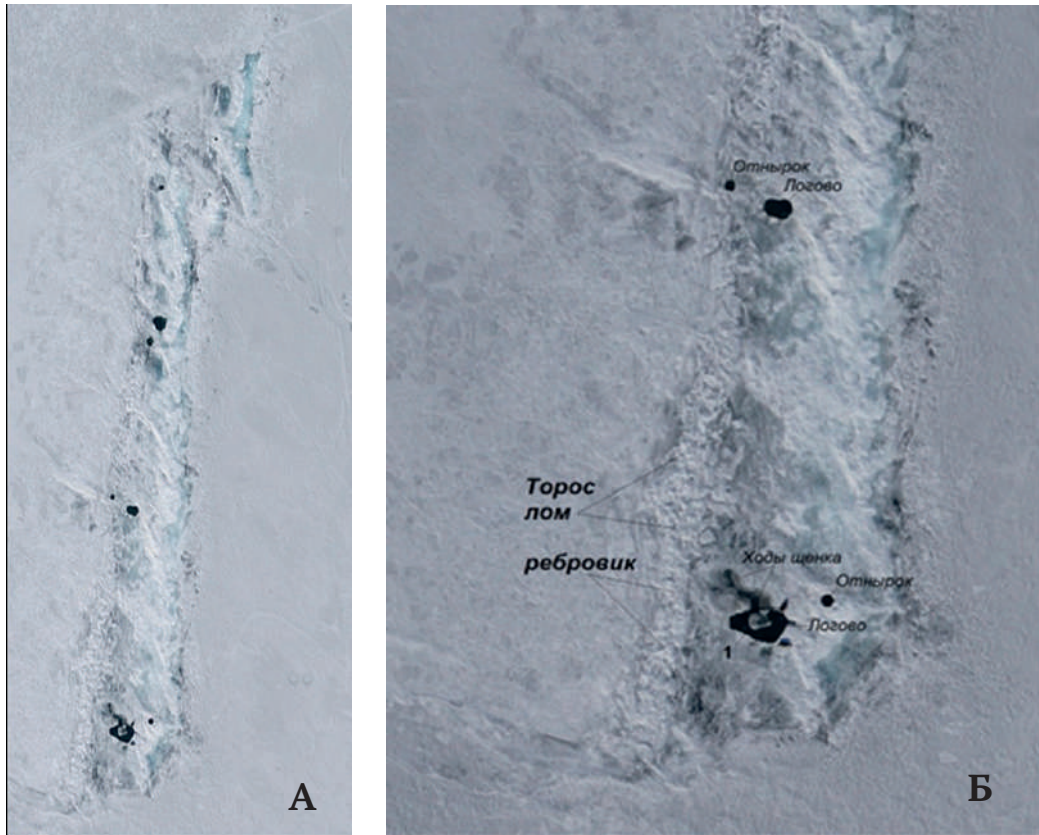


Рис. 7. Фотоснимок парного логова (А) и увеличенный фрагмент фото (Б)

Отметим еще раз, что логова двух самок могут располагаться очень близко друг от друга. Более того, весной, когда отдушины превращаются в небольшие водоемы, щенки могут перепутать логова и выбраться на лед в чужом «доме». В этом случае самка кормит обоих щенков. Более того, З. Ф. Сватош (1925) однозначно утверждал, что «в одном логове иногда щелятся две матки, преимущественно же логова устраиваются в одиночку».

Совершенно очевидно, что большое (значимое) количество двойных/парных логовищ бывает на Байкале не часто. Обычно их менее 10%.

Поскольку на практике во время учетных ледовых работ оперативно и точно идентифицировать двойные логова невозможно, то принятие решения лежит на учетчике. Тем более, невозможно достоверно определить двойные логова на аэрофотоснимках, если у логовищ не лежат нерпы.

3.6. Разрушение логовищ

Логова начинают разрушаться с конца марта или в начале апреля, но скорость процесса разрушения зависит от конкретных погодных условий. Логовищные отдушины расширяются, крыши логовищ обваливаются, и чаще всего та часть, что попадает в воду, растаивает. Поэтому логово в этот время может выглядеть как достаточно большой участок полой воды. Главным критерием принадлежности отдушины именно к логову является остающаяся на льду серовато-желтая шерсть вылинявших бельков. Около коллективного или у расширенного «отнырка» других нерп, которые могут быть близкими по размеру к логовищу, линных волос не бывает.

Поскольку все логова расположены с подветренной стороны торосов, то есть с южной, восточной или юго-восточной стороны, то в логове обычно первой начинает разрушаться обращенная к солнцу сторона и только потом крыша. Сначала появляются небольшие отверстия в крыше, через которые нерпенки, лежа на льду и оставаясь под крышей, дышат (иногда он вылезает на крышу, но это случается не часто).

Обвал крыши происходит по-разному. Она может разрушаться постепенно в течение какого-то времени (нескольких дней) или подтаявшая крыша может упасть сразу. Бывали случаи, когда тяжелая толстая крыша задавливала нерпенку, не успевшего убежать в воду. Такие события обычно случаются при ранних внезапных оттепелях (обычно в марте, когда нерпенки еще очень мал), и это одна из составляющих естественной смертности бельков. В какой-то мере естественную смертность нерпчат уравнивает рождение двоен.

Таким образом, величина естественной смертности бельков имеет значение, поскольку, если щенок по каким-то причинам гибнет, самка, как правило, покидает логово и оно замерзает. Но если щенок остается живым, то где-то недалеко может быть другое логово, куда его уводит самка.

Выбор оптимальных сроков проведения авиаучета — залог успеха работы. Логова «открываются» (становятся доступными для визуального обнаружения) и разрушаются не одновременно по всему Байкалу. Это справедливо не только применительно к разным географическим частям водоема, но даже «внутри» отдельных частей озера. На юге обычно теплее, и, следовательно, снежные сооружения должны разрушаться раньше, чем в северных широтах.

Стаивание снега со льда и разрушение («вскрытие») логовищ в южной части Байкала происходит на 12–20 дней раньше, чем в северной части [Пастухов, 1971].

Не одновременно происходит и освобождение Байкала ото льда в разные годы — интенсивность и скорость разрушения льда (и логовищ) могут сильно отличаться год от года.

Но существуют и погодные особенности в разных районах Байкала, оказывающие влияние на скорость разрушения логовов. Благодаря господствующим ветрам и относительно высоким горным преградам на западном берегу Байкала, зимние осадки над озером распределены неравномерно. В западной трети озера, особенно в южном Байкале, на западном берегу которого возвышается хребет Хамар-Дабан (высотой более 2000 м), из года в год выпадает значительно больше снега, чем вдоль восточных берегов. Соответственно, логова, расположенные в зоне большого снега дольше сохраняются.

В целом это справедливо для всего Байкала, но в средней части, где горные массивы поменьше, это выражено в меньшей степени. При средних сроках наступления весны (для условий 1960-х гг.) в южной части озера большинство логовищ разрушались до 10 апреля — крыши логовищ обваливались, и щенки, как правило, часами лежали на территории гнездовой дыры (у логовищной отдушины или у отнырка). В северной части Байкала разрушение логовищ происходило после 20 апреля [Пастухов, 1965].

Таким образом, учет логовищ нужно начинать с определения фенологического времени в южной части Байкала, и постепенно продвигаться на север, не опережая «волну» разрушений логовов в данном районе.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ФАЗЫ НА БАЙКАЛЕ

Отслеживание фенофазы на Байкале — своеобразной «волны» разрушения логовов — залог успеха последующего определения оптимального времени проведения авиаучетной съемки при планировании полетов. Такая волна разрушений «катится» по озеру около трех недель преимущественно с юга на север.

Наблюдение за сезонными изменениями фенологии производят на основе индикаторов, в качестве которых служат заметные природные явления, характеризующие наступление той или иной фазы в развитии живой природы. В качестве более формальных и универсальных показателей рассматривают среднесуточную температуру воздуха. Для озера Байкал единых феноиндикаторов, позволяющих отследить начало разрушения снежных логовищ не существует. В том числе и по причине большой меридиональной протяженности озера (более 600 км), из-за которой сроки наступления, условно говоря, «весны» на льду существенно различаются в разных районах озера.

Поскольку успешность учета с воздуха зависит от того, насколько сверху «открыты» логова нерпы, то оптимальное время учетных работ определяется состоянием логовищ, а именно степенью их разрушенности. Для традиционного учета на льду важно, чтобы логова были полуразрушены, и в них сохранялась бельковая шерсть, а для авиаучета — наилучший вариант, когда крыши логовищ полностью упали и растаяли. Поэтому оптимальные сроки проведения авиаучетных работ должны быть несколько позже традиционного учета логовов на ледовых площадках. Процесс разрушения логовищ протекает в разные сроки не только в разных частях озера, но не одновременно даже на одном участке льда (рис. 8). Следовательно, необходимо определять дни (конкретные даты), когда логова будут достаточно разрушены, и проводить съемку, пока они еще не будут повторно занесены и замаскированы весенним снегом.

На практике определение оптимальных ледовых условий для начала учетных работ должно происходить в два этапа.

Первый этап — предварительный. Это анализ ледовой обстановки нужного района по доступным спутниковым снимкам озера. Спутниковые снимки позволяют планировать работу и избегать излишних рисков и расходов. По ним можно определить время схода основного снежного покрова с поверхности гладкого льда (в торосах снег задерживается дольше и не всегда его присутствие заметно на снимках), а также сделать предварительную оценку степени заторошенности ледового покрова и выделить перспективные участки для начала учета.

Однако опираться только на эту информацию при определении оптимальных ледовых условий для начала учетных работ не достаточно. Сход снега с поверхности льда является сигналом к началу второго этапа — натурного (полевого) обследования логовищ.

Второй этап — полевой. Опыт показывает, что пока исполнители работ сами не побывают на льду, определить оптимальное время для начала авиаучетных работ практически невозможно. На фото (рис. 9) логово со всеми характерными признаками. Крыша уже обвалилась, но не растаяла (апрель 2006 г.), нерпенек дышит через отнырок. Пока крыша полностью не растает, определить это логово с воздуха будет крайне сложно.

Сход снега с ровной поверхности ледового покрова сам по себе еще не означает, что можно приступать к поиску логовищ, а тем более к авиасъемкам. Предварительные «раз-



Рис. 8. Логова на разной стадии разрушения (22 апреля 2005 г.):

1 — Логово с практически целой крышей в большом снежном забое глубиной $> 0,5$ м. С воздуха очень трудно определяемое; 2 — Логово с полностью разрушенной крышей, хорошо заметное с воздуха; 3 — Логово с разрушенной крышей, но частично сохранилась нерпичьи ходы; основная дыра логова с чистой водой. С воздуха хорошо определяется; 4 — Логово (жилое) небольших размеров, без чистой воды. Крыша частично обвалилась. Возможно, перед нами большой отнырок, а само логово скрыто в забое. Такой объект с воздуха практически не определяем

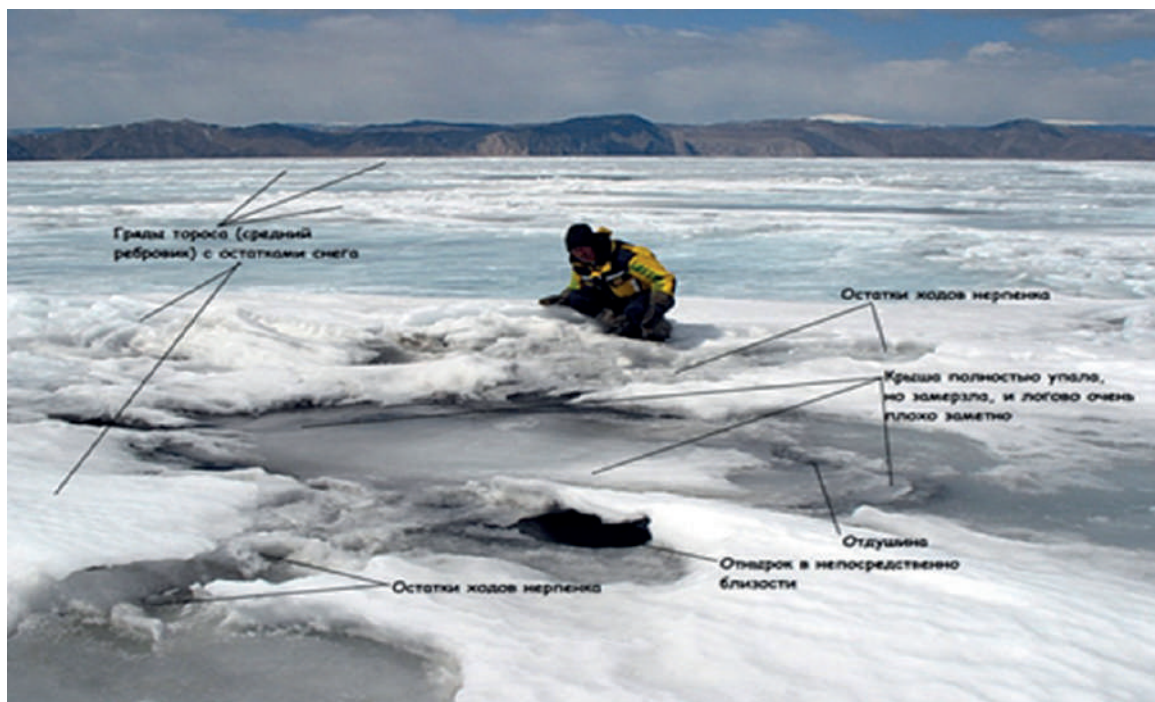


Рис. 9. Большое логово со всеми характерными признаками

ведочные» работы непосредственно на ледовом покрове должны предшествовать началу авиасъемок в начале работ в каждой из частей Байкала (южной, центральной и северной).

Полевую часть исследования должны проводить опытные специалисты (или нерповщики, имеющие опыт такой работы). «Разведчики» могут на месте не только определить степень готовности логовиц к съемкам, но и провести предварительные «калибровочные» исследования. Все найденные отверстия на льду, претендующие на признание их логовами, необходимо метить, фиксировать на GPS, тщательно фотографировать с разных ракурсов, замерять и достаточно подробно описывать.

Как показал опыт 2019 г., логова на авиаснимках выглядят по-другому по сравнению «с натурой» (рис. 10).



Рис. 10. Примеры фотоснимков калибровочных логовов (съемка с БПЛА и на льду одних и тех же логовов): А — большое, хорошо выраженное логово, Б — логово небольших размеров

Указанные рекогносцировочные работы на льду по оценке состояния логовиц необходимо проводить в каждой части Байкала.

Принимая во внимание средние многолетние данные, рекомендуется выдерживать следующие общие сроки работ. В южной части Байкала начинать учетные работы можно с конца марта (не ранее 25-го числа). Поскольку в последние годы погода весьма неустойчива и плохо предсказуема, точные сроки работ в каждом году определяются ис-

ходя из текущих ледовых и погодных условий. Опыт экспедиционных работ показывает, что в обычных нормальных условиях к 10–11 апреля южная часть Байкала должна быть исследована и нужно начинать обследовать среднюю часть озера. Среднюю часть Байкала надо снимать в период с 12 по 24 и не позже 25 апреля перебазироваться в п. Усть-Баргузин островов для обследования северной части Байкала. В северной части озера работы желательно заканчивать к 5–10 мая.

Выдерживать предложенный примерный график — одно из условий успешного выполнения учета. Разумеется, в каждом конкретном случае необходимо корректировать сроки работ с учетом складывающейся ледовой обстановки и погодных условий.

5. АВИАСЪЕМОЧНЫЕ РАБОТЫ

Весь цикл авиаучетных работ состоит из трех основных этапов: подготовительного, авиасъемочного и последующей камеральной обработки материалов.

5.1. Подготовительный этап

На подготовительном этапе выполняются: планирование сроков работ, определение мест базирования, состава команды, получение разрешений на авиасъемку. Осуществляется подготовка комплекса БПЛА, проводится калибровка и настройка авиасъемочных камер, навигационной аппаратуры. Проводится проверка работы программно-аппаратного комплекса для обеспечения оперативной наземной обработки полетной информации. Решаются вопросы доставки комплекса БПЛА и команды к месту базирования и выполнения полетов. Выполняется тренинг авиаучетной команды.

Рекомендованный состав команды проводящей авиаучет состоит из руководителя экспедиции, руководителя полетов, оператора БПЛА и специалистов для оперативной обработки материалов съемки.

Руководитель экспедиции осуществляет общее руководство полетами и контроль проведения учетных работ, несет персональную ответственность за качество учетных материалов и представление полученной информации и результатов расчета в требуемой форме. Решает вопросы базирования экспедиции, определяет районы работ, маршруты полетов, осуществляет анализ информации о состоянии льда, прогноза погоды, качества полученных полетных данных и принимает решения о времени вылета БПЛА.

Руководитель полетов отвечает за техническое обеспечение полета, контроль функционирования авиасъемочной аппаратуры, регистрацию всех данных, получаемых в процессе полетов. Во время полетов следит за показаниями всей измерительной и фиксирующей аппаратуры. Особое внимание он уделяет работе фотокамеры и записи навигационных данных. Своевременно сообщает руководителю экспедиции обо всех незапланированных изменениях маршрута и иных обстоятельствах, мешающих нормальному проведению авиасъемки. Отвечает за технику безопасности выполнения полетов и согласовывает полеты с диспетчерами УВД.

Оператор полетов отвечает за обеспечение взлета и посадки БПЛА. Отвечает за синхронизацию всех бортовых часов в компьютерах, в фотоаппаратах и иных используемых приборах. Синхронизацию необходимо проводить перед взлетом каждого БПЛА. Часы синхронизировать с точностью до секунды по GPS-приемнику, используемому для

навигации и записи параметров полета. Перед полетом выполняет все наземные работы по установке и подключению бортовой аппаратуры и ее настройке.

Инженер по оперативной обработке полетной информации. Сразу после полетов получает бортовые карты памяти (фотокамер и навигации) и переписывает информацию с них на жесткий диск. Объем собранной информации за один полетный день БПЛА может достигать несколько сотен гигабайт. Оценивает качество фотосъемки и работы навигационной системы (координаты, высота) по каждому полету. Готовит данные для маршрутов полетов на следующий день.

Специалист по дешифровке логовов на фотоснимках. Это должен быть специалист, имеющий опыт работы по учетам логовов. Оперативно просматривает выборочно качество полученных фотоснимков для идентификации логовов и определения оптимального времени прохождения волны разрушения логовов. Результаты оперативной обработки докладывает руководителю экспедиции для принятия решений о продолжении полетов.

В период выполнения полетов работа экспедиции идет круглосуточно. Днем работают специалисты, непосредственно обеспечивающие полеты, а ночью 2 специалиста по оперативной обработке привезенной полетной информации.

5.2. Авиасъемки

Основным объектом авиасъемки являются логова, вскрывшиеся в результате весеннего таяния снега на льдах Байкала, а также регистрируются нерпы, находившиеся на льду, и различные следы их жизнедеятельности. Основой авиаучета является съемка логовов на регулярных трансектах, покрывающая часть обследуемой акватории. По данным ежедневного спутникового мониторинга отслеживается ледовая обстановка, которая в апреле-мае изменяется очень динамично, что затрудняет проведение авиасъемочных работ. В среднем волна разрушения логовов проходит с юга на север озера за 20–25 дней.

Разбиение площади Байкала на северную, среднюю и южную части показано на рис. 11. Размеры этих частей озера приблизительно равны и составляют в длину 200 км, в ширину 60 км. В каждой части озера необходимо провести авиасъемки сразу после прохода волны разрушения логовов и в один синоптический период при хорошей погоде. Заметим, что первая авиасъемка, проведенная 9–13 мая 2019 г., оказалась удачной с точки зрения попадания в оптимальную для учета фенологическую фазу в северной части Байкала.

Разрушение логовов начинается в южной части Байкала во второй декаде апреля, а заканчивается в северной части озера в конце 1-й декады мая. Поэтому период проведения авиаучета логовов следует планировать примерно с 10 апреля по 15 мая. Из-за того, что зимы на Байкале бывают разные (холодные и теплые), конкретное время проведения авиасъемок может изменяться год от года.

Основные требования к организации авиасъемки логовов на Байкале изложены в Приложении 1.

лент (трансектов) на маршрутах. Кроме того, для снижения статистической ошибки рекомендуется количество галсов в каждой группе закладывать не менее 5.

Как известно, озеро Байкал имеет значительную длину и сравнительно небольшую ширину. Поэтому съемку логовов рекомендуется производить преимущественно на поперечных, а не на продольных маршрутах. Это позволяет охватить все участки ледового покрова (с разной плотностью логовов) для получения наиболее репрезентативных данных.

Трансекты в поперечном направлении (средняя ширина озера 60 км) рекомендуется прокладывать с шагом через 4 км, тогда для обследования одной части озера (длиной 200 км) нужно будет сделать 50 трансект суммарной длиной $50 \times 60 \text{ км} = 3000 \text{ км}$. С учетом подлетов и расстояний между трансектами общая длина маршрутов составит около 4000 км для 5% обследования одной части озера.

При дальности полетов БПЛА самолетного типа от 1000 км количество поперечных трансект в каждом полете будет равным 12–14. Чтобы отснять каждую часть Байкала за 2 основных съемочных дня, авиасъемку рекомендуется выполнять БПЛА с максимально возможной длительностью полета. Пример 2-х маршрутов полета, выполненных 16 мая 2019 г., приведен на рис. 12.

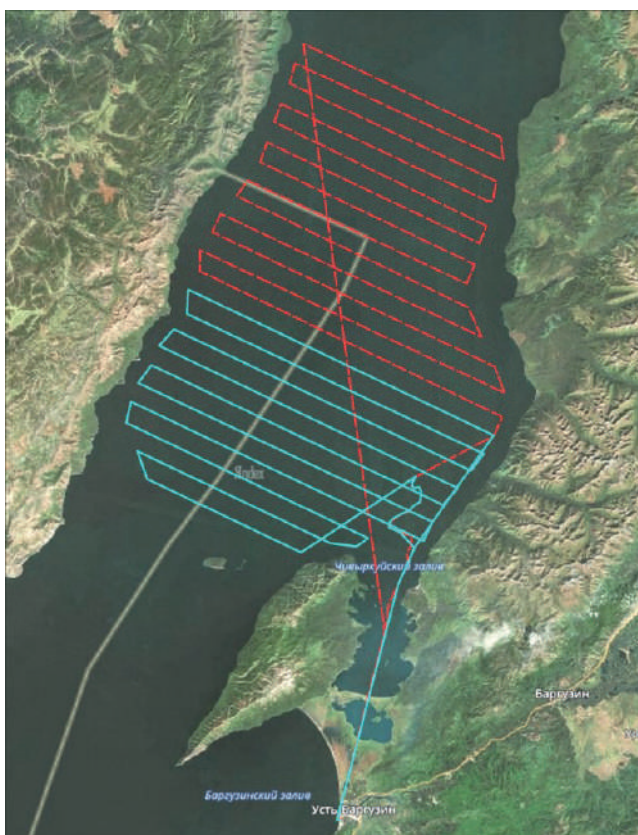


Рис. 12. Маршруты полетов двух БПЛА 16 мая 2019 г. с поперечным направлением трансект

На третий день рекомендуется закрыть съемкой недостаточно обследованные участки и оценить качество отснятых материалов, а в следующие дни можно перебазироваться для съемки следующей части озера. Таким образом, для обследования каждой части Байкала потребуется по 3 съемочных дня.

Для съемки всех трех частей Байкала потребуется 9 съемочных дней и суммарные маршруты авиасъемки составят около 12 тысяч км.

5.3. Послеполетная обработка

После каждого полета с борта БПЛА снимаются флэш-карты для копирования материалов, а также аккумуляторы для подзарядки. Проверяется качество навигационных данных (координаты, высота, скорость, курс). На основе полученных навигационных данных строится карта с маршрутом выполненного полета.

Проверяет расхождение по регистрации времени между навигационной и съемочной аппаратурой. Если расхождение больше 1 секунды, выполняется коррекция времени на материалах авиасъемки. Осуществляется переименование фотографий (регистрируются дата и время в заголовке фото), копируется на жесткие диски вся собранная в полете информация. Оценивается выборочно качество собранных материалов фотосъемки. Это позволяет выбрать оптимальные режимы съемки для улучшения их качества. В результате просмотра и выборочной дешифровки снимков корректируются настройки авиасъемочной аппаратуры.

После выполнения каждого полета получаем следующие материалы:

- навигационные данные;
- карту-схему маршрута полета;
- материалы фотосъемки (на жестком диске);
- донесение о полете (краткое описание места, времени полета, погоды, качества и объема полученных материалов).

Технические средства и применяемые методы съемки могут быть источниками различных погрешностей из-за:

- неполного обследования всего ареала распределения логовов;
- небольшой доли покрытия ареала учетной полосой;
- неоптимальных сроков съемки: ранняя авиасъемка, когда еще не разрушены крыши логовов, или поздняя авиасъемка, когда уже прошла подвижка льда, и логова полностью разрушены;
- неверного определения обследованных площадей (ошибок в определении высоты полета, углов обзора аппаратуры, координат);
- недостаточного качества аэрофотоснимков.

Эти погрешности необходимо постоянно контролировать и минимизировать в ходе авиасъемки.

5.4. Предварительная обработка полученных фотоматериалов

После завершения полета и перед отправкой фотографий на автоматизированную обработку для подсчета и определения координат особей необходимо проводить предварительную обработку данных контроллера фотосъемки. Предварительная обработка производится в 2 этапа.

На первом этапе формируется файл со списком отснятых фотографий и дополнительными данными:

- координатами фотоаппарата в момент съемки;

- точным временем спуска затвора;
- абсолютной и относительной высотой;
- креном, тангажом и курсом ЛА.

На втором этапе проводится расчет координат:

- центров фотографий;
- углов фотографий.

Расчет центра и углов фотоснимка производится по:

- ✓ полученным от контроллера фотосъемки (в случае использования СЦК) или автопилота углов ориентации ЛА;
- ✓ известным углам установки фотокамеры относительно ЛА;
- ✓ цифровой карте рельефа местности.

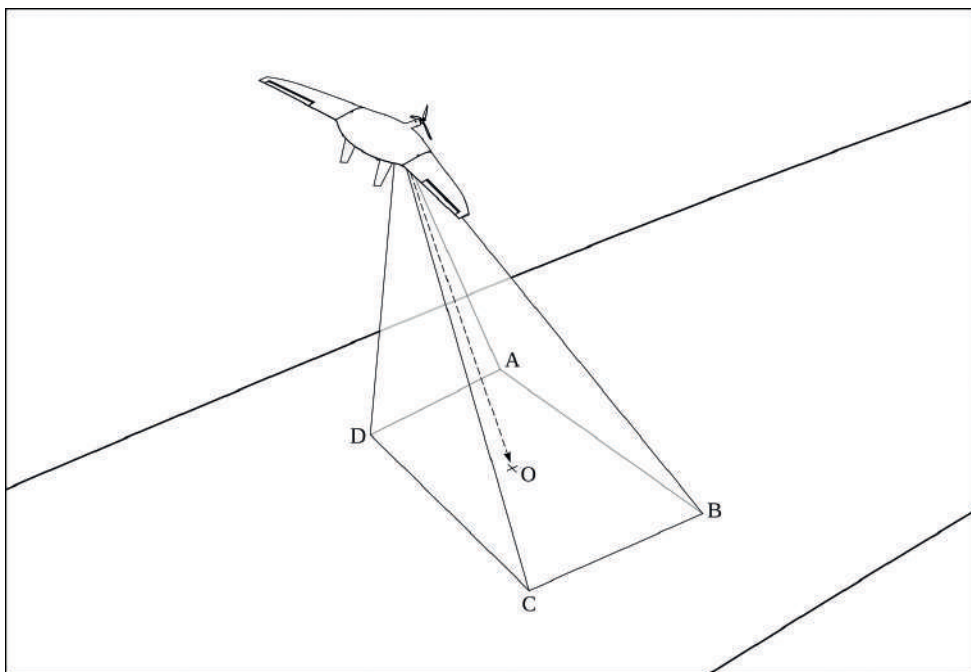


Рис. 13. Четырехугольник A, B, C, D — область кадра. Точка O — центр кадра

Далее данные, полученные на этапе предварительной обработки, заводятся в систему автоматизированной обработки и используются для определения областей перекрытия соседних фотоснимков. Таким образом исключают двойной подсчет одних и тех же особей.

6. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Камеральная обработка состоит из четырех этапов.

Первый этап — первичная автоматизированная обработка материалов авиасъемки при помощи программы «Система автоматизированной обработки материалов авиасъемки водных биологических ресурсов и формирования отчетов исследований» (САОМА ВБР), которая помогает в автоматическом режиме обработать огромный массив данных, определив искомые объекты поиска (нерпа, логова) и отфильтровав «пустые» (сплошной лед).

Второй этап — дешифровки авиаснимков включает в себя верификацию полученных результатов по итогам автоматизированной обработки первого этапа.

Третий этап — обработка данных дешифрования позволяет оценить стандартные ошибки распознавания логовов.

Четвертый этап — экстраполяция полученных данных для получения итогового результата по оценке численности логовов.

6.1. Автоматизированная обработка материалов авиасъемки

Автоматизированная обработка первичных материалов авиасъемки осуществляется с помощью компьютерной программы «Система автоматизированной обработки материалов авиасъемки водных биологических ресурсов и формирования отчетов исследований» (САОМА ВБР), которая должна обеспечивать:

- распознавание отдельных особей нерпы и логовов;
- цифровое зрение с точностью распознавания отдельных особей нерпы не ниже 80%;
- автоматизированную обработку исходных материалов авиасъемки с использованием технологий искусственного интеллекта;
- интерфейс предоставления отчетов о локациях отдельных особей и логовов, численности и размерном составе байкальской нерпы.

Автоматизированная обработка полученных первичных материалов авиасъемки с использованием инструментов цифрового зрения и искусственного интеллекта, а также получение формализованных проводится в следующем порядке:

- 1) анализ, оценка и сортировка исходного фотоматериала;
- 2) создание из отсортированного фотоматериала обучающей выборки;
- 3) обработка и разметка фотоматериала обучающей выборки;
- 4) обучение нейронной сети под определенную задачу распознавания (нерпа, логова);
- 5) загрузка и обработка исходных фотоматериалов авиасъемки;
- 6) получение формализованных отчетов о координатах, численности, размерном составе байкальской нерпы.

Алгоритм обработки и структура формализованных отчетов приведены в Приложении № 2.

6.2. Дешифровка авиаснимков

На основании опыта, приобретенного в ходе авиаучетных работ на Байкале в 2019 г., можно дать рекомендации по дешифровке получаемых авиаснимков. В первую очередь, необходимо учитывать биолого-экологические особенности байкальской нерпы в ледовый период жизни, изложенные в первых разделах настоящих Методических рекомендаций.

Дешифровка большинства фотоснимков, полученных 9–13 мая 2019 г., была проведена двумя специалистами и не вызвала серьезных затруднений. Большое значение имело и то обстоятельство, что оба дешифровщика много лет работали непосредственно на льду Байкала, проводили учеты щенков нерпы традиционным методом на ледовых площадках и хорошо представляли себе, что ищут и как это должно выглядеть.

Ниже подробно с примерами описаны признаки, по которым можно определить принадлежность того или иного «отверстия» во льду той или иной категории животных.

При этом наибольший акцент сделан на ценных самках, а также на наиболее часто встречающихся затруднениях, возникающих при дешифровке.

Наличие нерп (в кадре). Если логово в достаточной степени разрушено (открыто), то в хорошую погоду (не обязательно солнечную, но маловетреную и теплую) на поверхности льда нередко наблюдаются пары нерп — мать и щенок (рис. 14).

Они, разумеется, различаются размерами, но это не всегда очевидно. Очень многое зависит от ракурса зрения и от расположения самих животных. Если на снимке имеется нерпа, распознавание логова упрощается. Однако надо быть внимательным — иногда щенок лежит не в логове, а у отнырка, возможно, удаленного от логова на приличное расстояние.

Чтобы достаточно уверенно определить, семейная это пара или просто рядом лежат две особи, нужно обращать внимание на то, где именно обнаружена пара, у какого отверстия. Если в гряде тороса, то, скорее всего, на фото — мать и щенок; если на глади, то это другая категория животных. Полезно помнить, что кормящие самки — очень осторожные животные — никаких передвижений по льду не совершают. Если самка остается лежать на поверхности льда, то в большинстве случаев головой к воде и максимум на расстоянии 1 м

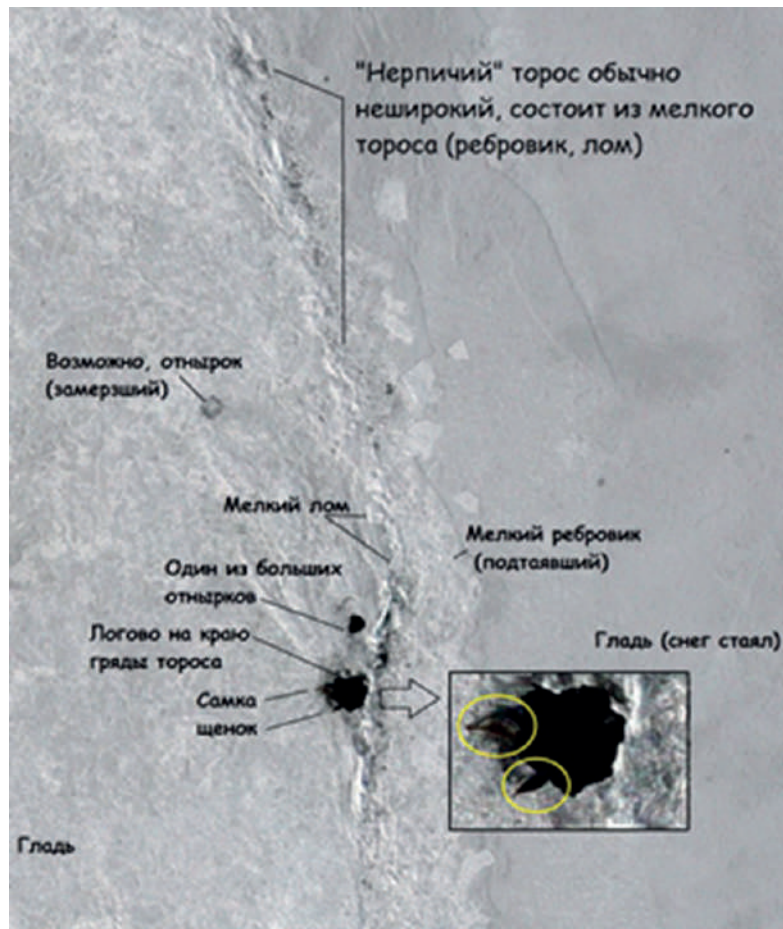


Рис. 14. Пример дешифровки логова на снимке с БПЛА (май 2019 г., высота 300 м): есть все главные признаки логова, и нерпы хорошо видны

от открытой воды (логово или отнырок), куда она моментально уходит, даже не выясняя причины тревоги.

Щенок в нормальном состоянии также никуда от логова не отлучается, но он относительно беспечен и значительную часть дня может проводить на льду в одиночестве. Наевшись, он обычно довольно крепко спит и его не может потревожить шум БПЛА, даже летящего на небольшой высоте. Хотя на аэроснимках нередко трудно отличить щенка от самки по внешнему виду.

Нерпичье семейство может лежать не только в самом логове, но и в отнырке, обычно в основном — самом большом. Самка на льду находится мало времени. Покормив щенка, она через некоторое время уходит в воду с целью покормиться.

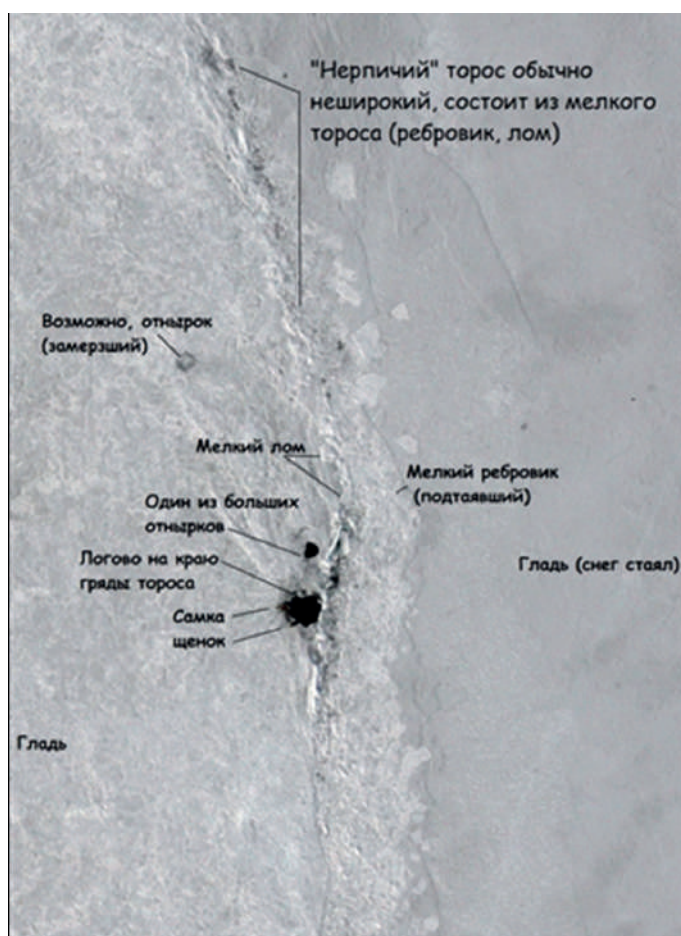


Рис. 15. Легко определяемое логово в гряде мелкого «нерпичьего» тороса

На рис. 15 показано типичное логово в узкой гряде «нерпичьего» некрупного тороса. На снимке — обитатели логова — самка и щенок. Днем в тихую солнечную погоду нерпы много времени проводят на льду и шанс запечатлеть их на авиаснимках достаточно велик.

При дешифровке авиаснимков 2019 года мы неоднократно наблюдали необычное поведение нерпы — до сих пор неизвестное. На некоторых снимках около логова лежали не одна-две нерпы (как обычно), а 3–4 и даже больше. Как известно, самка может кормить чужого щенка, тем самым увеличивая выживаемость щенков. Такую сцену можно наблюдать в отдельные годы, когда в результате быстрого весеннего разрушения торосов происходит

слияние близко расположенных логовищ в единое логово. В этом случае 2–3 щенка могут лежать вместе, и самка не делает различий между своим и чужим щенком — кормит всех.

На рис. 16 — два близко расположенных логова. При увеличении на экране можно рассмотреть четырех нерп, которые лежат в обычном логове (№ 1). Хорошо заметен след, оставленный нерпой, когда она переползла от большого отнырка к логову. Видно, что

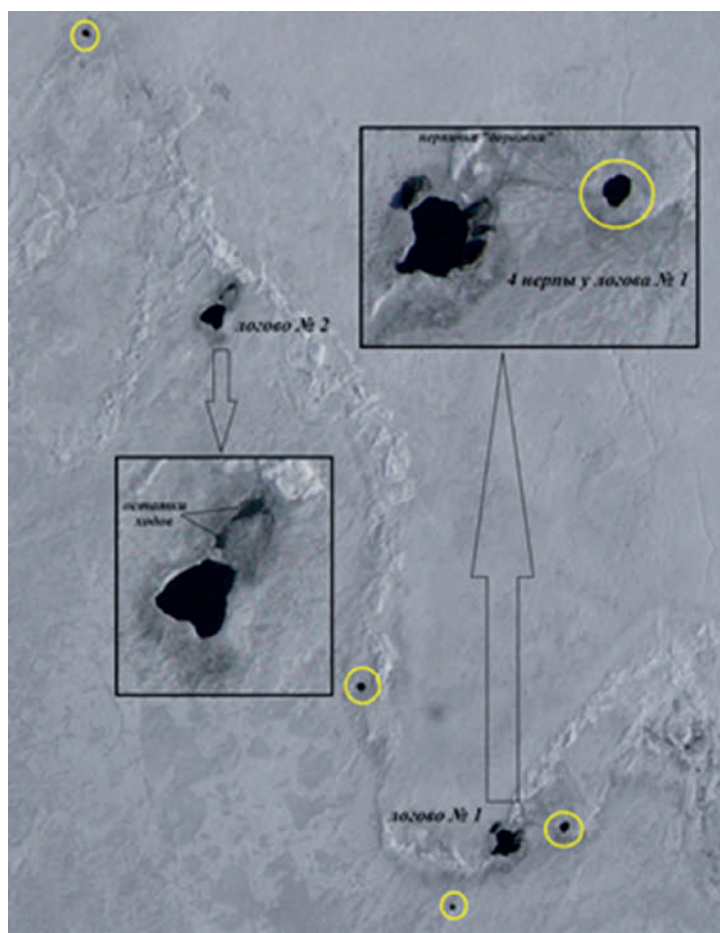


Рис. 16. На снимке две логовищные отдушины (№ 1 и 2), расположенные относительно недалеко друг от друга

верхняя левая и нижняя правая особи определенно взрослые крупные самки, остальные две — скорее щенки. При дешифровке подобных отверстий рекомендуется относить их к логовам, если соблюдаются формальные признаки логова. В данном случае на снимке два отдельных логова.

Наличие следов жизнедеятельности (в кадре). Считается, что идентифицировать принадлежность того или иного отверстия как логова щенной самки возможно только при непосредственном визуальном обследовании путем обнаружения известных признаков логова. В отдельных случаях на снимках можно разглядеть большинство признаков логова, включая даже линную шерсть грязно-белого цвета на льду около логова (рис. 17), а также лежки — места постоянного пребывания нерпенка около отдушины логова. На фото логово

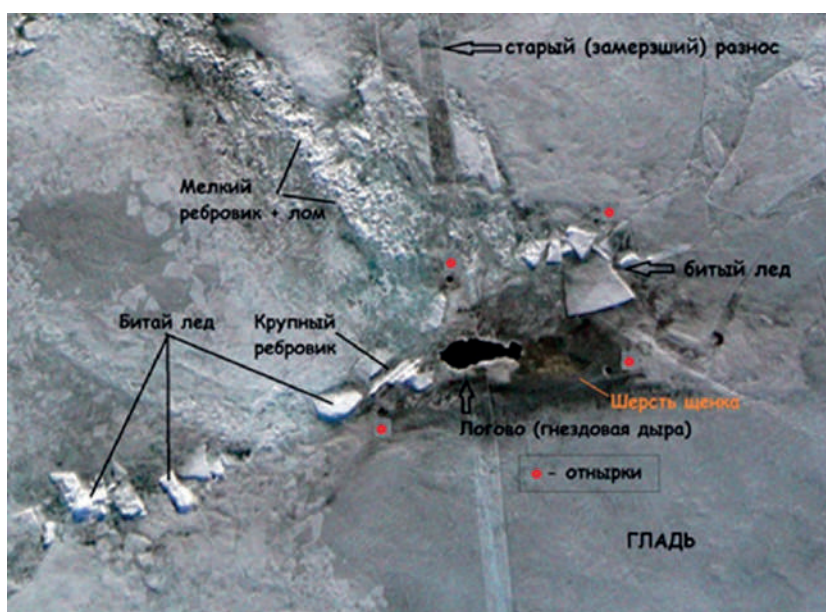


Рис. 17. Логово в смешанном торосе. Четко видны отнырки, шерсть и лежки

находится в смешанном торосе («на углу») из битого льда, ребровика и лома. К тому же через него проходит старый, замерзший еще во время ледостава, разнос трещин.

Лежки сопутствуют логовам практически всегда — их можно разглядеть на большинстве снимков хорошего качества, а шерсть часто протаивает, исчезает и становится незаметной на фотоснимках.

Ложные логова. Нередко в кадре присутствует много объектов, похожих на отдушины нерп. Особенно часто такое случается, когда на фото имеются средние и крупные торосы светлых тонов. Тогда среди торосов наблюдаются темные пятна, очень похожие на

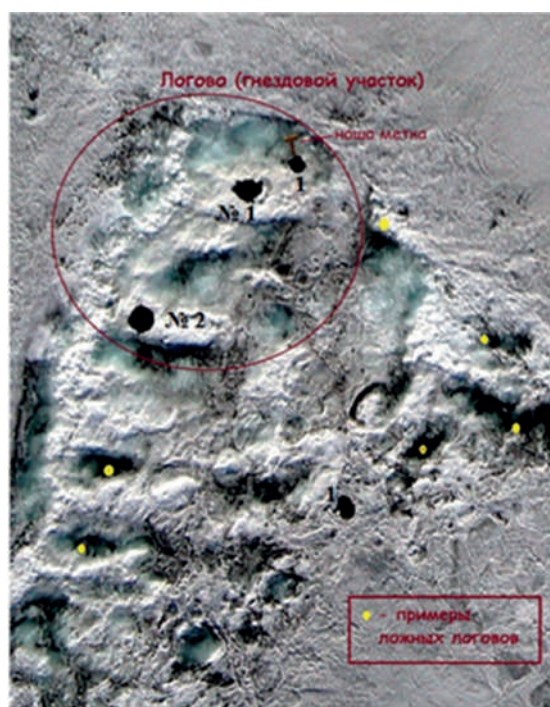


Рис. 18. Два логова и примеры «ложных логовов» (отмечены желтыми метками)

искомые логова. Трудность в идентификации объясняется тем, что на снимках полая вода в открытых логовищах и в разносах выглядит практически абсолютно черной и многие темные пятна («черновины») выглядят также. Однако «сомнительные» темные пятна, как правило, имеют неправильную форму и обычно имеют расплывчатые края в виде «бахромы» (рис. 18).

Такие объекты лучше анализировать при увеличении, тогда на них (в контуре пятна) можно заметить блики, трещинки и другие шероховатости, которых на открытой воде не должно быть. В отдельных случаях можно обработать снимок или его фрагмент с помощью графического редактора (например, Photoshop) с тем, чтобы рельефнее выделить детали. Например, после обработки на снимках становятся видны трещины, пронизывающие темные участки, — значит это не вода. Надо помнить, что вода, покрывшаяся за ночь тонкой коркой льда, меняет цвет, и не такая черная, как чистая вода в лунке.

На снимках иногда наблюдаются «черновины» (темные пятна) из-за воды, выступившей наружу. Выступившая вода, намочив снег, придает плоскому льду иллюзию рельефности (вид отверстия). Однако, если дешифровщик не представляет себе, как выглядят те или иные объекты/отверстия в натуре, то ему лучше проявить осторожность и оставить этот объект как неопределенный.

Типичные логова с характерными признаками. Логово представляет собой «гнездовой» участок, принадлежащий одной семейной паре (самка и щенок). Логово и открытые (с полой водой) отнырки на аэрофотоснимках выглядят как «черные дыры». Даже после обработки с помощью Photoshop чистая вода на снимке остается очень темной, практически черной. Кроме главной отдушины (логова/гнездовой дыры) достаточно большого размера

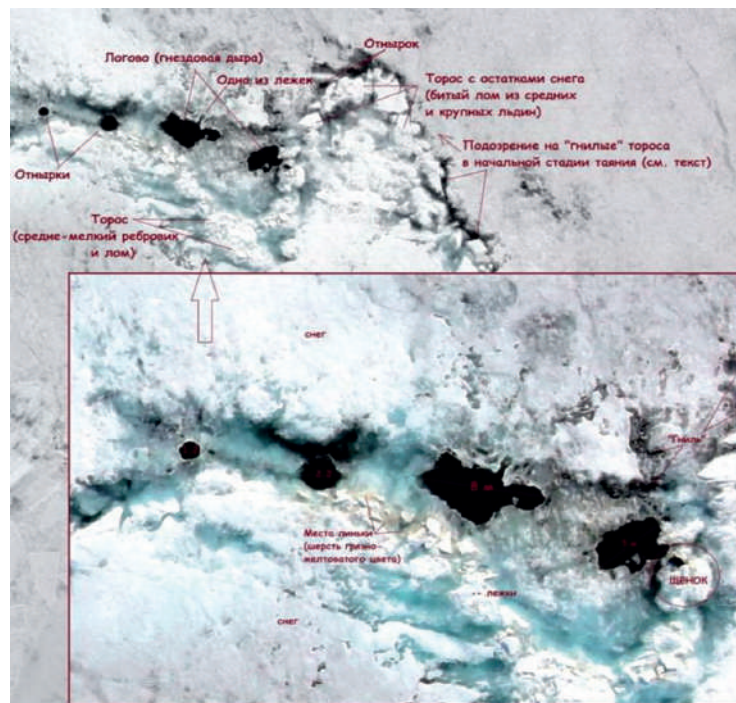


Рис. 19. Гнездовой участок опытной щенной самки

вокруг должны быть отверстия меньшего диаметра (отнырки), служащие для дыхания, а некоторые для вылезания на лед. Большие отнырки могут заменять щенкам гнездовую

дыру (логово). Маленькие отнырки в торосе малозаметны даже при визуальном обследовании льда. Поэтому, если на аэроснимке рядом с предполагаемой логовищной отдушиной видны 1–3 отнырка, то это логово (рис. 19).

«Хозяйка» этого логова, наверное, очень опытная. Она не только не побоялась выбрать для логова довольно крупный торос, так еще наделала множество жилых «комнат». Такие логова не требуют от дешифровщика практически никаких навыков — все очевидно.

Коллективные отдушины. Они часто похожи на логова на авиаснимках. При дешифровке прежде всего надо обращать внимание на тип льда — коллективные отдушины и отдушины других особей (не щенных самок) обычно расположены на гладком или ровном льду. Это первый признак. Второй признак коллективных и отдушин других особей это округлая (часто полностью круглая) форма. Третий признак — наличие нескольких лежек вокруг отдушины. Четвертый — кромка льда вокруг отдушины обычно темного цвета, так как заливается водой. Пятый признак — вокруг отдушин коллективных и отдушин других особей обычно не бывает заметных отнырков, поскольку сами отдушины служат для ныряний. Если они есть, то настолько маленькие, что на снимке распознать их трудно.

Логова, заложенные в очень мелком торосе. При ледовом учете наиболее трудно отыскивать логова, заложенные в очень мелком торосе, который к моменту проведения учета практически исчезает, а окрестности скорее напоминают гладкий лед. Такие логова встречаются, но далеко не ежегодно, и всегда они сконцентрированы на относительно небольшом участке. Логовища в таком торосе, особенно если зимой было немного снега, очень «хилые» (предположительно, они принадлежат молодым, неопытным самкам) и весной быстро и сильно разрушаются, а нередко замерзают в той или иной степени. И если учетчик на льду еще может найти и идентифицировать такое логово, то на аэроснимках сделать это трудно.

Впрочем, есть и плюсы: в таких логовах линная шерсть не тонет, а остается на льду, вмержая в него. Да и в случае пропуска дешифровщиком таких логовищ, влияние на величину ошибки будет незначительным, поскольку подобные логова все же редкость. Но если дешифровщик нашел одно такое логово, следует обратить особое внимание на соседние участки льда, поскольку логова такого типа сосредоточены в определенных районах.

Нехарактерное местоположение логовищ. О предпочитаемых биотопах щенных самок мы говорили выше. Однако при необходимости самка может устроить логово практически где угодно, в том числе, казалось бы, в очень неудобном месте — среди нагромождения торосов. Устройство, форма и размеры логовищ при этом не отличаются от обычных. На рис. 20 показано большое логово продолговатой формы (часто встречается), оно расположено на краю поля, как бы «на повороте» потока смешанного тороса — ребровка и лома.

Парные (двойные) логова. Они описаны выше, здесь же остановимся на затруднительных случаях. На снимке (рис. 21) три похожих на логова объекта: два из них — в непосредственной близости друг от друга, поэтому понятно, что принадлежат они одной семейной паре. Третий — удален на достаточно большое расстояние и может быть как самостоятельным логовом, так и принадлежащим первому логову. Поскольку все три объекта находятся в абсолютно одинаковых условиях и ничем не выделяются, принятие решения остается за дешифровщиком.

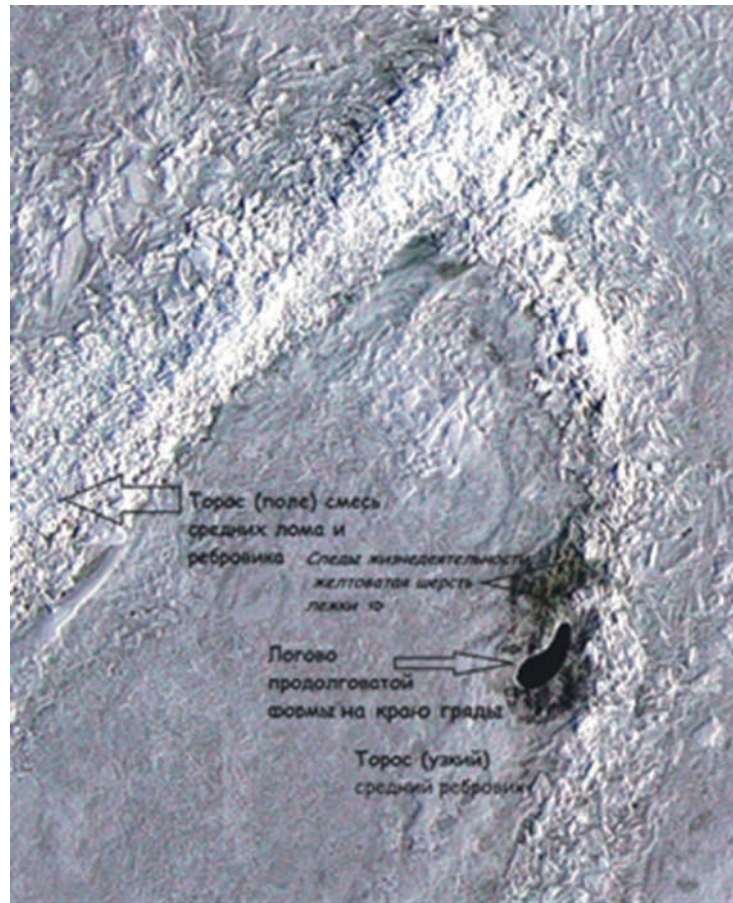


Рис. 20. Логово продолговатой формы. Хорошо различимы шерсть и лежки, но найти отнырки в таком торосе трудно

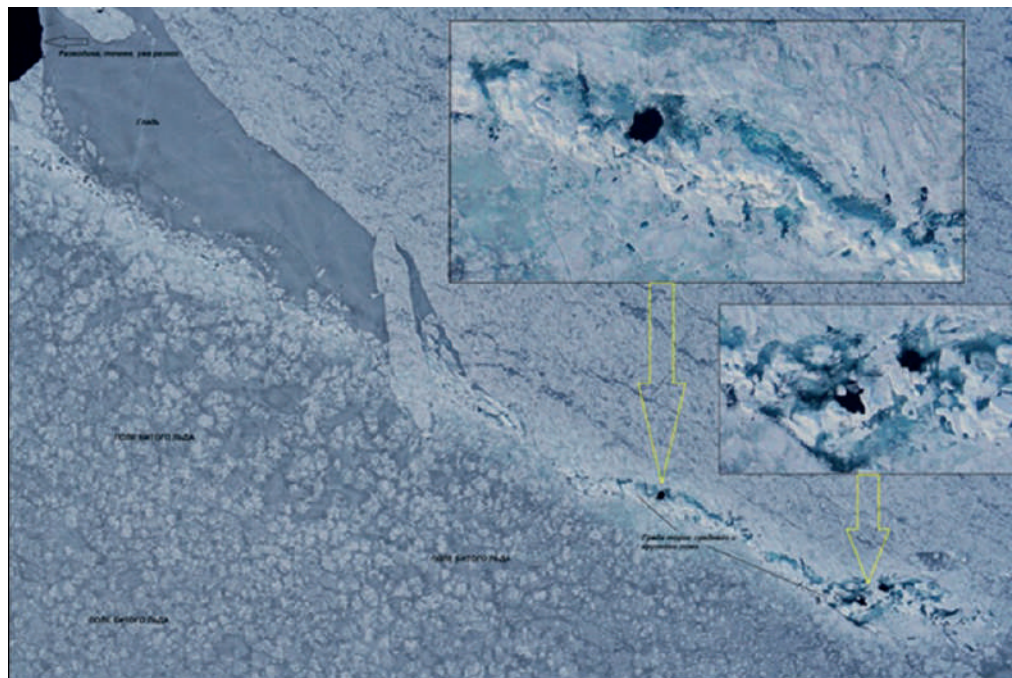


Рис. 21. Сложный случай распознавания логовов. На снимке два логова (фото 9 мая 2019 г.)

Другие случаи, вызывающие затруднения при дешифровке. В случае несвоевременного проведения авиасъемок, например, при наличии снега в торосах или недостаточной разрушенности логовищ возникают ситуации, когда достоверно идентифицировать логово затруднительно. То же может быть при нерезком снимке или в силу еще каких-то причин. Если подобные отдушины встретятся на аэроснимке, и на нем не будут видны какие-то детали, то дешифровщику лучше отнести подобные объекты в разряд «неопределенных» — дать гарантию, что это логово, нельзя.

В итоге при дешифровке авиаснимков рекомендуется применять три градации (класса) распознавания отдушин.

Достоверное логово — если присутствует хотя бы один из следующих признаков логова:

- Шерсть — линный волос или место линьки.
- Нерпенек (может быть с самкой), лежащий у логова или у отнырка недалеко от логова.
- Отдушина со всеми типичными признаками логова: «нерпичий» тип тороса, форма/размер главной отдушины, наличие отнырков, остатки ходов в торосе рядом с отдушиной и 1–2 лежки нерпенка на краю отдушины.

Недостоверное (вероятно, 50 на 50) логово — если у отдушины, внешне похожей на логово, в наличии хотя бы один-два из перечисленных выше в пункте 3 признаков достоверного логова.

Ложное логово (не логово) — если у отдушины, по размеру похожей на логово, отсутствуют остальные, перечисленные выше в пункте 3 признаки достоверного логова.

Кроме всего сказанного выше при дешифровке снимков и распознавании логовов рекомендуется дополнительно учитывать особенности, изложенные в Приложении 3.

6.3. Обработка данных дешифрирования

В результате дешифровки авиаснимков на выходе получаем данные распознавания логовов по трем классам распознавания: «достоверное логово» (вероятность «р», что это логово, в расчетах принимается $p=1$), «вероятное логово» ($p=0,5$), «ложное логово» ($p=0$).

Точную шкалу значений вероятностей распознавания разных классов каждым учетчиком («калибровка») можно определить только экспериментальным путем сравнения данных авиасъемки с результатами наземных обследований тех же логовов на ледовом покрове в одни и те же сроки. Затем полученную шкалу вероятностей в результате таких калибровочных работ можно использовать для уточнения и корректировки оценок численности логовов, полученных дистанционным путем. Кроме того, при сравнении результатов авиационных и наземных обследований можно выявить недоучет логовов, так как какая-то часть логовов может быть не обнаружена с воздуха. Например, если они пока не вскрылись или оказались замаскированными под выпавшим недавно слоем снега.

Для определения ошибок распознавания логовов необходимо вначале сопоставить данные дешифровки разных учетчиков между собой, а для этого найти и подсчитать все случаи совпадений распознавания ими объектов разных классов (достоверных, вероятных и ложных логовов). В результате получим распределение обнаруженных объектов

по степени достоверности их распознавания, включая долю «ложных» объектов, которые используются для оценки качества дешифровки снимков.

Дешифровка авиаснимков сразу после первых полетов должна производиться не менее чем 2-мя независимыми учетчиками, среди которых должен быть опытный специалист, для того, чтобы сразу определить качество распознавания новыми учетчиками. Оно оценивается по количеству пропусков логовов, не совпадениям и величинам ошибок. Особое внимание при этом уделяется «крайним» случаям несовпадений между учетчиками, когда один из них полностью уверен, что это «достоверное логово», а другой заключает — «ложное логово». Для оптимизации дальнейшей работы целесообразно отобрать двух лучших дешифровщиков. Это позволит улучшить качество получаемых данных и, в конечном итоге, существенно уменьшить общую статистическую ошибку авиаучета.

В качестве примера используем исходные данные дешифровки снимков одного из полетов. Дешифровка авиаснимков была произведена двумя квалифицированными специалистами независимо друг от друга, поэтому все совпадения распознавания логовов между учетчиками были совершенно случайны. Выборка получилась достаточно большой и охватила разные виды логовов в различных ледовых условиях, поэтому ее можно считать репрезентативной. Это позволяет для обработки данных применить методы вероятностного анализа.

Хотя первоначально 2-й учетчик проводил распознавание логовов по 5 классам, все результаты дешифровки каждого учетчика были унифицированы по следующей шкале из 3-х классов распознавания:

- «достоверно» — соответствует полной уверенности учетчика, что это логово;
- «вероятно» — соответствует 50 на 50 уверенности в логове;
- «ложное логово» — соответствует полной уверенности учетчика, что это не логово.

При 100% уверенности учетчика вероятность (р), что объект является логовом, принимается равной 1, при 50% принимается $p=0,5$. Необходимо отметить, что подходящая шкала вероятностей распознавания логовов была предложена самими учетчиками и является поэтому в какой-то мере субъективной. Поэтому можно допустить, что класс «вероятно» распознавался с большей ошибкой, чем «достоверное» и «ложное» логова.

После дешифровки авиаснимков было подсчитано количество объектов по классам распознавания отдельно по каждому учетчику. Затем были вычислены математические ожидания количества логовов (N) по данным дешифровки каждого учетчика по формуле:

$$N = \text{Sum}(n_j * p_j),$$

где j изменяется при суммировании от 1 до J;

n_j — количество объектов j -го класса;

p_j — вероятность распознавания j -го класса;

J — количество классов распознавания учетчика.

Результаты распознавания объектов съемки 1-м учетчиком по 3-м классам приведены в табл. 6.1.

Математическое ожидание количества логогов по данным 1-го учетчика получилось равным $N1 = 278$.

Таблица 6.1. Результаты дешифровки 1-го учетчика

1-й учетчик	достоверно	вероятно	ложное	Примечания
p	1	0,5	0	<i>вероятности</i>
Всего:	214	128	131	

Результаты распознавания объектов съемки 2-м учетчиком по 3-м классам приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Результаты дешифровки 2-го учетчика

2-й учетчик	достоверно	вероятно	ложное	Примечания
p	1	0,5	0	<i>вероятности</i>
Всего:	247	240	288	

Математическое ожидание количества логогов по данным 2-го учетчика получилось равным $N2 = 367$. Простое среднее между двумя учетчиками получилось равным 322,5 логова.

Далее был произведен подсчет всех вариантов совпадений разных классов между 2-мя учетчиками. Результаты количества совпадений распознавания между 2-мя учетчиками по шкале из 3-х классов показаны в табл. 6.3.

Таблица 6.3. Количество совпадений при распознавании объектов

Совпадение	2-й учетчик	достоверно	вероятно	ложное	Примечания
1-й учетчик	$p =$	1	0,5	0	<i>вероятности</i>
достоверно	1	139	40	9	
вероятно	0,5	33	39	13	
ложное	0	25	28	40	

Таким образом, только 139 объектов на снимках были распознаны как достоверные логова одновременно обоими учетчиками. Еще 73 (40+33) объектов были распознаны одним учетчиком как достоверное логово, а другим как вероятное. А 39 объектов были распознаны обоими учетчиками как вероятные логова. Из табл. 6.3 можно видеть, что количество «ложных логогов» у 1-го учетчика — 53 (25+28), признаваемых достоверно или вероятно за логова 2-м учетчиком, почти в 2,5 раза больше, чем таких «ложных логогов» у 2-го учетчика — 22 (9+13). Количество объектов, признаваемых обоими учетчиками «ложными логовами» — 40.

Для определения ошибки распознавания логогов (ошибки дешифровки) используем формулу для расчета математического ожидания логогов, данные дешифровки снимков и совпадений распознавания объектов. Далее рассчитаем вероятности совпадений и величину статистической ошибки по общим правилам [Вентцель, 1999]. В результате расчетов

получаем величину относительной статошибки дешифровки равной 14,7% или, применяя к средней величине (322,5 логова), $\pm 47,5$ логовов.

6.4. Экстраполяция полученных данных

При экстраполяции данных авиасъемок и интерпретации полученных результатов нужно учитывать как географические особенности оз. Байкал, так и биолого-экологические особенности, связанные с предпочтением байкальской нерпы определенных видов льдов и торосов, которые изложены в первых разделах настоящих Рекомендаций.

В отличие от ряда других настоящих тюленей байкальская нерпа не образует плотных ценных скоплений, рассредоточиваясь на значительной площади озера. Лишь иногда щелящиеся самки делают логова на расстоянии десятков метров друг от друга, но чаще всего расстояние между ними исчисляется сотнями метров (и даже километрами). Технические характеристики авиасъемочного комплекса, а также одновременное применение трех беспилотных аппаратов позволяет покрывать съемкой столь большие площади ледового покрова оз. Байкал.

На таких обширных акваториях обычно используются методы выборочного обследования с последующей экстраполяцией полученных данных на всю исследованную акваторию. Данные каждой авиасъемки относятся к определенному району и типам ледового покрова озера, поэтому они должны экстраполироваться в пределах того же района и на такой же характерный ледовый покров, на котором были получены.

Данные дешифровки материалов авиасъемки служат для подсчета количества логовов на маршрутах. Совместно с навигационными параметрами (Приложение 4) они являются исходными данными для экстраполяции и расчета оценок численности логовов на обследованных акваториях. Поскольку сбор материалов в разных частях озера производится в разные сроки, то расчеты оценок численности рекомендуется производить отдельно по каждой из трех частей озера Байкал: южной, центральной и северной. Для получения общей численности популяции оценки складываются.

Для расчета оценок численности логовов полученные на съемочных трансектах значения данных экстраполируются на акваторию, охваченную в ходе каждого полета. Поскольку полеты выполняются по регулярной сетке параллельных галсов с постоянным шагом и одинаковой шириной трансектов, то расчеты оценок численности производятся по методу групповой экстраполяции [Kingsley et al., 1985]. Этот метод широко апробирован в отечественных и зарубежных авиаучетах морских млекопитающих, в том числе настоящих тюленей [Черноок и др., 1999; Черноок и др., 2008; Stenson et al., 2002].

В случае невыполнения этих условий можно применить один из методов отдельной экстраполяции [Челинцев, 2000]. Необходимо отметить, что метод групповой экстраполяции требует гораздо меньшего объема исходных данных, а также производимых при расчетах оценок вычислений, чем методы отдельной экстраполяции. По методу [Kingsley et al., 1985] численность логовов (N_i) для каждой i -й авиасъемки рассчитывается по формуле:

$$\hat{N}_i = K_i \sum_{j=1}^{J_i} x_j,$$

где: J_i — количество маршрутов в i -й авиасъемке;
 K_i — весовой коэффициент для i -й съемки, определенный как отношение шага съемки к средней ширине полосы съемки;
 x_j — количество объектов на j -ом маршруте.

Оценка дисперсии основывается на сериях разностей количества логовов на соседних маршрутах и вычисляется по формулам, приведенным в разных источниках [Черноок и др., 1999; Stenson et al., 2002]. Результаты авиаучетов отдельных полетов представляются в таблицах за каждый полет, как показано в табл. 6.4.

Таблица 6.4. Результаты авиаучета отдельного полета

Дата съемки, номер полета		12 мая 2019 г., 12_727	
Район работ		Северный Байкал	
Воздушный носитель		БПЛА «Лунь-20»	
Биоресурс		Байкальская нерпа	
Объект		Логова на льду	
Данные		Величина, ед. изм.	
Дешифровано логовов		371 шт.	
Число галсов		8 шт.	
Высоты полета		249–307 м	
Средняя ширина трансектов		198,8 м	
Средний шаг между галсами		4 км	
Общая длина трансектов		574,92 км	
Результаты авиаучета			
Площадь экстраполяции	Обследованная площадь		Плотность логовов
кв. км	кв. км	%	шт./кв. км
2299,7	106,54	4,63	3,50
ОЦЕНКА	Численность логовов	Стандартная ошибка	Статистич. ошибка, %
	4078	319	7,83

Далее оценки численности, полученные в ходе отдельных полетов суммируются в границах обследованных районов.

Общая численность логовов (N) оценивается по следующей формуле:

$$\hat{N} = \sum_{i=1}^I N_i,$$

где: N_i — численность логовов в i -й съемке;

I — количество выполненных съемок в районе.

Общая дисперсия оценки численности (V) вычисляется по формуле:

$$\hat{V} = \sum_{i=1}^I V_i,$$

где: V_i — дисперсия в i -й съемке [Stenson et al., 2002];
 I — количество выполненных съемок в районе.

Для примера рассмотрим результаты полетов 12–13 мая 2019 г., выполненные в северной части Байкала. Результаты авиаучетных работ представлены в сводной табл. 6.5.

Таблица 6.5. Сводные данные результатов авиаучетных работ

Номер полета	Численность логовов, тыс. шт.	Ошибка экстраполяции, %
12_726	6,17	8,23
12_727	4,78	7,83
13_726	2,55	8,92
Итого:	13,50	3,33

Ошибка экстраполяции зависит не только от доли снятой площади при выборочном обследовании районов и неравномерности размещения логовов на льду, но также от точности вычисления площадей съемки и секторов экстраполяции.

Точность учета при косвенном учете животных (по логовам) зависит не только от экстраполяции, но также и от достоверности распознавания их убежищ, в данном случае логовов (ошибка дешифрирования). В нашем примере параметры всех 3-х полетов и другие условия съемки были практически одинаковыми, а дешифровка была выполнена одними и теми же учетчиками. Поэтому для двух других съемок в прилегающих районах можно принять ошибку дешифровки такую же, как полученную по данным одной характерной съемки, в размере 14,7%.

Учитывая ошибки экстраполяции и дешифровки, получим значение средней оценки численности по результатам трех полетов 12–13 мая 2019 г., равной 13,5 тыс. логовов со статойшибкой 15,1%. Таким образом, общая ошибка оценки численности при авиаучетах байкальской нерпы по их логовам в значительной мере определяется ошибкой дешифровки и в гораздо меньшей степени ошибкой экстраполяции.

Далее необходимо найти границы доверительного интервала, которые показывают достоверность учета, т.е. в каких пределах с доверительной вероятностью 0,95 может находиться фактическое значение численности. Нижняя и верхняя границы доверительного интервала служат минимальной и максимальной величиной для принятия управленческих решений по результатам учетов.

В трех полетах 12–13 мая 2019 г. было выполнено 35 съемочных маршрутов, каждый из которых можно считать отдельной пробой. Считая такую выборку (>30) вполне достаточной и допуская, что распределение близко к нормальному закону, для нахождения

границ доверительного интервала можно применить правило «2-х сигм» с уточняющим коэффициентом 1,96 [Вентцель, 1999]. При доверительной вероятности 0,95 нижняя граница интервала для нашего примера, охватывающего практически всю акваторию северного Байкала, получилась равной 9,5 тыс. логовов, а верхняя граница — 17,5 тыс. логовов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В отличие от традиционного учета на ледовых площадках новая технология авиаучета обладает целым рядом преимуществ: объективностью получения учетных данных, большой скоростью сбора информации и детальностью обследования ледового покрова, лучшей статистической репрезентативностью и безопасностью для исполнителей полевых работ. Экспериментальные работы показали эффективность применения данной технологии авиаучетных работ.

Применение для обработки фотоматериалов съемки программные алгоритмы машинного зрения с использованием элементов искусственного интеллекта значительно повысят скорость обработки материалов на первичном этапе.

Для выявления тенденций в динамике численности популяции байкальской нерпы необходимо проведение регулярных авиаучетных работ. Это даст представление не только о состоянии и численности популяции, но и о динамике ее воспроизводства. Поскольку в ледовый период не производятся исследования с морских судов, авиасъемки должны стать обязательным компонентом экологического мониторинга байкальской нерпы в этот важный период ее жизненного цикла. Это необходимо как для экосистемного прогнозирования, так и для своевременного принятия управленческих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бизиков В. А., Болтнев Е. А., Петров Е. А., Петерфельд В. А., Черноок В. И. 2019. Экспериментальная авиасъемка байкальской нерпы с использованием БПЛА большой дальности, Москва, Труды ВНИРО. Т. 175. С. 226–229.
- Вентцель Е. С. 1999. Теория вероятности. Москва, Высшая школа, 576 с.
- Егорова Л. И., Петров Е. А. 1998. Некоторые эколого-физиологические аспекты питания и роста щенков байкальской нерпы (*Pusa sibirica*) // Журн. эволюц. биох. и физиол. Т. 34. № 5. С. 591–597.
- Елагин О. К., Иванов М. К., Петров Е. А. 1990. Устройство, распределение и плотность логовищ самок байкальской нерпы // Изучение, охрана и рациональное использование морских млекопитающих. Тез. докл. X совещ., 2–6 окт. 1990 г., Калининград. Калининград. С. 95–96.
- Иванов Т. М. 1938. Байкальская нерпа (*Pusa sibirica* Gm.), ее биология и промысел // Изв. Биол.-геогр. НИИ при Вост.-Сиб. ун-те. Т. 8, вып. 1/2. С. 5–119.
- Куимова Л. Н., Синюкович В. Н., Шерстянкин П. П., Якимова Н. И. 2010. Сравнительный анализ изменчивости климатических характеристик и ледовых явлений озера Байкал и Арктики по материалам наблюдений // Глобальные и региональные проблемы устойчивого развития мира. Мат. междунар. конф. ЮНЕСКО. Улан-Удэ. 391 с.
- Номенклатура морских льдов. 1974. Условные обозначения для ледовых карт. Л.: Гидрометеиздат. 31 с.
- Пастухов В. Д. 1964. К методике количественного учета байкальского тюленя. Морские млекопитающие. Москва, Наука. С. 100–104.
- Пастухов В. Д. 1965. К методике количественного учета байкальского тюленя. Морские млекопитающие. М.: Наука. С. 100–104.
- Пастухов В. Д. 1971. Учет приплода байкальской нерпы // Исследования морских млекопитающих. Труды АтлантНИРО. Вып. XXXIX. Калининград. С. 117–124.
- Пастухов В. Д. 1981. Еще раз о нерпичьих лунках на Байкале // Природа. № 6. С. 74–80.
- Пастухов В. Д. 1993. Байкальская нерпа. Новосибирск: ВО Наука. 272 с.
- Петров Е. А. 1982. Эколого-физиологическая характеристика красной крови байкальской нерпы // Морфофизиологические и экологические исследования байкальской нерпы. Новосибирск: Наука. С. 66–86.
- Петров Е. А. 1997. Распределение байкальской нерпы *Pusa sibirica*. Зоол. журн. Т. 76. № 10. С. 1202–1209.
- Петров Е. А. 2003. Байкальская нерпа: эколого-эволюционные аспекты. Автореферат дис. ... докт. биол. наук. Улан-Удэ: Изд-во БГУ. 38 с.
- Петров Е. А., Елагин О. К., Егорова Л. И., Иванов М. К., Воронов А. Л. 1992. Состояние популяции байкальской нерпы в 1988–89 гг. Вспышка чумы плотоядных у байкальской нерпы в 1987/88 гг. Новосибирск: Наука. С. 20–26.
- Сватош З. Ф. 1925. Байкальский тюлень (*Phoca baicalensis*) и промысел его. Баргузинский соболиный заповедник, Байкал. Природа и охота. Харьков. С. 29–49.
- Сватош З. Ф. 1926. Байкальский тюлень (*Phoca baicalensis*). Материалы Баргузинской экспедиции Г. Г. Доппельмайра 1914–1915 гг. Верхнеудинск-Ленинград: Изд. Госплана БМ АССР. С. 151–157.
- Сокольников В. М. 1960. Вертикальные и горизонтальные смещения и деформации сплошного ледяного покрова Байкала // Труды Байк. лимнолог. санции XVIII. М.: Изд-во АН СССР. 1960. С. 291–350.
- Шимараев М. Н., Куимова Л. Н., Цехановский В. В. 1991. Многолетние изменения ледово-термического

- режима на Байкале // Мониторинг и оценка состояния Байкала и Прибайкалья. Л.: Гидрометеоиздат. С. 64–70.
- Челинцев Н. Г. 2000. Математические основы учета животных. Москва: Центрохотконтроль. 431 с.
- Черноок В. И., Кузнецов Н. В., Яковенко М. Я. 1999. Мультиспектральная авиасъемка залежек тюленей. Мурманск: ПИНРО. 73 с.
- Черноок В. И., Васильев А. Н., Мелентьев В. В., Глазов Д. М. 2008. Опыт использования самолета-лаборатории Л-410 для инструментальных авиаучетов морских млекопитающих. Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов. Одесса. С. 132–137.
- Черноок В. И., Грачев А. И., Васильев А. Н., Труханова И. С., Бурканов В. Н., Соловьев Б. А. 2014. Результаты инструментального авиаучета ледовых форм тюленей на льдах Охотского моря в мае 2013 г. Известия ТИНРО. Т. 179. С. 31–49.
- Kingsley M. C.S., Stirling I., Calvert W. 1985. The distribution and abundance of seals in the Canadian high Arctic, 1980–82. // Can. J. Fish. Aquat. Sci., v. 42, p. 1189–1210.
- Stenson G. B., Hammil M. O., Kingsley M. C.S. et al. 2002. Is there evidence of increased pup production in northwest Atlantic harp seal, *Pagophilus groenlandicus*? // ICES Journal of Marine Science, 59: 81–92.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Основные требования к авиасъемке логовов байкальской нерпы

1. Авиасъемку оз. Байкал необходимо выполнять отдельно по каждому участку БПЛА самолетного типа со скоростью полета не более 150 км/час с большой дальностью и продолжительностью полета.

2. Размеры каждого участка приблизительно равны 60x200 км. Начинать с южного, затем обследовать центральный и заканчивать северным участком. Фотосъемку каждого обследуемого участка выполнять с равномерным покрытием трансектами в срок не более 7 дней. Отснятая на трансектах площадь должна составлять не менее 5% от площади обследованного участка.

3. Интервал съемки должен обеспечивать до 15 процентов перекрытия соседних кадров. Масштаб каждого фотоснимка должен быть известен. Пространственное разрешение снимков должно быть не хуже 3 см/пиксель. Все виды съемок во время полета должны выполняться синхронизировано и непрерывно во время полета.

4. Фотосъемку производить четко отслеживая «волну» разрушения логовов: начинать после обрушения крыши логовов в обследуемом районе и заканчивать до начала подвижки массива льдов.

5. Фотосъемочные работы следует производить с максимальным разрешением матрицы от 50 Мп и выше (предпочтительно 100 Мп и более), т.к. качество материалов фотосъемки должно позволять идентифицировать логова, детенышей и взрослых особей нерпы на льдах.

6. Тепловизионный канал должен обеспечивать качество изображения, позволяющее распознавать детенышей и особи взрослой нерпы по тепловому контрасту на льду. Тепловизионную (ИК) съемку производить тепловизором с разрешением матрицы не менее 640x480 пикселей. Качество материалов тепловизионной съемки должно позволять регистрировать детенышей и взрослых особей нерпы на льду. Фотокамера и тепловизор должны быть установлены на борту одного БПЛА для снижения ошибки синхронизации.

7. Съемка выполняется параллельными и последовательными учетными галсами, в совокупности охватывающими всю акваторию оз. Байкал. При этом под учетным галсом понимается прямолинейный пролет от одной береговой линии озера до противоположной.

8. Высота полета на учетных галсах должна быть постоянной и обеспечивать оптическое разрешение фотоснимков (размер пикселя на местности) не более 0,03 м.

9. Авиасъемка осуществляется в дневное время в отсутствие низкой облачности, осадков, тумана.

10. Для идентификации логовов на фотоснимках привлекать специалистов, имеющих опыт учета логовов на ледовых площадках.

11. Обеспечить навигационную привязку центра фотоснимков с точностью до 3 метров.

12. По окончании авиаучета создать архив фотоснимков логовов с координатно-временной привязкой.

По итогам выполненных работ должны быть получены следующие материалы и результаты:

1. После полевых работ:

- ✓ Архив всех фотоснимков с координатно-временной привязкой.
- ✓ Схемы маршрутов полетов.
- ✓ Таблицы навигационных параметров всех полетов (координаты, точное время, скорость, высота, курс).
- ✓ Спутниковые снимки распределения льда в период проведения авиасъемок.
- ✓ Описание погодных условий в период полетов (температура воздуха, скорость и направление ветра, осадки, облачность).
- ✓ Информационный отчет о проведенных полевых работах.

2. После камеральной обработки экспедиционных материалов должны быть получены следующие материалы и результаты:

- ✓ База данных, содержащая информацию по логовам.
- ✓ Результаты оценки численности логовов.
- ✓ Результаты моделирования плотности распределения логовов (карты, графики).
- ✓ Отчет о проведенных камеральных работах по обработке материалов авиасъемки.

Автоматизированная обработка материалов авиасъемки

Для проведения автоматизированной обработки передаются все полученные материалы цифровой авиасъемки.

Автоматизированной обработке подвергаются поступившие фотоматериалы. Материалы в ИК-диапазоне используются в качестве вспомогательных для уточнения полученных результатов автоматизированной обработки.

Анализ, оценка и сортировка исходного фотоматериала

Проводится анализ поступивших фотоматериалов с целью отбора фотоматериалов для автоматизированной обработки и обучающей выборки. Выбираются фотоматериалы с визуально различимыми объектами и исключаются от обработки фотоматериалы с явно размытым изображением.

Создание из отсортированного фотоматериала обучающей выборки

Для обучающей выборки отбираются фотоматериалы с наиболее четким изображением исследуемых объектов, т.к. в процессе обучения нейронная сеть извлекает большое количество пространств-признаков на разных уровнях слоев и «учится» определять всевозможные контуры и варианты цвета объекта на этих пространствах. Фотоматериалы низкого качества невозможно использовать в обучении нейросети — крайне сложно разметить, т.к. даже визуально на фотографии невозможно достоверно утверждать является ли объект на фотографии нерпой (объектом исследования) или камнем/тенью (артефактом). В случаях, когда два объекта перекрываются, возникает дополнительная сложность их разметки из-за размытости фотографии.

Для обучающей выборки отбираются следующие фотоматериалы:

- исследуемые объекты имеют четкие границы и легко различимы на снимках;
- отсутствие ***смазанности, мыльности изображений***;
- исследуемые объекты на изображении имеют разные оттенки цвета;
- исследуемые объекты имеют различные размеры;
- различные параметры съемки — **высота, угол съемки**.

Обработка и разметка фотоматериала обучающей выборки

Для качественного обучения нейросети необходимо накопление значительного объема обучающего фотоматериала, т. е. распознаваемые объекты исследования будут лучше определяться на разных фотографиях и в разных условиях. Для качественного обучения нейросети необходимо разметить 7–10 тысяч распознаваемых объектов.

На отобранных фотоматериалах проводится разметка исследуемых объектов с использованием графического редактора.

Пример разметки представлен на рис. 1.

Обучение нейронной сети под определенную задачу распознавания

Обучение нейронной сети проводится с использованием размеченных фотоматериалов обучающей выборки, проводится тестовое распознавание исследуемых объектов.

Пример результатов обучения и распознавания представлен на рис. 2, 3.



Рис. 1. Исходный фотоматериал с выделенным объектом

Загрузка и обработка исходных фотоматериалов авиасъемки

Для проведения автоматизированной обработки фотоматериалов в специальной компьютерной программе создается исследование, где указывается следующая информация:

- исследуемые биологические виды;
- филиал ВНИРО;



Рис. 2. Распознавание объектов

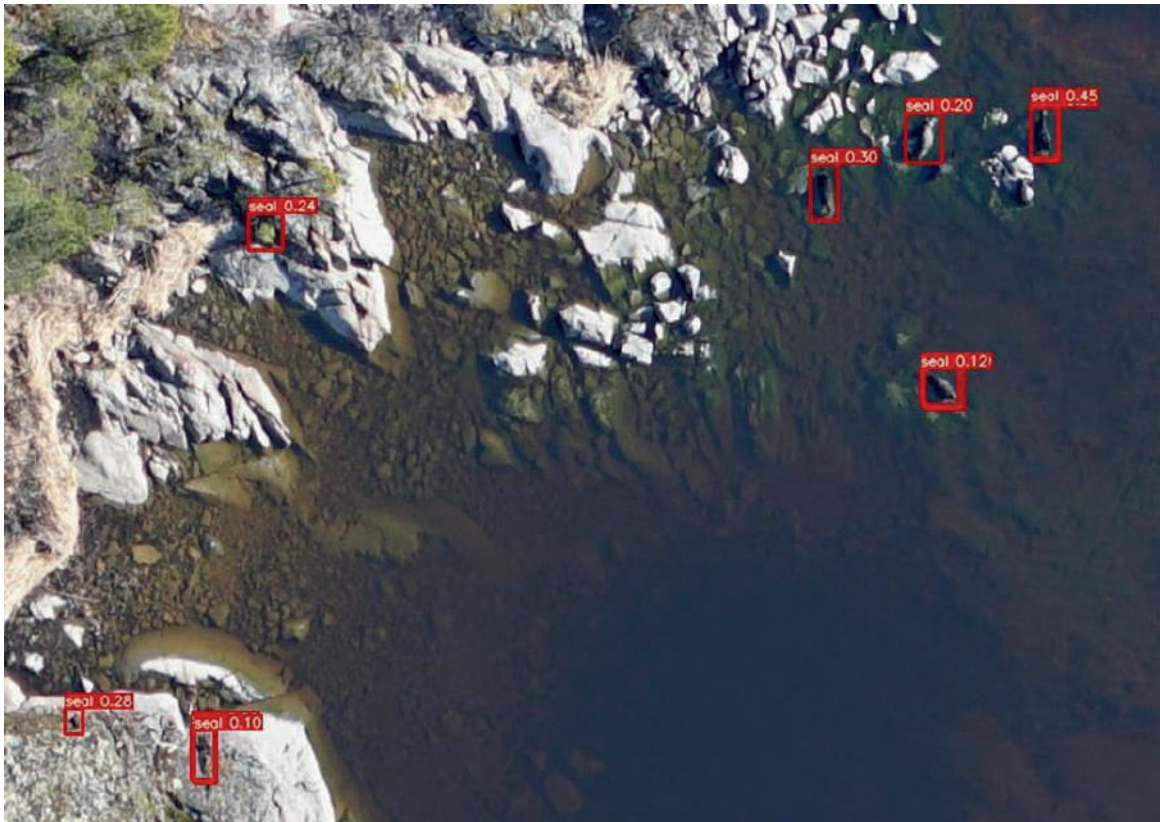


Рис. 3. Распознанные объекты с присвоенными индивидуальными кодами

— географическая область исследования.

После успешного создания исследования ему присваивается статус уникального идентификатора в виде целочисленного значения.

В созданную папку исследования с уникальным идентификатором производится загрузка подготовленных фотоматериалов. После завершения загрузки всего исследуемого объема фотоматериалов запускается их обработка.

Для обработки фотоматериала должна иметься возможность задавать параметры распознавания объектов:

- точность распознавания;
- чувствительность распознавания.

Снижение точности и увеличение чувствительности приводит к увеличению артефактов — модель начинает захватывать объекты в виде теней, камней. Снижение точности и чувствительности приводит к множественному выбору исследуемых объектов при распознавании, что приводит к появлению не распознанных объектов.

Для устранения возникающих проблем, связанных с артефактами и нераспознанными объектами, попадающими в автоматизированный отчет в специальной компьютерной программе, должен быть предусмотрен следующий функционал:

- 1) предварительная фильтрация фотоснимков с целью выделения только ледовых (водных) поверхностей для определения и распознавания объектов;
- 2) учет перекрытия фотоснимков для исключения подсчета одних и тех же распознанных особей на соседних фотоснимках;

3) просмотр всех распознанных объектов с пошаговым выводом каждого объекта на карту и визуализацией объекта на всплывающем фото;

4) просмотр всех фотографий на наличие нераспознанных объектов с последующим добавлением вручную их в базу особей с автоматической обработкой координат и площади объекта;

5) автоматическое дообучение нейросети при добавлении вручную особей, нераспознанных (найденных) в исследовании;

6) повторный запуск обработки исходных данных исследования с учетом дообучения нейросети особями, добавленными оператором вручную или подтвержденными оператором при просмотре результатов автоматического распознавания;

7) вывод автоматизированных отчетов в различных форматах.

Получение формализованных отчетов о численности, размерном составе и пространственном распределении ледовых скоплений байкальской нерпы

После завершения обработки фотоматериалов компьютерная программа «Система автоматизированной обработки материалов авиасъемки водных биологических ресурсов и формирования отчетов исследований» (САОМА ВБР) предоставляет результат обработки исследования, по которому делается и выгружается формализованный отчет.

По результатам обработки материалов предоставляются данные:

- номер исследования;
- время, затраченное на обработку;
- список найденных объектов с указанием для каждого уникального идентификатора, географических координат, достоверности (от 0,0 до 1,0), списка материалов, на которых присутствовал объект.

При построении и формировании отчета задается уровень достоверности от 0,00 до 1,00, что соответствует точности распознавания объектов.

Формализованный отчет формируется в табличном виде по следующим данным:

- **ID** — присваивается уникальный ID для каждой определенной системой особи;
- **Биологический вид** — значение из справочника классификации биологических видов;
- **Координаты** — географическая широта и долгота в формате XX.XXXXXX. Рассчитывается значение для каждой распознанной особи на основании координат снимка;
- **Дата** — дата фиксации в формате дд.мм.гггг;
- **Время** — время фиксации по UTC в формате чч: мм;
- **Источник** — указывается источник определения особи (фото, ИК) с привязкой ссылки на файл;
- **Размер** — размер особи (площадь) в кв. м.

Для формирования отчета должны быть предусмотрены фильтры по следующим параметрам:

- **Съемка** — название съемки материалов для исследования (съемки);
- **Объект** — территория проведения исследования (съемки);

- **Вид** — выбирается значение из справочника классификации биологических видов, необходимо предусмотреть возможность поиска значения от 3-х символов;
- **Дата** — выбирается диапазон значений в формате дд.мм.гггг с даты начала по дату окончания формирования отчета;
- **Время** — с помощью степпера (для часов с шагом 1 час, для минут с шагом 5 минут) выбирается диапазон значений времени в формате чч: мм с начала до окончания формирования отчета, в результате фильтрации остается только выбранный промежуток времени за весь выбранный период;
- **Источник** — выбирается источник определения особи (фото, ИК);
- **Размер** — задается минимальное и максимальное цифровое значение размера площади особи.

Сформированный отчет должен иметь возможность загрузки в выбранном формате.txt,.csv или.xlsx.

Особенности идентификации логовов байкальской нерпы на аэрофотоснимках

По опыту выполненных в мае 2019 г. работ при дешифровке авиаснимков и классификации логовов рекомендуется учитывать следующее:

1. При дешифровке снимков необходимо учитывать все логова, которые удастся идентифицировать, независимо от того жилые они (если есть открытая вода, то логово обитаемо) или не жилые (замерзшие) на момент учета. Даже если щенок погиб, а самка бросила логово, такое логово надо учитывать. На самом деле определяется численность взрослых самок, участвующих в репродукции популяции, поскольку через них рассчитывается общая численность популяции.

2. Необходимо учитывать, что в хороших биотопах (в «нерпичьих» торосах) соседние логова могут находиться в непосредственной близости друг от друга на расстоянии 40–60 м, хотя обычно их разделяют 200–250 м и более, если считать по ходу тороса. Поэтому при дешифровке снимков, обнаружив в торосе одно логово, необходимо просмотреть весь торос (и соседние торосы), поскольку в кадр попадает довольно большая площадь и на ней могут быть иногда 2–3 логова.

- Соседние логова могут принадлежать одной самке (тогда они входят в разряд парных/двойных), но могут служить убежищами и для двух самок со щенками. На аэроснимках определить, одно логово перед вами (двойное/парное) или два разных, по формальным признакам практически невозможно. Дешифровщик, имеющий опыт работы на льду, в какой-то мере может полагаться на интуицию, на «чувство логова».

Но, чтобы формализовать процесс при возникновении трудностей с дешифровкой рядом расположенных логовиц на авиаснимках, следует, прежде всего, оценить расстояние между ними. Вторым признаком могут быть отнырки (но они не всегда видны), и в целом «архитектурные» особенности логовиц. Нужно оценить — насколько они одинаковы в деталях: наличие лежек, мест с линным волосом, остатки ходов, размеры. Если все это не помогает, то чтобы уменьшить ошибку и убрать субъективизм, лучшим способом будет установить минимальное расстояние, по которому и судить — одно логово на снимке или два. Предлагаемый вариант: если две отдушины, квалифицированные как логова, отстоят друг от друга на расстоянии больше 40 м, то это логова разных самок. В противном случае, обнаруженные отдушины принимаем за одно логово.

4. Участки с гладким льдом («глади», «гладежки»), обычно занимающие большие площади и на озере, и на снимках, можно игнорировать. Что же касается больших по площади сплошных полей торосов любого типа, то там логовиц самок обычно не бывает. При дешифровке снимков можно также исключать из анализа нажимы в станочных щелях, похожие на обычный торос.

5. При дешифровке снимков надо учитывать, что любой мелкий торос (особенно ребровик) к оптимальному времени проведения съемок может значительно подтаивать, вплоть до полного исчезновения, а потому на снимках выглядеть как гладкий лед (гладь). Поэтому пропускать «гладежки» на фотоснимках не стоит.

6. Особенно тщательно необходимо просматривать гряды торосов, помня о нерпичьих предпочтениях, описанных выше. Среди дыр, расположенных непосредственно в грядах торосов, обращать особое внимание на те, которые располагаются в грядах ребровка и лома. Часто такие торосы имеют белый цвет (более крупные — иногда с голубоватым отливом), обычно они зигзагообразные, и логова часто закладываются на поворотах.

7. Все отверстия во льду (дыры, отдушины, отнырки), обнаруженные не в торосах (на гладях, в полях торосов, а также в колобовнике) и не в непосредственной близости от них, не принимаются во внимание (отсеиваются) — в 95% случаев это не логовища. Особо надо отличать логова от дыр, принадлежащих «урганам». По округлой форме, большому размеру (диаметр 2–10 м и более), наличию многочисленных лежек по периметру дыры, «темному» («мокрому») краю льда вокруг дыры отдушины урганы хорошо идентифицируются.

8. С особой тщательностью следует анализировать большие торосы, состоящие из средних и крупных льдин (в них дольше всего сохраняется снег). Цель — отличить сквозные отверстия (дыры) во льду от подозрительных «темных» мест на фотоснимках (где бы они ни находились), так называемых «черновин», которые часто обнаруживаются там же, где логова, и очень на них похожи.

В этом случае нужно обращать внимание на форму предполагаемых дыр. Логова имеют более или менее определенную форму, поскольку «строятся» обычно вдоль гряды тороса. «Черновины» могут быть самой различной формы, обычно неправильной, но часто весьма похожи на логовища. К анализу формы нужно добавлять анализ размеров анализируемых структур. Размер логова в норме не может быть меньше 1 м, и обычно значительно больше.

9. Присутствие в кадре непосредственно животных, особенно, щенка или пары особей, является самым достоверным «признаком» логова. Особенно если одна нерпа идентифицируется (распознается по размеру) как щенок (длина тела от кончика носа до кончика хвоста по проекции не больше 1 м), а другая — как взрослая самка (она более толстая и длина ее тела не менее 1,2–1,4 м). Щенок может быть беловатым, и щенков может быть два (что встречается не часто).

10. При обнаружении объекта, похожего на логово, для окончательного решения о его принадлежности необходимо учитывать как можно больше признаков, а именно:

10.1. Наличие линного волоса щенков. При наличии такового — перед вами 100% логово, даже если отсутствуют (не обнаруживаются) другие его признаки. Иногда на снимках угадывается место, где проходила интенсивная фаза линьки.

10.2. Наличие отнырков (хотя бы 1–2), используемых зимой для дыхания (отверстие во льду меньшего диаметра, чем логовищная отдушина), а ко времени проведения авиасъемки — и для вылезания нерп на поверхность льда (в этот период их диаметр может быть уже сопоставим с размером животного). Отнырки от логова могут отстоять на расстоянии 10–20 м и более, но чаще находятся в непосредственной близости.

10.3. Наличие на льду у кромки главной дыры (растаявшего логова) лежек (их может быть 1–3) — мест, где нерпы (чаще щенки) проводят много времени. Они вы-

глядят как мелкие ванночки во льду (протаивают от тепла тела животных) и на снимках темнее окружающего льда, но светлее полой воды.

10.4. Наличие около логовищной отдушины остатков нерпичьих ходов (нор, которые роет щенок в толще снега). После разрушения ходов на их месте остаются заметные следы частого ползания нерпенка, иногда в виде лабиринта.

Таблица численности логовов, обнаруженных на трансектах двух полетов
13.05.2019 г.

Полет номер	Галс №	Начало галса		Конец галса		Длина галса, юм	Шаг юм	Высота м	Логовов шт	Прим.
		Время	Широта	Долгота	Время					
13_726	1	02:33:35	109,129337	53,8709379	03:40:05	109,1283183	54,7211232	94,65	120	секущ.
13_726	2	03:40:11	109,1297888	54,7223546	03:48:35	109,3400475	54,702343	13,7	13	
13_726	3	03:51:28	109,3662236	54,7384949	04:11:06	108,9138388	54,7826182	29,47	12	
13_726	4	04:13:25	108,938307	54,8163854	04:40:47	109,5859487	54,7546044	42,14	18	
13_726	5	04:43:39	109,5969203	54,791822	05:11:29	108,961796	54,8524874	41,29	28	
13_726	6	05:13:37	108,9912238	54,88533	05:39:22	109,6126304	54,8281823	40,32	23	
13_726	7	05:42:06	109,6219134	54,8635152	06:07:14	109,0147774	54,9200503	39,38	19	
13_726	8	06:09:23	109,0324238	54,9548538	06:34:56	109,6321965	54,899834	38,85	14	
13_726	9	06:37:31	109,6484653	54,9343244	07:00:09	109,0661564	54,9897236	37,72	18	
13_726	10	07:03:45	109,1446884	55,0185831	07:24:26	109,6406208	54,9731109	32,07	12	
13_726	11	07:27:10	109,6486582	55,008045	07:45:55	109,1826491	55,0532537	30,16	19	
13_726	12	07:48:00	109,1937288	55,0869541	08:08:17	109,6748153	55,043141	31,05	8	
13_726	13	08:10:59	109,6755341	55,0789901	08:29:55	109,2049854	55,1239724	30,38	14	
13_726	14	08:31:57	109,2151315	55,1587171	08:50:49	109,6695	55,1171057	29,28	10	
13_726	15	08:53:18	109,6717022	55,1529014	09:11:22	109,2233432	55,1956228	28,9	7	
13_726	16	09:13:37	109,2396837	55,2301136	09:31:18	109,6720383	55,190328	27,82	3	
13_726	17	09:34:03	109,7078852	55,223007	09:53:01	109,2421356	55,2667995	29,96	8	
13_726	18	09:55:13	109,2588716	55,3014731	10:14:00	109,7200924	55,2590881	29,62	4	
13_726	19	10:16:32	109,7185497	55,2951315	10:35:42	109,2491397	55,3391636	30,14	9	
13_726	20	10:38:07	109,2605669	55,3742062	10:57:02	109,7264774	55,3316288	29,87	4	
13_726	21	10:57:21	109,7298386	55,3281632	12:24:17	109,2265817	54,0217954	148,99	30	секущ.

**Методические рекомендации
по проведению учета приплода байкальской нерпы (*Pusa sibirica*)
с беспилотных летательных аппаратов
в Байкальском рыбохозяйственном бассейне**

Редактор Юрова О.С.

Технический редактор Лебедева А.В.

Компьютерная верстка Лебедева А.В.

Подписано в печать

Формат 60×84 1/8. Печ. л. 7.0

Тираж экз.

ФГБНУ «ВНИРО»

107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17

Тел. : +7 499 264 65 33