

Мустафин Р.Ф., Хабиров И.К., Султанова Р.Р., Раянова А.Р.

Башкирский государственный аграрный университет, Россия

E-mail: mustafin-1976@mail.ru ; llkhabirov@mail.ru. ; vestnik-bsau@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА ЗАПАСЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ВЛАГИ НА ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Леса играют большую роль в круговороте воды, обогащают атмосферу кислородом и поддерживают баланс в природе, а также леса выполняют водоохранные, защитные, противозерозионные, санитарно-гигиенические, оздоровительные, рекреационные функции. Изучение запасов снега, их определение является важным составляющим жизненного цикла леса.

Исследования запасов снежного покрова проводились на лесных участках ГУ Уфимского лесничества, которое включает в себя девять участков лесничеств: Демское, Покровское, Уфимское, Чишминское, Юматовское, Ново-Троицкое, Благовещенское, Орловское, Благоварское статистическим, математическим расчетом, а также анализом литературных источников.

В ходе исследований была проведена снегомерная съемка и полученные данные обработаны в геоинформационных системах. Наблюдения за показателями высоты снежного покрова на лесных участках представлены за 2015–2016 года с октября по апрель. Определяли высоту, плотность и структуру снежного покрова. Исходя из полученных данных, определили запас воды, содержащийся в снежном покрове, за каждый исследуемый месяц. Затем была составлена сводная таблица по результатам полевых и камеральных работ. Далее, используя ГИС-технологии, произведена оцифровка топографической карты лесных участков и близлежащей территории, затем на нее нанесены результаты исследований.

Ключевые слова: лес, лесные участки, запас снежного покрова, запасы воды, полевые работы, камеральные работы, ГИС-технологии, Уфимский район.

Леса являются уникальными и одним из наиболее важных экосистем на Земле. Доля лесов в Республики Башкортостан составляет около 38%, а в горах Башкирского Урала лесистость в отдельных местах достигает 90%. Одной из важнейших характеристик ландшафта лесных территорий в зимний период являются свойства снегового покрова – его мощность и плотность. По мнению А.А. Молчанова [1], основным ключевым фактором являются исследования запасов снега на сток, а также накопления запасов внутрипочвенной влаги. От этих показателей зависит как глубина промерзания грунта, так и запас содержащейся в снегу воды. В настоящее время, в век технического прогресса, особое внимание обращается геоинформационным технологиям. Исключением не является исследование снегового запаса. Например проведение авиационной гамма-съемки в Республике Башкортостан в 2016 и 2017 годах позволило оценить точную толщину снежного покрова в труднодоступных и горных районах. Методика позволяют произвести эффективную обработку результатов снегомерной съемки, то есть результаты достигаются за кратчайшие сроки и являются более точными. Поэтому использование геоинформационных технологий в исследовании снегового запаса лесных терри-

торий является актуальным при определении продуктивности лесов.

В качестве объекта исследования были выбраны снежный покров лесных участков территории Республики Башкортостан за 2015–2016 года.

Целью исследования является выявление закономерностей формирования снежного покрова и определение запасов снега на лесных территориях Уфимского района Республики Башкортостан с использованием геоинформационной съемки.

Методика

Исследования проводились в 2016 году в Республике Башкортостан, во время подготовки к весеннему половодью. В ходе проведения исследования были использованы материалы авиационной гамма-съемки для наиболее точного прогнозирования прохождения половодья. Водосборную площадь р. Белая поделили на 4 кольца облёта общей протяженностью 2200 км. Маршрут охватил водосборные площади реки Уфа (от истока до створа Павловского гидроузла), реки Нугуш (от истока до створа Нугушского гидроузла), рек Сим и Инзер, а также реки Белая (от истока до створа Юмагузинского гидроузла). Маршруты облёта были сформированы таким образом, чтоб охватить

горно-лесные зоны республики, где формируются основные запасы воды в снеге, и количество гидрологических створов Башгидромета является недостаточным [2], [3].

При ежедневных наблюдениях за снежным покровом определялись:

- степень покрытия окрестности станции снежным покровом (выражаемая в баллах);
- характер залегания снежного покрова на местности (записывался в виде кода);
- структура снега (записывался в виде кода);
- высота снежного покрова на метеорологической площадке или на выбранном участке вблизи станции (выражаемая в см).

При снегосъёмках на каждом выбранном маршруте определялись:

- высота снежного покрова (среднюю из установленного числа измерений);
- плотность снега (среднюю из установленного числа измерений);
- структура снежного покрова (наличие прослоек льда, воды и снега, насыщенного водой);
- характер залегания снежного покрова на маршруте;
- степень покрытия снегом маршрута;
- состояние поверхности почвы под снегом (мерзлая, талая).

Результаты и обсуждение

Нами установлено, что сезонные осадки в городском округе город Уфа за 10 лет составляют 517 мм, из них весной – 18,4%, летом – 33,6%, осенью – 28,0%, зимой – 20,0%. За период с 1 сентября 2015 года по 30 апреля 2016 года

было проведено 176 наблюдений за высотой снежного покрова. Средняя высота составила 21,8 см, а максимальная высота – 46 см (данный показатель был 04.03.16). Изменение высоты снежного покрова лесных участков с октября по апрель представлено ниже в таблице 1.

Наблюдения за снежным покровом состоял из ежедневных наблюдений за изменением (динамикой) снежного покрова и периодических снегосъёмок для определения снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта (поле, лес, балки, овраги).

В результате анализа продуктивности лесов от запасов снежного покрова, выявлено усиленное произрастание сосновых насаждений. Из таблицы 1 видно, что наименьшие накопления запасов снега наблюдается с ровным рельефом местности. С увеличением температуры атмосферного воздуха (средняя от -1,1 до 4,9 °С), которая наступает ранее, чем в горной местности происходит увеличение плотности снегового покрова. Измерение толщины снега в труднодоступных местах в снегомерных постах вручную на метеостанциях Башгидромета не позволяла определить в точности запасы снегового покрова, погрешности составляли от 0,2 м до 0,31 м [4]–[6]. Авиационная гамма-съёмка показала точную толщину снежного покрова в ровных рельефах местности, а также в труднодоступных горных районах, применение этого способа подтвердило точность до мм определить толщину снега. Обработка материалов программным продуктом MapInfo 10.5 доказала достоверность плотности снегового покрова, запасов воды.

Таблица 1 – Показатели высоты снежного лесных территорий покрова за период с 1.10.15 г. по 12.04.16 г. городского округа город Уфа

Месяц	Среднее знач. снежного покрова, см	Максимальное значение снежного покрова, см	Количество наблюдений снежного покрова
Октябрь	1,7	3	9
Ноябрь	3,8	9	28
Декабрь	10,3	21	32
Январь	29,9	39	32
Февраль	41,9	45	29
Март	34,4	46	32
Апрель	2,9	13	10

Общий запас сосновых насаждений в республике составляет более 3,2 млн. м³, в том числе в смешанных лесах – 1,2 млн. м³. Наиболее продуктивными являются горные местности либо возвышенности, на которых сосредоточено 746 тыс. м³ сосновой древесины. Это подтверждается тем, что на этих высотах снеговые запасы больше и условия произрастания более благоприятны. Все это позволяет сделать вывод, что в низинах, в поймах рек, в местах с высоким уровнем грунтовых вод, на высоте менее 200 м сосновые насаждения характеризуются высокой продуктивностью.

Наиболее продуктивными являются западные и юго-восточные склоны, что объясняется более подходящими условиями для роста древостоев: более теплыми, чем северные и северо-восточные; более увлажненными, чем южные направления. Определение основных характеристик снежного покрова на элементах ландшафта производились на выбранных и закрепленных на местности снегомерных маршрутах. Маршруты должны быть характерными для окружающей местности, в нашем случае, маршруты соответствовали условиям формирования снежного покрова леса.

В лесных районах и в местности с ровным рельефом, на небольших полях, располагающихся среди лесов, выбирали полевой маршрут длиной 1000 м. Лесной маршрут прокладывали по наиболее характерным для данного района участкам леса в виде прямой длиной 500 м. Если в лесу преобладало хвойные породы деревьев, то маршрут прокладывали среди хвойных деревьев; если лиственные породы – среди лиственных. Начало лесного маршрута выбирали не ближе чем в 100 м от края леса. При малых размерах лесного участка прокладывали две линии общей протяженностью 500 м; первая начинается на расстоянии 100 м от края леса, а вторая – параллельно первой на расстоянии 25–50 м от нее в глубь леса.

После выполнения измерений, подчитывали плотность снежного (d, кг/м³) покрова и запас воды (Z, кг/м³) в нем по формулам:

$$D = m_{cp} / V, \quad (1)$$

где m_{cp} – масса снега,
V – объем (по снегомеру).

$$Z = 10 * H_{cp} * d, \quad (2)$$

где H_{cp} – средняя высота снежного покрова (м).

Учитывая, что мы не проводили измерения по определению массы и объема снега, изучили, какую плотность мог бы иметь снег в зависимости от температуры атмосферного воздуха [7]–[12]. Пушистый легкий снег, выпавший в относительно морозную погоду с температурой воздуха около -10 °С имел плотность порядка от 95 до 100 кг/м³. В конце осени и в начале зимы удельный вес снега, лежащего на горизонтальных и слабо наклонных поверхностях, обычно составлял 160±40 кг/м³. В моменты продолжительных оттепелей удельный вес снега существенно начинал расти (снег «садился» как весной), достигая иногда значений в 700 кг/м³. Именно поэтому в более теплых районах плотность снега оказалась больше, чем в холодных северных местностях. К середине зимы снег уплотнился под действием солнца, ветра и от давления верхних слоев сугробов на нижние слои. Удельный вес становился равным 280±70 кг/м³. К концу зимы под действием более интенсивного солнца и февральских ветров плотность снежного наста составило равной 380±110 кг/м³, иногда достигая 580 кг/м³. Весной перед обильным таянием удельный вес «мокрого» снега составило 750±100 кг/м³, приближаясь к плотности льда – 917 кг/м³.

Согласно вышеприведенным нами исследованиям вес снегового покрова в городском округе город Уфа в среднем составило около 500 кг/м³ (рисунок 1).

Исходя из результатов, мы рассчитали запасы воды по формуле (2), содержащейся в снежном покрове за каждый исследуемый месяц [8], [9]. Расчеты проводили по усредненным показателям высоты снежного покрова:

$$\begin{aligned} Z_o &= 10 * 0,017 * 160 = 17 \text{ кг/м}^3; \\ Z_n &= 10 * 0,038 * 170 = 64,6 \text{ кг/м}^3; \\ Z_d &= 10 * 0,103 * 200 = 206 \text{ кг/м}^3; \\ Z_y &= 10 * 0,299 * 280 = 837,2 \text{ кг/м}^3; \\ Z_\phi &= 10 * 0,419 * 400 = 1676 \text{ кг/м}^3; \\ Z_m &= 10 * 0,344 * 750 = 2505 \text{ кг/м}^3; \\ Z_a &= 10 * 0,029 * 900 = 261 \text{ кг/м}^3. \end{aligned}$$

Полученные данные систематизировали в единую таблицу 2.

Далее, используя программное обеспечение MapInfo 10.5, производили оцифровку топографической карты неизвестного масштаба, привязанная в проекции UTM WGS 84 для облегчения переноса данных с GPS.

После оцифровки картографические данные экспортировали в ArcGis для дальнейшей обработки. Первым этапом производили интерполяцию методом Натурального соседства (Natural neighbor), по результатам которой составили обзорную карту [13]–[15]. С помощью инструмента 3D Analyst построили профили маршрутов. На втором этапе, на основе полученных данных интерполяции получили карту углов наклона и экспозиции склонов. Также составили TIN-модель.

Выводы

По результатам проведенных исследований были сделаны следующие выводы: снегомерная съемка лесных участков крайне важна для исследования как геоморфологических, так и метеорологических процессов, а также определения продуктивности лесов. Температура атмосферного воздуха за период наблюдений с 1 октября 2015 года по 12 апреля 2016 года составила $-2,26^{\circ}\text{C}$, среднее значение снегового запаса на территории леса – 17,87 м, плотность снегового покрова – $408,57 \text{ кг/м}^3$ и запас воды содержащийся в снеге – $795,26 \text{ кг/м}^3$. Большая часть лесопокрытой площади в исследованиях располагалась на склонах от 1 до 3°C увеличением крутизны местности средний продуктив-

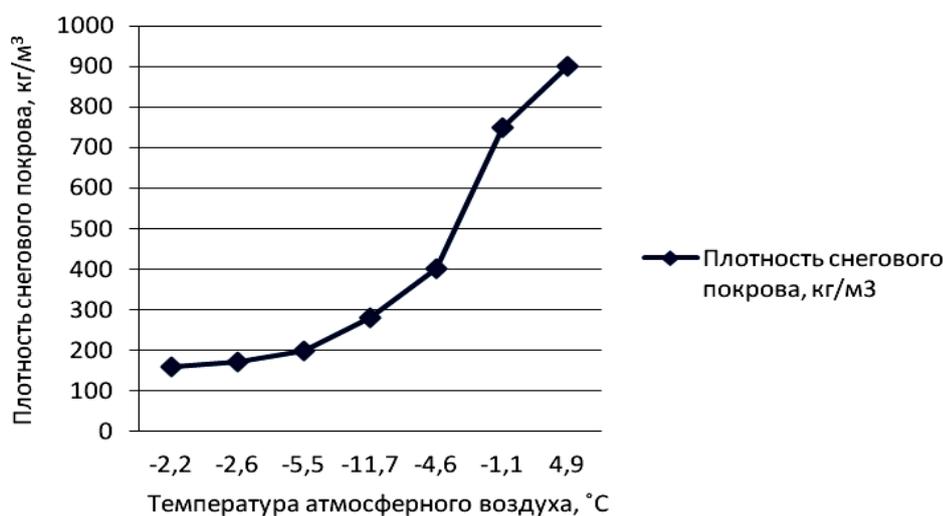


Рисунок 1 – Плотность снегового покрова на территории лесных участков

Таблица 2 – Сводная таблица по результатам полевых и камеральных работ по исследованию снежного покрова на территории лесных участков

Месяц	Температура атмосферного воздуха, °C	Среднее значение снежного покрова, м	Плотность снегового покрова, кг/м³	Запасы воды, кг/м³
Октябрь	-2,2	1,7	160	17
Ноябрь	-2,6	3,8	170	64,6
Декабрь	-5,5	10,3	200	206
Январь	-11,7	29,9	280	837,2
Февраль	-4,6	41,9	400	1676
Март	-1,1	34,4	750	2505
Апрель до 12.04	+4,9	2,9	900	261
Среднее значение	-2,26	17,84	408,57	795,26

ный запас сосновых насаждений уменьшался. Проанализировав запасы снега снежного покрова различными методиками исследований позволило осуществить мониторинг запаса, но и факторы влагонакопления и регулирования во-

дных режима. Использование ГИС-технологий значительно упрощает анализ материалов снеговой съемки, а так же помогло представить полученные данные в наиболее наглядной форме.

10.05.2017

Список литературы:

1. Молчанов, А.А. Гидрологическая роль леса / А.А. Молчанов. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 468 с.
2. Загитова, Л.Р. Особенности влияния метеорологических факторов на сток в бассейне реки Белой / Л.Р. Загитова // Межведомственный сборник материалов, посвященных Всемирному дню водных ресурсов. Отдел водных ресурсов по Республике Башкортостан Камского бассейнового водного управления. – Уфа, 2011. – С. 87–89.
3. Загитова, Л.Р. Климатические и почвенно-геоботанические условия формирования стока в бассейне р. Белой / Л.Р. Загитова // Аграрная наука в инновационном развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию Башкирского государственного аграрного университета, в рамках XXV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2015». – Башкирский государственный аграрный университет, 2015. – С. 210–214.
4. Загитова, Л.Р. Особенности загрязнения реки Зиган объектами нефтедобычи / Л.Р. Загитова, Р.Ф. Мустафин // Межведомственный сборник материалов, посвященных Всемирному дню водных ресурсов. – Уфа, 2012. – С. 63–66.
5. Калинин, Н.А. Моделирование процессов снегонакопления и снеготаяния на водосборе Воткинского водохранилища с использованием модели WRF-ARW / Н.А. Калинин, А.Н. Шихов, Е.М. Свизов // Журнал Метеорология и гидрология, Издательство: Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета». – Москва, 2015. – С. 57–68.
6. Мустафин, Р.Ф. Состояние р. Яманьелга в районе куста нефтедобывающих скважин / Р.Ф. Мустафин // Межведомственный сборник материалов, посвященный Всемирному дню водных ресурсов. – Уфа, 2013. – С. 34–36.
7. Пьянков, С.В. Исследование динамики процессов снеготаяния методами геоинформационного моделирования (на примере территории Пермского края) / С.В. Пьянков, А.Н. Шихов // Вестник Удмуртского университета, серия биология. науки о земле. – Издательство: Удмуртский государственный университет, Ижевск. – 2013. – С. 123–131.
8. Шикломанов, И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток / И.А. Шикломанов. – Л., Гидрометеиздат, 1989. – С. 334.
9. Baumgarther, A. Einfluss energetischer Faktoren auf Klima, Produktion und Wassrumsalz in bewalden Einzugsgebieten / A. Baumgarther // XV JUFRO Congress, Proceedings. – USA.
10. Flemming, G. Wald und Wasser in weltweiter Uberschau / G. Flemming // Wiss, Z. T. U.. – 17. – Dresden – 1968. – P. 16–58.
11. Leiton, L. Precipitations and Forests / Leiton L and Rodda // Proctdings of the Joint FAO/USSR. International symposium on Forest Influeces and Watershed Management. – FAOUN. USSR, Moscju. – 1970. – P. 37–48.
12. Ryzhkov, I.B. Quantitative consideration of tree-shrub vegetation in slope-stability analysis / I.B. Ryzhkov, A.A. Arslanov, R.F. Mustafin // Springer Science+Business Media New York. – 2014. – P. 145–146.
13. Indicadores biologicos da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de minas geral / M.N. Cláudia, L.G. Renato, M.S. Fátima, F.D. Alexandre // Ciênc. agrotec. – Lavras. – V. 33, n. 1/ – 2009. – P. 105–112.
14. Franco, A. Trace Elements in Soils of Urban Areas / A. Franco, B. Mattia // Water Air Soil Pollut. – 11 November. – 2009. – P. 23.
15. PGEs and other traffic-related elements in roadside soils from São Paulo, Brazil / C.P. Morcelli et al. // Science of the Total Environment. – 2005. – P. 81–91.

Сведения об авторах:

Мустафин Радик Флюсович, декан факультета природопользования и строительства Башкирского государственного аграрного университета, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, (347)2280871, e-mail: mustafin-1976@mail.ru

Хабилов Ильгиз Кавиевич, профессор кафедры почвоведения, ботаники и селекции растений факультета агротехнологий и лесного хозяйства Башкирского государственного аграрного университета, доктор биологических наук, профессор 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, (347)2785611 e-mail: Ilkhabirov@mail.ru

Султанова Рида Разябовна, профессор кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна факультета агротехнологий и лесного хозяйства, Башкирского государственного аграрного университета, доктор сельскохозяйственных наук, профессор 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, (347)2280814, e-mail: vestnik-bsau@mail.ru

Раянова Анжелика Рамисовна, аспирант второго года обучения кафедры природообустройства, строительства и гидравлики факультета природопользования и строительства Башкирского государственного аграрного университета 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, anzhelika.rayanova@mail.ru