

О.В. ТОЛКАЧ*, С.В. ЗАЛЕСОВ**

*Ботанический сад УрО РАН,
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а, Россия, tolkach_o_v@mail.ru
**Уральский государственный лесотехнический университет,
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, Россия, Zalesov@usfeu.ru

СНЕГОНАКОПЛЕНИЕ ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Дана историческая справка о гидрологической роли леса за рубежом и в России. Акцентируется внимание на значении твердых осадков для Урала при формировании руслового стока и питания подземных вод. Лес рассматривается как регулируемый компонент ландшафта, влияющий на гидрологический режим территории. Исследования выполнены в южнотаежном лесорастительном округе Среднеуральской низкогорной провинции Уральской горно-лесной области. Проведен анализ снегозапасов под пологом леса за многолетний период. Учтены флуктуации погодных условий зимних периодов. Приведены детальные таксационные характеристики древостоев на снегомерных профилях. Многолетние ряды наблюдений проанализированы с помощью метода главных компонент. Даны сведения о высоте снежного покрова на открытых участках и под пологом древостоев разного состава. Определены ведущие факторы в формировании слоя снега и запаса воды в нем на лесных водосборах. Установлено, что на Урале высота снега в лесу определяется полнотой, возрастом древостоя и средними температурами зимнего сезона, а снегозапас в первую очередь связан с метеорологическими факторами и экспозицией склона, а затем — с возрастом и полнотой древостоя. Приведены данные о динамике снегозапасов в насаждениях одной полноты и возраста. Установлено, что запас воды в снеге может уменьшаться с увеличением доли темнохвойных пород, и в этом случае ведущим фактором в формировании запасов воды в снеге является доля хвойных пород в составе древостоя. Диапазон влияния породного состава древостоя в значительной степени зависит от погодных условий зимнего сезона.

Ключевые слова: запас воды в снеге, таксационные характеристики древостоев, метод главных компонент, средние температуры зимнего сезона, высота снежного покрова.

O.V. TOLKACH*, S.V. ZALESOV**

*Botanical Garden, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
620144, Yekaterinburg, ul. 8 Marta, 202a, Russia, tolkach_o_v@mail.ru
**Ural State Forest Engineering University,
620100, Yekaterinburg, Sibirskii trakt, 37, Russia, Zalesov@usfeu.ru

SNOW ACCUMULATION UNDER THE FOREST CANOPY IN THE MIDDLE URAL

A historical background of the hydrological role of forests abroad and in Russia is presented. Attention is focused on the significance of solid precipitation for the Ural in the formation of the channel flow and groundwater recharge. Forest is considered as a regulated landscape influencing the hydrological regime of the territory. The study as carried out in the southern-taiga forest district of the Middle Ural low-mountain province of the Ural mountain forest region. An analysis is made of snow storage under the forest canopy for a long-term period having regard to the fluctuations in winter weather conditions. Detailed forest inventory characteristics of forest stands on snow survey profiles are presented. Long-term series of observations were analyzed using principal component analysis. Data on the snow depth on open sites and under the forest canopy of a different composition are given. The leading formation factors for the snow layer and water storage in it within forest catchments are determined. It is established that in the Ural the snow depth in the forest is determined by the degree of closeness, the age of the forest stand and average temperatures of the winter season, and snow storage is primarily associated with the meteorological factors and slope exposure and less with the age and degree of closeness of the forest stand. Data on the dynamics of snow storage in forest stands of the same age and the same degree of closeness are presented. It is established that water storage in the snow can decrease with the increasing contribution of dark coniferous species; in this case, the leading formation factor for water storage in the snow is the contribution from coniferous species in the forest stand composition. The range of influence of the species composition of the forest stand depends largely on the weather conditions of the winter season.

Keywords: water storage in snow, taxation characteristics of stands, method of principal components, average temperatures of the winter season, snow depth.

ВВЕДЕНИЕ

Дефицит чистой пресной воды в планетарном масштабе представляет собой императив при изучении способов снижения потерь этого ресурса [1–3]. Значение леса для благоприятного водного баланса территории отмечено достаточно давно. Имеются законодательные документы Франции и Швейцарии XIII–XIV вв., в которых прослеживается водоохранно-защитная роль леса [4]. В России проблема дефицита воды возникла с конца XIX в. после значительного снижения лесистости территории европейской части страны. Активная вырубка лесов с конца XVII в. привела к изменению гидрологического режима рек. Возникает необходимость в управлении водным режимом территории.

На формирование водных ресурсов в первую очередь влияют климатические факторы. В северных широтах значительный вклад в общий гидрологический баланс вносят твердые осадки. Образование снежного покрова под пологом лесных насаждений имеет свою специфику в разных географических районах. Механизм причин концептуальных противоречий в оценке гидрологической роли леса раскрывает А.А. Онучин, подробно останавливаясь на роли растительности в накоплении и перераспределении снеговой влаги [5].

На Урале на долю твердых осадков приходится 30–40 % от общего количества. Талые снеговые воды составляют 40–60 % руслового стока [6], а режим их поступления в речные системы имеет большое значение для водообеспеченности территории. Зимние осадки наиболее важны для питания подземных вод. Аккумуляция снега на водосборах зависит как от ряда абиотических факторов (рельеф, экспозиция склонов, характер почвенного покрова, материнские и подстилающие породы), так и от наличия лесной растительности на них — мощного гидрологического регулятора. Лес определяет гидрологическую ценность ландшафта и представляет собой регулирующую компоненту, позволяющую влиять на гидрологический режим. В связи с этим крайне актуально изучение специфики гидрологической роли леса в горных условиях Урала.

Цель работы — оценка особенности аккумуляции снежного покрова и запаса воды в нем лесными массивами, а также установление ведущих таксационных параметров древостоев, связанных с динамикой снегонакопления на Среднем Урале.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Урал представляет собой огромную горную водораздельную территорию, где рождаются реки Камско-Волжского, Печорского, Иртыш-Обского бассейнов. Леса Урала привлекают к себе внимание не только как сырьевая база заготовки лесной продукции, но также как водоохраный фактор. Еще в 1899 г. Д.И. Менделеев [7] отмечал значение уральских лесов как мощного регулятора гидрологического режима крупнейших речных бассейнов России — Волги и Оби — и указывал современникам на недопустимость истощения лесов «Уральского горного узла».

На Среднем Урале прослеживается водораздельный хребет. Его высота достигает 700–800 м над ур. моря, а наиболее низкие отметки составляют около 400 м над ур. моря. Для этой территории характерна как широтная (с запада на восток), так и меридиональная циркуляция атмосферы.

Район исследования по лесорастительному районированию [8] расположен в южнотаежном лесорастительном округе Среднеуральской низкогорной провинции Уральской горно-лесной области, в зоне репродуктивно-защитного направления (подзона южной тайги). Согласно лесохозяйственному районированию Свердловской области, эта территория приурочена к Сергинско-Чусовскому горному району.

Лесистость района составляет 62 %. Основными лесообразующими породами в районе исследования являются ель, пихта и сосна, которые занимают 52 % от покрытой лесной растительностью площади. Анализ динамики снегозапасов под пологом древостоев проведен за 18-летний период с 1970 по 1987 г. [9], что позволило учесть флуктуацию погодных условий зимних сезонов. В этот период наблюдались колебания температуры зимних периодов (ноябрь–март) от $-7,2$ до $-14,3$ °С при среднемноголетней за этот период, равной $-10,6$ °С; сумма осадков варьировала от 125 до 218 мм при среднемноголетней 162,0 мм; количество дней с оттепелями от 16 до 43 дней, среднемноголетнее — 27 дней. Снегомерные съемки проводили по методике С.И. Мурашова и В.И. Рутковского [10]. Наблюдения были выполнены в конце марта в период максимального снегонакопления. На каждом участке в 100 точках измеряли толщину снежного покрова, а в 15 — запас воды в снеге, путем взвешивания его проб, взятых снегомерным цилиндром. Приемная площадь цилиндра и линейка весов снегомера подобраны таким образом, что запас воды взятой пробы снега соответствует числу делений

на весах. Маршрутная снегомерная съемка проведена на 44 профилях [11], 34 из которых представлены древостоями, различающимися по таксационным показателям: формуле состава, возрасту, полноте, средней высоте и диаметру (табл. 1), а остальные — смежные с лесными участками — вырубками, покрытыми кустарниками и подростом разной густоты, или травянистой растительностью. Снегомерные профили расположены в однообразных географических и климатических условиях. Их

Таблица 1

Характеристика пробных площадей (снегомерные профили) на момент начала исследований

Объект	Состав	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Класс возраста	Полнота
Вырубка 1966 г.	0	0	0	0	0
Вырубка 1973 г.	0	0	0	0	0
Лес	7Е2П1Б	25	22	VII	0,7
Вырубка 1968 г.	0	0	0	0	0
Лес	7Е2П1Лп + Б	23	20	V	0,7
Лес (молодняк)	8Б2Е	6	4	II	0,8
» »	8Ос1Е1Б	8	5	II	0,8
» »	8Е2П	8	6	II	0,8
То же, пройденный рубками ухода	4Е1П3Б2Лп	6	4	II	0,4
Вырубка 1986 г.	0	0	0	0	0
Пасака вырубленная	0	0	0	0	0
Пасака невырубленная	8Б2Е + П, Ос	19	22	VII	0,8
Насаждение, пройденное постепенной рубкой	7Б1Ос2Е + С, П	19	24	VII	0,7
Насаждение	7Б3Е + Ос, ед. П	19	22	VII	1,0
Полупасака вырубленная	0	0	0	0	0
Полупасака невырубленная	6Б4Е + П, Ос	19	22	VII	0,9
Вырубка	0	0	0	0	0
Лес	5Е5Б	18	20	VII	0,9
»	10С	18	20	V	0,7
»	6Е3С1П	16	18	V	0,5
»	6Е3П1С	17	19	IV	0,8
»	6Е3П1С	17	19	IV	0,7
»	5Е4П1С	18	20	IV	0,6
»	6Е3П1С	16	17	IV	0,6
»	6Е4П	12	12	II	1
»	8Е1П1С	11	11	II	0,8
»	9Е1П + С	10	11	II	0,6
»	8Е1П1С	11	10	II	0,5
Поляна в еловом лесу (50 × 150 м)	0	0	0	0	0
Лес (молодняк)	9Е1П + С, Б	3	2	I	0,02
» »	8Е1П1Б	3	2	I	0,02
» »	7Е1П1С1Б	3	2	I	0,02
» »	8Е1П1Б	3	2	I	0,01
» »	4С4Е2Б	5	3	I	0,08
» »	5Е3С2Б	5	4	I	0,08
» »	5Е4С1Б	5	3	I	0,04
» »	6С3Е1Б	5	4	I	0,06
Лес	7Б2Е1П	13	12	V	0,7
»	7Б3Е + П	14	14	V	0,7
»	5Е3Б1П1С	14	14	V	0,9
»	5Б4Е1П + С	15	15	V	0,6
»	9Б1Е + П	17	15	V	0,5
»	6Е4П	18	21	V	0,8
Вырубка (50 × 50 м)	0	0	0	0	0

местоположение ограничено следующими координатами: 56,67317–57,12414° с.ш.; 59,12326–59,41831° в.д. Многолетние ряды наблюдений проанализированы с помощью методов описательной статистики (среднее арифметическое, ошибка среднего арифметического, стандартное отклонение, критерий достоверности Стьюдента), а также многомерной статистики (метод главных компонент, факторный анализ, объясняющий дисперсию признака выделенными факторами) в программе Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Толщина слоя снега и запас воды в нем на Среднем Урале по усредненным данным за 18-летний период на лесных и безлесных участках представлены в табл. 2. Наибольшая высота снега наблюдается на вырубках и в лиственных насаждениях, различия между которыми недостоверны ($p < 0,05$). В еловых и сосновых насаждениях высота снега снижается. Ее минимальные значения, по данным гидрометеорологического центра, зафиксированы на сельскохозяйственных угодьях [9]. Высота снега достоверно различается ($p < 0,05$) в хвойных (еловые, сосновые) насаждениях и на вырубках. В процентном отношении в лиственных (березовые, осиновые) и хвойных (еловые, сосновые) насаждениях высота снега на 11–17 % меньше, чем на вырубках, и на 41 % больше, чем в поле. Запас воды в снеге на вырубках на 16–20 % больше, чем в лиственных (березовые, осиновые) и хвойных (еловые, сосновые) насаждениях соответственно. Корреляция между высотой снега и запасом воды в нем на достоверно значимом уровне ($p < 0,05$) не установлена, что связано с пестротой условий формирования снежного покрова и, соответственно, с разной плотностью слоя снега одной толщины. Наибольшая аккумуляция снега отмечена на вырубках ограниченного размера и лесных полянах, что обусловлено снижением испарения за счет притенения стенами леса и изменением ветрового режима.

Следует отметить, что в табл. 2 представлен обобщенный расчет средних показателей высоты снега и запаса снеговой воды под пологом лесных насаждений без учета таксационных характеристик древостоев. Поэтому приведенные данные дают только общую картину соотношения высоты снега на лесопокрытых и нелесопокрытых участках. Конкретное влияние лесных насаждений с учетом их таксационных показателей и различных метеоусловий — это сложная многофакторная задача, для решения которой нами использован метод главных компонент (классификационный анализ). При формировании исходной матрицы привлекались биотические факторы (состав древостоя, возраст, полнота) и абиотические (экспозиция склона, количество дней с оттепелью, средняя температура воздуха, сумма осадков в зимний период).

Вклад главных факторов, определяющих изменения величины снегового покрова на лесных профилях с различными таксационными характеристиками насаждений, представлен в табл. 3. Ведущие характеристики первой компоненты (первого фактора) — возраст и полнота древостоя наряду с температурой воздуха. Вторая компонента определяется суммой зимних осадков, составом и возрастом древостоев, третья — экспозицией, составом и полнотой, и четвертая — экспозицией участка и количеством дней с оттепелями. То есть вклад параметров древостоя, определяющих высоту снега, на-

Таблица 2

Среднестатистические показатели высоты снега и запаса воды в нем

Категория площади	Высота снега, см	δ, см	Запас воды в снеге, мм	δ, мм
Вырубка	92 ± 3,3* a	25,9	235,2 ± 7,56 a	58
Лиственное насаждение (березовое, осиновое)	82 ± 3,5 a b	23,5	209,1 ± 6,73 b	48
Хвойное насаждение (еловое, сосновое)	77 ± 3,2 b	25,5	189,3 ± 8,3 b	67
Суммарно в насаждениях (березовое, осиновое, еловое, сосновое)	79 ± 2,4 b	24,7	197,3 ± 5,51 b	60
Поле	47 ± 0,5 c	15,7	—	—

Примечание. Данные второго и четвертого столбцов представляют собой среднее арифметическое плюс ошибка среднего арифметического. δ — стандартное отклонение. Буквенные индексы: a, b, c — достоверные различия ($p < 0,005$) вариантов в пределах одного показателя. Для показателя «высота снега»: a — отсутствие достоверных различий между вариантами «вырубка» и «лиственное насаждение», b — отсутствие достоверных различий между вариантами «лиственное насаждение», «хвойное насаждение» и «суммарно в насаждениях», c — отличается на достоверно значимом уровне от других вариантов. По показателю «запас воды в снеге»: a — отличается на достоверно значимом уровне от других вариантов, b — отсутствие достоверных различий между вариантами «лиственное насаждение», «хвойное насаждение» и «суммарно в насаждениях». Прочерк — нет данных.

* Среднее арифметическое и ошибка среднего арифметического.

Таблица 3

Доля признака, определяющего дисперсию высоты снега в лесу, в выражении главных компонент

Признак	Фактор 1 (26 %)*	Фактор 2 (21 %)	Фактор 3 (18 %)	Фактор 4 (16 %)
Состав древостоя	0,10	0,27	0,23	0,00
Класс возраста древостоя	0,22	0,19	0,08	0,00
Полнота древостоя	0,29	0,01	0,19	0,00
Экспозиция склона	0,09	0,01	0,38	0,21
Количество дней с оттепелью	0,00	0,02	0,09	0,63
Средняя зимняя температура воздуха	0,19	0,17	0,02	0,09
Сумма зимних осадков	0,11	0,33	0,01	0,07

Примечание. Здесь и в табл. 4, 5 показан вклад фактора в дисперсию признака.

Таблица 4

Доля признака, определяющего дисперсию запаса воды в снеге в лесу, в выражении главных компонент

Признак	Фактор 1 (25 %)*	Фактор 2 (20 %)	Фактор 3 (17 %)	Фактор 4 (15 %)
Состав древостоя	0,09	0,14	0,10	0,28
Класс возраста древостоя	0,01	0,47	0,01	0,06
Полнота древостоя	0,12	0,27	0,00	0,26
Экспозиция склона	0,17	0,03	0,06	0,39
Количество дней с оттепелью	0,00	0,08	0,55	0,01
Средняя зимняя температура воздуха	0,22	0,01	0,27	0,01
Сумма зимних осадков	0,40	0,00	0,00	0,00

Таблица 5

Доля признака, определяющего дисперсию запаса воды в снеге под пологом насаждений с полной древостоев 0,7, в выражении главных компонент

Признак	Фактор 1 (36 %)*	Фактор 2 (21 %)	Фактор 3 (17 %)	Фактор 4 (13 %)
Состав древостоя	0,26	0,01	0,35	0,04
Класс возраста древостоя	0,11	0,21	0,46	0,03
Экспозиция склона	0,38	0,04	0,00	0,11
Количество дней с оттепелью	0,01	0,41	0,08	0,42
Средняя зимняя температура воздуха	0,09	0,25	0,10	0,08
Сумма зимних осадков	0,16	0,08	0,01	0,32

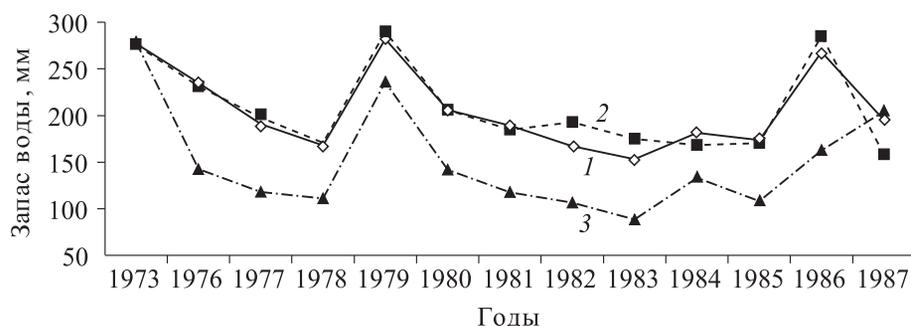
блюдается в трех главных компонентах. Иначе говоря, 65 % дисперсии снегового покрова определяется в основном различными сочетаниями биотических и метеорологических факторов.

Аналогичным образом рассмотрены причины, влияющие на дисперсию запаса воды в снеге (табл. 4). Установлено, что первая компонента (25 % дисперсии запаса воды в снеге под пологом леса) определяется метеофакторами и экспозицией участка; вторая (20 %) — характеристиками древостоя, из которых ведущие роли отводятся его возрасту и полноте; третья (17 %) — температурным режимом сезона; четвертая (15 %) — экспозицией участка, составом и полнотой древостоя.

Таким образом, из таксационных характеристик древостоев ведущую роль играют их возраст и полнота. По литературным данным известно, что наиболее отчетливо тенденция снижения снегозапасов с возрастом прослеживается от 10 до 80 лет, после 150 лет увеличение возраста деревьев слабо отражается на изменении коэффициентов снегозапасов [5, 12].

И если влияние возраста при исследовании снегонакопления отмечено рядом авторов, то воздействие полноты оценивается неоднозначно. Отмечается, что роль этого фактора во многом зависит от погодных условий сезона [13]. Длительный период наших наблюдений, охватывающий широкий спектр особенностей зимних сезонов, позволил доказать значение полноты древостоев. Последняя является регулируемым параметром при формировании снегозапасов под пологом лесных насаждений.

При рассмотрении данных снегомерных профилей с древостоями одной полноты, но разной долей участия хвойных в составе и разного возраста, отмечается значимое участие в содержании первой компоненты — состава древостоя (табл. 5).



Изменение запаса воды в снеге в древостоях разного состава полнотой 0,8, классом возраста II.

Доля хвойных в формуле состава: 1 — хвойные 1, 2 — хвойные 2, 3 — хвойные 10 (или чистое хвойное насаждение).

Архитектура кроны разных лесобразующих пород воздействует на накопление и задержание снега пологом насаждений. Известно [14, 15], что при прочих равных условиях наибольшее количество снега задерживают кроны сосны, затем кедр, ели и пихты. По другим данным [12], наибольшее количество снега задерживают ельники. Лиственные и лиственничные древостои задерживают снега меньше, чем хвойные [16].

Для условий Среднего Урала рассмотрена динамика запаса снеговой воды при увеличении доли темнохвойных пород от 1 до 10 единиц в формуле состава (см. рисунок) на фоне выровненных параметров древостоя по полноте и возрасту. Установлено, что запас воды в снеге может уменьшаться с увеличением доли темнохвойных пород на 16–49 % в зависимости от погодных условий сезона. Однако периодически (1973, 1987 гг.) складываются такие условия, что запас снеговой воды под пологом хвойных может превышать таковой в лиственных древостоях.

Следует отметить, что различия во взглядах на водорегулирующее значение леса определяются особенностями формирования весеннего стока, а тот, в свою очередь, зависит от накопления и перераспределения твердых осадков, запаса снеговой воды, режима снеготаяния. Кроме того, флуктуация погодных условий сезонов наблюдений имеет большое значение и приводит при оценке коротких временных периодов к неоднозначным результатам. Влияние характера погоды зимних сезонов на формирование снежного покрова под пологом леса отмечено и в данных исследованиях, и в работе Т.А. Бурениной с соавторами [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с климатическими особенностями формирования водных ресурсов на Урале большое значение имеют твердые осадки. Особенности их распределения по территории, а затем снеготаяния определяют режим руслового стока, а лесная растительность играет в вопросе формирования снегозапасов немаловажную роль. Однако оценка гидрологической роли леса в отечественной и зарубежной литературе очень противоречива, что указывает на географическую специфичность этой проблемы.

Поиск ключевых параметров, влияющих на аккумуляцию снега в лесных насаждениях, выполнен методом главных компонент. Установлены ведущие факторы в формировании запасов снега и воды в нем на лесных участках. Дисперсия высоты снега в лесу определяется полнотой, возрастом древостоя и средними температурами зимнего сезона. Дисперсия запаса воды в снеге в первую очередь связана с метеорологическими факторами и экспозицией склона, а затем, так же как и высота снега, с возрастом и полнотой древостоя. При выравнивании полноты в насаждениях большое значение при формировании снегозапасов приобретает соотношение хвойных и лиственных пород в их составе. Аккумуляция снега под пологом снижается с увеличением доли хвойных в составе в широком диапазоне. На последний влияют погодные условия сезона наблюдения.

Лесохозяйственные мероприятия позволяют сформировать древостои с такой полнотой и составом, которые обеспечивают наибольший запас воды на водосборах. Это имеет большое значение в условиях обострения водных проблем, в частности, низкой водообеспеченности территории в меженный период.

В перспективе полученные данные позволяют давать ориентировочный прогноз запаса воды в снеге на вырубках и под пологом леса при различных комбинациях метеоусловий зимнего сезона с целью предупреждения паводковой опасности и определения степени водности рек в меженный период.

Работа выполнена в рамках гос. задания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Shen Y., Oki T., Utsumi N., Kanae S., Hanasaki N.** Projection of future world water resources under SRES scenario: water withdrawal // *Hydrolog. Sci. Journ.* — 2008. — N 53 — P. 11–33.
2. **Milliman J., Farnsworth K., Jones P., Xu K., Smith L.** Climatic and anthropogenic factors affecting river discharge to the global ocean, 1951–2000 // *Global Planet. Change.* — 2008. — N 62. — P. 187–194.
3. **Rondeau N.** Une ressource fondamentale. Eau et proprieten forestiere // *Forets de France.* — 2008. — N 513. — P. 35–38.
4. **Китридж Дж.** Влияние леса на климат, почвы и водный режим — М.: Иностр. лит-ра, 1951. — 456 с.
5. **Онучин А.А.** Причины концептуальных противоречий в оценке гидрологической роли бореальных лесов // *Сиб. лесн. журн.* — 2015. — № 2. — С. 41–54.
6. **Справочник** по водным ресурсам / Отв. ред. Б.И. Стрелец. — Киев: Урожай, 1987. — 304 с.
7. **Менделеев Д.И.** Уральская железная промышленность в 1899 г.: Сочинения. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. — Т. 12. — 1078 с.
8. **Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П.** Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. — Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1973. — 175 с.
9. **Бюллетень** Гидрометеорологического центра. Обзор агрометеорологических условий вегетационного периода Свердловской области. — Свердловск, 1970–1971. — 28 с.; 1972–1987. — 36 с.
10. **Мурашов С.И., Рутковский В.И.** Методика изучения снегового режима в лесах // *Тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та лесного хозяйства.* — 1940. — Вып. 14. — 32 с.
11. **Указания** по производству снегомерных наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. — 52 с.
12. **Побединский А.В.** Водоохранная и почвозащитная роль лесов. — Пушкино: Изд-во Всерос. науч.-исслед. ин-та лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2013. — 208 с.
13. **Рутковский В.И., Кузнецова З.И.** Влияние насаждений на снеговой режим // *Водоохранная роль леса.* — Пушкино: Изд-во Всесоюз. науч.-исслед. ин-та лесного хозяйства, 1940. — С. 149–179.
14. **Грудинин Г.В.** Снежный покров // *Геосистемы предгорий Западного Саяна.* — Новосибирск: Наука, 1979. — С. 117–133.
15. **Онучин А.А.** Снежный покров в темнохвойных насаждениях Хамар-Дабана и зависимость снегозапасов от таксационных и биометрических показателей // *Средоулучшающая роль леса: Тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. (14–16 августа 1984 г.).* — Новосибирск: Изд-во Центр. правл. лесной промышленности и лесного хозяйства, 1984. — С. 134–136.
16. **Рахманов В.В.** Гидроклиматическая роль леса. — М.: Лесн. пром-сть, 1984. — 240 с.
17. **Буренина Т.А., Шишкин А.С., Онучин А.А.** Снежный покров на вырубках разных лет в пихтово-кедровых лесах Енисейского края // *Лесоведение.* — 2013. — № 6. — С. 26–36.

Поступила в редакцию 20.06.2018

После доработки 16.10.2018

Принята к публикации 19.09.2019