

В. А. ЛОБКИНА

Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН,
г. Южно-Сахалинск

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ФАКТОР, ЛИМИТИРУЮЩИЙ ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ЖИВОТНЫХ (НА ПРИМЕРЕ ОСТРОВА САХАЛИН)

Проанализировано влияние различных характеристик снежной толщи на способность животных свободно перемещаться по снегу. Определены закономерности между глубиной продавливания снежного покрова под весом животного и типом снега.

Ключевые слова: *снежный покров, высота, плотность, структура, текстура, нагрузка, глубина продавливания.*

An analysis is made of the influence from the various characteristics of snow layer on the ability of animals to freely move on the snow. The regularities have been determined between the depth of track in snow cover under the weight of the animal and the type of snow.

Keywords: *snow cover, height, density, structure, texture, load, depth of track.*

Снежный покров — один из важных лимитирующих факторов, воздействующих на животных в течение зимнего периода. Для животных, которые не мигрируют из заснеженных районов, снежный покров создает трудности в отношении передвижения, питания и защиты от хищников. Наиболее сложным представляется перемещение животных в районах со сплошным снежным покровом в зимний период, при этом фактором, ограничивающим их перемещение, является высота снежного покрова [1, 2].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Актуальность настоящей работы обусловлена большой продолжительностью залегания снежного покрова, которая в северных районах о. Сахалин составляет 185 дней в долинах и 240 дней в горах, в его центральных районах соответственно 174 и 240, а на юге 153 и 200 дней. Средняя высота снежного покрова на севере острова 56 см в долинах и 100–150 см в горах, в центральной части соответственно 51 и 200, а на юге 55 и 100–150 см. Устойчивый снежный покров образуется на острове в ноябре, а разрушается на севере в мае в долинах и в апреле в горах, в центральных и южных районах соответственно в апреле и мае. Для сахалинских условий характерна высокая степень перекристаллизации снежной толщи.

Цель работы — выявление характеристик снежного покрова, влияющих на глубину продавливания снега животными. Для ее выполнения требовалось решить несколько задач: 1) определить зависимости между глубиной продавливания снега под весом животного и типом снежной толщи, ее структуры и текстуры; 2) рассчитать и проанализировать коэффициенты структуры и текстуры снежной толщи как величин, влияющих на глубину продавливания; 3) выявить зависимости между ареалами распространения исследуемых животных и характеристиками снежного покрова, находящегося в границах этих ареалов и за их пределами.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для наблюдения были отобраны северный олень, енотовидная собака, лисица обыкновенная и заяц-беляк. Измерялись характеристики снежного покрова (высота, плотность, температура на контактах снежных слоев, температура воздуха), определялись класс форм ледяных кристаллов [3], их размер и текстура снежного покрова.

В течение двух зимних сезонов 2006/07 г. и 2007/08 г. по разработанной методике отслеживали глубину продавливания снежного покрова животными. Мониторинг снежного покрова проводился с зимнего сезона 2002/03 г. по зимний сезон 2007/08 г. Также проводились натурные наблюдения за животными на территории Сахалинского зоосада и в естественных условиях.

Для наблюдений выбраны два участка, расположенные на западном склоне Сусунайского хребта (южная часть Сахалина), у восточной части г. Южно-Сахалинска. Участки имели сходные геоморфологические характеристики (западная экспозиция склона; уклон — 5–7°), однако они отличались степенью гидроморфности ландшафтных фаций. Максимальная высота снежного покрова в декабре на обоих участках не превышала 20 см. Такая высота не препятствует передвижению животных.

Для определения прочностных характеристик снежного покрова измерялась удельная статическая нагрузка, производимая животными разных видов на снежный покров (г/см²): северный олень — 140–180; овчарка — 30; лисица обыкновенная — 25–43; заяц-беляк — 17.

При проведении экспериментов нагрузка учитывалась как мгновенная величина. Площадка с грузами прикладывалась к снежной поверхности без надавливания и под действием собственной массы погружалась в снег.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Высота снега является характеристикой, оказывающей максимальное влияние на передвижение животных после установления сплошного снежного покрова. Сравнение высоты снежного покрова на участке 1 в периоды исследований со среднемноголетней высотой снега на том же участке показало, что в зимнем сезоне 2006/07 г. высота снежного покрова с первых чисел января по февраль была меньше среднемноголетних значений. Затем она резко возрастала и достигала своего максимума в 20-х числах февраля, что объясняется большим количеством выпавших твердых осадков. С конца февраля до середины марта высота снежного покрова была близка к среднемноголетним показателям, а в 20-х числах марта вновь достигала максимальных значений, что объясняется мартовскими метелями. К концу сезона высота снежного покрова уменьшилась в результате продолжительного потепления.

В зимний сезон 2007/08 г. на участке 1 значения высоты снежного покрова на 20 % ниже среднемноголетних значений. Единственный максимум за сезон 2007/08 г. зарегистрирован в конце февраля, что совпадает со среднемноголетним максимумом высоты снежного покрова на данном участке.

Сравнение среднемноголетних изменений высоты снежного покрова на участке 2 с таковыми значениями в зимние сезоны 2006/07 и 2007/08 гг. показало, что в начале первого сезона высота снега была меньше среднемноголетних значений, однако после снегопада в конце февраля его высота резко возросла и достигала максимальных значений за сезон; затем она уменьшилась и до конца сезона повторяла ход среднемноголетних значений. В течение следующего зимнего сезона колебания высоты снежного покрова повторили среднемноголетний ход, но высота снега была меньше. Максимальные значения высоты снега в сезоне 2007/08 г. отмечены в конце февраля.

Большое влияние на высоту снега на той или иной территории оказывает не только количество выпадающих твердых осадков, но его ветровое перераспределение. На открытых участках ветровое перераспределение снега максимально. В лесах оно менее значительно, но снег так же распределен неравномерно [4]. Во время метелей со скоростями ветра 14–20 м/с и более происходит уплотнение верхней части снежной толщи до плотности 0,4 г/см³, толщина такого уплотненного слоя колеблется в пределах от 1 до 50 см и зависит от средней высоты снега, рельефа местности и защищенности территории. При этом наличие такого уплотненного слоя может являться фактором, уменьшающим глубину продавливания (или сводящим ее к нулю), но только для животных с небольшой массой тела. В ином случае он будет создавать дополнительные трудности при перемещении.

Другой характеристикой, описывающей состояние снежной толщи, является плотность снежного покрова (табл. 1). Наименьшая плотность у свежеснежного и обломочного типов снега, а наибольшая отмечена в слое с ледяной коркой и в режелационном снеге. Средняя плотность снега на обоих участках примерно одинакова в течение обоих сезонов. Большое влияние на плотность в верхней части снежной толщи оказывали структура и текстура снежного покрова [5]. Для определения величины изменения текстуры снежной толщи использовался коэффициент текстуры, который отражает отношение высоты слоев с волнообразной и столбчатой текстурой к общей высоте снега.

В сезонах 2006/07 и 2007/08 гг. наибольшие значения коэффициента текстуры отмечены на обоих участках в январе, а наименьшие в феврале, причем на участке 1 значения коэффициента текстуры больше, чем на участке 2, что можно объяснить более закрытым его местоположением. В марте коэффициент текстуры повысился по сравнению с февралем, но значений января не достиг; на участке 1 значения коэффициента также были больше.

Структуру снега можно охарактеризовать, например, с помощью коэффициента вторичного расслоения (отражает долю слоев, сложенных кристаллами скелетного класса форм) и коэффициента перекристаллизации (показывает долю слоев, сложенных кристаллами вторичноидиоморфного типа снега).

Максимальные значения коэффициента вторичного расслоения в обоих зимних сезонах регистрировались в феврале, а минимальные в январе. На участке 2 этот коэффициент в сезонах 2006/07 и 2007/08 гг. больше, чем на участке 1. Это объясняется большей гидроморфностью фации участка 2 и, соответственно, большим количеством водяного пара.

Таблица 1
Среднемноголетняя плотность верхнего слоя снега на юге Сахалина

Тип снега по [3]	Средняя плотность, г/см ³
Свежеснежный	0,03–0,08
Обломочный	0,10–0,20
Сублимационно-полиэдрический	0,15–0,25
Режелационный	0,30–0,55
Гранный	0,20–0,35
Ледяная корка	0,70

Коэффициент перекристаллизации на участке 1 в зимнем сезоне 2006/07 г. больше, чем на участке 2, а в сезоне 2007/08 г., наоборот, меньше, что можно связать с меньшей высотой снега. В феврале, с началом метелей, коэффициент перекристаллизации на обоих участках уменьшился.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ У РАЗНЫХ ВИДОВ ЖИВОТНЫХ

При определении весовой нагрузки необходимо учитывать, что животное в процессе движения опирается не на все четыре конечности одновременно, а последовательно переносит центр тяжести на опорные конечности, поэтому выделяют динамическую и статическую нагрузки. Первая из них значительно превышает вторую. В течение исследуемых сезонов проводилось измерение статической нагрузки, оказываемой животными на снежный покров. В сезоне 2006/07 г. на обоих участках наибольшая глубина продавливания снега животными наблюдалась с конца января до середины февраля, достигнув максимума 20 февраля, что можно объяснить выпадением твердых осадков в этот период. С начала до середины марта глубина продавливания постепенно уменьшалась, что было вызвано увеличением дневных температур и образованием в верхней части снежной толщи режеляционных корок.

В 2007/08 г. отмечено два пика наибольших глубин продавливания снега животными. Первый пик приходился на конец января, второй (как и в 2006/07 г.) — на конец февраля. Максимум глубины продавливания так же пришелся на 20 февраля. С начала марта отмечалось уменьшение глубины продавливания, вызванное теми же причинами, что и в зимнем сезоне 2006/07 г. Общая глубина продавливания снега в сезоне 2006/07 г. больше, чем в сезоне 2007/08 г., что связано с большей высотой снега и его незначительной плотностью, а также со скоростью перекристаллизации снежной толщи.

Максимальная глубина продавливания снега животными наблюдалась в мягком свежеснеговом снеге, а минимальная в режеляционном снеге (табл. 2). Для снега вторично-идиоморфного типа характерна минимальная глубина продавливания при столбчатой текстуре. Режеляционные и ледяные корки толщиной 3 см и более не продавливаются исследуемыми животными, за исключением северного оленя. Олень проламывает корки на поверхности снега, повреждая при этом чувствительные части стопы.

Таблица 2

Зависимость между проходимостью и типом снега

Тип снега	Текстура	Средний диаметр кристалла, мм	Плотность, г/см ³	Критический показатель проходимости, %
Свежеснеговой	—	—	0,05	100
Обломочный	—	—	0,1–0,12	100–80
Сублимационно-полиэдрический	—	—	0,14	90–70
Гранный плоский	Монолитная	1	0,15	100–50
Гранный плоский	Столбчатая	0,5	0,21	30–20
Гранный столбчатый	»	0,5-1	0,25	50–20

Примечание. Прочерк — для этого типа снега не выделяется его текстура.

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ЖИВОТНЫХ ПО СНЕГУ

По насту, покрытому свежеснеговом, или по ледяным и режеляционным коркам, возникающим на поверхности снега, звери часто идут спокойным шагом, оставляя за собой четкие следы с хорошо различимыми очертаниями. Как только зверю становится трудно идти, он начинает «волочить» ноги. В результате спереди и сзади следа возникают борозды, прочерченные копытами или когтями. Их появление служит наглядным свидетельством трудности передвижения, испытываемой зверем.

Для свободного передвижения по снегу важна не только уменьшенная весовая нагрузка на опорную поверхность конечностей, но и их длина. Сопоставление длины передних конечностей (от подошв до груди) у разных видов животных с глубиной снега позволяет определить показатель их проходимости и, следовательно, установить относительную степень приспособленности животного к передвижению по снегу. Этот показатель, по А. А. Слудскому, становится критическим для зверя, когда высота его передней ноги приближается к высоте рыхлого снежного покрова (по [1]). Определить показатель Слудского можно как критический показатель проходимости.

Двигаясь по глубокому снегу, звери испытывают большие затруднения, поэтому они используют различные способы для облегчения передвижения. Северные олени, например, двигаясь шагом по рыхлому снегу, иногда «пашут» его ногами и даже брюхом. Их следы соединяются бороздами, оставленными не только копытами, но и нижними частями конечностей. Так как олени ведут групповой образ жизни, в многоснежную зиму они предпочитают ходить по следам друг друга, благодаря чему экономят силы, необходимые на преодоление сопротивления рыхлого снега.

Наблюдения за дикими северными оленями в период наземного учета показывают, что распределение популяции в охотугодах Сахалина подвержено заметным сезонным изменениям. Появление северных оленей на зимовках зависит от сроков выпадения снега в горах (обычно во второй половине ноября). Весенние откочевки приурочены к началу разрушения устойчивого снежного покрова в лесной зоне (конец апреля) [6, 7].

Как отмечают Н. А. Казаков, Ю. В. Генсировский, В. И. Окопный (устные сообщения), в декабре–апреле в Восточно-Сахалинских горах стада северных оленей поднимаются на основные водоразделы (1000–1500 м над ур. моря), в гольцовую зону, где высота снежного покрова составляет 10–50 см. В горных долинах в это же время высота снежного покрова колеблется в пределах 100–400 см.

АРЕАЛЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

На карте «Стратиграфические комплексы снежного покрова о. Сахалин» [8] показаны ареалы распространения северного оленя. В пределах ареала распространения дикого северного оленя выделено три зоны его концентрации: западная часть Северо-Сахалинской низменности, Восточно-Сахалинские горы, южная часть Западно-Сахалинских гор [6]. Две первые характеризуются схожими типами ландшафтов. Установление снежного покрова здесь происходит 1 октября, разрушение — 1 апреля. Средняя продолжительность залегания снега около 242 дней. Данные типы ландшафта характеризуются средними высотами снега 100–120 см и близкими коэффициентами перекристаллизации снега (0,8–0,9) и текстуры (0,4–0,6).

Большая часть зоны концентрации дикого северного оленя приходится на Северо-Сахалинскую низменность, которая расположена на холмистой равнине с лиственничными травяно-кустарниковыми лесами. Снежный покров здесь устанавливается 25 октября, а разрушается к 15 мая. Средняя продолжительность залегания сплошного снежного покрова — 200 дней. Средняя высота снежного покрова — 100 см, коэффициент перекристаллизации — 1,0, а коэффициент текстуры — 0,6.

ВЫВОДЫ

В ходе проведенного исследования выявлено, что какая-либо отдельно взятая характеристика снежного покрова не может рассматриваться как определяющая при оценке пригодности местообитания для того или иного животного. Во многом проходимость снега животными в той или иной местности в разные зимние сезоны будет зависеть от условий формирования и развития снежной толщи.

На передвижение животных прежде всего влияет высота снежного покрова, если она приближается к критическому показателю проходимости. При этом проходимость снежной толщи при высоте более метра будет зависеть от структуры и плотности слагающих ее слоев. Так, если значительная по высоте часть снежной толщи состоит из корразионно-полиэдрического, мелкозернистого гранного снега, она будет более проходима по сравнению с толщей из вторично-идиоморфного или свежевыпавшего снега. Снег, имеющий большую плотность, но состоящий из кристаллов большого радиуса, имеет низкую прочность и не способен вынести нагрузку, производимую животными при передвижении.

Выявлена зависимость между плотностью свежевыпавшего метелевого снега и глубиной продавливания снега животным (чем меньше плотность, тем больше глубина продавливания). Для лежалога (в стадии конструктивного метаморфизма) снега такой зависимости не выявлено. Отметим, что на открытых участках глубина продавливания снега животными меньше за счет ветрового уплотнения верхнего слоя снежной толщи.

Текстура и структура снежного покрова влияют на способность животных перемещаться вне зависимости от высоты снега. Так, чем меньше перекристаллизована снежная толща (ниже коэффициент перекристаллизации), тем больше глубина продавливания снега животным; чем больше слоев в снежной толще, сложенных кристаллами скелетного класса форм (выше коэффициент вторичного расслоения), тем больше глубина продавливания снега животным; чем меньше в снежной толще слоев, имеющих монолитную текстуру (меньше значение коэффициента текстуры), тем больше глубина продавливания снега животным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков Г. А. Жизнь на снегу и под снегом. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. — 189 с.
2. Формозов А. Н. Снежный покров в жизни млекопитающих и птиц. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. — 286 с.

3. **Коломыц Э. Г.** Структура снега и ландшафтная индикация. — М.: Наука, 1976. — 206 с.
4. **Лазарева Д. Ф.** Климатическая характеристика снегопереноса на Сахалине // Снег и лавины Сахалина. — Л.: Гидрометеоздат, 1975. — С. 13–24.
5. **Лобкина В. А., Михалёв М. В.** Структура и текстура снежного покрова как фактор, лимитирующий передвижение животных // Гляциология в начале XXI века: Тезисы докл. Междунар. науч. конференции. — М.: Универ. книга, 2009. — С. 247–251.
6. **Воронов Г. А.** Современное состояние и проблемы сохранения популяции дикого северного оленя на Сахалине // Наземные экосистемы острова Сахалин. — Южно-Сахалинск: Изд-во Ин-та морской геоэкологии и геофизики ДВО РАН, 1999. — С. 114–120.
7. **Ерёмин Ю. П.** Северный олень в Сахалинской области // Северный олень в России. 1982–2002. — М.: РАСН, 2003. — С. 358–368.
8. **Древилло М. С., Жируев С. П., Окопный В. И. и др.** Мониторинг снежного покрова о. Сахалин // Материалы гляциологических исследований. — М.: Изд-во Ин-та географии РАН, 2000. — Вып. 89. — С. 89–94.

Поступила в редакцию 15 марта 2011 г.
