

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

На правах рукописи

Роговский Станислав Викторович

**Водоохранная роль насаждений различных
формаций на Рудном Алтае**

Специальность 4.1.6 «Лесоведение, лесоводство, лесные культуры,
агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация»

Диссертация

на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Залесов Сергей Вениаминович

Екатеринбург – 2026

Оглавление

Введение	4
1. Проблема водных ресурсов и роль лесов ее решении	8
Выводы	27
2. Характеристика природных условий и лесного фонда района исследований	29
2.1. Местоположение района исследований	29
2.2. Климат	29
2.3. Рельеф и почвы	35
2.4. Гидрография и гидрологические условия	38
2.5. Характеристика лесного фонда КГУ «Риддерское ЛХ»	40
Выводы	49
3. Программа, методика исследований и объем выполненных работ ..	51
3.1. Программа исследований	51
3.2. Методика исследований	51
3.2.1. Методика закладки постоянных пробных площадей и мониторинговых площадок	51
3.2.2. Методика изучения динамики накопления и таяния снежного покрова	55
3.2.3. Определение температуры и влажности почвы	61
3.2.4. Изучение задержания атмосферных осадков кронами деревьев и нижними ярусами растительности	62
3.2.5. Методика изучения внутрипочвенного и поверхностного стока	63
3.3. Объем выполненных работ	66
4. Влияние насаждений различных формаций на накопление зимних и проникновение летних осадков	68
4.1. Объекты проведения исследований	68
4.2. Динамика накопления снега	72

4.3. Таяние снега в насаждениях различных формаций	83
4.4. Задержание атмосферных осадков компонентами лесного насаждения	86
Выводы	97
5. Внутрипочвенный и поверхностный сток в насаждениях различных формаций	99
5.1. Характеристика почв на объектах исследований	99
5.2. Влажность и температура почвы	104
5.3. Поверхностный и внутрипочвенный сток	109
Выводы	115
Заключение	117
Рекомендации производству	120
Библиографический список	122
Приложения	137

Введение

Актуальность темы исследований. Одной из важнейших проблем, с которой столкнулось человечество на современном этапе развития является дефицит пресной воды. При этом проблема усугубляется наблюдающимися изменениями климата в сторону аридизации, то есть повышения температуры воздуха и уменьшения количества осадков.

Большинство исследователей отмечают положительную роль лесов в выполнении многообразных водоохранно-защитных функций. Однако водоохранная и водорегулирующая роль лесов зависят от большого количества факторов, даже в одних географических условиях. Указанное свидетельствует о несомненной актуальности изучения водоохранно-защитной роли лесов различных формаций в разных регионах, в том числе и Рудном Алтае.

Степень разработанности темы исследования. Водоохранно-защитная роль лесных насаждений изучается уже на протяжении длительного времени во многих странах мира. Однако разнообразие природных условий обуславливает специфику роли лесов в накоплении и перераспределении влаги. Так, в частности, отсутствуют объективные научные данные о водоохранной роли лесов на территории Рудного Алтая, что и определило направление наших исследований.

Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель и задачи исследования. Цель работы – установление водоохранной роли насаждений различных формаций в условиях Рудного Алтая.

В соответствии с поставленной целью в процессе исследований решались следующие задачи:

1. Установить динамику формирования снежного покрова в березняке, осиннике, пихтарнике и кустарниковых зарослях.
2. Изучить влажность и температуру почвы в насаждениях различных формаций.
3. Изучить задержание атмосферных осадков кронами деревьев и нижними ярусами растительности.

4. Изучить водопроницаемость почв в насаждениях различных формаций.

Научная новизна работа. Впервые в условиях Рудного Алтая исследована динамика формирования снежного покрова, влажности и температуры почвы в разное время года, задержания атмосферных осадков кронами деревьев, а также подростом, подлеском и живым напочвенным покровом; проанализирован внутрипочвенный сток в березовых, осиновых, пихтовых насаждениях и в кустарниковых зарослях.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные расширяют современные знания о водоохранной роли насаждений различных формаций. Материалы исследований о динамике снежного покрова, температуре и влажности почвы, задержании атмосферных осадков кронами деревьев и нижними ярусами растительности, а также о внутрипочвенном стоке в насаждениях березы, осины, пихты и кустарниковых зарослях могут стать базовой основой при планировании и проведении лесоводственных мероприятий, организации охраны лесов от пожаров и охотничьего хозяйства, а также мероприятий по предотвращению эрозии почвы.

Результаты исследований используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению 35.03.01 и 35.04.01 «Лесное дело» (имеется справка о внедрении).

Методология и методы исследований. В основу исследований положен метод постоянных пробных площадей (ППП). PPP закладывались с учетом требований ОСТ-56-69-83 и методических рекомендаций (Бунькова и др., 2020; Данчева и др., 2023). В ходе проведения исследований использовались апробированные методики, применяемые в лесоведении, лесной таксации, гидрометеорологии.

Положения, выносимые на защиту:

- сравнение динамики накопления и таяния снега в березняке, осиннике, пихтарнике и кустарниковых зарослях;

- данные о задержании атмосферных осадков кронами деревьев и нижними ярусами растительности в насаждениях различных формаций;
- сравнительные данные о влажности и температуре почвы в насаждениях различных формаций;
- предложения по повышению водоохранной роли насаждений на Рудном Алтае.

Соответствие паспорту научной специальности. Содержание диссертации соответствует пункту 7 паспорта научной специальности 4.1.6 «Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация»: влияние леса на почвенно-климатические факторы и урожайность сельскохозяйственных культур, его водоохранное, водорегулирующее, почвозащитное, почвообразующее, рекреационное значение, разработка санитарно-гигиеническое и мероприятий по усилению средообразующей и экостабилизирующей роли лесов

Степень достоверности и апробация результатов. Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждается значительным объемом собранных и обработанных с использованием апробированных методик результатов, а также длительным периодом проведения исследований.

Основные положения и материалы исследований докладывались и обсуждались на IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2018); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 70-летию В.П. Бессчетнова (Н. Новгород, 2022); VIII Международной научно-технической конференции студентов, магистров и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана (Оскемен, 2022); XXIV Международной научно-технической интернет-конференции «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития» (Брянск, 2024); Всероссийской научной конференции с международным участием «Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Во-

стока» (Хабаровск, 2024); XVI Международной научно-технической конференции «Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий» (Екатеринбург, 2025).

Основные результаты исследований ежегодно заслушивались на заседании Ученого совета КазНИИЛХА им. А.Н. Букейхана (Щучинск, РК, 2021-2025).

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследования, планировании и выполнении полевых работ, создании опытных объектов, сборе, анализе и интерпретации полученных данных; обобщении полученных результатов, подготовке материалов для опубликования в научных изданиях, написании диссертации и автореферата.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 13 печатных работах, в том числе 4 публикациях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и приложений. Список использованной литературы включает 155 наименований, в том числе 20 на иностранных языках. Текст изложен на 141 странице и проиллюстрирован 16 таблицами и 31 рисунком.

1. Проблема водных ресурсов и роль лесов в ее решении

Важнейшей ценностью на нашей планете является вода. Неслучайно французский ученый биолог Дюбуа-Раймон отмечал, что «живой организм есть одушевленная вода» (Хайретдинов, Залесов, 2011). Содержание воды в живых организмах, за исключением спор и семян, варьируется по массе от 66 до 99 %. Другими словами, вода необходима всем живым организмам, включая человека.

Ежегодная потребность в чистой пресной воде возрастает, что связано не только с ростом населения, но и с развитием промышленности. Так, для производства 1 тонны хлопчатобумажной ткани требуется 6, стали – 18, сахара – 600, алюминия – 1500, синтетического каучука 3000 м³ воды. Огромное количество воды потребляют крупные города. Так, ежегодное потребление воды только г. Москва превышает 7,5 млн м³.

Вода необходима для орошения полей, особенно с учетом наблюдающейся аридизации климата. При этом уже в настоящее время многие регионы планеты испытывают резкий дефицит пресной воды. Тщательная инвентаризация водных объектов, то есть рек, озер, подземных и снежноледниковых ресурсов, выполненная в ходе Международного гидрологического десятилетия показала, что запасы пресной воды составляют лишь 2,5 % от общих водных запасов. При этом лишь 1,0 % пресной воды на нашей планете находится в жидком виде.

Особо следует отметить, что абсолютное большинство маленьких речек, ручейков, родников, ключей зарождается среди лесов и поддерживается ими. Именно леса играют главенствующую роль как накопители, хранители и регуляторы влаги.

Леса не только минимизируют поверхностный сток, переводя его во внутрипочвенный, обеспечивая тем самым круглогодичную водность рек, но и очищает воду от вредных примесей. По данным ряда ученых вода, стекающая с поверхности полей и не проходящая через лесные насаждения, имеет в

1 литре 920 кишечных палочек (снеговая вода – 280), а в воде после прохождения участка лесных культур сосны количество кишечных палочек сокращается в 51 раз.

Основной источник влаги – это осадки. По физическому состоянию осадки подразделяются на жидкие и твердые. По форме выпадения на метеоритные (вертикальные) и конденсационные (горизонтальные). Весь перечень осадков можно распределить на следующие виды: дождь, снег, крупа, град, изморозь, иней, ожеледь, туман, конденсационные пары и роса. Распределение осадков по видам во многом зависит от географического положения, рельефа местности, сезона года и других факторов. Так, по данным В.В. Протопопова (1975), в Западных Саянах в августе-сентябре количество росы составляет на открытом месте 32,3 мм, а под пологом темнохвойного насаждения – 2,4 мм. При этом в темнохвойных горных лесах Среднего Урала количество росы за вегетационный период на вырубке не превышает 15 мм, а под пологом насаждений – 5 мм.

В горных условиях деревья как бы «прочесывают» облака, формируя на кроне и стволах водный налет, получивший название «наморось» (Заморский, 1955). По данным Н.Н. Шевелева (1981) «наморось» в темнохвойных горных насаждениях Среднего Урала составляет 10-50 мм.

Леса выполняют водоохранно-защитную роль. Указанный термин включает водоохранные, водорегулирующие и почвозащитные функции леса, которые проявляются вместе и определяют сохранение и увеличение годового объема стока рек; очищение воды от вредных и других веществ и микроорганизмов; ослабление колебаний в подъеме воды в реках при таянии снега и дождях; предотвращение обсеменения водоемов в меженьный период; перевод поверхностного стока во внутрипочвенный и в связи с этим предотвращение или ослабление паводков, водной эрозии почв, селей, лавин, заиления водоемов (Луганский, Залесов, 1997).

К водоохранно-защитным относятся берегозащитные леса. Их иногда разделяют на пойменные, склоновые и по коренному берегу. Берегозащитные

леса ослабляют эрозию берега, аккумулируют речные наносы, препятствуют заилению русла и образованию перекатов. Кроме того, они поддерживают чистоту воды и предотвращают поверхностный сток загрязненной воды с полей. Лес в поймах рек укрепляет выпуклый берег и аккумулирует речные наносы на вогнутом берегу. В поймах должны произрастать устойчивые к затоплению древесные породы (ивы, осокорь, ольха серая и черная). Пойменный лес во время половодья выполняет кольматирующую роль, т.е. является своеобразным фильтром. Для такой роли лучше всего подходит редкостойный лес с густым кустарниковым подлеском.

На склонах коренного берега и у бровки лес предотвращает оползни и осыпи, скрепляя почву корнями, предохраняет ее от эрозии. Чтобы берег не разрушался при ветре и раскачивании деревьев, насаждения должны располагаться не у самой бровки, а на некотором расстоянии от нее. Для водопоглощающих полос наиболее подходят древесные породы с глубокой корневой системой (сосна, лиственница, пихта). Ширина таких полос, в зависимости от уклона местности и механического состава почвы, составляет 30-300 м.

Водоохранной функцией считается (Лесное хозяйство ..., 2002) способность леса сохранять или увеличивать водные ресурсы, прежде всего, размер годового стока в реках благодаря инфильтрации воды; регулирование водного режима рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, защита берегов рек и других водоемов от эрозии, создание благоприятных условий для нереста ценных промысловых рыб. Есть мнение о том, что положительное влияние леса на водные ресурсы территории, их сохранение и увеличение, проявляется исключительно благодаря водорегулирующей роли леса – его регулирующему влиянию на все составляющие водного баланса. Водорегулирующая роль леса заключается в увеличении равномерности поступления воды в реки, в уменьшении модуля стока (отношения максимального стока к среднегодовому) вследствие усиленного снегонакопления, затянутого снеготаяния и замедленного внутрипочвенного стока вместо быстрого поверхностного (Рутковский, 1956; Данилик, 1973; Протопопов, 1975; Горбатенко, 1979; Лебедев, 1982; Руб-

цов и др., 1986; Berris, Hart, 1987; Онучин, 2001, 2015; Буренина и др., 2002; Онучин и др., 2007; Onuchin, Burenina, 2008, 2010; Шмакин и др., 2009; Шмакин, 2010; Быков, Попов, 2011; Brun et al., 2013; Булыгина и др., 2017; Попов и др., 2018). Равномерность стока, ослабление паводков сказывается на чистоте воды, судоходстве, рыбном хозяйстве, энергетике.

Увеличение лесистости территории приводит к увеличению водности рек (Рахманов, 1970, 1971, 1984, 1986; Циганок, 1973; Побединский, 1979; Идзон, 1980; Семериков, 1989; Чурагулов, 1999).

Одной из причин повышенного стока в реки в более лесистом бассейне считается равномерность поступления в них воды. Нормы лесистости устанавливаются с учетом водоохранной, водорегулирующей и противоэрозионной функций леса. Оптимальная лесистость составляет, в среднем, около 50 %. Но если учитывать рельеф, водопроницаемость почвы, заболоченность бассейна и другие естественные факторы, а также экономические аспекты (уровень сельского хозяйства, развитие деревообрабатывающих отраслей хозяйства и др.), то в лесостепи оптимальной следует считать лесистость 15-25 %, в Нечерноземье – около 50, в северной тайге – 80-90 % (Молчанов, 1973; Мелехов, 1977; Муратов, 1981; Олейник и др., 1986; Никитин, Рыбакова, 1990; Луганский и др., 2010).

Выполнение лесом водоохранной и водорегулирующей функций зависит от состава древостоя (Воейков, 1889; Блинцов и др., 1987; Данилов, 1992; Онучин, 2015; Булыгина и др., 2017). В спелых таежных лесах лучшим образом эти функции выполняют ельники с участием сосны и березы, южнее – дубовые и липовые сосняки и елово-широколиственные насаждения.

Лес иногда выступает и как иссушающий фактор. Но это может иметь место лишь в южных районах, в тех случаях, когда разность валовых расходов влаги на испарение и транспирацию между лесом и полем превышает разность ее поглощения почвой на этих территориях.

Большое влияние на речной сток оказывают состав и возраст древостоя и условия местопроизрастания, в первую очередь, механический состав и

водно-воздушный режим почвы. Максимальный сток наблюдается на суходольных участках спелых сосняков, несколько уменьшенный – в ельниках II–III классов бонитета. Наименьший сток характерен для спелых мелколиственных древостоев и, особенно, для сосняков на заболоченных и переувлажненных площадях, а также для молодняков. Для сохранения водоохраных и водорегулирующих свойств леса нужно стремиться к равномерному распределению насаждений по группам возраста в пределах не только региона, но и отдельных бассейнов рек.

Водоохранной считают и водоочистительную роль леса. Лесной массив полезащитной полосы уменьшает концентрацию биогенных элементов, вымываемых из удобрений, очищает воду от загрязнителей, разбавляет ее маломинерализованной снеговой водой из леса (Китредж, 1951; Хайретдинов, Залесов, 2011).

Дж. Китредж (1951) отмечает, что еще в 1215 г. Людовик VI во Франции опубликовал «Декрет о водах и лесах», тут же автор пишет о защитных функциях лесов: «еще в 1342 г. в Швейцарии общины выделили первый «заповедник» («ban»), или защитный лес для борьбы с лавинами». Из этого следует, что даже в те далекие времена была признана тесная взаимосвязь между лесами и водами и их защитная функция. Между тем, в некоторых публикациях уверенно заявляется, что вопросы гидрологических и защитных функций лесов решены, в других наоборот. Дискуссия продолжается до настоящего времени. Современный период научного исследования и защиты идей о влиянии леса на климат, почвы и воду начался в Европе.

В Средней Азии в 1909 году были получены первые гидрологические материалы (Кузник и др., 1978). После революции гидрология и гидрометрия начали развиваться очень быстрыми темпами и непрерывно это продолжается в настоящее время.

Все лесогидрологические исследования условно подразделяются на несколько взаимосвязанных направлений. К ним относятся изучение отдельных звеньев влагооборота, особенностей выпадения и перехвата атмосферных

осадков, расхода воды на транспирацию, формирование стока и т.д., водорегулирующих, водоохранно-защитных, противозэрозионных функций. Осадки служат основным источником воды на земной поверхности. Благодаря им происходит пополнение рек за счет поверхностного и внутрипочвенного стока. Известно, что гидрологический процесс в природе находится в тесной связи с климатическими и метеорологическими условиями местности. Внимание гидрологов и климатологов давно привлекал вопрос о влиянии леса на атмосферные осадки. В последние годы детально изучался гидрологический режим и элементы климата на различного рода лесогидрологических воднобалансовых станциях и опытных участках. Что же касается горных условий, то здесь гидрологические и климатические исследования получили свое развитие, только начиная с 50-х годов прошлого века, прежде всего из-за труднодоступности гор, особенно в зимних условиях.

В Казахстане исследования водоохранно-защитной роли лесов начались в период с 1966-1970 гг. Были проведены некоторые работы в сосновых лесах Казахского мелкосопочника и пихтовых горных лесах Алтая, закончившиеся без приемлемых практических рекомендаций. В 1971-1975 гг. изучалась полевая защитная роль березовых лесов Северного Казахстана в связи с рубками. В островных и ленточных борах в то время исследования не проводились. Были проведены лишь исследования по наблюдениям за влажностью почвы на участках мест рубок в сосняках Казахского мелкосопочника, начиная с 1960 г., в ленточных борах – с 1976 г., в пихтовых лесах Рудного Алтая с 1960 г. Проведенные исследования не позволяют достаточно полно раскрыть данную тему. Необходимо проведение исследований в более широком плане и большей глубины проработки с охватом насаждений различных по составу, возрасту, полноте, условиям местопроизрастания.

Издано много научных работ, посвященных гидроклиматическим свойствам леса. Зачастую различные авторы доказывают, что лес способствует увеличению количества атмосферных осадков, но высказываются и прямо противоположные взгляды. Один из первых выводов о положительном влиянии ле-

сов на осадки получен на примере Бузулукского бора. Этот крупный лесной массив около 100 тыс. га, как отмечает в своей работе Е.П. Кнорре (1932), наиболее удачный объект для подобных исследований. Так, А.И. Воейков (см. Молчанов, 1960) на основании своих наблюдений, проведенных в бывшей Воронежской губернии, сделал вывод, что в лесу осадков выпадает больше, чем в поле, а максимальное количество их - на небольших полянах в лиственном лесу (Кнорре, 1932).

С.А. Денисов (2008) в своих работах отмечает, что влияние леса на общее количество вод на занимаемой лесом и прилегающих к нему территориях, в разных странах противоположны. Так, в России и странах ближнего зарубежья признание получила точка зрения на лес, как на водоохраный фактор, здесь считается необходимым для увеличения водных ресурсов сохранять и увеличивать площадь лесов. В Великобритании и США господствует противоположная точка зрения. Автором освещаются такие факторы, как влияние леса на выпадение осадков, которые в конечном итоге играют немаловажную роль в гидрологическом режиме. Так, горные и равнинные леса значительно различаются по количеству поступающих вертикальных и горизонтальных осадков. Вертикальные осадки (дождь, снег, град) составляют 94...95 % от общего годовичного поступления осадков в равнинных условиях, а в горных преобладают горизонтальные (конденсационные – роса, туман, ожеледь, иней) количество которых достигает 84 %. В целом, годовая сумма осадков на равнинной территории России возрастает под влиянием лесов (как фактора шероховатости) на 10...12 %. Конденсационные осадки дают еще 5 %. Следовательно, общее количество осадков возрастает благодаря лесам на 14...17 %. Рассматривая фактор задержания осадков лесным пологом, что является довольно существенным явлением в распределении водного потенциала, С.А. Денисов констатирует, что этот процесс является отрицательным с точки зрения поступления воды на территорию. До почв, свободных от какой бы то ни было растительности доходит больше влаги, однако оголенные почвы, особенно

темноцветные, за счет быстрого нагревания способствуют и большему испарению влаги, чем со смоченной поверхности листвы растительности. Существует мнение, что хвойные насаждения Европы задерживают своим пологом в среднем до 30 % выпадающих осадков. На эту величину в значительной степени влияют: 1) свойства крон видов, слагающих насаждение; 2) возраст древостоя; 3) степень сомкнутости крон; 4) интенсивность выпадающих осадков; 5) сила ветра во время выпадения осадков; 6) морфология коры, по которой стекает вода. Так, листопадные породы пропускают за год под полог осадков больше за счет накопления снега (березняки – 24 %, дубняки – 22 %). Из хвойных древостоев менее всего пропускают осадки пихтарники и ельники: 37-46 %, сосняки – 24-27 % (Луганский и др., 2010).

Оценивая роль леса в предотвращении эрозии почвы и регулировании стока рек, нельзя не согласиться с необходимостью соблюдения при ведении лесного хозяйства двух правил (Бауэр, Вайничке, 1971; Белов, 1983):

1. Каждая капля воды должна стекать не быстрее, а медленнее чем обычно;
2. Потоки, ручьи и реки должны нести, насколько это достижимо, всегда одинаковое количество воды.

Авторы отмечают, что несоблюдение этих правил – не ошибка, а преступление.

Н.А. Воронков (1988) считал наиболее важным изучение отдельных статей влагооборота, как перехват осадков кронами деревьев, динамика запасов почвенной и грунтовой влаги, режим и величины поверхностного стока, инфильтрационные свойства почвы и т.п., при условии экологического анализа полученных данных на фоне динамики и степени влагообеспеченности растений, мощности зоны ризосферы, и других факторов. Влагообеспеченность следует рассматривать в числе важных факторов оценки гидрологической роли биогеоценозов.

А.А. Онучин (2001), говоря о гидрологической роли бореальных и других лесов отмечает, что процессы влагооборота во многом обусловлены фазовым состоянием и физическими свойствами воды. В теплый период года, когда вода находится преимущественно в жидком и газообразном состоянии, в приземном слое преобладает вертикальная составляющая потоков влаги. В это время в активный влагооборот (физическое испарение, транспирация, сток) вовлечены все компоненты наземных экосистем, включая почву. Интенсивность и направленность потоков влаги в летний период определяются параметрами почвенно-растительного комплекса, запасами фитомассы растений, в том числе транспирирующей массой хвои и листвы. Соотношение между испарением и стоком в теплый период года в большей мере определяется продуктивностью угодий и в меньшей – характером растительности. Исследования в лесах умеренного и тропического пояса также свидетельствуют о росте эвакотранспирации с повышением продуктивности растительного покрова. Причем, как правило, суммарное испарение в сомкнутых вечнозеленых лесах всегда выше, а сток ниже, чем на открытых участках, включая сельхозугодья (что подтверждает концепцию всеобщей иссушающей роли лесов).

В холодный период года, когда атмосферные осадки надолго консервируются в виде снежного покрова, а транспирация прекращается, активный влагооборот имеет место преимущественно над земной поверхностью. Важнейшими составляющими потоков снеговой влаги и водного баланса в зимний период являются перехват твердых атмосферных осадков пологом леса, испарение с поверхности снежного покрова, горизонтальное перераспределение снега посредством ветрового переноса и испарение снега во время метелей. Зимой интенсивность и направленность потоков влаги не связаны с продуктивностью растительного покрова, а определяются преимущественно характером растительности (лес, безлесное пространство) и условиями окружающей среды.

Влияние леса на увеличение количества осадков в основном связывают с горизонтальным их перехватом и перераспределением. Горизонтальным перехватом называют следующее явление: в холодных и влажных поясах гор, где часты туманы и облака касаются поверхности земли, лес как бы «вычесывает» облака, образуя конденсат из парообразной влаги на ветвях, листьях, хвое, стволах в виде росы или измороси. Его можно заметить и в лесах, произрастающих на равнине. Елово-лиственные леса в Подмосковье дают величину конденсационных осадков в среднем значении 25-35 мм/год. Максимальных величин подобный вид влаги достигает в горной местности. Например, в определенные дни на лесных горных вершинах Баварии (Германия) величины осадков горизонтального перехвата может быть соизмеримы с показателями обычных дождевых осадков (Дюнин, 1961; Иверонова, 1961; Golding, Swanson, 1978; Корытный, 1980; Онучин, 1987; Буренина и др., 2002).

Происходящие процессы перераспределения осадков связаны с их твердой формой – снегом. Именно снежный покров определяет многие физиологические процессы в лесных экосистемах, включая предотвращение глубокого промерзания почвы, экологические и гидрологические процессы (Solantie, 1993; Kellomäli et al., 2010; Быков, Попов, 2011). Ветровая турбулентия в лесном массиве способствует попаданию большей части падающего и переносимого ветром снега в кроны деревьев, а также и в межкронное пространство, это приводит к повышенному снегоотложению внутри леса в сравнении с отложением его на незащищенных ничем территориях, где практически нет препятствий для переноса снега ветром. Наилучшими снегонакопительными свойствами характеризуется древостой, где кроны деревьев не образуют сплошного полога, препятствующего падению снега на землю. Это характерно для лиственных насаждений, а также любых древостоев с большим количеством прогалин в древесном пологе.

Характер накопления и таяния снега в лесу зависит от многих факторов даже при одинаковых природно-географических условиях. В частности, от

экспозиции склона, типа леса, таксационных показателей древостоя (Рутковский, 1940, 1948, 1949; Рихтер, 1948; Костюкевич, 1952; Горчаковский, 1953; Шебалов, 1956; Смолоногов, 1963; Исаев, 1970; Побединский, 1971, 1975, 1979; Мельчанов, 1973; Шевелев, 1975, 1976, 1977; 1981; Луганский, Макаренко, 1975, 1976; Рубцов, 1986; Толкач, 2015; Толкач и др., 2019, 2024; Толкач, Залесов, 2020; Белов и др., 2021; Калачев и др., 2023; Осипенко и др., 2024; Тропина и др., 2024).

Ряд ученых отмечает, что на отложение снега оказывают влияние, прежде всего, задержание части снега кронами деревьев и снижение скорости ветра в лесу (Vajda et al., 2006; Zubizarreta - Gerendain et al., 2012; Сосновский и др., 2018). Хвойные насаждения обладают лучшими водорегулирующими функциями по сравнению с мягколиственными (Гидрологическая роль ..., 1989; Vajda et al., 2006; Сосновский и др., 2018). При этом лиственные насаждения потребляют больше воды, чем хвойные, особенно в 30–50-летнем возрасте (Братцев, 1982; Крестовский, 1986).

По данным Г.Р. Эйтингена (1939) запасы воды в снеговом покрове в зависимости от насаждения распределяются следующим образом: еловые насаждения – 77,9; сосновые – 99,4; березовые насаждения – 120,9; лесные поляны – 131,0; поле – 107,4 мм.

Снежный покров – один из основных показателей, характеризующих водорегулирующую функцию лесных насаждений.

Снежный покров имеет особенность удерживать в себе значительное количество воды, которая, наряду с другими осадками, способствует формированию весеннего стока. Понимание особенностей его распределения представляет не только научный, но и практический интерес. Данный вопрос широко освещен в работах ученых-гидрологов ближнего и дальнего зарубежья (Лебедев, 1982; Онучин, 2001; Буренина и др., 2002; Онучин и др., 2007; Onuchin, Burenina, 2008, 2010; Шмакин и др., 2009; Шмакин, 2010; Быков, Попов, 2011; Руководство ..., 2011; Brun et al., 2013; Попова и др., 2018).

Наблюдения за снежным покровом состоят из ежедневных наблюдений за изменением (динамикой) снежного покрова и периодических снегосъемок для определения снегонакопления и запаса воды на элементах природного ландшафта. Кроме того, с самыми разнообразными целями могут проводиться специальные снегомерные съемки (Ходжаева, 2013).

На территории Российской Федерации для оценки и прогнозирования объемов весеннего стока используется сеть маршрутной снегомерной съемки Росгидромета, которая с 1966 г. проводит регулярные измерения толщины, плотности и водного эквивалента снега (ВЭС) в речных бассейнах. К сожалению, по ряду объективных и субъективных причин, наблюдаемые многолетние ряды характеристик снежного покрова нередко имеют разную длину, пропуски и прочие нарушения, что снижает их научную ценность для моделирования.

Определение водопроницаемости или водопоглощения можно проводить различными методами. Наиболее простой и легко осуществимый в горных условиях метод трубок, разработанный и описанный А.М. Бурькиным (1956). Положительной стороной этого метода является то, что он менее громоздок, может быть использован на крутых склонах и не требует большого количества воды. Отрицательной стороной этого метода является малая площадь орошения и большое давление столба воды в трубках.

Безусловно, вырубка лесов существенно влияет на поверхностный сток, оказываясь одной из причин обмеления рек. Северные реки, имеющие преимущественно снеговое питание, особенно зависят от изменения снежного покрова. Хвойные леса характеризуются наиболее оптимальными водорегулирующими функциями, в сравнении с лиственными насаждениями. После рубки древостоев поверхностный сток резко повышается. Постепенное зарастание вырубки лиственными молодняками в результате вторичной сукцессии не в состоянии восстановить прежний сток воды, так как водорегулирующая способность леса восстанавливается лишь через 20-30 лет. Снежный покров составляет значительную часть годовых осадков. На долю снега приходится в

среднем 24 %, а в отдельные годы – до 42 % годовых осадков. В южных районах участие снега в годовых осадках уменьшается, и тем важнее там сохранять зимние осадки для успешного развития полевых культур. На открытых местах в лесу (на полянах, вырубках, не сомкнувшихся лесных культурах) запас снеговой воды к концу зимы является наибольшим и превышает такой запас в полях. Главное значение в отложении снежного покрова под пологом леса и на прилегающих к лесу территориях имеет состав и форма насаждения. В березняках отлагается в среднем 91 % от слоя снеговой воды на открытых местах в лесу, в сосняках 74 % и меньше всего в ельниках – 55 %. В отдельные годы отклонения от этих средних величин достигают значительных размеров, причём за ряд лет березняки характеризуются самым устойчивым, а ельники, наоборот, весьма изменчивым снегонакоплением. Примесь лиственных пород в хвойных насаждениях увеличивает количество, отлагающегося под их пологом, снега. Рубки ухода за лесом, направленные на формирование смешанных многоярусных насаждений, повышают запас снеговой воды в лесу. В следствие того, что формирование снежного покрова определяется множеством факторов, его распределение характеризуется большей мозаичностью, чем пространственное распределение осадков в целом. На полях, вследствие действия ветра, плотность снега больше, чем в лесу. Плотность снежного покрова изменяется по годам. В незащищённых полях в зимний период значительное количество снеговой воды расходуется на усиленное испарение снега под действием ветров и при оттепелях. Наряду с этим, ветер сдувает снег с открытых территорий, перемещая его в понижения – овраги, лощины, балки, и снег накапливается вдоль живых изгородей, лесных полос и лесных опушек (Мустафин, 2017).

Исследования, проведенные в различных географических условиях, свидетельствуют о том, что перехват снега пологом леса зависит от сомкнутости крон, состава насаждений, возраста древостоев, времени пребывания атмосферных осадков на кронах деревьев, ветрового режима, температуры и коли-

чества выпавших атмосферных осадков. Выявлено, что с увеличением сомкнутости и возраста насаждений, а также с ростом доли хвойных увеличивается перехват атмосферных осадков пологом леса и снижается коэффициент снегонакопления. При этом продолжительность пребывания снега в лесном пологе и повышение температуры также приводят к увеличению испарения снега с крон деревьев, в то время как с увеличением количества выпавшего снега доля перехваченных пологом атмосферных осадков снижается. Значение ветра неоднозначно. В морозную погоду под действием ветра сухой снег быстро осыпается с крон, что приводит к пополнению снеготопливных запасов под пологом леса и снижению испарения с крон деревьев. В условиях мягких и теплых зим влажный снег долго сохраняется в кронах, а умеренная скорость ветра способствует лучшему его испарению.

Таким образом, в теплом климате, где продуктивность лесов выше, зимой лес по сравнению с безлесными угодьями работает как лучший испаритель. Это обусловлено двумя основными причинами: во-первых, снижением непродуктивного испарения снеговой влаги на открытых участках, так как плотный и влажный снег не подвержен ветровому переносу, во время которого испарение растет по экспоненте с увеличением скорости ветра, во-вторых, с повышением температуры воздуха возрастает перехват снега пологом леса. Эффект увеличения перехвата снега пологом с увеличением температуры обусловлен изменением физических свойств снега – увеличением его пластичности и способности к слипанию частиц снега как друг с другом, так и с кронами деревьев. В холодном климате, где, как правило, продуцируют низкополнотные древостои, лес, наоборот, накапливает снеговую влагу. Такой эффект обусловлен относительно небольшим зимним испарением в северных редколесьях по сравнению с безлесными территориями. В лесах, произрастающих в холодном климате, зимнее испарение невелико, поскольку с понижением температуры воздуха и снижением полноты древостоев снижается и перехват твердых атмосферных осадков пологом леса. В то же время на открытых участках в условиях суровых зим с увеличением скорости ветра испарение

возрастает гораздо сильнее, чем в условиях мягких зим. Подтверждением этому служат результаты активных экспериментов, проведенных в аэродинамической трубе.

Различия в интенсивности испарения снега в зависимости от скорости ветра в условиях суровых и мягких зим служат причиной того, что при одинаковом количестве твердых атмосферных осадков к моменту снеготаяния на открытых участках в условиях суровых зим по сравнению с мягкими снега сохраняется меньше. Увеличение интенсивности испарения снега в условиях суровых зим связано с активизацией метелей, во время которых сухой мелкий снег поднимается в воздух и площадь испаряющей поверхности снега увеличивается в десятки и сотни раз, соответственно возрастает и интенсивность испарения снеговой влаги. Таким образом, в условиях суровых зим на фоне активной ветровой деятельности леса аккумулируют больше снега, чем безлесные территории, тогда как в условиях мягких зим, наоборот, лесным пологом перехватывается большое количество твердых атмосферных осадков, которые в отсутствие метелей хорошо сохраняются на открытых участках. Это и служит объяснением противоречий, существующих в оценке гидрологической роли лесов различных географических регионов.

В таежных условиях, несмотря на перехват части осадков кронами деревьев, в насаждениях к началу снеготаяния накапливается больше снега, чем на открытых пространствах (вырубки, болота, сельскохозяйственные поля) (Данилик, 1975; Побединский, 1979; Клинцов, 1986 а, б; Прокопьев, 1990; Водорегулирующая роль ..., 1990). Особенно много снега накапливается на полянах и прогалинах, где снег не сдувается ветром и не задерживается кронами, а также на узких вырубках, которые по причине накопленного снега могут служить противопожарными барьерами в ранневесенний период (Залесов, 1998).

Существенное влияние лесные насаждения оказывают и на период снеготаяния (Побединский, 1976; Водорегулирующая роль ..., 1990; Луганский и др., 2010). По данным кафедры лесоводства (Луганский и др., 2010) продолжительность таяния снега на Среднем Урале составляет в еловых насаждениях

34-40, на полянах среди еловых насаждений 13-18, в сосновых насаждениях 14-28, в лиственных насаждениях 25-38, на полянах среди лиственных насаждений 13-18 и на сельскохозяйственных угодьях 12 дней.

В целом можно говорить о формировании географически детерминированной концепции гидрологической роли лесов, рассматривающей механизмы влагооборота, обуславливающие различный гидрологический эффект в зависимости от геофизического фона. Непременным условием практической реализации этой концепции является наполнение понятий «лес» и «безлесное пространство» не только ландшафтным содержанием, но и количественной оценкой. Включение в глобальные гидрологические модели частных моделей влагооборота в комплексе с данными о динамике растительного покрова позволит получать состоятельные пространственно распределенные оценки структуры водного баланса на больших территориях. Очевидно, для этого потребуются данные дистанционного зондирования земной поверхности и использование ГИС-технологий. При этом необходимо принимать во внимание проблемы пространственно-временного масштабирования, мозаичность лесного покрова и др. Такой подход позволит получать прогнозные оценки изменения гидрологического режима территорий в связи с глобальными климатическими изменениями, характером использования земель и может рассматриваться как инструмент экосистемного природопользования, включая и лесопользование (Онучин и др., 2008; Онучин, 2015).

Ю. Паутов и А. Боровлёв (2020) утверждают, что экспериментальные исследования влияния рубок на гидрологический режим лесных территорий обычно охватывают небольшой период – редко более 10 лет, что вполне объяснимо трудоемкостью и значительной стоимостью таких исследований в лесных стационарах. Однако последствия рубок продолжают воздействовать на гидрологические параметры водотоков и ландшафтов гораздо дольше – 40 лет и более, в зависимости от скорости лесовосстановительных процессов на вырубках и от состава и продуктивности формирующихся вторичных древостоев.

Имеются данные исследований Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (Forest ..., 2018). База данных водного счета Агентства (UNECE) содержит 287 суббассейнов, в которых расположено более 65 000 водосборов; эти суббассейны и водосборы были отобраны для оценки того, как лесной покров и его тип влияют на количество воды, удерживаемой лесными экосистемами. Леса сохраняют относительно большое количество воды, которая обычно менее загрязнена из-за естественных процессов очистки и ограниченного использования пестицидов и удобрений в лесных районах. Анализ показал, что в покрытых лесом водных суббассейнах с лесным покровом более 30 % сохраняется на 25 % больше воды, чем в суббассейнах с более низким лесным покровом. В суббассейнах, где лесной покров составляет 70 %, удержание воды на 50 % больше, чем в суббассейнах, где лесной покров составляет всего 10 %. Исследование UNECE показало, что тип леса влияет на степень удержания воды, например, хвойные леса удерживают на 10% больше воды, чем широколиственные или смешанные леса, из-за более высокого удержания воды пологом.

Значение мониторинга и оценки изменчивости снегозапасов в речных бассейнах трудно переоценить, учитывая их практическую значимость и наблюдаемые в последние десятилетия климатические изменения. Резкий подъём речного стока в период снеготаяния, определяющего его годовые аномалии, ставит задачу прогноза весеннего стока в целях предотвращения негативных последствий аномального подъёма воды и учёта водообеспеченности, необходимого для развития и экологической безопасности крупных регионов (Попова и др., 2021).

В настоящее время основной источник информации о снежном покрове – данные метеорологических наблюдений и полученные на их основе сеточные архивы. По мнению ученых (Khan et al., 2008; Turkov et al., 2017), реанализы и данные спутниковых измерений пока не дают удовлетворительных результатов, особенно при оценках многолетних тенденций (Попова и др.,

2021). Исключение представляют собой спутниковые данные, ассимилированные с реанализом и наземными измерениями (Калашникова, Гафуров, 2017).

Например, в Российской Федерации для оценки и прогнозирования объёмов весеннего стока используется сеть снегомерной маршрутной съёмки Росгидромета (<http://meteo.ru/data/166-snow-surveys#описание-массива-данных>), которая с 1966 г. проводит регулярные измерения толщины, плотности и водного эквивалента снега (ВЭС) в речных бассейнах. Однако наблюдаемые многолетние ряды характеристик снежного покрова нередко имеют разную длину, пропуски и прочие нарушения в наблюдениях, которые требуют восстановления непрерывности и однородности ряда. Поэтому важными моментами таких исследований являются одинаковые климатические условия, состав насаждений и определенный период их проведения.

По мнению В.С. Макарова с соавторами (Макаров и др., 2014), определенный состав насаждения играет различную роль при характеристике толщины снежного покрова: в еловых и кедровых насаждениях она меньше в 0,76 раз, чем в пихтовых и на гари. Уменьшение плотности в 0,9 раз наблюдается в еловых насаждениях по сравнению с другими. Этому способствует многообразие экологических, орографических, климатических, почвенных и многих других факторов. Автором отмечено, различие более чем в два и даже в три раза толщины снега на открытых пространствах и лесах.

Л.И. Инишева с соавторами отмечает значительную изменчивость снегозапасов в лесу и на полях (Инишева и др., 2010). Исследования авторов показывают большие запасы воды в снегу под пологом леса. Кроме того, таксационные характеристики насаждений также влияют на толщину снежного покрова. Перенос снега с полей к лесным опушкам способствует увеличению снегозапасов.

Толщина и плотность снежного покрова, определяющие его теплоизоляционные свойства, характеризуются пространственно-временной изменчивостью. Наряду с межгодовой изменчивостью толщины и плотности снежного покрова актуальна и оценка внутригодовой динамики параметров снежного

покрова, в значительной степени влияющих на теплофизическое состояние приповерхностной части почв и грунтов (Осокин, Сосновский, 2014).

По утверждению Р. Storck и D.P. Lettemaier (2002), прогнозирование развития снежного покрова на лесных территориях является очень сложным. Последние достижения в понимании и моделировании влияния лесных покровов на динамику наземного снежного покрова связаны с двумя основными направлениями: (1) количественная оценка энергетического баланса снежного покрова под пологом и (2) количественная оценка перехвата растительным покровом и его влияние на накопление снега под пологом (Hedstrom, Pomeroy, 1998). Полевые исследования, проводимые в основном в холодном континентальном климате, продемонстрировали, что большой процент годового снегопада может быть перехвачен и потери от сублимации от перехваченного снега значительны и уменьшают накопление снега под пологом леса (Lundberg et al., 1998).

Еще D.H. Miller (1967) в свое время предположил, что морфология и климат растительного покрова повлияют на скорость улавливания снега и максимальную способность улавливания, и что перехваченный снег может быть удален с полога тремя способами: сублимацией, механическим удалением (скольжение, ведущее к массовому выбросу) и капанием талой воды.

Заслуживают также внимание исследования, проведенные Н.Н. Воропай и В.К. Власовым (2017), которые отметили особенности образования и разрушения устойчивого снежного покрова на побережье озера Байкал. Устойчивый снежный покров, согласно данным рассматриваемых гидрометеостанций, формируется в среднем 24 ноября. В отдельных случаях это происходит в декабре или даже в январе. Разрушается устойчивый снежный покров на территории исследования в более короткие сроки, чем устанавливается. Согласно средним многолетним оценкам, происходит это 27 марта, что связано с быстрым ростом температуры воздуха в весенние месяцы, хотя иногда разрушение устойчивого снежного покрова может произойти только в мае. Самое позднее разрушение покрова зафиксировано на ГМС Баргузинский заповедник в зиму

1961-1962 гг. (13 мая), самое раннее – на станциях западного побережья Байкала в зиму 1966-1967 гг. (27 февраля). Продолжительность залегания снежного покрова в различных физико-географических районах и местностях – одна из важных его характеристик, информация о которой широко используется не только при решении научно-прикладных задач, но и в оперативной практике. При средней по региону дате его образования 24 ноября и разрушении 27 марта продолжительность периода его залегания в среднем составляет 138 дней.

Под пологом лесных насаждений процесс таяния снега занимает больше времени, чем на безлесных территориях. Последнее способствует переводу поверхностного стока во внутрипочвенный (Кузьмин, 1960; Гидрологическая роль ..., 1989).

Несмотря на значительное количество публикаций интерес к вопросу накопления и таяния снега и влияния на эти процессы лесных насаждений в последние десятилетия возрастает в связи с изменяющимся климатом (Kellomäli et al., 2010; Zubizarreta-Gerendain et al., 2012; Сосновский и др., 2018).

Выводы

1. Гидрологическая роль лесов в различных регионах проявляется по-разному и зависит от большого количества факторов.
2. Учитывая дефицит пресной воды и изменения климата в сторону аридизации, установление объективных данных о гидрологической роли лесов является важнейшей задачей современности.
3. Из всего многообразия водно-защитных функций лесных насаждений определяющими являются: перевод поверхностного стока во внутрипочвенный; снегонакопление и режим снеготаяния; промерзание и разморозание почвы; предотвращение разрушения почв и выноса мелкозема; защита водоемов; очистка воды от микрофлоры и различных примесей, в том числе токсичных; регулирование режима стока рек.

4. Водоохранно-защитная роль лесов зависит от таксационных показателей древостоев и географического местоположения.

5. Среди ученых нет единого мнения о гидрологической роли лесов, а материалы, приводимые разными авторами, часто противоречивы, что вызывает необходимость проведения исследований в данном направлении.

5. Библиография работ по изучению гидрологической роли лесов довольно обширна, однако, перечень работ по данному вопросу на территории Рудного Алтая крайне ограничен, что и определило направление наших исследований.

2. Характеристика природных условий и лесного фонда района исследований

2.1. Местоположение района исследований

Основной объем проведенных исследований был выполнен на территории коммунального государственного учреждения (КГУ) «Риддерское лесное хозяйство» (Риддерское ЛХ). В соответствии с действующим лесорастительным районированием территория указанного учреждения относится преимущественно к Западно-Алтайской лесорастительной провинции юго-западной части Алтае-Саянской лесорастительной области. Юго-Западная часть указанной лесорастительной провинции выделена в особый регион – Юго-Западный округ пихтовых лесов, который именуют Рудным Алтаем (Северский, 1971; Данчева, Залесов, 2024). В округе издревле преобладали темнохвойные леса с доминированием в составе древостоев пихты сибирской (*Abies sibirica*, Ledeb.), называемые черневой тайгой.

Северо-Восточная часть территории учреждения (около 40 %) располагается в границах Северо-Восточного среднегорно-высокогорного лесорастительного района темнохвойной тайги, лугов и тундр (рис. 2.1).

Западная его часть (около 35 %) располагается в Уба-Ульбиноком низкогорном подрайоне пихтовых лесов с березой и осиной Северного низкогорно-среднегорного лесорастительного района. Южная часть территории учреждения (около 25 %) располагается в Синющинско-Голушинском подрайоне крупных останцевых возвышенностей пихтовых лесов с березой того же Северного низкогорно-среднегорного лесорастительного района (Смагин и др., 1980).

2.2. Климат

Сложный горный рельеф учреждения обуславливает большое разнообразие климатических условий, изменяющихся в зависимости от расположения над уровнем моря, подчиняясь законам вертикальной зональности. А.А. Соко-



Рисунок 2.1 – Схема лесорастительного районирования Рудного Алтая

лов (1977) выделил на территории Казахстанского Алтая три вертикальные зоны: высокогорную зону альпийских лугов и горной тундры, представленную кустарниковыми формами березы, можжевельника и кедра (залегает на больших высотах среди скальных обнажений - гольцов и каменистых россыпей), горнотаежную зону, наиболее распространенную на территории учреждения, и горную лесостепную зону, представленную отдельными участками в наиболее широких речных долинах.

Альпийский пояс расположен выше 1900-2000 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков достигает 1500-1800 мм и более, продол-

жительность теплого периода составляет менее 90-100 дней с заморозками в течение всего лета.

Гипсометрически ниже расположен субальпийский пояс (от 1400-1500 до 1900-2000 м.). Среднегодовое количество осадков составляет 1300-1500 мм, а продолжительность теплого периода достигает 120 дней. Для пояса характерно широкое развитие субальпийских лугов, перемежающихся с перелесками из кедра, лиственницы и пихты. Деревья отличаются низкорослостью и часто суховершинностью. Угнетенные деревья верхней границы леса, входящие в понятие «редколесье» не имеют черт, присущих лесу, отличаются очень низкой энергией роста и малой производительностью - V-VБ классы бонитета.

На высотах ниже 1400-1500 м над уровнем моря расположен подпояс пихтовых и пихтово-кедровых лесов с березой таежного пояса, здесь наиболее широко представлена формация темнохвойной тайги, включающая пихтово-кедровые леса с примесью лиственницы и березы, эти насаждения приурочены, в основном, к внутридолинным моренам. По днищам глубоких долин рек формируются пихтовые леса с примесью березы, на склоновых местообитаниях развиты преимущественно кедрово-пихтовые леса с березой и лиственницей. На влажных и сырых местообитаниях формируются пихтовые леса с березой.

На высотах 600-1000 м над уровнем моря широко распространены пихтовые (черневые) леса с березой и осиной. Восстановительные смены коренных пихтовых насаждений после вырубок и пожаров идут через стадии господства березы и осины.

Важнейшими факторами климатообразования на рассматриваемой территории является увлажнительная роль Атлантического океана с запада и мощного зимнего антициклона Восточной Сибири с востока.

Климат района расположения КГУ «Риддерское лесное хозяйство» характеризуется как резко континентальный, средние месячные температуры воздуха в летний период более устойчивы, чем зимой, но различия темпера-

туры дня и ночи в этот период наиболее значительны (табл. 2.1). Весной отмечается интенсивный рост тепла. Повышение температуры идет обычно скачкообразно и потепления чередуются с похолоданиями. В этот период часто наблюдаются заморозки как с приходом волн холода, так и вследствие уменьшения излучения тепла. Заморозки представляют собой одно из наиболее характерных для весны, а также первой половины лета, неблагоприятных явлений погоды.

Таблица 2.1 – Климатическая характеристика района исследований

Основные показатели	Значение
Высота над уровнем моря, м	780
Средняя годовая температура, °С	1,6
Абсолютный минимум, °С	-50
Абсолютный максимум, °С	37
Наиболее жаркий месяц (июль), °С	17,5
Наиболее холодный месяц (январь), °С	-12,6
Последние весенние заморозки, дата	26.05
Первые осенние заморозки, дата	12.09
Продолжительность безморозного периода, дни	108
Среднегодовое количество осадков, мм	615

Среднегодовое количество осадков по метеопостам: Уба Белопорожная (слияние с Убой) (470 м н.у.м) – 847 мм; Проходной хребет (1960 м н.у.м) – 1090 мм; Малая Ульба (1577 м н.у.м) – 1516 мм.

Заморозки в воздухе обычно прекращаются в последних числах мая, но иногда они наблюдаются включительно по вторую декаду июня. Первые осенние заморозки обычно фиксируются в первых числах сентября, но в отдельные годы они отмечаются значительно раньше – 25 августа. Совершенно свободным от заморозков является только июль.

Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0° С наступает 10-12 апреля, через 5°С – 26-29 апреля, через 10°С – в средних числах мая. Осенью средняя суточная температура воздуха устойчиво переходит через 10°С между 12-15 сентября, через 5°С – 1-6 октября и через 0°С – 24-28 октября.

Продолжительность периода со средней суточной температурой выше 5°С равна 150-170 дням, выше 10°С от 110 до 130 дней.

На территории учреждения наблюдается колебание температурного режима как в абсолютных значениях температур, так и в сроках их изменений. На вершинах отдельных гор и хребтов климат более холодный и суровый. Необходимо отметить, что для территории учреждения характерны температурные инверсии, т.е. повышение температуры воздуха до некоторой высоты местности.

Теплый период года на территории КГУ «Риддерское лесное хозяйство» больше обеспечен осадками, чем холодный. По обилию осадков описываемый район может быть сравним с приморскими районами. Количество выпадающих на территории учреждения осадков зависит от высоты местности. Осадки летом чаще ливневые, чем, обложные. Иногда выпадает за сутки 50-60 мм. В отдельные дождливые годы годовая сумма осадков может достигать 1500 мм даже в нижней лесной зоне, в то же время в отдельные годы сумма осадков не составляет и половины нормы.

Летом развита грозовая деятельность. В среднем отмечается 6-12 дней с грозами в месяц. Град – явление редкое (1-4 случая за теплый сезон).

Осадки зимнего периода характеризуются толщиной снежного покрова. Снежный покров образуется ежегодно и держится в среднем около 170 дней. Обычно снежный покров появляется в середине октября, а на вершинах гор – даже в конце августа. Но первый выпавший снег лежит недолго. Период предзимья обычно длится 2-3 недели. Таким образом, устойчивый снежный покров образуется обычно в начале ноября, наибольшей толщины снежный покров достигает в феврале-середине марта. Ввиду сложности рельефа в распределении снежного покрова по территории района исследований отмечаются большие колебания – от 80 см до 4-5 метров. Запасы воды в снеге перед началом таяния варьируются в пределах 200-400 мм. Сход снега происходит в середине и конце апреля, причем кратковременное образование снежного покрова возможно даже в мае.

Наименьшие величины относительной влажности воздуха отмечаются в мае и июне. Среднее число сухих дней (с относительной влажностью менее

80 %) в мае равно 11 дням, но в некоторые очень сухие годы максимальная повторяемость таких дней доходит до 13-17. В летние месяцы влажные дни (с относительной влажностью воздуха 80 % и выше) наблюдаются довольно редко – 3-4 дня в месяц.

Ветровая деятельность летом, сравнительно с другими сезонами, ослабленная. Осенью ветровая деятельность усиливается, зимой наблюдаются метели. Чаще метели бывают в декабре и январе в среднем 5-8 дней за месяц. Ветры южных направлений повторяются реже, чем ветры восточного и западного направлений, но их скорости значительно выше.

Обобщая приведенные данные о климате в районе исследования, его можно охарактеризовать как горно-континентальный, с амплитудой колебания абсолютных температур воздуха до 81°C. Район характерен избыточным увлажнением и незначительным количеством тепла.

Такие климатические условия являются подходящими для произрастания пихты сибирской - наиболее распространенной древесной породы в районе исследований, а также кедра, березы, осины и некоторых других древесных пород и кустарников.

Несмотря на благоприятность климатических условий в целом, отдельные климатические факторы отрицательно влияют на рост и развитие древесных пород. В частности, пихта даже в наиболее благоприятных условиях средних склонов гор северных экспозиций часто повреждается ранними осенними и поздними весенними заморозками, вследствие чего у деревьев из-за отмирания центрального побега наблюдается многовершинность. Непродолжительность вегетационного периода в районе проведения исследований вызывает необходимость принимать все меры к полному его использованию при производстве лесокультурных работ. Сильные ветры, периодически повторяющиеся на территории учреждения, вызывают буреломы и ветровалы в древостоях и особенно в древостоях пихты, чаще в редкостойных насаждениях и в семенных куртинах на лесосеках. Значительная высота снежного покрова, особенно

в верхнем лесном поясе, отрицательно сказывается на сохранности искусственных насаждений. И, наконец, континентальность климата, его суровый температурный режим ограничивают выбор породного состава при лесоразведении.

2.3. Рельеф и почвы

Рудный Алтай является частью Алтайской горной системы, которая включает Тигирецкий, Ульбинский, Ивановский, Убинский и другие хребты. Восточные части хребтов сильно расчленены и имеют высокогорный характер. К западу горы понижаются, формы их становятся округлыми, склоны пологими. Местами встречаются плато с выровненными поверхностями.

Территория района исследований расположена на склонах гор Западного Алтая. Большую ее часть (правобережье р. Убы) занимает южный склон Тигирецкого хребта, абсолютная высота которого над уровнем моря – 2292 м. Южная часть района исследований, занимающая левобережье, р. Убы, расположена на северном склоне Убинского хребта (абсолютная высота – 1967 м), который входит в систему хребтов (Убинский, Ивановский, Ульбинский), образующих так называемый Рудный Алтай, богатый месторождениями полиметаллов. Характерной чертой строения гор на территории КГУ «Риддерское лесное хозяйство», где проводились исследования, является их ступенчатость, выравненный характер водоразделов и крутые склоны, разделенные долинами горных речек и ручьев.

В своем геологическом строении горный район рассматриваемой территории сложен метаморфическими и осадочными породами, среди которых преобладающее значение имеют разнообразные сланцы и песчаники. Эти коренные породы покрыты перемытым и переотложенным материалом из валунно-галечниковых отложений, накопившихся в результате деятельности ледника, и толщей суглинков.

Залегание почв подчинено закону вертикальной зональности (Глазовская, 1946; Гусилашвили, 1956; Ценер, 1961; Соболев, 1963; Райченко, Мамы-

тов, 1970; Соколов, 1977). Последняя осложняется различным расположением многочисленных хребтов и межгорных долин относительно преобладающих направлений влажных и сухих воздушных потоков.

В высокогорной зоне альпийских лугов и горной тундре широко распространены под альпийскими лугами горно-луговые альпийские почвы небольшой мощности (30-50 см). Задернованные участки чередуются с широко развитыми каменистыми развалами выходами скал.

В субальпийском поясе наиболее развиты горно-луговые субальпийские дерновые почвы. Под пихтово-кедровыми лесами формируются преимущественно горно-лесные кислые неоподзоленные или слабооподзоленные почвы. На влажных и сырых местообитаниях (западины на моренах, мочажины у основания шлейфов) пихтово-березовые леса формируются на болотных почвах.

Под пихтовыми и пихтово-кедровыми лесами горнотаёжной зоны формируются горно-лесные кислые неоподзоленные почвы и их разновидности по механическому составу, мощности и содержанию скелетной части.

Смешанные пихтово-березовые леса развиваются на болотных почвах. Менее широко распространены горно-лесные светло-серые оподзоленные почвы под пологом смешанных пихтово-березовых и осиновых насаждений с широколиственным луговым травянистым покровом.

Под лесами горной лесостепной зоны в условиях района исследований сформированы преимущественно горно-лесные светло-серые и темно-серые почвы, реже горно-лесные кислые неоподзоленные и слабооподзоленные почвы. В депрессиях рельефа залегают луговые почвы, которые получают дополнительное подпочвенное увлажнение за счет залегания на глубине 1-3 м грунтовых вод. Участки с луговыми почвами являются высокопродуктивными сенокосными угодьями, но на территории района исследований они имеют небольшое распространение.

В пределах пойменных речных террас, периодически затопляемых паводковыми водами, выделяются пойменные или аллювиальные почвы. Среди

пойменных почв распространены пойменные лесные почвы, сформировавшиеся под пологом тальников, кустарников и покровом луговой растительности.

Здесь необходимо отметить, что встречающиеся на территории района исследований почвы наиболее пригодны и наиболее отвечают условиям произрастания таких древесных пород, как пихта, береза, осина, лиственница. Производительность первых трех на территории КГУ «Риддерское лесное хозяйство» достаточно высокая. Основной причиной низкой производительности лиственничных и кедровых лесов в условиях района исследований являются климатические условия.

Повышенная интенсивность осадков, сильная расчлененность рельефа, преобладание крутых склонов создает потенциальную возможность эрозии почв на безлесных участках с механически поврежденными участками почвы под влиянием ливневых осадков.

Однако поверхностная эрозия на вырубках не может носить катастрофического характера в связи с хорошей водопроницаемостью почв. Существенным противоэрозионным фактором, связанным с благоприятными гидротермическими условиями, является активный процесс накопления биомассы живого напочвенного покрова на вырубках. В большинстве случаев последний быстро восстанавливается и отличается исключительно мощным развитием. Это обуславливает отсутствие эрозионных процессов на вырубках и гарях по склонам северных экспозиций с крутизной до 30°.

На крутых склонах южных экспозиций сплошнолесосечные рубки приводят к развитию эрозионных процессов – смыванию мелкоземистых горизонтов почвы.

Горные леса оказывают большое влияние на предотвращение процессов эрозии. Оно заключается в ослаблении разрушающего воздействия ударной силы дождевых капель на верхний горизонт почвы при часто повторяющихся здесь летних осадках ливневого характера. Естественно, что задержание некоторой части осадков пологом леса приводит к уменьшению поступающей воды в почву и, в связи с этим, к снижению скоростей внутрипочвенного стока,

что благоприятно отражается на водном режиме почв.

2.4. Гидрография и гидрологические условия

Климатические и орографические условия, в которых находится территория КГУ «Риддерское лесное хозяйство» («Риддерский ЛХ»), обусловили на ней степень развития гидрографической сети и характер рек.

Главной водной артерией на территории учреждения является р. Уба - правый приток р. Иртыш, образованная слиянием двух рек Белой и Черной Убы, берущих свое начало на стыке Тигирецкого, Ивановского, и Ульбинского горных хребтов. Общее направление течения р. Убы с востока на запад с изгибом к северу. Протяженность ее на территории учреждения составляет 82 км (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Река Уба

Река, как правило, протекает в узких горных долинах, разрезающих местность на глубину от 200 до 800 м. Средняя скорость течения – 1,0–1,5 м/с, ширина реки от 70 до 100 м. Уклон реки не очень велик (для горных условий) – 3,5 м на 1 км.

Внутригодовое распределение стока на р. Убе неравномерное, около 60-

70 % годового стока проходит в течение трех месяцев (апрель – июнь), в летне-осенний период – 20-30 % и лишь около 10 % составляет сток воды за период ноябрь-март.

Наибольшая толщина льда на реке достигает 1 м.

Из многочисленных притоков р. Убы наиболее значительным являются: Белопорожная Уба, Русачиха, Маралушка, Карагужиха, Сакмариха, Большая и Малая Таловка, Пахотная, Становая Уба и ее приток – р. Коровиха.

В отличие от основного водостока – р. Убы, ее притоки имеют более бурный характер, их русла местами завалены валунами и скалистыми глыбами, образующими пороги и водовороты.

Питание рек, протекающих по территории учреждения, происходит за счет таяния снегов и осадков летнего периода. Благодаря снеговому питанию, все реки имеют малую минерализацию и большую мягкость воды. Она в течение круглого года пригодна для всех видов бытового и сельскохозяйственного водоснабжения.

Процессов заболачивания на территории района исследований не происходит, т.к. преобладание крутых склонов со сравнительно маломощными сильнокаменистыми почвами обуславливает здесь формирование внутрипочвенного стока с большими скоростями. Поэтому одной из главных особенностей в гидрологических режимах многочисленных ручьев и речек является их быстрая реакция на выпадение ливневых или слабых, но продолжительных дождей, которая выражается в быстром увеличении уровней и расходов воды.

Гидромелиоративной сети на территории учреждения не существует. Площадь болот составляет 74 га. Все болота низинные, расположены в поймах рек у склонов и в долинах. Питаются они грунтовыми водами, небольшая часть – поверхностными водами от таяния снегов. Наличие грунтовых вод отмечается многочисленными родниками и ключами.

В жизнедеятельности растений большую роль играет «верховодка» т.е. запасы воды в почвенных горизонтах на глубине до 5-10 м. На территории КГУ «Риддерское лесное хозяйство» запасы воды в этих горизонтах довольно

значительные, что способствует созданию хороших условий для водно-воздушного питания корневых систем основных лесообразующих пород.

2.5. Характеристика лесного фонда КГУ «Риддерское ЛХ»

Общая площадь КГУ «Риддерское лесное хозяйство», по данным последнего лесоустройства составляет – 304903 га.

Лесные ресурсы учреждения переданы в долгосрочное пользование на площади 101072 га сроком на 49 лет, из них для заготовки древесины – 100906,0 га, для сенокошения – 118,2 га, для рекреации и оздоровления – 32,6 га и для пастбищ – 15,0 га.

Лесистость по административным районам высокая – Глубоковский район – 49,8 % и земли города Риддер – 62,1 %.

Все леса лесного учреждения отнесены к горным лесам.

Лесной фонд КГУ «Риддерское ЛХ» состоит из двух лесных дач общей площадью 297665 га (97,6 %) и колочных лесов 7238 га (2,4 %), расположенных на землях города Риддер (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Структура лесов лесного учреждения

№	Наименование	Общая площадь, га	В том числе по лесничествам, названия лесничеств	Перечень кварталов
1	2	3	4	5
1	Общая площадь, всего из них горные, в том числе:	304903 304903 98817 100906 29129 52639 12871 10541	Лево-Убинское Верх-Убинское Журавлихинское Черно-Убинское Центральное Пригородное	1-189 1-176 1-60 1-85 1-35 1-18
	Всего	304903		

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5
2	Лесные дачи			
1)	Основная (без названия)	98817 100906 28456 47240 9663 10484	Лево-Убинское Верх-Убинское Журавлихинское Черно-Убинское Центральное Пригородное	1-189 1-176 1-56 1-73 1-12 1-16, 18
2)	Риддерский бор	2099	Центральное	13-31
	Итого	297665		
3	Колочные леса на территориях других землевладельцев (их название) :			
1)	Земли города Риддер	5399 688 1094 57	Черно-Убинское Журавлихинское Центральное Пригородное	74-85 57-60 32-35 17
	Итого	7238		
4	Доступность территории:			
1)	доступная часть	90102 69268	Лево-Убинское Верх-Убинское	16-189 15-17,22- 29,31,33-39,44- 52,54, 60-79,85-92,103- 126,132-176
		29129 30516	Журавлихинское Черно-Убинское	1-60 1,2,9- 14,19,27,28,36,42 ,44-46, 48,51-85
		12871	Центральное	1-35
		10541	Пригородное	1-18
2)	Итого труднодоступная часть	242427 8715 31638	Лево-Убинское Верх-Убинское	1-15 1-14,18- 21,30,32,40- 43,53,55-59, 80-84,93- 102,127-131
		22123	Черно-Убинское	3-8,15-18,20- 26,29-35,37- 41,43, 47,49,50
	Итого	62476		

Лесные угодья составляют – 241388,4 га или 79 % от общей площади лесного учреждения и нелесные угодья – 63514,6 га или 21 %.

Основная площадь лесных угодий сосредоточена в категориях ГЛФ – запретные полосы – 109264,1 га или 45 % от площади лесных угодий и поле- и почвозащитные леса – 124566,7 га или 52 %

Покрытые лесом угодья составляют 229686,5 га, или 95 % от площади лесных угодий. Из них лесные культуры – 3425,2 га, несомкнувшиеся лесные культуры – 136,6 га и лесные питомники – 60,0 га.

Непокрытые лесом угодья составляют 11505,3 га или 5 % от площади лесных угодий. Из них вырубки – 112,1 га, гари и погибшие насаждения – 265,3 га, прогалины – 3695,4 га, редины – 7432,5 га.

Насаждения основных лесообразующих пород (табл. 2.3) занимают – 212321,3 га или 92 % от площади покрытых лесом угодий, из них пихта – 107978,1 га (50,8 %), береза – 73049,8 га (34,4 %), осина – 16734,9 га (7,9 %), лиственница – 5345,5 га (2,5 %), сосна – 2904,4 га (1,4 %), кедр – 3069,3 га (1,4 %), ель – 2037,8 га (1,0 %), ива древовидная – 1187,6 га (0,5 %), тополь – 9,1 га (0,1 %) и клен – 4,8 га (0,1 %).

Таблица 2.3 – Распределение лесных земель по преобладающим породам

Древесные породы	Площадь	
	га	%
1	2	3
Сосна	2904,4	1,26
Ель	2037,8	0,89
Пихта	107978,1	47,01
Лиственница	5345,5	2,33
Кедр	3069,3	1,34
Береза	73049,8	31,80
Осина	16734,9	7,29
Тополь	9,1	-
Ива древовид.	1187,6	0,52
Клён	4,8	-
Итого	212321,3	92,44
Кустарниковые породы		
Яблоня	2,8	-
Можжевельник куст.	117,9	0,05
Ива кустарник.	2026,3	0,88
Жимолость	1051,3	0,46

Окончание таблицы 2.3

1	2	3
Ива горная	5,7	-
Акация желтая	8183,0	3,56
Шиповник	216,8	0,10
Таволга	5761,4	2,51
Итого	17362,4	7,56
Всего по лесному учреждению	229686,5	100

Прочие древесные породы представлены только насаждениями яблони, которые занимают 2,8 га.

Кустарники составляют 17362,4 га или 8,0 % от площади покрытой лесом угодий, в них преобладает акация желтая – 8183,0 га (47 %).

Распределение насаждений по классам возраста неравномерное. Большая часть насаждений пихты представлена 5 и 6 классами возраста (62,4 %), лиственницы – 5 и 6 классами возраста (54,2 %), березы – 6 и 7 классами возраста (56,1 %) и осины – 4-6 классами возраста (66,4 %).

Средний возраст пихтовых насаждений – 101, лиственничных – 116, березовых – 58 и осиновых – 49 лет.

По производительности в насаждениях основных лесообразующих пород преобладают древостои IV класса бонитета (68,3 %), средний класс бонитета – III,8, что соответствует природно-климатическим условиям района расположения лесов лесного учреждения (табл. 2.4).

Таблица 2.4 – Распределение покрытых лесом угодий по классам бонитета, га

Преобладающая порода	Классы бонитета						Итого	Средний бонитет
	1	2	3	4	5	5А		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Основные лесообразующие породы								
Сосна	12,7	474,8	1338,8	1048,8	29,3	-	2904,4	3,2
Ель	38,2	17,0	1166,5	816,1	-	-	2037,8	3,4
Пихта	0,8	978,8	22452,3	78732,7	5788,5	25,0	107978,1	3,8
Лиственница	31,8	250,5	890,7	3644,9	421,8	105,8	5345,5	3,8
Кедр	-	-	92,2	2324,5	632,9	19,7	3069,3	4,2
Береза	-	357,8	22260,5	50241,3	190,2	-	73049,8	3,7

Окончание таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Осина	-	101,8	8384,3	8094,7	154,1	-	16734,9	3,5
Тополь	-	-	-	-	9,1	-	9,1	5,0
Ива древо- видная	-	-	-	10,2	1177,4	-	1187,6	5,0
Клен	-	-	-	-	-	4,8	4,8	5А
Итого	83,5	2180,7	56585,3	144913,2	8403,3	155,3	212321,3	3,8
Прочие лесные породы								
Яблоня	-	-	2,8	-	-	-	2,8	3,0
Можжевель- ник куст.	-	-	-	-	117,9	-	117,9	5,0
Ива кустар- никовая	-	-	24,7	2001,6	-	-	2026,3	4,0
Жимолость	-	-	-	-	1051,3	-	1051,3	5,0
Ива горная	-	-	-	-	5,7	-	5,7	5,0
Акация желтая	-	-	-	-	8183,0	-	8183,0	5,0
Шиповник	-	-	-	-	216,8	-	216,8	5,0
Таволга	-	-	-	-	5761,4	-	5761,4	5,0
Итого	-	-	24,7	2001,6	15336,1	-	17362,4	4,9
Всего	83,5	2180,7	56612,8	146914,8	23739,4	155,3	229686,5	3,8

По полноте насаждения лесного учреждения разделены на низкополнотные (0,3-0,4), составляющие 70941,5 га или 30,9 % от площади покрытых лесом угодий, среднеполнотные (0,5-0,7) – 157606,0 га или 68,6 % и высокополнотные (0,8-1,0) – 1139,0 га или 0,5 % (табл. 2.5). Средняя полнота по пихте – 0,51, по берёзе – 0,50, по осине – 0,50, по основным лесообразующим породам – 0,50.

В целом по лесному учреждению преобладают типы леса пихтовых насаждений 106754,3 га (49,5 %) (табл. 2.6), из них пихтачи травяно-папоротниковые – 67695,8 га (31,4 %). Анализируя типы леса берёзовых насаждений – 60887,3 га (28,2 %), можно сделать вывод, что преобладают березняки травяные производных типов леса – 55836,5 га (25,9 %), образовавшиеся на месте концентрированных рубок пихтовых насаждений 1960–1980-х годов.

Преобладающими типами леса в лесном учреждении по основным лесообразующим породам являются: по пихте – пихтачи травяно-папоротниковые (ПТП), которые занимают 100 % от общей площади пихтовых насаждений, а

Таблица 2.5 – Распределение покрытых лесом угодий по полнотам, га

Преобладающая порода	Полнота							Итого	Средняя полнота
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<u>Основные лесообразующие породы</u>									
Сосна	49,7	134,3	1068,2	612,8	468,1	546,1	25,2	2904,4	0,61
Ель	92,7	267,6	729,2	679,3	225,0	44,0	-	2037,8	0,54
Пихта	8635,2	22502,4	37880,4	27850,8	11054,4	54,9	-	107978,1	0,51
Лиственница	1554,6	1318,8	1313,4	814,3	294,3	50,1	-	5345,5	0,45
Кедр	757,3	640,4	626,8	983,2	45,6	16,0	-	3069,3	0,47
Береза	8708,3	15893,2	23918,7	17670,8	6525,4	331,5	1,9	73049,8	0,50
Осина	1127,6	4805,9	5732,6	3897,9	1115,4	55,5	-	16734,9	0,50
Тополь	-	9,1	-	-	-	-	-	9,1	0,40
Ива древовидная	147,5	425,5	527,4	87,2	-	-	-	1187,6	0,45
Клен	-	-	-	-	4,8	-	-	4,8	0,70
Итого	21072,9	45997,2	71796,7	52596,3	19733,0	1098,1	27,1	212321,3	0,50
<u>Прочие древесные породы</u>									
Яблоня	-	-	-	2,8	-	-	-	2,8	2,8
<u>Кустарники</u>									
Можжевельник куст.	-	28,0	60,9	29,0	-	-	-	117,9	0,50
Ива кустарниковая	-	389,0	1328,2	217,0	89,3	2,8	-	2026,3	0,50
Жимолость	-	435,7	273,5	300,1	42,0	-	-	1051,3	0,50
Ива горная	-	2,7	-	3,0	-	-	-	5,7	0,51
Акация желтая	-	1368,9	6082,1	673,8	58,2	-	-	8183,0	0,49

Окончание табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Шиповник	-	83,7	132,7	0,4	-	-	-	216,8	0,46
Таволга	-	1563,4	2788,3	1249,3	149,4	11,0	-	5761,4	0,50
Итого	-	3871,4	10665,7	2472,6	338,9	13,8	-	17362,4	0,50
Всего	21072,9	49868,6	82462,4	55071,7	20071,9	1111,9	27,1	229686,5	0,50

Таблица 2.6 – Распределение покрытых лесом угодий по типам леса

Преобладающая порода	Группы типов леса	Индекс	Площадь	
			га	%
1	2	3	4	5
Основные лесообразующие породы				
Сосна	Сосняк травяной	СТ	2904,4	1,26
Ель	Ельник горно-долинный	ЕГД	2037,8	0,89
Пихта	Пихтач травяно-папоротниковый	ПТП	90329,7	39,33
	Пихтач черничниковый	ПЧ	2889,1	1,26
	Пихтач травяно-папоротниково-моховый	ПТПМ	6919,0	3,01
	Пихтач субальпийский	ПСА	1221,9	0,53
	Пихтач кустарниковые	ПК	2892,9	1,26
	Пихтач горькушевый	ПГ	2952,6	1,29
	Пихтач горно-долинный	ПГД	722,9	0,34
Итого			107978,1	47,01
Лиственница	Лиственничник субальпийский	ЛСА	2231,7	47,01
	Лиственничник чернично-моховый	ЛЧМ	818,7	0,36
	Лиственничник травяной	ЛТ	2295,1	1,0
Итого			5596,9	2,6
Кедр	Кедрач субальпийский	КСА	1734,9	0,76
	Кедрач травяной	КТ	263,5	0,11
	Кедрач черничниковый	КЧ	1070,9	0,47
Итого			3069,3	1,34
Береза	Березняк травяной	БТ	66699,2	29,04
	Березняк лесостепной	БЛС	5956,5	2,59
	Березняк папоротниково-моховой	БПМ	394,1	0,17
Итого			73049,8	31,80
Осина	Осинник влажный	ОСС	1595,0	0,69
	Осинник горно-долинный	ОСГД	3410,5	1,481,4
	Осинник кустарниковый	ОСК	1297,1	0,56
	Осинник травяно-папоротниковой	ОСТП	10432,3	4,54
Итого			16734,9	7,29
Тополь	Тополевник горно-долинный	ТГД	9,1	-
Ива древовидная	Ивняк прирусловый	ИВПР	1187,6	0,52
Клен	Кленовник	КЛ	4,8	-
Итого			212321,3	92,44
Прочие древесные породы				
Яблоня	Яблонник	ЯБ	2,8	-

Окончание табл. 2.6

1	2	3	4	5
Кустарники				
Можжевельник кустарниковый	Арчевник стланниковый	АРСТ	117,9	0,05
Ива кустарниковая	Ивняк кустарниковый прирусловый	ИВКПР	2028,3	0,88
Прочие кустарники (ак. желтая, жимолость, ива горная, таволга, шиповник)	Кустарники	КУСТ	15216,2	6,62
Итого			17362,4	7,56
Всего			229686,5	100

в общей площади всех древесных пород – 43 %, по берёзе – березняки травяные производные (БТ), которые занимают 91 % от общей площади березняков, а в общей площади всех древесных пород – 31 %, по осине – осинники травяно-папоротниковые производные (ОСТП), которые занимают 62 % от общей площади осинников, а в общей площади всех древесных пород – 5 %.

Распределение покрытых лесом угодий по типам леса находится в прямой зависимости от площади отдельных лесообразующих пород и от условий их местопроизрастания, а также от рельефа местности и типа почв.

В целом по лесному учреждению преобладают насаждения, не обеспеченные достаточным количеством естественного возобновления (90 %). Обеспеченность подростом спелых и перестойных насаждений хвойных пород, представляющих наибольшую эксплуатационную ценность явно недостаточное. В целом обеспеченность достаточным количеством подроста пихтовых насаждений составляет 6,2 %, наиболее успешно этот процесс происходит в пихтачах субальпийских (ПСА – 8,1 %).

Естественное возобновление в приспевающих и спелых лиственничных древостоях составляет 2,8 %, а наибольшего показателя достигает в лиственничниках травянных (ЛТ) – 11 %.

Недостаточная обеспеченность подростом пихты в берёзовых насаждениях производных типов предопределяет увеличение лесокультурного фонда

за счёт берёзовых вырубок после проведения сплошнолесосечных рубок.

Наибольшая обеспеченность подростом имеется в осинниках производных типов – осинники кустарниковые (ОСК) – 26,7 %. При проведении сплошнолесосечных рубок наличие подроста в осинниках существенного значения не имеет.

Обеспеченность подростом приспевающих, спелых и перестойных насаждений, представляющих эксплуатационную ценность, недостаточная.

Выводы

1. Основной объем полевых исследований был выполнен на территории коммунального государственного учреждения «Риддерское лесное хозяйство» (КГУ «Риддерское ЛХ»), которая в соответствии с действующим лесорастительным районированием относится преимущественно к Западно-Алтайской лесорастительной провинции Юго-Западного округа пихтовых лесов.

2. На климат района исследований существенное влияние оказывает вертикальная поясность. Последняя обуславливает выделение следующих зон: высокогорных лугов и горной тундры; горно-таежную и горную лесостепную.

3. В целом климат района исследований характеризуется как горно-континентальный с поздневесенними и раннеосенними заморозками.

4. Среднегодовая температура воздуха на высоте 780 м н.у.м. составляет 1,6⁰С при количестве осадков 615 мм.

5. Горный рельеф местности объясняет мозаичность почв и высокую потенциальную опасность эрозии почвы.

6. Под пихтовыми и пихтово-кедровыми лесами формируются горно-лесные кислые неоподзоленные почвы.

7. В лесном фонде КГУ «Риддерское ЛХ» доминируют пихтовые насаждения – 47,01 %. Однако велика доля березняков – 31,80 %, осинников – 7,29 % и кустарников акации желтой – 3,56 %, которые сформировались на месте коренных пихтарников после проведения сплошнолесосечных рубок и пожаров.

8. Замена производных березняков, осинников и зарослей акации желтой на коренные пихтарники целесообразна с точки зрения повышения продуктивности лесов (Калачев, 2020), но требует проверки в отношении их водоохранной роли.

3. Программа, методика исследований и объем выполненных работ

3.1. Программа исследований

В соответствии с целью и задачами исследований была разработана следующая программа работ:

1. Выполнить анализ научной и ведомственной литературы по проблеме водоохранной роли лесов.
2. Проанализировать природные условия района исследований.
3. Подобрать участки и заложить пробные площади в березовых, осино-вых, пихтовых насаждениях, а также в кустарниковых зарослях с целью осуществления мониторинга снежного покрова, влажности почвы, объемов внутрипочвенного и поверхностного стока.
4. Изучить динамику накопления и таяния зимних осадков в насаждениях различных формаций и в кустарниковых зарослях.
5. Изучить особенности внутрипочвенного стока в насаждениях различных формаций и в кустарниковых зарослях.
6. Изучить влажность и температуру почвы в березовых, осиновых, пихтовых насаждениях и в кустарниковых зарослях.
7. Установить доленое соотношение осадков, задерживаемых древесным пологом и нижними ярусами растительности.
8. Разработать предложения по использованию полученных данных для планирования лесохозяйственных мероприятий.

3.2. Методика исследований

3.2.1. Методика закладки постоянных пробных площадей и мониторинговых площадок

В основу проведения исследований заложен системный подход, понимаемый нами как направление методологии специально-научного назначения. При этом в основе системного подхода лежит исследование систем лесных фитоценозов различного породного состава.

Системный подход заключается в понимании сложности изучаемого объекта, осознании того, что при проведении исследований приходится иметь дело не с одним, а с целым рядом объектов и уровней организации, между собой тесно взаимосвязанных. В методическом плане специфика системного подхода заключается в ориентированности исследований на раскрытие целостных свойств объектов и выявление многообразных связей (Миркин, Розенберг, 1983). Анализ таких системных моделей позволяет более результативно решать поставленные задачи по повышению защитных функций лесными насаждениями (Савельев, 2001).

В процессе работы были использованы методы изучения биологических объектов, предложенные В.Н. Сукачевым (1931), Л.О. Карпачевским (1977, 1981), Н.В. Дылисом (1978) и другими.

Данные о березовых, осиновых, пихтовых насаждениях и кустарниковых зарослях получены на основе закладки постоянных пробных площадей (ППП). Последние закладывались в соответствии с нормативно-правовыми документами и требованиями апробированных методик (ГОСТ 16128-70, ОСТ 56-69-83, Бунькова и др., 2020; Данчева и др., 2023). Размер ППП устанавливался с таким расчетом, чтобы обеспечить количество особей основного элемента древостоя, позволяющее определить таксационные показатели, в частности, средний диаметр на высоте 1,3 м с точностью, принятой в лесоводстве и лесной таксации – 2-5 % (Третьяков и др., 1952; Анучин, 1977; Вагин и др., 1978).

Отграничение ППП в натуре производилось инструментально с замером углов и сторон, с использованием лазерного дальномера TruPulse – Laser 200 Bluetooth, буссоли AP-1, и определением географических координат (навигатор Garmin GPS MAP 64).

После отграничения ППП проводился сплошной пересчет деревьев и измерение их диаметров на высоте 1,3 м с помощью мерной вилки в березняке, осиннике и пихтарнике. В кустарниковых зарослях акании желтой диаметры замерялись на высоте шейки корня.

Определение среднего диаметра производилось через сумму площадей поперечных сечений.

Средняя высота древостоя устанавливалась по кривой высот, для чего на каждой из пробных площадей отбиралось по 15–20 модельных деревьев основного элемента древостоя и по 5 деревьев сопутствующих пород, у которых с помощью лазерного дальномера и угломера Forestry Pro Nika определялась высота, а с помощью мерной вилки диаметр на высоте 1,3 м. На основании полученных замеров строились кривые высот, на которых по значению среднего диаметра устанавливалась средняя высота.

Средний возраст древостоя устанавливался на основании данных кернов древесины, которые отбирались у 10 модельных деревьев на каждой ППП. При отборе кернов старались максимально приблизить их взятие к шейке корня. Для взятия кернов использовался возрастной бурав. Средний возраст определялся как среднее арифметическое из данных о возрасте модельных деревьев.

Абсолютная полнота устанавливалась на основании перечета деревьев как сумма площадей поперечных сечений на высоте 1,3 м. Для определения относительной полноты использовались региональные таблицы стандартных значений сумм площадей и запасов основных лесообразующих пород (Макаренко и др., 1980, 1987).

Сомкнутость древесного полога определялась «точечным» методом (Тихонов, 1971; Мажугин и др., 1975) с количеством точек на каждой ППП не менее 200 штук.

Запас насаждений определялся по формуле Н.П. Анучина. Для пользования формулой запаса не требуется трудных измерений ни видового числа, ни коэффициента формы. Н.П. Анучин установил, что среднее видовое число деревьев в насаждении зависит главным образом от средней высоты и от древесной породы таксируемого насаждения. При выводе этих формул главные древесные породы были разделены на две группы. В первую вошли сосна, лиственница, береза, осина и ольха. Вторую группу составили ель, пихта, кедр, бук, дуб, ильм, ясень. Зависимость среднего видового числа от средней высоты

у пород первой группы отражается уравнением

$$F=0.40+1.20/H, \quad (3.1)$$

а во второй группе – уравнением

$$F=0.42+1.26/H \quad (3.2)$$

Соответственно этим уравнениям и основной формуле запаса

$$M=\Sigma gHF \quad (3.3)$$

для указанных групп древесных пород были получены следующие формулы запаса:

$$M_I=\Sigma gH[0,40+(1,20/H)]=\Sigma g(1,20+0,40H)=\Sigma g(H+3)0,40; \quad (3.4)$$

$$M_{II}=\Sigma gH[0,42+(1,26/H)]=\Sigma g(1,26+0,42H)=\Sigma g(H+3)0,42 \quad (3.5)$$

где M – запас насаждения (элемента леса), m^3 ;

Σg – сумма площадей сечений деревьев, m^2 ;

H – средняя высота, m ;

F – среднее видовое число.

Данные о запасе стволовой древесины на ППП пересчитывались на 1 га пропорционально размеру ППП.

Описание подроста, подлеска и живого напочвенного покрова производилось в соответствии с известными апробированными методиками (Бунькова и др., 2020; Об установлении ..., 2021; Данчева и др., 2023).

Помимо установления на ППП основных таксационных показателей компонентов насаждений закладывались мониторинговые площадки для замера снега и других метеонаблюдений, и работ, предусмотренных программой исследований.

Месторасположение мониторинговой площадки должно отражать характерные условия рельефа, крутизны и экспозиции склона для данной пробной площади. Площадка должна быть удалена от отдельных препятствий (строений, отдельно стоящих деревьев и пр.) на расстояние не менее 10-кратной высоты этих препятствий. Не рекомендуется размещать площадку вблизи

резких изломов рельефа (оврагов, обрывов и пр.) и на опушке лесных массивов. В дальнейшем в границах мониторинговой площадки устанавливаются метеорологические приборы, оборудование для изучения снежного покрова, выполняются исследования внутрипочвенного и поверхностного стока, влажности и температуры почвы и воздуха

3.2.2. Методика изучения динамики накопления и таяния снежного покрова

Сроки проведения наблюдений за снежным покровом.

Наблюдения за снежным покровом начинались с момента установления постоянного снежного покрова и продолжались до полного его исчезновения в весенний период (Кузьмин, 1960; Лебедев, 1982).

Сведения о замерах снежного покрова вносились в полевой журнал наблюдений за снежным покровом на исследуемых участках. Проведение работ по снегомерным съемкам начиналось с момента, когда степень покрытия снегом окрестностей маршрута составляет не менее 6 баллов. Количество выходов на участки в течение зимнего сезона и сроки производства снегомерных работ определялись общей целью мониторинга снежного покрова и зависели от физико-географических условий местности. При необходимости получения максимально подробных сведений о динамике снежного покрова в различных ландшафтных условиях рекомендуется производить снегомерные работы со следующей периодичностью:

- зимой три раза в месяц: 10-го, 20-го и в последний день каждого месяца;
- весной (перед началом и в период снеготаяния) производили учащенные снегосъемки в каждый последний день пятидневки (5, 10, 15, 20, 25-го и в последний день месяца).

Снегомерные съемки рекомендуются начинать рано утром, чтобы успеть закончить их зимой до наступления темноты, а весной – до начала интенсивного таяния снега и появления подлипа на лыжах.

Наблюдения за снежным покровом по постоянным снегомерным рейкам. Эти наблюдения за снежным покровом предназначены, главным образом, для получения информации о динамике снегонакопления и снеготаяния в районе наблюдений. Данный вид наблюдений осуществляется на специально оборудованной стационарной площадке с установленными на ней тремя постоянными снегомерными рейками.

Местоположение площадки, как отмечалось ранее, должно отражать характерные условия снегонакопления для данной территории. Площадка должна быть удалена от отдельных препятствий (строений, отдельно стоящих деревьев и пр.) на расстояние не менее 10-кратной высоты этих препятствий. Не рекомендуется размещать площадку вблизи резких изломов рельефа (оврагов, обрывов и пр.) и на опушке лесных массивов.

Постоянные снегомерные рейки устанавливаются на ППП, образуя равносторонний треугольник, при этом расстояние между ними должно быть 10-15 м. Каждой рейке присваивается свой номер (№ 1, № 2, № 3).

Взаимное расположение реек и их нумерация должны сохраняться неизменно из года в год на всем протяжении наблюдений.

Помимо установления мощности снежного покрова по постоянным снегомерным рейкам, для получения более объективных данных о толщине снежного покрова на каждом мониторинговом объекте проводились замеры толщины снежного покрова на параллельных трансектах, заложенных поперек склона. На каждой из четырех ППП проводилось по 20-30 измерений толщины (мощности) снежного покрова в соответствии с установленными датами проведения замеров.

Ежедекадные наблюдения за снежным покровом осуществлялись при любых погодных условиях и включали в себя:

визуальные наблюдения, включающие в себя:

- оценку степени покрытия снежным покровом видимой окрестности,
- описание характера залегания снежного покрова на местности,
- описание структуры снега,

- описание характера разрушенности снежного покрова;
инструментальные измерения толщины снежного покрова по постоянным и временным снегомерным рейкам.

Степень покрытия снежным покровом видимой окрестности оценивалась в баллах по 10-балльной шкале (0,1 часть видимой окрестности принимается равной 1 баллу).

Если снегом покрыта вся видимая окрестность, то степень покрытия равна 10 баллам; если покрыто около 0,4 всей видимой окрестности, то степень покрытия равна 4 баллам; если наблюдаются отдельные пятна снега, покрывающие менее 0,1 видимой окрестности, то степень покрытия оценивается в 0 баллов. При отсутствии снега на поверхности почвы степень покрытия не оценивается. В горных районах при оценке степени покрытия в общей площади видимой окрестности не учитывается поверхность отвесных оголенных участков

Характер залегания снежного покрова определялся при степени покрытия окрестности ≥ 6 баллов и описывает неравномерность залегания снежного покрова на местности. Характер залегания оценивается по наличию сугробов (без сугробов – равномерный; небольшие сугробы – неравномерный; большие сугробы – очень неравномерный) и по состоянию почвы под снежным покровом (замерзшая, талая или состояние неизвестно) (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Характер залегания снежного покрова

Снежный покров	Цифра кода
Равномерный (без сугробов) на замерзшей почве	0
Равномерный (без сугробов) на оттаявшей почве	1
Равномерный (без сугробов), состояние почвы неизвестно	2
Неравномерный (небольшие сугробы) на замерзшей почве	3
Неравномерный (небольшие сугробы) на оттаявшей почве	4
Неравномерный (небольшие сугробы), состояние почвы неизвестно	5
Очень неравномерный (большие сугробы) на замерзшей почве	6
Очень неравномерный (большие сугробы) на оттаявшей почве	7
Очень неравномерный (большие сугробы), состояние почвы неизвестно	8
С проталинами	9

Характер разрушенности снежного покрова в период схода снежного покрова оценивался также визуально на основании признаков таяния и механического разрушения (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Шкала разрушенности снежного покрова

Признаки таяния или механического разрушения	Цифра кода
Полное отсутствие внешних признаков разрушения, проталин нет, поверхность снега отличается белизной	0
Появление небольших проталин на склонах южной экспозиции	1
Отдельные проталины на полях, поверхность преимущественно белая	2
Множество проталин, в понижениях снег пропитан водой, имеет серый цвет	3
Покров сильно разрушен таянием и пропитан водой, в отдельных местах сохраняется в виде больших полей, но сильно испещрен проталинами	4

Структура снега определялась в соответствии с таблицей 3.3. При определении структуры снега различают: *снег свежий* (пылевидный, пушистый, липкий); *старый снег* (рассыпчатый, плотный, влажный); *наст* (снежная корка, под настом снег плотный или влажный), а также отмечается *снег, насыщенный водой*.

Таблица 3.3 – Характеристика структуры снега

Структура снега	Цифра кода
Свежий снег пылевидный	0
Свежий снег пушистый	1
Свежий снег липкий	2
Старый снег рассыпчатый	3
Старый снег плотный	4
Старый снег влажный	5
Снежная корка, не связанная со снегом под ней	6
Плотный снег с коркой на поверхности	7
Влажный снег с коркой на поверхности	8
Переувлажненный (мокрый) снег	9

Средняя толщина снежного покрова без учета толщины ледяной корки (h_c) вычисляется по результатам измерения во всех точках маршрута (напомним, что ледяная корка при измерении толщины снега не пробивается снего-

мерной рейкой). Средняя толщина снежного покрова без учета толщины ледяной корки (h_c) равна сумме значений толщины снежного покрова в точках измерения, деленной на общее число точек, включая и те, где измеренная толщина меньше 0,5 см (следовательно, в дневнике записано – 0 см), а также те, где вообще отсутствуют снег, талая вода или снег, насыщенный водой.

Средняя толщина ледяной корки (z_k) вычисляется как сумма всех измеренных толщин ледяной корки, деленная на общее число точек измерения, включая и те точки, где ледяная корка отсутствовала.

Аналогично вычисляются *средние толщины слоев снега, насыщенного водой ($z_{св}$), и талой воды ($z_в$)*.

Средняя толщина снежного покрова с учетом ледяной корки (h) представляет собой сумму средней толщины снежного покрова (h_c), вычисленной по результатам измерения толщины без учета ледяной корки и средней толщины ледяной корки (z_k).

Если в какой-либо точке наблюдается только ледяная корка, а снег, талая вода или снег, насыщенный водой, отсутствуют, то наименьшая толщина снежного покрова берется равной средней толщине ледяной корки, округленной до целых сантиметров.

Наименьшая толщина не указывается, если имеются точки оголенной поверхности почвы без ледяной корки.

В этом случае наименьшая толщина снежного покрова отмечается косой чертой (/).

Степень покрытия маршрута снегом (L_m) вычисляется делением числа точек, в которых была измерена толщина снежного покрова, на общее число точек на маршруте. Результат деления выражается в баллах (1 балл равен 0,1 общего числа точек на маршруте).

Плотность снега (g) в каждой точке ее определения вычислялась делением массы пробы снега на его объем. Масса пробы снега равна 5m (m – отсчет по линейке весов), так как каждое деление линейки весов соответствует 5 г. Объем пробы снега равен произведению площадки поперечного сечения ци-

линдра снегомера (50 см^2) на высоту взятой пробы (отсчет по шкале цилиндра) $50h \text{ (см}^3\text{)}$. Исходя из этого плотность снега вычисляется по формуле:

$$g = 5m / 50h = m / 10h, \quad (3.6)$$

Плотность снега определялась с точностью до сотых долей г/см^3 , для чего деление m на $10h$ производится до третьего десятичного знака, а результат округляется до второго десятичного знака.

Запас воды в слое снега (Q_c) вычисляется по формуле:

$$Q_c = 10g [h_c - (z_{св} + z_v)], \quad (3.7)$$

где: g – плотность снега, г/см^3 ; h_c – средняя высота снежного покрова без ледяной корки, см ; $z_{св}$ и z_v – средние толщины снега, насыщенного водой, и слоя талой воды, вычисленные по измерениям в точках определения плотности снежного покрова, см ; 10 – коэффициент для перевода высоты слоя воды в миллиметры.

Запас воды в слое снега, насыщенного водой ($Q_{св}$), вычисляется по формуле:

$$Q_{св} = 10g_{св}z_{св} = 8z_{св}, \quad (3.8)$$

где $g_{св}$ – плотность снега, насыщенного водой, равная $0,8 \text{ г/см}^3$.

Запас воды в слое талой воды (Q_v) вычисляется по формуле:

$$Q_v = 10g_vz_v = 10z_v, \quad (3.9)$$

где g_v – плотность талой воды, равная $1,0 \text{ г/см}^3$.

Запас воды в ледяной корке (Q_k) вычисляется по формуле:

$$Q_k = g_kz_k = 0,8z_k, \quad (3.10)$$

где g_k – плотность ледяной корки, равная $0,8 \text{ г/см}^3$.

Общий запас воды в снежном покрове (Q) вычисляется сложением

$$Q = Q_c + Q_{св} + Q_v + Q_k, \quad (3.11)$$

В случае отсутствия ледяных корок и слоя талой воды и слоя снега, насыщенного водой, общий запас воды в снежном покрове (Q) рассчитывается по упрощенной схеме:

$$Q = 10gh, \quad (3.12)$$

где: g – плотность снега по данным снегосъемки; h – средняя толщина снеж-

ного покрова на маршруте (Onuchin, Burenina, 2008).

3.2.3. Определение температуры и влажности почвы

Определение водно-физиологических свойств почв в исследуемых насаждениях проводилось согласно общепринятым методикам. Для анализа механического и химического состава почв на каждой мониторинговой площадке были заложены почвенные разрезы и отобраны образцы почв. Последующий их анализ выполнялся в сертифицированной почвенной лаборатории ТОО «КазНИИЛХА» им. Букейхана».

Содержание воды в почве называют влажностью. Влажность, как известно, влияет на почвообразование, обуславливая интенсивность биологических и элювиальных процессов. Влажность почвы является одним из основных факторов плодородия, поэтому определение данного показателя является наиболее распространенным почвенным анализом. Существуют различные способы и методы взятия образцов почв для определения ее влажности. Одним из распространенных способов, применяемых на практике, является термостатно-весовой метод определения естественной влажности почвы, с помощью которого определялась массовая или весовая естественная влажность (W) (Лебедев, 1982; ГОСТ 28268-89; Мазиров и др., 2012). Массовая влажность – это отношение массы воды к массе абсолютно сухой почвы (Гилев, 2012), она рассчитывается по формуле 3.13:

$$W = \frac{b-v}{v-a} \times 100, \quad (3.13)$$

где: W – влажность почвы, %; a – масса бюкса, г; b – масса бюкса с сырой почвой, г; v – масса бюкса с абсолютно сухой почвой, г.

Проведение анализа:

Отбор проб на естественную влажность проводится буром любой конструкции. Бур погружают в почву до соответствующей метки, обозначающей данную глубину. После этого делают один оборот бура вокруг оси, чтобы оторвать столбик почвы, заключенный в полости бура, от нижележащего слоя.

Затем бур осторожно вынимают. Образец почвы выбирается ножом из нижней части бура в предварительно взвешенный сухой алюминиевый стаканчик – бюкс. Насыпают почву примерно на 1/3 от его объема.

Пробы на влажность отбирались сразу после вскрытия очередного слоя, чтобы избежать потери влаги. Параллельно замеряется температура почвы почвенными термометрами Савинова. Бюксы с почвой 30-40 г быстро закрывали, ставили в ящики, защищая от солнца, затем взвешивали на технических весах с точностью до 0,01 г. В лабораторно-камеральных условиях образцы почвы высушивали в сушильном шкафу при температуре 105-110 °С в течение 6-8 часов. Обычно после однократной сушки в течении этого времени почва приобретает постоянную массу, но для более точного результата проводилось ее повторное просушивание при той же температуре еще в течение двух часов. Пробы брались в 3-5-кратной повторности.

3.2.4. Изучение задержания атмосферных осадков кронами деревьев и нижними ярусами растительности

Гидрологические исследования лесов и их водоохранно-защитных функций включают в себя такой немаловажный фактор, как перехват растительностью жидких и твердых осадков. Перехват жидких осадков растительным и кустарниковым покровом изучен слабо, в отличие от перехвата их кронами деревьев, который изучался достаточно хорошо на протяжении многих лет (Лебедев, 1982).

Для определения количества выпавших осадков применяются осадкомеры различного типа, в том числе осадкомеры Третьякова 0-1, которые устанавливаются на открытых площадках с целью получения полных данных о количестве выпавших осадков. Для определения задержания или перехвата жидких осадков кронами деревьев, кустарниками и травянистой растительностью используются осадкомеры «Давитая», устанавливаемые под травяным покровом или, в случае отсутствия таких приборов, используются осадкомерные емкости (стаканчики). Для этого на пробных площадях по равномерно намечен-

ным двум параллельным линиям, через каждые два метра устанавливаются осадкомерные емкости в общем количестве 20 штук. Для определения суммарного задержания осадков пологом древостоя и травяного покрова, осадкомерные емкости устанавливаются непосредственно под травой.

В том случае, если размер мерных емкостей, в том числе их сборной поверхности, не является стандартным, т.е. не соответствует емкости осадкомера, вычисление перехвата жидких осадков производится по формулам:

$$Sc_{б.п.} = N \times S_{ст.}; \quad (3.14)$$

$$C_{сб.п.} = Sc_{б.п.} / S_{ос.}; \quad (3.15)$$

$$Q_{ос.} = Z / C_{сб.п.} \times 0,1, \quad (3.16),$$

где: $Q_{ос.}$ – количество осадков, мм; Z – сумма делений собранных осадков; $S_{ос.}$ емкости осадкомера = 200 см³; $S_{ст.}$ – площадь одного стакана, см²; $Sc_{б.п.}$ – общая площадь сборной поверхности, см; N – количество сборных стаканчиков, шт.; $C_{сб.п.}$ – соотношение сборной поверхности осадкомера и сборных стаканов; цена одного деления = 0,1 мм.

Данные расчеты приведены для не стандартных мерных емкостей (стаканчиков), площадь которых равна 86 см².

Разница замеров, полученная в осадкомерах и емкостей, установленных под пологом и будет являться величиной перехвата дождевой воды пологом леса, выраженной в миллиметрах.

3.2.5. Методика изучения внутрипочвенного и поверхностного стока

Водопроницаемость одно из важнейших водно-физических свойств почвы, непосредственно влияющее на подземный и поверхностный сток воды, то есть водный баланс в природе. Так, на водопроницаемых и слабопроницаемых нижних горизонтах образуется временная верховодка.

Методы определения водопроницаемости почв и грунтов подразделяются на полевые и лабораторные. Водопроницаемость, в основном, следует изучать в природных условиях. Лабораторные же исследования должны дополнять и углублять, полевые, но не заменять их. При выборе метода необхо-

димо исходить из поставленной цели, а также характера исследования (экспедиционный или стационарный). Для полевых определений водопроницаемости почв наиболее известны: 1) метод заливаемых площадей, 2) метод трубок, 3) лизиметрический. Для определения водопроницаемости почвы нами был применен метод трубок (Жуков и др., 2013).

Метод трубок с переменным напором воды. В полевых исследованиях были использованы металлические трубки диаметром 5 см, высотой 13 см (на 3 см трубку погружали в почву и 10 см - начальная высота столба воды). Нижний конец трубки заостряли. На подготовленную площадку устанавливали 10 трубок на расстоянии 13-15 см одна от другой, в два ряда в шахматном порядке. Трубку погружали в почву надавливанием рукой или (в случае уплотненного горизонта) забивали деревянным молотком. С внешней стороны почву вокруг трубки уплотняли. Так как водопроницаемость в сильной степени зависит от влажности, то одновременно определяли и ее термостатно-весовым методом.

Установив трубки, наливали в них воду с помощью предохранителя. Предохранитель состоит из цилиндрической коробочки с вогнутым дном и ввинченной трубки внутреннего диаметра 3 мм. На боковой поверхности коробочки, на высоте 0,5 см от нижнего края, просверлено десять круглых отверстий с таким расчетом, чтобы суммарная площадь их поперечного сечения приблизительно в десять раз была больше площади внутреннего поперечного сечения трубки предохранителя. При таком устройстве предохранителя вода из отверстия поступит в трубку слабыми струйками, не нарушит поверхности почвы в трубке и не исказит результаты. К трубке присоединена воронка через резиновую трубочку. Коробочку предохранителя опускали в трубку до поверхности почвы и через воронку наливают воду. По мере наполнения трубки водой предохранитель постепенно поднимали, не отрывая его дна от поверхности воды. Трубки наливали до верха, отмечая время их заполнения, а затем время просачивания воды из трубки в почву.

Одновременно с установкой трубок рядом с ними ставили два стакана, заполненные доверху водой, для учета испарения воды (внесение поправки при расчете водопроницаемости). Особенно это важно в случаях малой водопроницаемости, высокой температуры воздуха и длительного срока наблюдения. Обязательно замеряли и фиксировали температуру воды. При длительном сроке наблюдений температуру следует замерять несколько раз, а для расчета бралось среднее ее значение за этот срок.

Почвы легкого механического состава имеют сравнительно выравненную водопроницаемость, и просачивание воды происходит равномерно во всех трубках. У почв тяжелого механического состава водопроницаемость варьирует: в одних трубках вода просачивается за секунды (червоточины, трещины), в других – может держаться очень долго. В таких случаях продолжительность наблюдения ограничивают 3 ч, после чего замеряют высоту столба просочившейся воды с помощью линейки. При хорошей водопроницаемости, особенно с поверхности почвы, иногда производят трехкратное наполнение трубок, что позволяет получить представление об изменении водопроницаемости почвы во времени. В таком случае за окончательный итог принимают среднее из трех наполнений.

Начальная стадия быстрого проникновения воды в ненасыщенную влажной почвой называется впитыванием (или инфильтрацией). Затем, по мере насыщения всего порового пространства почвы водой, поток стабилизируется. Наступает стадия движения воды в насыщенной почве – стадия фильтрации. Таким образом, процесс водопроницаемости включает в себя два процесса: впитывание воды в ненасыщенную влажной почвой и при заполнении всего порового пространства водой – фильтрацию. В любой момент времени можно рассчитать поток влаги q в почву как количество воды Q , см³, прошедшее в почву в единицу времени t , мин, через единицу площади экспериментального цилиндра S , см², см/мин.

$$q_w = \frac{Q}{S \cdot t} \quad (3.17)$$

Данные, полученные при различной температуре воды, должны быть сравнимыми, поэтому принято приводить коэффициент водопроницаемости к единой температуре 10°C, вводя поправочный температурный коэффициент Хазена $0,7 + 0,03 T^{\circ}\text{C}$:

$$K_{10} = \frac{K_{\phi}}{0,7 + 0,03 T^{\circ}\text{C}} \quad (3.18)$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации при данной температуре;

$T^{\circ}\text{C}$ – температура воды в интервале наблюдений;

0,7 и 0,03 – эмпирические коэффициенты.

Для определения степени водопроницаемости почвы использована шкала водопроницаемости Н.А. Качинского (Жиков и др., 2013):

провальная	более 1000 мм/час (при 10°C)
излишне высокая	1000–500 мм
наилучшая	500–100 мм
хорошая	100–70 мм
удовлетворительная	70–30 мм
неудовлетворительная	менее 30 мм

3.3. Объем выполненных работ

Процесс проведения исследований был начат с изучения проблемы водных ресурсов и природных условий района исследований. По материалам лесоустройства в камеральных условиях был выполнен тщательный отбор участков в пределах одного водосборного бассейна с одинаковыми орографическими и лесорастительными условиями, различающиеся по составу преобладающих древесных видов.

Натурное обследование подобранных участков позволило выбрать насаждения, максимально отвечающие целям исследований в квартале 38, выдела 14, 15, 18 и 21 Журавлихинского лесничества КГУ «Риддерское ЛХ» УПР и РП ВКО.

На подобранных участках были заложены ППП с установлением основных таксационных показателей насаждений и обустройством площадок для проведения мониторинговых наблюдений.

Заложено 4 почвенных разреза с детальным описанием, отбором образцов почвы на разных уровнях и определением фракционного состава.

В период с осени 2021 по весну 2023 гг. проводились измерения высоты и плотности снежного покрова через каждые 10 дней на постоянных снегомерных рейках и по 20-30 замеров на трансектах каждой ППП. С 10 марта замеры производились через каждые 5 дней.

С использованием осадкомеров Третьякова велись наблюдения за количеством осадков и с помощью установленных осадкомерных емкостей под пологом насаждений устанавливалось задержание атмосферных осадков кронами деревьев и нижними ярусами растительности насаждениях различных формаций.

Проведены замеры температуры и влажности почвы, а также был изучен внутрипочвенный сток методом трубок и определена водопроницаемость почв в насаждениях различных формаций.

4. Влияние насаждений различных формаций на накопление зимних и проникновение летних осадков

4.1. Объекты проведения исследований

Как отмечалось нами ранее, основной древесной породой в районе исследований, формирующей коренные типы леса, долгое время была пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.). Однако в результате непродуманного широкомасштабного применения сплошнолесосечных, преимущественно концентрированных рубок, и лесных пожаров доля коренных пихтарников резко сократилась, а на их месте сформировались производные березовые, осиновые насаждения и даже кустарниковые заросли (Калачев,). Поскольку на накопление зимних осадков и их таяние существенное влияние оказывает состав древостоев нами предпринята попытка изучения снегонакопления в близких условиях рельефа в насаждениях различного породного состава.

Объектом исследований являлись пихтовые, березовые, осиновые насаждения и закустаренные участки, произрастающие на территории Журавлихинского лесничества коммунального государственного учреждения «Риддерское лесное хозяйство» (далее по тексту - КГУ «Риддерское ЛХ»), в квартале 38, выделах 14, 15, 18 и 21. Насаждения граничат друг с другом и произрастают в пределах водосборного бассейна реки Журавлиха на склонах западной экспозиции крутизной 20-25°. По материалам последнего лесоустройства, проведенного в 2009 году, подобранные участки отмечены как вырубки и осиновое насаждение (рис. 4.1).

Натурный осмотр позволил точно определить состав, категорию сформировавшихся насаждений и наметить участки для закладки постоянных пробных площадей (рис. 4.2). Для получения фактической лесотаксационной информации были проведены работы по закладке постоянных пробных площадей согласно ранее приведенной методики. Постоянные пробные площади (ППП) были заложены в соответствии с требованиями, и отграничены столбами. Согласно принятой методике на ППП были выполнены основные

измерения, результаты которых приведены ниже (табл. 4.1).

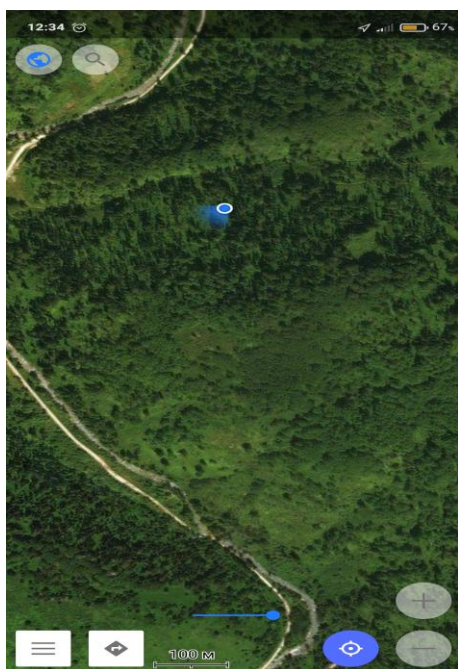


Рисунок 4.1 – Фрагмент плана лесонасаждений Журавлихинского лесничества КГУ «Риддерское ЛХ».

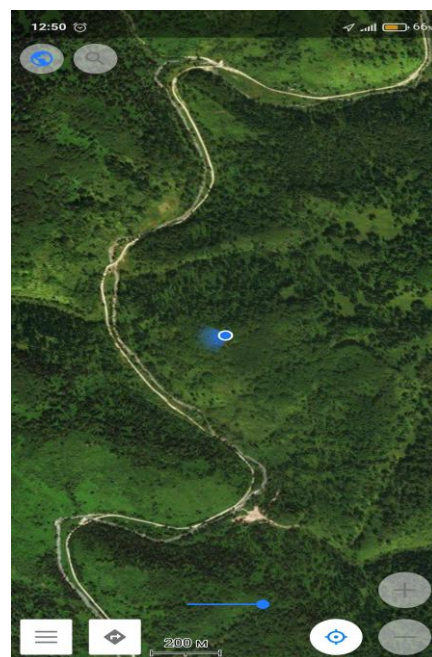
Таблица 4.1 – Основные таксационные показатели насаждений ППП

Состав древостоя*	Средние			Густота, шт./га	Полнота		Запас, м³/га		Класс бонитета
	возраст, лет	высота, м	диаметр, см		абсолютная, м²/га	относительная	общий	в т.ч. сухостой	
ППП-1 – Березовое насаждение									
10Б	41	15,6	14,9	1111	24,18	1,09	180	0	I
ППП-2 – Осиновое насаждение									
10Ос	60	22,9	22,0	669	27,11	0,81	281	6	
+Б	59	21,6	27,3	25	1,51	0,05	15	0	
Итого	60	22,9		694	28,62	0,86	296	6	I
ППП-3 – Пихтовое насаждение									
8П	80	17,3	20,7	427	16,57	0,72	135	19	
2Б	80	18,0	36,8	35	4,15	0,17	35	0	
Итого	80	17,4		462	20,72	0,89	170	19	III
ППП-4 – Кустарниковые заросли									
8Аж	15	2,0	2	-	-	0,4	3	0	
2Сспр.	15	1,0	2	-	-	0,1	1	0	
Итого	15					0,5	4	0	V

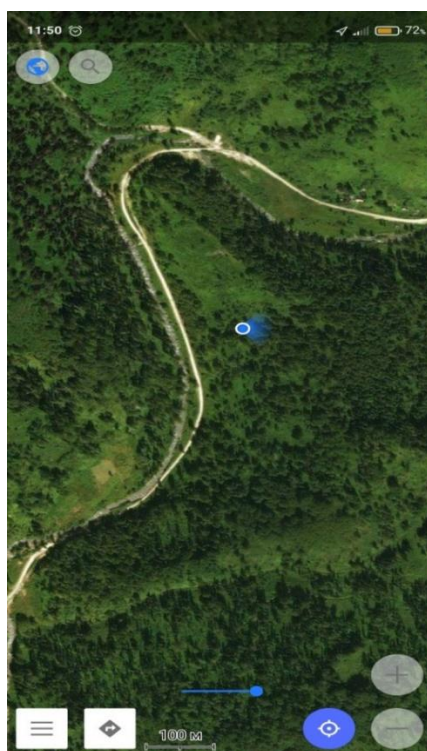
*Б – береза; Ос – осина; П – пихта; Аж – акация желтая; Сспр. – спирея средняя



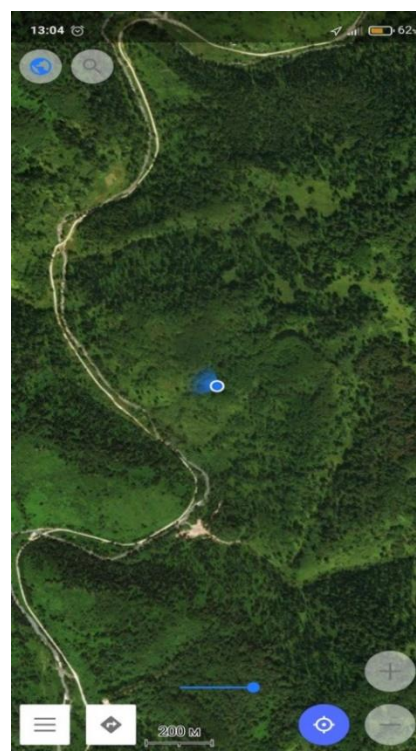
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.2 – Месторасположение постоянных пробных площадей
 а) пихтовое насаждение (ППП-3) ($N50^{\circ}27'01''$: $E83^{\circ}30'21''$), б) закустаренный участок (ППП-4) ($N50^{\circ}26'55''$: $E83^{\circ}30'19''$), в) березовое насаждение (ППП-5) ($N50^{\circ}27'19''$: $E83^{\circ}30'20''$) и г) осиновое насаждение (ППП-2) ($N50^{\circ}26'47''$: $E83^{\circ}30'26''$) в границах водосборного бассейна р. Журавлиха КГУ «Риддерское ЛХ»

Анализируя таксационную характеристику подобранных участков, можно отметить, что пихтовый древостой IV класса возраста (ППП-3) имеет состав 8П2Б, средние показатели высоты и диаметра составляют у пихты и березы 17,3 м и 20,7 см и 18,0 м и 36,8 см, соответственно. Сумма площадей поперечных сечений составляет 20,72 м²/га (относительная полнота 0,89). Класс бонитета – III, тип леса – ПТП (пихтач травяно-папоротниковый) с общим запасом древесины 170 м³/га, в т.ч. пихты - 135 и березы - 35 м³/га. В подросте преобладает пихта сибирская высотой от 0,3 до 2,0 м, также встречается береза и осина. Подлесок густой и представлен рябиной, малиной, бузиной, черемухой, акацией желтой, смородиной, равномерно произрастающих на участке. В живом напочвенном покрове преобладает разнотравье. Особенностью участка также является наличие сухостоя и валежника.

Березовое насаждение (ППП-1) является производным, образовавшимся после вырубki пихтового насаждения травяно-папоротникового типа леса. Подлесок редкий: черемуха, бузина, смородина красная и др. Живой напочвенный покров (ЖНП) густой, преобладает высокотравье: борец высокий, папоротники, дудник лекарственный, борщевик, володушка золотистая, чемерица Лобеля, синюха голубая, чина Гмелина из злаков – ежа сборная и др. Подрост редкий – пихта, 5-12 лет, береза.

Осиновое насаждение (ППП-2) так же является производным. В подлеске (густой, неравномерный) акация желтая, реже черемуха, смородина красная, рябина сибирская и др. ЖНП густой, преобладают злаки, осока, из разнотравья чина Гмелина, борец высокий, пион уклоняющийся, дудник, папоротники, мхи и др. В подросте встречается пихта (редко), возраст до 20 лет.

Четвертый участок (ППП-4) представляет собой кустарниковые заросли составом 8Аж2Спср. и возрастом 15 лет. Высота кустарников - 1,0-2,0 м, диаметр у шейки корня – 1,0-2,0 см. Относительная полнота – 0,5, с запасом 4,0 м³/га. Кустарники сформировались после сплошной широколесосечной рубки пихтового насаждения.

4.2. Динамика накопления снега

Известно, что лес оказывает двойное влияние на снегонакопление. С одной стороны, полог хвойных насаждений задерживает часть выпадающего снега, который испаряется с крон интенсивнее, чем с открытых пространств, и тем самым уменьшает снегозапасы. С другой стороны, деревья предохраняют поступивший на поверхность почвы снег от воздействия солнечной радиации и, соответственно, испарения, выдувания и снеготаяния в период оттепелей, способствуя тем самым снегонакоплению.

Снегомерные работы в исследуемых насаждениях (рис. 4.3), за период 2021-2023 гг. производились регулярно в течение всех трех зимних сезонов. На всех четырех участках замеры осуществлялись в трех повторностях, в установленные календарные сроки. После образования устойчивого снежного покрова, на мониторинговых площадках замерялась толщина снега, с помощью плотногомера ВС-43 определялась его плотность, проводилось описание структуры снежного покрова, особенностей его покрытия и т.д., в соответствии с методикой проводимых работ (рис. 4.4).

По результатам зимних исследований конца 2020 г. и начала 2021 г., проводимых на стационарных мониторинговых площадках, расположенных в пределах постоянных пробных площадей, динамика снегонакопления на всех участках была практически одинакова, за исключением весеннего периода активного снеготаяния. Максимальные показатели толщины снежного покрова наблюдались к концу первой декады марта, а именно 10. 03. 2021 г, когда снегонакопление на всех участках варьировало от $117,7 \pm 1,88$ до $133,0 \pm 1,63$ см (прил. 1). Наибольшее значение было зафиксировано в березовом насаждении, наименьшее – в пихтовом, в осиновом промежуточное $-122,3 \pm 5,19$ см, на закустаренном участке (Аж) толщина снега практически соответствовала березовому насаждению ($130,3 \pm 2,13$ см), разница между максимальным и минимальным значениями на пике снегонакопления составляла 15,3 см (рис. 4.5). Средняя температура воздуха за весь зимний период составляла $-12,7^{\circ}\text{C}$.



А)



Б)



В)



Г)

Рисунок 4.3 – Насаждения, подобранные для выполнения исследований:
 а) березовое, б) осиновое, в) пихтовое, г) закустаренный участок (Аж)



А



В



С



Д

Рисунок 4.4 – Рабочие моменты, по определению плотности снега (А, В) с помощью плотномера ВС-43, его толщины измерительной рейкой (С), максимальная мощность снега в 2022 г. (Д)

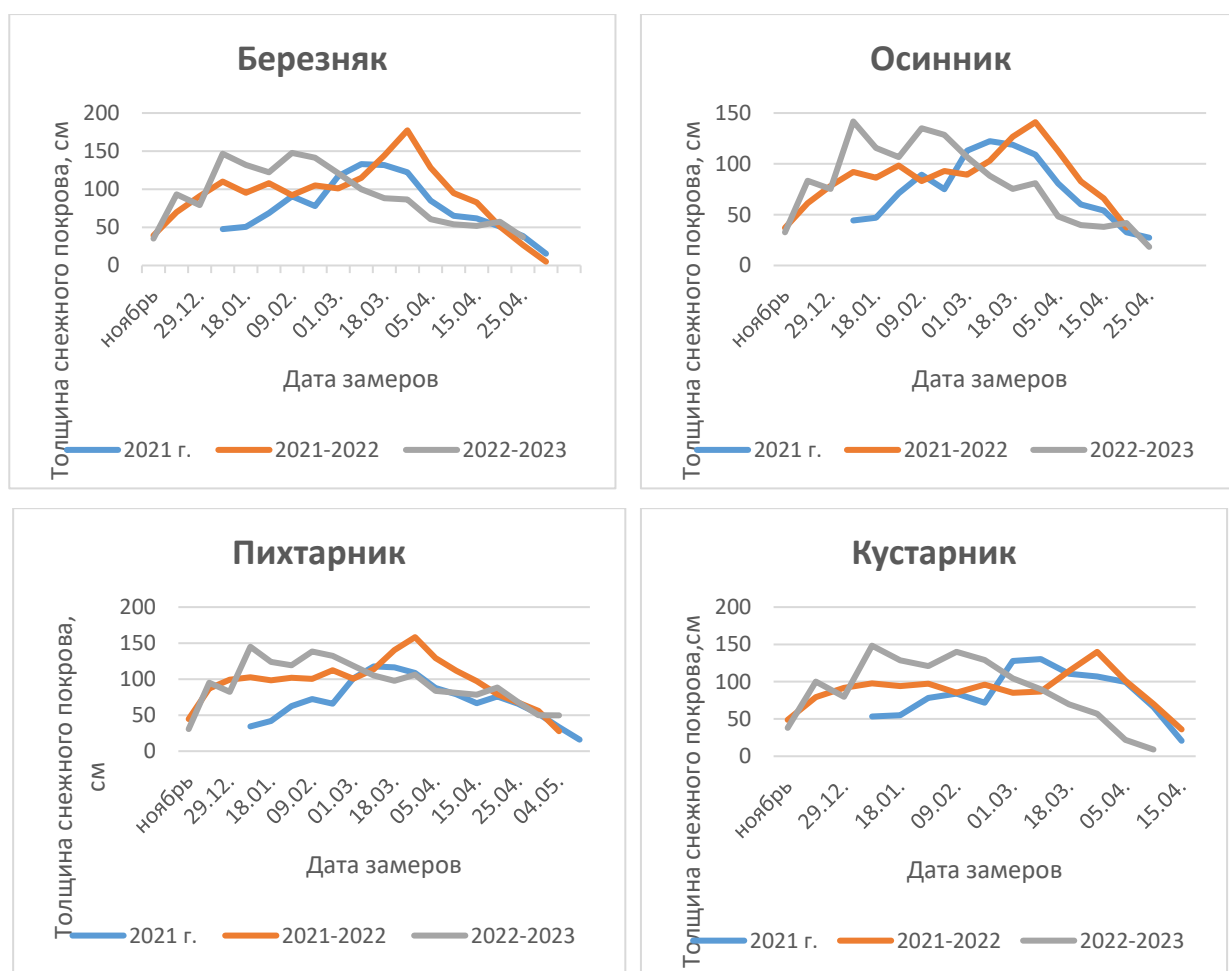


Рисунок 4.5 – Динамика толщины снежного покрова в различных насаждениях за период 2021-2023 гг.

Зимний период 2021-2022 гг. сопровождался менее выраженными оттепелями, по сравнению с предыдущим, но также был отмечен неравномерным выпадением осадков (рис. 4.6). Например, в декабре и начале января в результате обильных снегопадов толщина снега достигла, в среднем, 1,0 м и держалась, незначительно меняясь, вплоть до начала марта, когда начались обильные снегопады, максимальная толщина снежного покрова образовалась к концу марта и достигала от $140,0 \pm 2,36$ до $177,3 \pm 7,32$ см (29.03.2023 г.).

Средние значения периода 2021-2022 гг. распределились следующим образом: максимальное количество снега было зафиксировано в березовом насаждении ($177,3 \pm 7,32$ см), в пихтовом – $158,3 \pm 1,89$ см, минимальное – в осиннике и кустарниках (Аж), соответственно – $141,0 \pm 0,82$ и $140,0 \pm 2,36$ см.

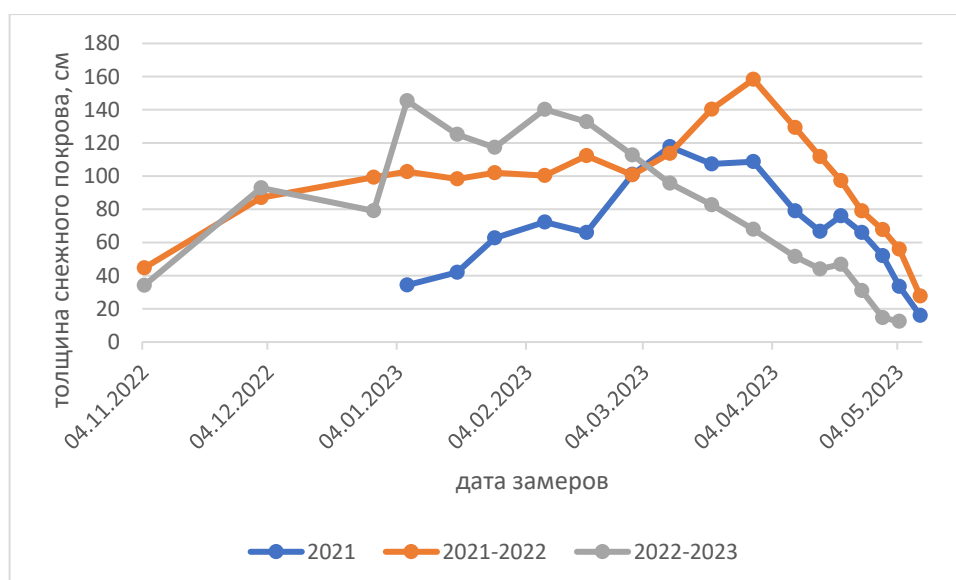


Рисунок 4.6 – Средние значения толщины снега по всем участкам

Таким образом, разница средних значений данного показателя в различных по составу насаждениях составляла – 37,3 см. Средняя температура воздуха зимнего периода составляла – 9,1⁰С.

2022-2023 гг. отличаются от предыдущих большими перепадами выпавших осадков, пришедшихся непосредственно на зимние месяцы, в которых и наблюдалось максимальное снегонакопление. Уже в начале декабря снежный покров в среднем по всем участкам достигал примерно до 1 м. В январе (11.01.2023 г.) зафиксировано большое количество осадков, в результате которых толщина снега достигла от $141,7 \pm 1,36$ (в осиннике) до $148,3 \pm 3,60$ (в кустарниковом фитоценозе). В березовом и пихтовом насаждениях толщина снега составляла промежуточное значение, имеющее небольшое различие между собой – $146,7 \pm 1,36$ и $145,0 \pm 1,03$ см.

Разница в показателях на исследуемых участках составила всего 6,6 см, то есть распределение снежного покрова по всем исследуемым участкам было более равномерное, нежели в предыдущие годы.

В начале февраля, прошла вторая волна обильных снегопадов и толщина уплотнившегося после оттепелей снега, вновь увеличилась почти до той же максимальной точки, как и в январе, поэтому на графике можно отметить, как

бы две высшие точки максимального снегонакопления в этом году. Средняя температура воздуха зимнего периода составляла – 11⁰С.

Данные о максимальной мощности снежного покрова в насаждениях различных формаций приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Максимальная мощность снежного покрова в насаждениях различных формаций, см

Лесная формация	Годы		
	2021	2022	2023
Березняк	133,0±1,63	177,3±7,32	146,7±1,36
Осинник	122,3±5,19	141,0±0,82	141,7±1,36
Пихтарник	117,7±1,88	158,3±1,89	145,0±1,03
Кустарниковые заросли	130,3±2,13	140,0±2,36	148,3±3,60

Приведенные в табл. 4.2 данные свидетельствуют, что статистически достоверные различия в максимальной мощности снежного покрова в 2021 г. зафиксированы между пихтарником и березняком ($t_{\text{факт.}} = 6,147$ при $t_{0,05} = 2,042$), пихтарником и кустарниковыми зарослями ($t_{\text{факт.}} = 4,435$ при $t_{0,05} = 2,042$).

В 2022 г., как было отмечено ранее, различия между максимальным и минимальным значениями показателя мощности снежного покрова составили между формациями 37,3 см. Последнее обусловило тот факт, что статистически недостоверные различия в максимальной мощности снежного покрова зафиксированы только между осинником и кустарниковыми зарослями ($t_{\text{факт.}} = 0,400$ при $t_{0,05} = 2,042$). Варьирование максимальных значений мощности снежного покрова в 2023 г. оказалось менее значительным, чем в 2022 г. и составило от 141,7±1,36 см в осиннике до 148,3±3,60 см в кустарниковых зарослях. При этом различия в максимальной мощности снежного покрова между лесными формациями оказались статистически не достоверны. Даже между осинником и кустарниковыми зарослями ($t_{\text{факт.}} = 1,715$ при $t_{0,05} = 2,042$),

Анализируя приведенные материалы, можно констатировать, что на характеристики снежного покрова оказывают влияние как временные, так и пространственные факторы. Пространственная изменчивость снежного покрова

зависит прежде всего от ландшафтной неоднородности территории. Это прежде всего рельеф местности, экспозиция и крутизна склона, наличие древесной растительности или ее отсутствие.

К временным аспектам изменения характеристик снежного покрова следует отнести прежде всего погодные условия конкретного сезона. Так, в частности, зимние сезоны 2020-2021 и 2021-2022 гг. различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Средняя температура воздуха в период залегания снежного покрова в 2020-2021 г. составляла $-7,4^{\circ}\text{C}$, а на следующий год только $-5,5^{\circ}\text{C}$. При этом осадков в зимний сезон 2020–2021 г. выпало на 62 мм меньше, чем в 2021-2022 г. Неравномерность выпадения твердых осадков по месяцам наглядно можно увидеть на рисунке 4.7.

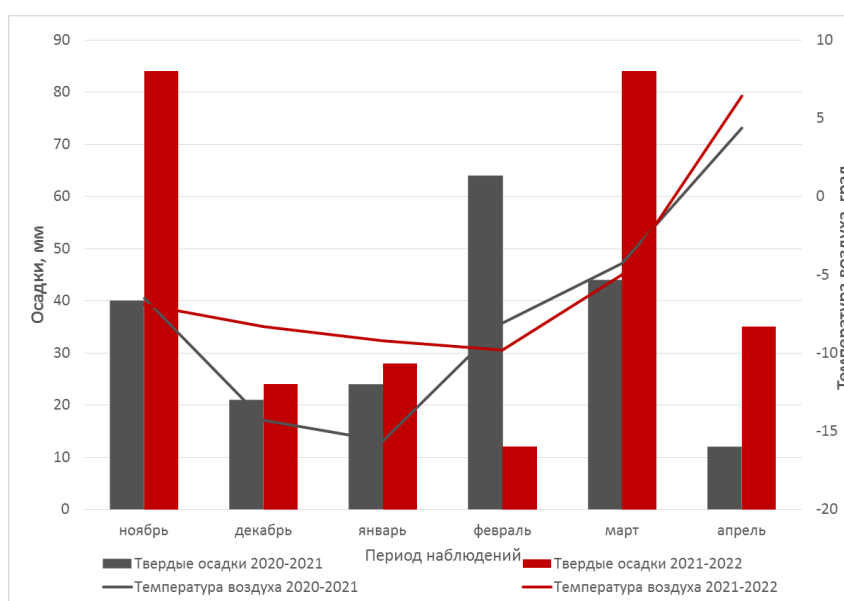


Рисунок 4.7 – Показатели температуры воздуха и твердых осадков в период залегания снежного покрова в 2020-2021 и 2021-2022 гг.

Характер залегания снежного покрова, и непосредственно структура снега в течении исследуемого трехлетнего периода претерпевали изменения в соответствии с погодными условиями. Для березняка и осинника характерно более равномерное размещение снежного покрова. На оттаявшей почве, структура снега изменялась в зависимости от температуры воздуха и осадков. В начале зимнего периода снег характеризовался, как свежий пушистый, в

малоснежный период и в период оттепелей – как старый снег плотный, и в период снеготаяния – как переувлажненный (мокрый) снег.

Для пихтарников, за счет задержания кронами твердых осадков, а затем их обвалов, характерны пристволовые сугробы, в окнах между деревьями и небольших опушках накапливается большее количество снега, следовательно, залегание снежного покрова можно охарактеризовать, как неравномерное с небольшими сугробами. А в весенний период таяния структура снега становится влажной с коркой на поверхности.

На открытом участке, заросшем кустарником отмечено равномерное залегание снежного покрова, структура снега в начале зимы оценивалась, как свежий пушистый, затем в течении длительного периода – как старый плотный и старый влажный снег. Процесс таяния снега здесь протекал очень быстро в течении полумесяца, в этот период снег характеризовался, как переувлажненный (мокрый).

Степень покрытия видимой окрестности до начала весеннего снеготаяния, была на всех участках 100 %, по методике оценена в 10 баллов.

Резко континентальный климат, ветровой режим, количество выпавших осадков и другие факторы влияют так же, на такой немаловажный показатель, как плотность снега (рис. 4.8). За время исследований наибольшие перепады данного показателя наблюдаются в периоды больших снегонакоплений (сильные снегопады), оттепелей и, как правило, схода снега весной. На графике видно, что плотность снега с увеличением его мощности имеет заметную связь. Толщина снега носит накопительный характер в течении всей зимы, увеличивается и плотность снега, и наивысшие ее точки приходятся на весенние месяцы в соответствии с началом снеготаяния, после чего показатели постепенно падают.

Установлено, что в период максимального снегонакопления плотность снега в насаждениях различных формаций различается несущественно (табл. 4.3).

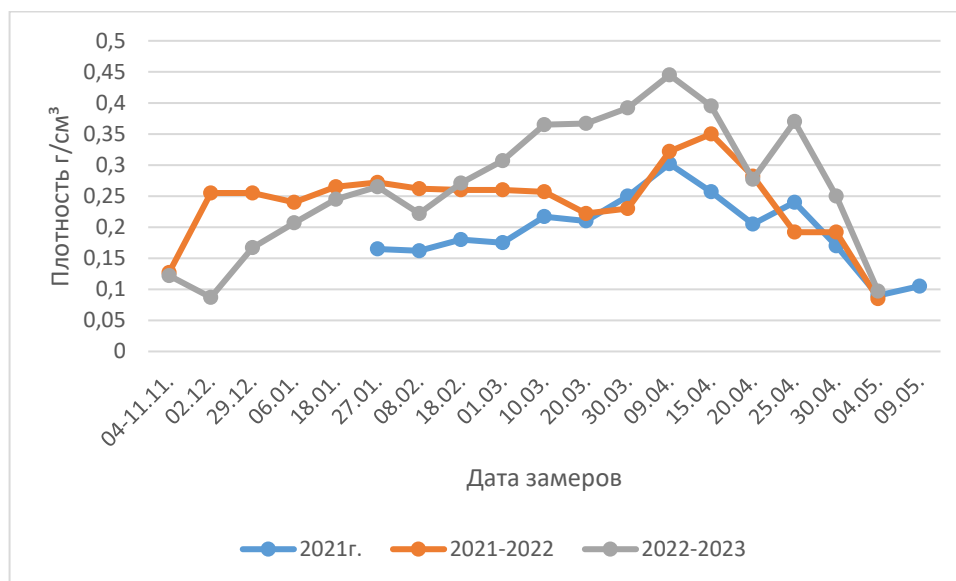


Рисунок 4.8 – Динамика плотности снега на всех участках за три года

Таблица 4.3 – Плотность снега в период максимального снегонакопления, г/см³

Лесная формация	Годы		
	2021	2022	2023
Березняк	0,21±0,047	0,22±0,005	0,20±0,003
Осинник	0,24±0,021	0,22±0,005	0,19±6,003
Пихтарник	0,26±0,009	0,22±0,003	0,22±0,001
Кустарниковые заросли	0,26±0,012	0,26±0,005	0,19±0,001

Материалы таблицы 4.3 свидетельствуют, что даже в 2021 г., когда наблюдалось максимальное варьирование плотности снега в насаждениях различных формаций, различия оказались статистически не достоверны на 95 % уровне значимости. Так, разница в плотности снега между березняком и кустарниковыми зарослями показала, что $t_{\text{факт.}} = 1,044$ при $t_{0,05} = 2,042$.

Наибольшие перепады температур, характерные для зимы 2022–2023 гг. Длительное отсутствие большого количества осадков, характерное для весеннего периода, отразилось на графике большими всплесками и падениями кривой.

Наиболее равномерное значение плотности снега просматривается в 2021-2022 гг., что объясняется небольшим количеством осадков, выпавших в

январе и феврале месяцах, а также отсутствием сильных метелей и значительных перепадов температур в этом период. Максимальное количество снега, как уже отмечалось выше, выпало в конце марта, после чего наступило повышение температуры воздуха, снег начал таять, отчего и произошел скачек плотности снега вверх.

2020-2021 гг. можно отнести к наименее снежным по общему количеству выпавших осадков и, соответственно, здесь наблюдается самый низкий показатель плотности снега, что лишний раз доказывает прямую зависимость одного значения от другого. Максимальные значения плотности снега за три года варьируют от 0,3 до 0,45 г/см³.

Еще одним показателем, напрямую зависящим от мощности снежного покрова, является снегозапас. Однако и здесь существуют свои особенности. Наибольшее содержание воды в снеге согласно графику (рис. 4.9), было отмечено в последние годы исследований (2022-2023 гг.). Оно пришлось на первую половину марта. Старый осевший снег имел большое количество влаги. В пихтарнике, 14 марта насчитывалось 421,2 мм – это наивысшая точка снегозапаса за весь исследуемый период.

Особенностью данного показателя в первые годы исследований (2020-2021 гг.), является наименьшее его значение, что соответствует меньшему количеству выпавших в тот период осадков.

Если провести сравнение между плотностью снега и содержанием воды в нем, то несомненно существует связь между этими показателями. Однако, существует ряд природных факторов, по-разному влияющих на них, чтобы провести более точные факты в данном вопросе нужны дополнительные исследования.

В таблице 4.4 приведены зимние показатели выпавших осадков в сравнении с данными местной метеостанции. Среднее количество осадков варьирует от 2,7 до 71,6 мм, фоновые составили от 3,6 до 49,0 мм.

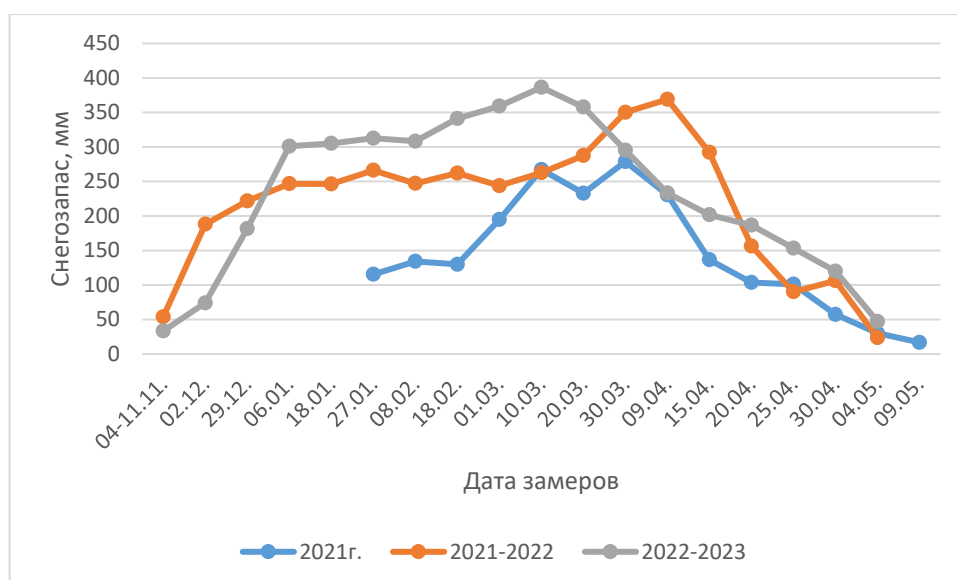


Рисунок 4.9 – Динамика снеговых запасов по всем участкам за три года

Таблица 4.4 – Показатели осадкомера Третьякова за зимний период 2022-2023 гг.

Дата замеров (ч.м. год)	Количество осадков на опытных участках, мм				Среднее	Фоновые дан- ные (метео- станции), за пе- риод наблюде- ний, мм
	Березняк	Осин- ник	Пих- тарник	Кустар- ник		
11.11.2022	76,7	68,7	70,3	60,6	69,1±3,3	31,8
24.11.2022	71,5	60,9	75,3	48,5	64,0±6,0	22,3
02.12.2022	25,6	21,1	28,3	19,7	23,7±2,0	11,0
27.12.2022	32,4	27,6	42,9	40,8	35,9±3,6	26,9
11.01.2023	80,6	52,2	100,2	53,3	71,6±11,6	49,0
19.01.2023	2,9	2,8	2,8	2,2	2,7±0,1	3,6
30.01.2023	8,3	9,0	9,4	8,2	8,7±0,3	15,9
09.02.2023	22,8	22,1	23,8	23,9	23,1±0,4	22,5
02.03.2023	17,3	22,8	14,4	18,6	18,3±1,7	25,0
14.03.2023	69,7	65,7	66,3	65,0	66,7±1,0	20,0
24.03.2023	5,5	6,0	4,4	6,3	5,5±0,4	22,0
10.04.2023	2,4	1,9	1,9	2,3	2,1±0,1	8,0
26.04.2023	78,1	75,8	76,9	78,4	77,3±0,6	39,0
Коэффициент корреляции осадков на участках с фоновыми	0,74	0,68	0,79	0,72	0,75	-

Таким образом, за исследуемый период толщина снега, взятая на пике снегонакоплений, варьирует от 117,7±18,83 до 177,3±7,32 см. Плотность снега

и его снегозапас напрямую связаны с его мощностью. Наибольшая плотность снега достигается весной, когда наступает процесс активного снеготаяния. Максимальные значения плотности снега за три года варьируют от 0,3 до 0,45 г/см³. Влагозапас – от 243,72 до 386,32 мм. Выпадение зимних осадков 2022-2023 гг. носит неравномерный характер, по данным осадкомера Третьякова от 2,7 до 71,6 мм.

Так же проведен корреляционный анализ выпавших осадков в исследуемых насаждениях с количеством фоновых осадков, в зимне-весенний период 2022-2023 гг (рис. 4.10).

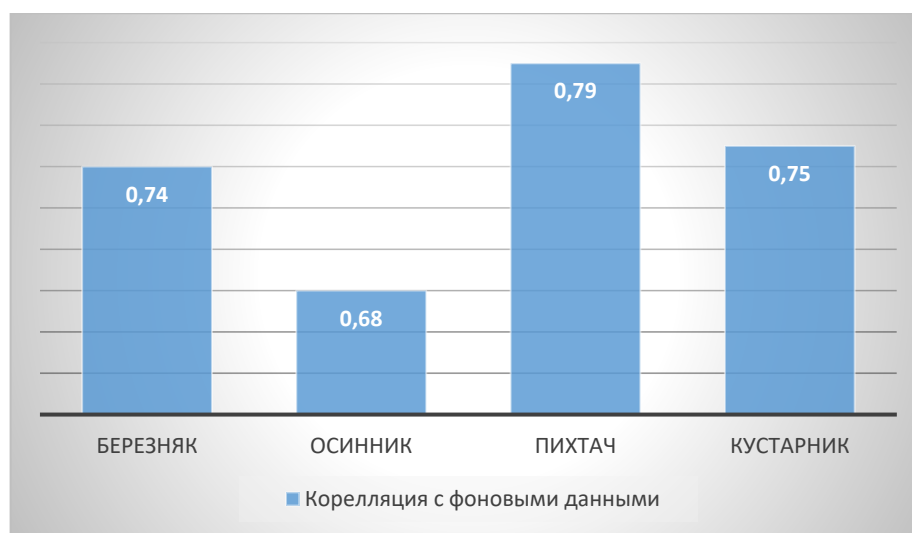


Рисунок 4.10 – Корреляция количества осадков
в осадкомерах с фоновыми данными

В насаждениях березы, пихты и в кустарниках количество выпавших осадков имеет сильную положительную связь с фоновыми осадками, так как они имеют коэффициент корреляции 0,74; 0,79; 0,75. А осиновое насаждение по данному показателю с коэффициентом 0,68 имеет умеренную положительную связь с фоновыми данными.

4.3. Таяние снега в насаждениях различных формаций

Накопление зимних осадков имеет важное значение, поскольку

определяет не только многие физиологические процессы произрастающих насаждений, но и потенциальный запас влаги на начало вегетационного периода. Однако, не менее, а в ряде случаев даже более важным является динамика таяния снега. Последнее объясняется тем, что при резком повышении температуры воздуха и быстром таянии снежного покрова, талая вода не может поступать в не оттаявшую почву и образует поверхностный сток, создавая опасность паводков и заиления водоемов.

Другими словами, интенсивность и продолжительность снеготаяния определяет характер гидрографов рек и половодье. Исследования, выполненные в различных регионах страны и за ее пределами, показали, что процесс снеготаяния в лесу существенно отличается от такового на открытых участках (Рутковский, 1956; Данилик, 1973; Рубцов и др., 1986; Berris, Hart, 1987). Под пологом древостоев снеготаяние идет менее интенсивно и при наличии мощного снежного покрова заканчивается позднее. В научной литературе описаны случаи, когда в горно-таежных лесах процесс таяния снега в лесу был в 3-5 раз медленнее, чем на открытом пространстве (Горбатенко, 1979) и задерживается на 10-20 дней (Протопопов, 1975).

В районе проведения исследований в апреле нередко наблюдается быстрый рост температуры воздуха, что способствует интенсивному снеготаянию. Так несмотря на то, что снегозапасы в начале весны 2022 г. превышали аналогичные показатели в 2021 г., вследствие более высоких температур воздуха сход снега в апреле 2022 г. закончился на 5 дней раньше, чем в 2021 г.

Как отмечалось нами ранее, максимальные снегозапасы формируются в середине марта. Так, 16 марта 2021 г. снегомерная съемка на трансектах показала, что средняя высота снежного покрова на нижней, средней и верхней трансектах, заложенных на ППП-3, в условиях пихтового насаждения составила $120,6 \pm 6,66$ см; $113,7 \pm 3,72$ см и $115,8 \pm 5,71$ см соответственно. При этом на закустаренном участке высота снежного покрова на нижней, средней и верхней трансектах составила $116,4 \pm 7,22$ см; $104,6 \pm 6,24$ см и $110,8 \pm 5,42$ см

соответственно. При недостоверном на 95 % уровне различий в высоте снежного покрова в период максимального снегонакопления уже к 20 апреля снежный покров на закустаренном участке отсутствовал, в то время как в пихтовом насаждении его высота составляла в среднем $76,0 \pm 3,54$ см.

Особо следует отметить, что под пологом древостоев таяние снега существенно различается в зависимости от особенностей пространственного размещения доревьев и других таксационных показателей. В период таяния снега к 15 апреля непосредственно под кронами деревьев пихты высота снежного покрова равнялась 20 см. При этом на опушках, участках с лиственными деревьями и в приствольных сугробах высота снега варьировалась от 80 до 100 см.

Нагрев стволов деревьев в нижней части способствовал полному сходу снега вокруг них у деревьев пихты к 15-20 апреля (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Процесс снеготаяния в пихтарнике

Полный сход снежного покрова в коренных пихтовых насаждениях в 2021 г. произошел только к концу первой декады мая, то есть почти на 2,5 декады позже, чем в кустарниковых зарослях.

Описанная закономерность в динамике схода снежного покрова свидетельствует о том, что состав насаждений оказывает определяющее влияние на таяние снега весной. В коренных пихтовых насаждениях, из-за плотности

древесного полога в биогруппах пихты, создается особый микроклимат, при котором распределение твердых осадков зимой характеризуется значительной неравномерностью. При этом характерной особенностью является формирование сугробов вокруг крон деревьев. Однако весной расход влаги и процесс таяния снежного покрова длиннее, чем под пологом лиственных древостоев и на закустаренных участках.

Указанное свидетельствует, что коренные пихтовые насаждения за счет более медленного таяния снежного покрова, лесной подстилки и водопроницаемых грунтов обеспечивают перевод поверхностного стока во внутрипочвенный, предотвращая, точнее минимизируя, опасность эрозии почвы и сильных паводков. Таким образом, с целью повышения гидрологической роли лесов Рудного Алтая необходимо переформировать производные мягколиственные насаждения в кустарниковые заросли в коренные пихтарники.

4.4. Задержание атмосферных осадков компонентами лесного насаждения

При изучении водоохранно-защитной роли лесов важным является вопрос перераспределения насаждениями элементов водного баланса. Задержание растительным покровом атмосферных осадков является составной частью изучения суммарного испарения фитоценозом. На основании инструментальных измерений в северных лесах Евразии было установлено, что полог древостоя способен, в зависимости от таксационных показателей насаждения, перехватывать от 10 до 40 % от годовой суммы осадков (Протопопов, 1975; Лебедев, 1982; Онучин, 1984; Kozii et al., 2017). При этом четко проявляется сезонная зависимость в перехвате осадков лиственными и хвойными насаждениями. Так, в теплое время года величина задержанных лиственными насаждениями осадков составляет 25-30 % (Кадеров, 1980; Грибов, 1997; Linl Marks, 1999), в то время как, в отличие от хвойных насаждений, перехват осадков ими сводится к минимуму.

Различия в перехвате зимних осадков насаждениями различных форма-

ций объясняются наличием хвои в хвойных насаждениях. Кроны хвойных деревьев задерживают часть зимних осадков и способствуют их перераспределению. В частности, определенная доля находящегося на кронах снега скатывается вниз в ветреную погоду, а также при охлестывании крон хвойных пород сопутствующими породами. Часть скользит по хвое и скатывается вниз под действием силы тяжести. В то же время определенная часть снега испаряется непосредственно с крон деревьев и не поступает на поверхность почвы.

В результате в хвойных насаждениях наблюдается неравномерное распределение снега. Непосредственно под кронами деревьев его значительно меньше, а по границам крон и в окнах между биогруппами хвойных деревьев образуются сугробы из снега.

Сравнение снегозапасов в период максимального снегонакопления на небольших полянах (контроль) и под пологом пихтового насаждения показало, что доля задержанных кронами твёрдых осадков в зимний период достигает 49,2 % (табл. 4.5). При этом лиственные насаждения практически не задерживают зимние осадки кронами деревьев и снег на поверхности почвы распределяется равномерно.

Таблица 4.5 – Задержание твердых атмосферных осадков кронами пихтового насаждения

Год	Снегозапас на контроле, мм	Снегозапас под пологом, мм	Задержание осадков	
			мм	%
2021	325,0	168,0	157,0	48,3
2022	495,6	252,0	243,6	49,2

Задержание зимних осадков кронами пихтового насаждения в значительной степени компенсируется растянутым периодом снеготаяния и поступлением в почву всей снеговой воды, что исключает поверхностный сток. Минимизировать расход снега на испарение с крон можно созданием смешанных насаждений с примесью лиственных пород до 3 единиц в формуле состава, а также исключением формирования плотных биогрупп из деревьев пихты про-

ведением своевременных рубок ухода.

Очень важно иметь объективные данные о задержании кронами жидких осадков, поскольку они выпадают в период роста деревьев.

Для определения количества выпавших осадков на каждом участке были подготовлены специальные площадки и установлены осадкомеры Третьякова (рис. 4.12). После каждого дождя на мониторинговых площадках производился забор осадков, а затем и перевод их в соответствующую методике единицу измерения (мм), (рис. 4.13). Одновременно, на пробных площадях исследуемых насаждений, по равномерно намеченным двум параллельным линиям, через каждые два метра были установлены осадкомерные емкости в общем количестве 20 штук. Для определения суммарного задержания осадков не только пологом древостоя и кустарников, но и травяного покрова, осадкомерные емкости устанавливались непосредственно под травой (рис. 4.14).

Известно, что на перехват осадков влияет большое количество факторов, пожалуй, главный из которых – это породный состав насаждения. Часть осадков испаряется, некоторое количество жидких осадков скатывается вниз по стволу, хвое или листьям. Не задерживаемая часть осадков проникает через промежутки в кроне, а также часть задерживает кустарниковая и травянистая растительность, остальная часть достигает почвы, где частично испаряется с ее поверхности, а часть попадает непосредственно в землю. Влага, попавшая в почву, используется лесом для процессов жизнедеятельности, а также, посредством внутрисочвенного стока, частично стекает в реки. В структуре водного баланса задержание осадков, как твердых, так и жидких является непродуктивной потерей влаги.

Разница, между показаниями осадкомеров, установленных на открытых площадках вблизи каждого исследуемого насаждения и количеством осадков, проникших в мерные стаканчики под полог леса, является показателем перехвата осадков, выраженным в процентах. Результаты проведенных расчетов приведены в таблице 4.6.



а)



б)

Рисунок 4.12 – Установка осадкомера Третьякова
в березовом насаждении (а) и на закустаренном участке (б)



Рисунок 4.13 – Перемещение жидких осадков из осадкомера в мерную колбу для первичного определения их количества



Рисунок 4.14 – Мерные емкости, установленные под травяным покровом

Таблица 4.6 – Проникновение осадков под полог леса и травяной покров с учетом фоновых данных

Дата периода наблюдения	Фоновые осадки (Хм) мм (данные метеостанции)	Осадки в насаждении по осадкомеру Третьякова (Хт), мм	Проникновение осадков под полог древостоя и травяного покрова, мм	Задержание осадков растительным покровом, мм
1	2	3	4	5
ППП-1. Березняк				
18.08.2022	5,0	5,8	3,7	2,1
21.06.2023	9,0	9,9	8,6	1,3
26.06.2023	9,0	10,4	7,8	2,6
30.06.2023	7,0	6,7	5,0	1,7
10.07.2023	13,0	16,8	11,2	5,6
24.07.2023	12,7	15,3	9,8	5,5
11.08.2023	6,0	21,2	17,5	3,7
14.08.2023	17,0	42,1	31,4	10,7
18.08.2023	10,6	20,3	14,8	5,5
31.08.2023	6,7	6,6	4,8	1,8
ППП-2. Осинник				
18.08.2022	5,0	5,8	3,5	2,3
21.06.2023	9,0	10,7	7,3	3,4
26.06.2023	9,0	10,6	6,6	4,0
30.06.2023	7,0	6,1	4,9	1,2

Окончание табл. 4.6

1	2	3	4	5
10.07.2023	13,0	14,7	9,3	5,4
24.07.2023	12,7	14,9	9,2	5,7
11.08.2023	6,0	20,2	14,6	5,6
14.08.2023	17,0	39,9	27,6	12,3
18.08.2023	10,6	19,9	13,5	6,4
31.08.2023	6,7	6,6	4,5	2,1
ППП-3. Пихтарник				
18.08.2022	5,0	5,6	3,4	2,2
21.06.2023	9,0	10,8	8,7	2,1
26.06.2023	9,0	10,9	8,9	2,0
30.06.2023	7,0	5,9	5,0	0,9
10.07.2023	13,0	14,1	11,8	2,3
24.07.2023	12,7	16,1	12,5	3,6
11.08.2023	6,0	18,7	17,1	1,6
14.08.2023	17,0	40,9	32,8	8,1
18.08.2023	10,6	20,2	15,8	4,4
31.08.2023	6,7	7,0	6,3	0,7
ППП-4. Кустарниковый фитоценоз (Аж)				
18.08.2022	5,0	5,7	4,7	1,0
21.06.2023	9,0	12,0	11,7	0,3
26.06.2023	9,0	10,9	10,6	0,3
30.06.2023	7,0	7,3	6,9	0,4
10.07.2023	13,0	14,4	10,7	3,7
24.07.2023	12,7	16,0	13,9	2,1
11.08.2023	6,0	20,3	19,5	0,8
14.08.2023	17,0	38,8	28,9	9,9
18.08.2023	10,6	19,7	14,5	5,2
31.08.2023	6,7	5,7	4,0	1,7

По результатам наших исследований установлено, что из исследуемых нами насаждений больше всего задерживает жидкие атмосферные осадки осинник (33 %); ему немного уступает березовое насаждение (26 %). Пихтарник задерживает в среднем 19 % дождевой влаги, а кустарниковый фитоценоз всего 15 %.

При анализе табл. 4.6 следует отметить, что различия между показателями фоновых значений количества осадков и таковыми по данным осадкомеров объясняются прежде всего горным рельефом местности. Фоновые данные взяты нами на метеостанции г. Риддер, которая находится на некотором удалении от объектов исследований, а данные о массе осадков по осадкомерам Третьякова непосредственно на мониторинговых площадках, т.е. на ППП.

Различия в значениях количества выпадающих осадков между данными осадкомеров в насаждениях различных формаций в значительной степени зависят от характера насаждений, формирующих распределение осадков путем регулирования скорости ветра кронами деревьев в период их выпадения.

Поскольку осинники перехватывают большее количество летних осадков, чем пихтарники на 14 %, а березняки на 7 %, то можно констатировать положительную роль коренных пихтовых насаждений в сокращении непродуктивных потерь влаги.

На рисунке 4.15 показано изменение задержания осадков на исследуемых объектах за летний период 2023 года.

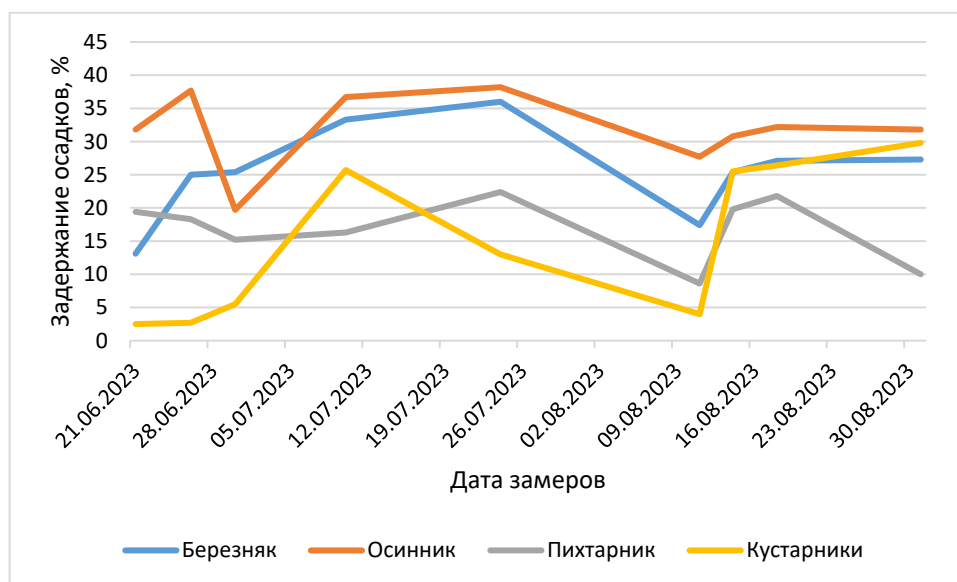


Рисунок 4.15 – Динамика задержания осадков в исследуемых насаждениях

На графике просматривается достаточно четкая синхронность изменения задержания дождевых осадков для всех насаждений в соответствии с динамикой выпадения осадков в регионе. При этом можно отметить значительные различия в задержании осадков этими фитоценозами, выраженные в процентах. В некоторых случаях процент задержания жидких осадков насаждени-

ями различается на 20-25 %. Этот график показывает, насколько по-разному «работают» насаждения по задержанию осадков. Но при этом необходимо учитывать, сколько осадков выпало в каждом конкретном случае.

Для лучшего понимания как «работают» насаждения при разных осадках мы проанализировали зависимость задержания осадков от суммы выпавших осадков для каждого объекта (рис. 4.16). Как следует из графиков, на всех объектах, за исключением кустарникового фитоценоза, процент задержания осадков растительностью повышается с увеличением суммы выпавших осадков, хотя четкой зависимости этих двух переменных не отмечено. Что касается кустарникового фитоценоза, то для него отмечена общая тенденция увеличения задержанной дождевой влаги с повышением суммарных осадков. Следует отметить, что корреляция очень слабая, коэффициент корреляции равен 0,24. Факт, что задержание осадков кронами деревьев, в значительной степени зависит от выпавших осадков, приводится во многих литературных источниках. Известно, что породный состав является одним из основных факторов, с которым связывают задержание осадков пологом леса. Из наших данных следует, что больше всего задерживает жидких осадков осинник (более 30 %), тогда как пихтарник в среднем за летний сезон задержал всего 19 %. Из литературных источников мы знаем, что взрослые хвойные насаждения задерживают на своих кронах больше влаги, чем лиственные породы. Можно разобраться с этим феноменом, сравнив исследуемые насаждения по проективному покрытию. На рисунке 4.17 приведены данные средней за сезон величины задержанных осадков с проективным покрытием насаждений. Так обнаружилось, что минимальное задержание дождевой влаги в пихтарнике связано с тем, что, во-первых, данное насаждение представлено куртинами и, во-вторых – проективное покрытие в нем составляет всего 60 %.

В кустарниковом фитоценозе осадков задерживается около 15% от суммы выпавших осадков несмотря на то, что проективное покрытие составляет 90%. Такое явление мы объясняем тем, что задержание осадков связано

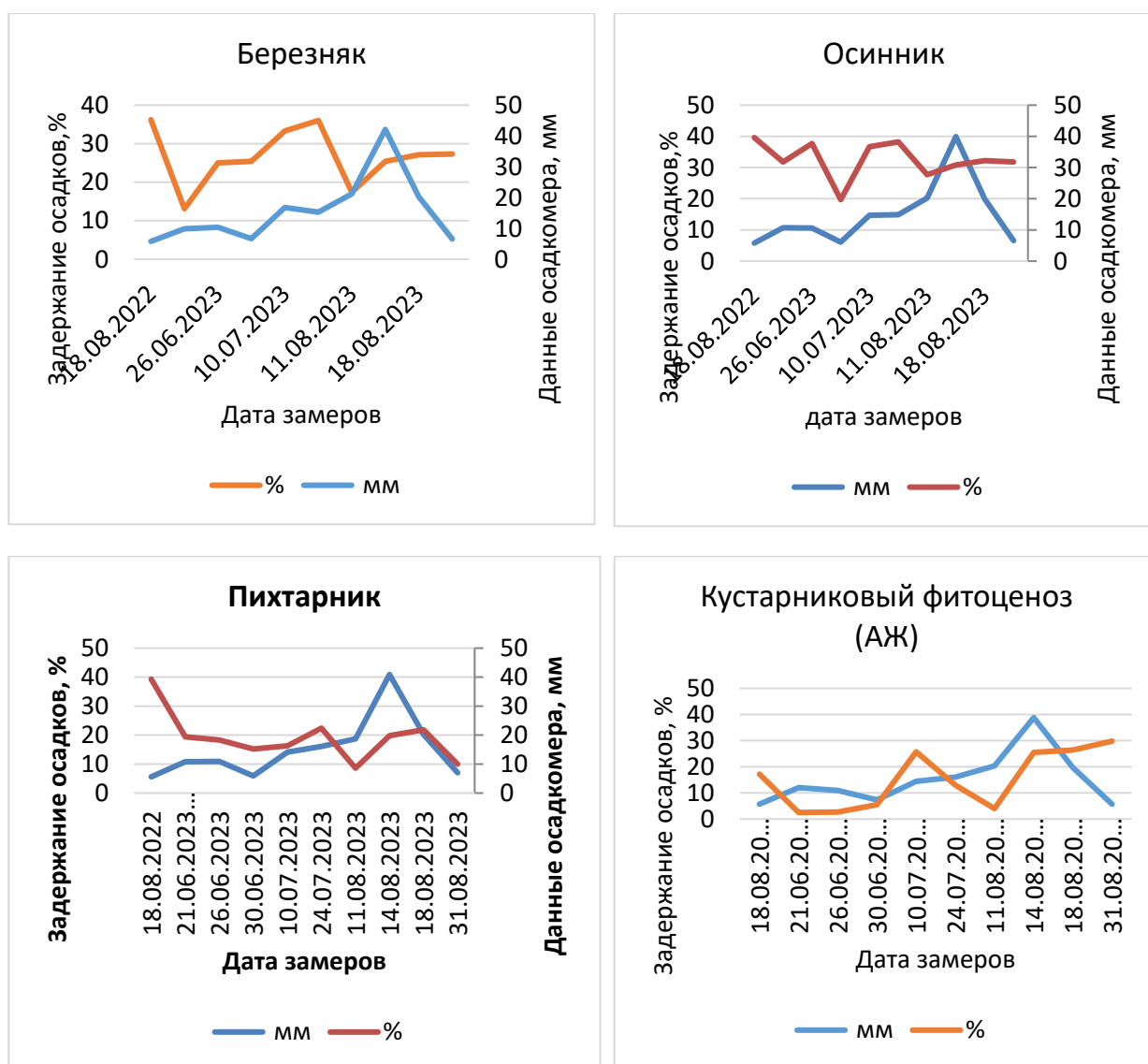


Рисунок 4.16 – Соотношение задержания осадков (%) и суммы выпавших осадков в различных насаждениях (мм)

не только с проективным покрытием насаждения, а с его биометрическими показателями, т.е. с фитомассой листвы или хвои, и листовым индексом.

Между процентом проективного покрытия насаждений и процентом задержания ими осадков, выявлена умеренная положительная связь, так как между данными показателями коэффициент корреляции составляет 0,39.

Таким образом, исследования показали различия задержания осадков растительным покровом в зависимости от лесоводственно-таксационных показателей насаждений и от суммарных осадков за сутки. Следует отметить, что

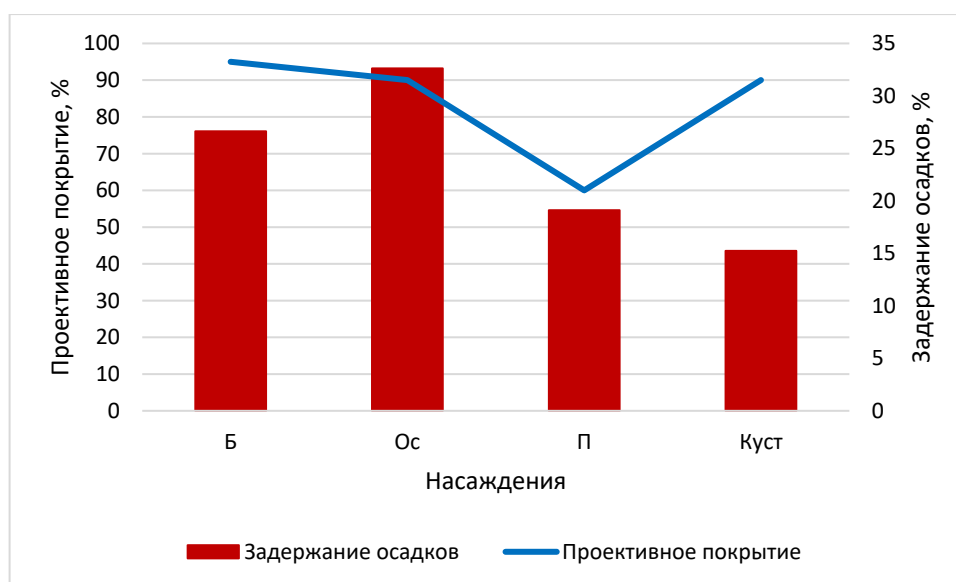


Рисунок 4.17 – Проектное покрытие насаждений и задержание осадков:
Б – березняк, Ос – осинник, П – пихтарник, Куст – кустарниковый фитоценоз

большое количество факторов, влияющих на перехват осадков, и различное их сочетание усложняет проблему количественной оценки осадков. Для учета этих факторов необходимо проведение дополнительных исследований.

Сравнение данных по осадкам метеостанции и осадкомерам Третьякова, установленных на мониторинговых объектах, показывает, что в большинстве случаев значения осадков по метеостанции незначительно отличаются от данных, полученных в исследуемых насаждениях (рис. 4.18). Исключение составляют три дня с осадками в августе (рис. 4.19), когда при минимальных осадках на метеостанции были отмечены максимальные осадки в осадкомерах Третьякова на мониторинговых объектах. Возможно, это связано с фронтом, принесшим осадки с Атлантики, когда выпадение осадков подчиняется закономерностям, связанным с высотной поясностью. При этом следует отметить достаточно тесную корреляционную связь осадков метеостанции и полученных на осадкомерах Третьякова на объектах. В качестве примера на рисунке 4.19 приведен график, на котором прослеживается синхронность изменения осадков. Коэффициент корреляции осадков метеостанции и осадков с осадкомера в данном фитоценозе равен 0,77. Это указывает на то, что данные метеостанции

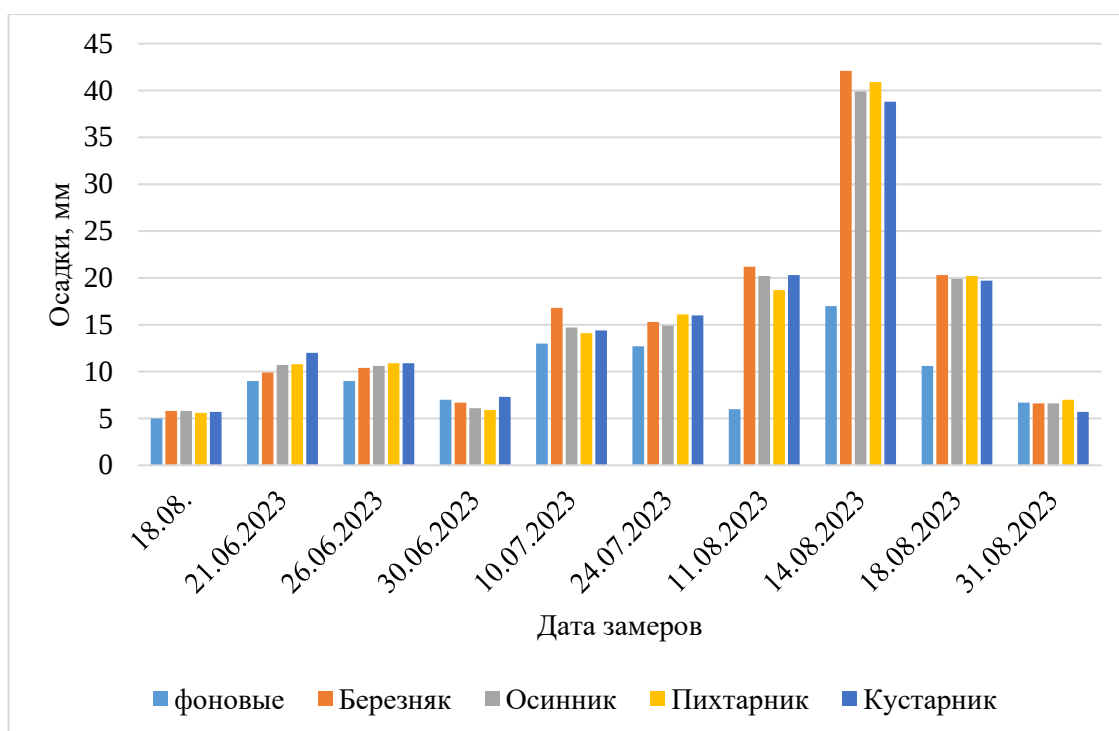


Рисунок 4.18 – Показания осадкомеров, установленных в насаждениях и данные стационарной местной метеостанции г. Риддера

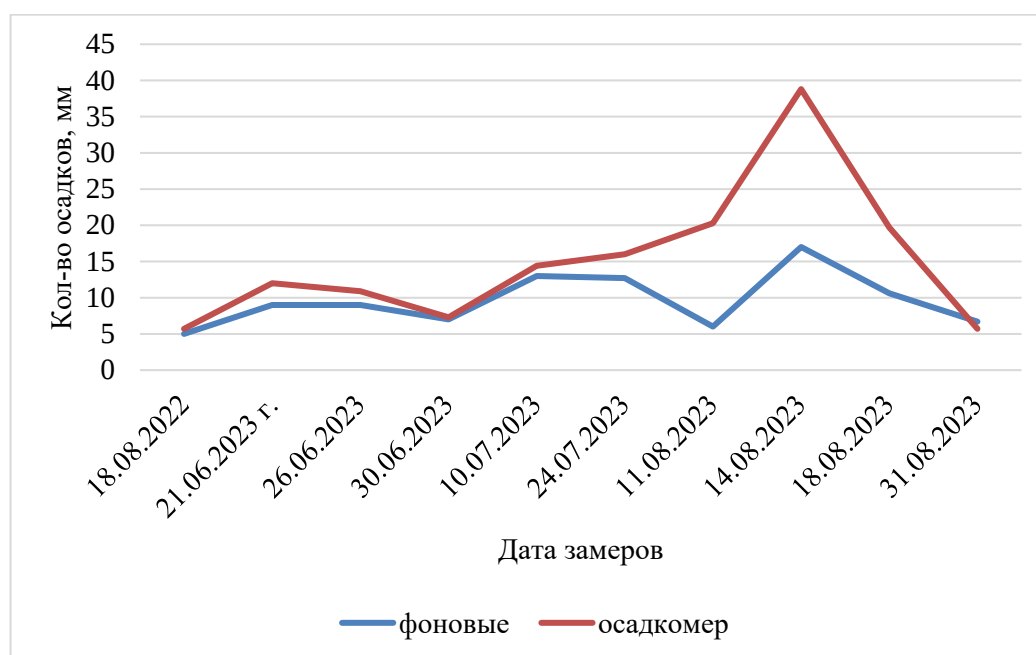


Рисунок 4.19 – Количество зафиксированных осадков в кустарниковом фитоценозе, на фоне данных метеостанции г. Риддера

могут экстраполироваться (с некоторыми поправками) на районы

исследования.

Выполненные исследования показали, что уже к началу декабря высота снежного покрова на исследуемых ППП, как правило, составляет около 1,0 м и держится таковой до конца апреля. Указанное необходимо учитывать при проектировании лесохозяйственных работ, а также при планировании и проведении мероприятий по уходу за дикими копытными животными. Из-за столь продолжительного нахождения глубокого снежного покрова животные вынуждены мигрировать из района исследований в другие районы или подниматься в горы, где снег сдувается ветром. При наличии диких копытных животных в насаждениях указанных формаций они нуждаются в интенсивной подкормке.

Рубки ухода и другие лесоводственные мероприятия, связанные с использованием лесозаготовительной и другой тяжелой техники, лучше всего проводить в конце лета и осенью, когда почва характеризуется минимальной влажностью. Последнее снижает риск уплотнения и эрозии почвы.

С учетом ускоренного таяния снега в производных мягколиственных насаждениях и, особенно, в кустарниковых зарослях, в целях минимизации поверхностного стока можно рекомендовать проведение рубок переформирования указанных насаждений и кустарниковых зарослей в коренные пихтарники травяно-папоротниковые. Проведение рубок переформирования не только будет способствовать повышению водоохранно-защитной роли лесов Рудного Алтая за счет минимизации поверхностного стока и риски эрозии почв, но и повысит продуктивность лесов, что убедительно доказано исследованиями А.А. Калачева (2020).

Выводы

1. Исследования влияния лесной растительности на отложение снега, проникновение атмосферных осадков, температуру и влажность почвы, поверхностный и внутрипочвенный сток выполнялись на специально оборудованных площадках внутри ППП.

2. ППП были представлены пихтовым насаждением травяно-папоротникового типа леса и производными березовыми и осиновыми насаждениями, а также кустарниковыми зарослями из акации желтой (*Caragana arborescens* Lam.) и спиреи средней (*Spiraea media* F. Schmidt.) образовавшимися на месте коренного пихтарника травяно-папоротникового после сплошнолесосечной рубки.

3. Все исследуемые насаждения относятся к высокополнотным. Кустарниковые заросли имеют сомкнутость крон 0,5.

4. Процесс снегонакопления протекает в зависимости от количества осадков и температуры воздуха.

5. В период максимального снегонакопления в середине марта наибольшей мощностью снежный покров характеризуется в березняках и кустарниковых зарослях.

6. Максимальная плотность снега наблюдается в период начала снеготаяния, то есть в конце марта и варьируется от 0,3 до 0,45 г/см³.

7. В пихтовых насаждениях процесс снеготаяния продолжительнее на 2-4 недели по сравнению с кустарниковыми зарослями и лиственными насаждениями.

8. Доля перехваченных кронами зимних осадков в пихтовых насаждениях достигает 49,2 %, при этом под кронами биогрупп пихты толщина снежного покрова минимальна, а по границам биогрупп формируются снежные сугробы.

9. Перехват жидких осадков кронами максимальный в осиновых насаждениях, где он выше, чем в пихтарниках на 14 %. Березняки перехватывают на 7 % больше, чем пихтарники. При этом пихтарники за сезон задерживают кронами лишь 19 % жидких осадков.

5. Внутрипочвенный и поверхностный сток в насаждениях различных формаций

5.1. Характеристика почв на объектах исследования

При оценке гидрологической роли лесов важная роль принадлежит водно-физическим свойствам почв и подстилающих горных пород. Последнее объясняется тем, что именно эти факторы прежде всего влияют на различные составляющие стока. Кроме того, важное значение имеют влажность и водопроницаемость почв. Можно предположить, что эти показатели будут различаться в коренных и производных насаждениях, что в конечном счете раскрывает сущность водоохраных, водорегулирующих и почвозащитных функций леса.

Несмотря на то, что закладка мониторинговых площадок и пробных площадей производилась с учетом рельефа местности, экспозиции склона и его крутизны, высоты над уровнем моря и других показателей при стремлении к их наиболее близким значениям в характеристиках почв могли быть различия, поскольку пробные площади представлены насаждениями различных формаций. Для объективной оценки влияния насаждений различного состава на гидрологические показатели, на каждой пробной площади в границах мониторинговой площадки закладывался почвенный разрез с его детальным описанием и взятием почвенных образцов на разной глубине почвенного профиля для установления механического состава почв.

Первый почвенный разрез был заложен на ППП-1 в производном березовом насаждении, таксационная характеристика которого приведена в таблице 4.1.

Под пологом березового древостоя, где закладывался почвенный разрез № 1, имеет место редкий подлесок: спирея средняя (*Spiraea media* L.), акация желтая (*Caragana arborescens* Lam.), смородина красная (*Ribes rubrum* L.) и др. Живой напочвенный покров (ЖНП) густой, преобладает злаковое разнотравье, из крупнотравья встречаются чемерица Лобеля (*Veratrum*

lobelianum Bernh.), скерда сибирская (*Crepis sibirica* L.), борец высокий (*Aconitum septentrionale* Koelle), дудник лекарственный (*Angelica archangelica* L.), дудник лесной (*Angélica silvestris* L.) борщевик (*Heracleum dissectum* Ledeb.), володушка золотистая (*Bupleúrum auréum* (Fisch. ex Hoffm.)), чина Гмелина (*Lathyrus gmelinii* Fritsch), пион уклоняющийся (*Paeónia anómala* L.) и др. Подрост редкий – пихта, 5-12 лет, береза – единично.

Описание почвенного разреза № 1.

A₀ – 0-5 см. Рыхлая дернина, сильно пронизанная корнями, с обилием растительных остатков.

A₁ – 5-20 см. Серой окраски, сильно пронизан корнями древесной и травянистой растительности, структура комковато-зернистая, рыхлого сложения, переход ясный.

A₂ – 20-40 см. Светло-серый, пронизан корнями древесных и травянистых растений, легкосуглинистый, структура мелко-ореховатая, переход в следующий горизонт заметный.

B – 40-70 см. Бурый с сероватым оттенком, ореховато-комковатый, влажный, тяжелосуглинистый, уплотненный, с вкраплениями щебня, переход постепенный.

BC – 70-86 см. Светло-бурый, сырой, среднесуглинистый, комковатой структуры со значительным количеством щебня.

C – более 86 см. Глина и каменные плиты.

Почва: горнолесная серая.

Почвенный разрез № 2 заложен в производном осиновом насаждении ППП-2, таксационная характеристика которого приведена в таблице 4.1.

Под пологом осинового древостоя имеет место густой, неравномерный подлесок, который представляют: акация желтая, смородина красная, и др. В ЖНП преобладает разнотравье (высотой от 0,2-1,0 м): борец высокий, живокость высокая (*Delphinium elatum* L.), папоротники (щитовник (*Dryópteris filix-mas* L.), кочедыжник (*Athýrium filix-fémína* L.), полынь горькая (*Artemísia absínthium* L.), зверобой продырявленный (*Hypéricum perforátum* L.). Разнотра-

вье (высотой от 5 до 40 см, на опушках до 1,0 м): под кронами – кисличка (*Oxalis acetosella* L.), ясменник душистый (*Asperula graveolens* Bieb), незабудка (*Myosotis* L.), фиалка двухцветковая, подмаренник (*Viola biflora* L.), василистник водосборолистный, вороний глаз (*Paris quadrifolia* L.), мхи (*Bryophyta*). На прогалинах, опушках и открытых местах встречаются пион уклоняющийся, папоротники (щитовник, кочедыжник), чемерица Лобеля, Соссюрея горькая (*Saussurea amara* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.), синюха голубая (*Polemonium caeruleum* L.), чистец лесной (*Stachys sylvatica* L.), золотарник (*Solidago virgaurea* L.), борщевик и др. Особенностью участка также является наличие сухостоя и валежника.

Описание почвенного разреза № 3:

A1 – 0-14 см. Рыхлая суглинистая дернина, сильно пронизанная мелкими корнями, с обилием растительных остатков.

A2 – 14-35 см. Серый с светло-бурой окраской, сильно пронизан корнями древесной и травянистой растительности, легкосуглинистый, влажный, комковатой структуры, рыхлого сложения, переход ясный.

B – 35-62 см. Бурый с сероватым оттенком, ореховато-комковатый, влажный, тяжелосуглинистый, уплотненный, переход постепенный.

BC – 62-70 см. Бурый, сырой, среднесуглинистый, комковатой структуры, плотный, со значительным количеством щебня.

C – более 70 см. Глина и каменные плиты.

Почва: горнолесная серая.

Почвенный разрез № 4 заложен в зарослях акации желтой (ППП-4), которые сформировались на месте коренного пихтового насаждения типа леса пихтарник травяно-папоротниковой, после проведения сплошнолесосечной рубки. Таксационная характеристика кустарниковых зарослей на ППП-4 приведена в таблице 4.1.

Почвенный разрез заложен в верхней части ППП-4, где наблюдаются заросли густых кустарников из акации желтой с участием спиреи средней. Высота кустарников достигает 1,5 м с диаметром у шейки корня 2,0 см. Проекци-

онное покрытие пробной площади составляет 90-95%. На открытых местах пробной площади, тяготеющих к юго-западной ориентации, имеются выходы материнской породы с неглубокими почвами и злаковой травянистой растительностью. Преобладают злаки, осоки. Из разнотравья: подмаренник (*Galium* L.), душица (*Origanum vulgare* L.), водосбор (*Aquilegia vulgaris* L.), смолевка обыкновенная (*Silene vulgaris* (Moench) Garcke) и др.

A1 – 0-10 см. Рыхлая серая дернина, сильно пронизанная мелкими корнями, с обилием растительных остатков, с вкраплениями щебня мелкой фракции.

A2 – 10-20 см. Рыхлая серая, сильно пронизана корнями кустарниковой и травянистой растительности, легкосуглинистый, влажный, комковатой структуры, рыхлого сложения, с вкраплениями щебня мелкой, средней и крупной фракциями.

B – 20-30 см. Бурый с сероватым оттенком, тяжелосуглинистый, уплотненный, переход постепенный с вкраплениями щебня средней и крупной фракций.

BC – 30-35 см. Уплотненный, супесчаный, каменные плиты.

C – более 35 см. Каменные плиты.

Почва: горнолесная серая.

Анализ почвенных разрезов свидетельствует, что несмотря на тщательный подбор участков для закладки ППП имеются существенные различия в описании почвенных разрезов, что, на наш взгляд, объясняется мозаичностью почв в условиях горного рельефа.

Наиболее глубокие почвы зафиксированы в березняке, где материнская порода находится на глубине более 86 см, в то время как на ППП-4 с кустарниковыми зарослями материнская порода начинается с 35 см. Наиболее близки по мощности почвенные профили в разрезах, выполненных в осиннике и кустарниковых зарослях. Мощность почвенного профиля под пологом пихтового насаждения занимает промежуточное значение между таковой в березняках и осинниках. В пихтарнике материнская порода находится на глубине 70 см.

Водопроницаемость и, как следствие этого, наличие поверхностного и

внутрипочвенного стоков во многом определяется механическим составом почв, то есть от ее фракционного состава (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Фракционный состав почвы на ППП, %

Глубина взятия образца, см	Размер фракций, мм								Гигроско- пическая влага, %
	1- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	0,001	сумма фракций		
							<0,01	>0,01	
ППП-1, березовое насаждение									
0-5	0,16	30,24	33,47	12,97	11,67	11,50	36,14	63,86	7,14
5-20	0,15	44,86	21,30	11,74	10,55	11,40	33,69	66,31	6,31
20-40	0,11	35,37	21,92	16,10	12,74	13,75	42,59	57,41	4,58
40-70	0,11	28,84	30,24	13,99	11,93	14,89	40,81	59,19	2,78
70-76	0,15	30,73	27,96	14,06	14,02	13,09	41,16	58,84	1,27
ППП-2, осиновое насаждение									
0-10	0,96	44,82	21,44	11,39	10,31	11,09	32,79	67,21	7,65
10-24	1,04	42,00	22,54	11,73	12,85	9,85	34,43	65,57	3,80
24-30	0,66	41,66	23,35	10,57	14,80	8,96	34,33	65,67	2,71
ППП-3, пихтовое насаждение									
0-14	0,14	18,16	16,38	39,86	10,75	14,72	65,33	34,67	13,30
14-35	0,13	31,62	24,60	19,79	9,62	14,23	43,64	56,36	4,41
35-62	0,15	29,20	23,63	20,74	10,78	15,49	47,02	52,98	3,18
62-70	0,18	32,88	24,44	17,48	11,05	13,96	42,50	57,50	1,17
ППП-4, кустарниковые заросли									
0-10	0,17	18,97	16,00	41,91	13,39	9,55	64,86	35,14	12,49
10-20	0,21	25,72	23,38	37,80	13,91	8,98	60,68	39,32	8,25
20-30	0,98	31,79	27,81	14,28	15,35	9,85	39,48	60,52	3,35
30-35	0,58	29,04	30,63	13,68	15,68	10,40	39,76	60,24	2,31

Материалы таблицы 5.1 свидетельствуют о неоднородности фракционного состава почвы как по почвенному профилю, так и между почвами под пологом насаждений разного состава. Так, если под пологом березняков и осинников сумма фракций более 0,01 мм вдоль профиля меняется несущественно, то в пихтарниках и, особенно в кустарниковых зарослях четко прослеживается увеличение доли фракции более 0,01 мм вниз по профилю почвы.

В то же время почвы на всех четырех ППП среднесиловые, легкосуглинистые со значительным содержанием щебня, подстилаются в большинстве случаев каменными плитами, что сказывается на такой характеристике как водопроницаемость.

5.2. Влажность и температура почвы

Одним из важнейших показателей, определяющих рост и производительность древесных растений является влажность почвы. По мнению ряда авторов, роль влажности почвы превышает даже роль обеспеченности питательными элементами (Nzoko, Cregg, 2010). При этом для роста и адаптивного потенциала всходов и самосева древесных растений важнейшими являются показатели условий влажности почвы и годовые колебания доступной почвенной влаги (Holmström, Petersson, 2019). Экспериментальными исследованиями установлено, в частности, что в фазе прорастания семян оптимальной является влажность 23-26 % к абсолютно сухой почве, а в фазе укрепления проростков – 20-25 % на песчаных и 28-35 % на супесчаных почвах (Интенсификация ..., 1978; Маркова, Жигунов, 2021).

Образцы почвы брались с помощью почвенного бура на всех мониторинговых площадках в трех повторностях. Определение влажности проводилось термостатно-весовым методом, указанным в методике, температура почвы измерялась с помощью почвенных термометров Савинова. На основании полученных данных был построен график, представленный на рисунке 5.1.

Анализируя данные, можно проследить связь между глубиной почвенного слоя и ее влажностью, выраженной в процентах. Так, с увеличением первой величины снижается второй показатель, то есть верхний слой почвы (0-10 см) содержит наибольшее количество влаги, а самый нижний (40-50) – наименьшее (приложение 2). Иногда прослеживается уравнивание значений, особенно средних и нижних слоев, но верхний слой остается неизменно наиболее влажным. В целом, процент влажности почвы в данном исследовании, варьирует от 10,5 (40-50 см) до 41,4% (0-10 см).

Более высокая влажность верхних горизонтов почвы, по сравнению с нижними, на наш взгляд, объясняется тем, что грунтовые воды на всех объектах исследования залегают достаточно глубоко, а высокая щебнистость почвогрунтов не обеспечивает капиллярный подъем влаги и смачивание нижних го-

ризонтов почвы. При этом лесная подстилка и гумусовый горизонт обладают способностью аккумулировать влагу, поступающую с осадками и сохранять ее достаточно долго.

Большой процент влажности наблюдается в зимние месяцы 20-37%, наивысшей точки данный показатель достигает весной 40-41,4 %, во время таяния снега. В летний период, в результате испарения, транспирации растениями и других факторов, общая влажность заметно снижается, а в осенние месяцы достигает наименьшей точки и составляет от 10 до 15%, в зависимости от глубины взятых образцов.

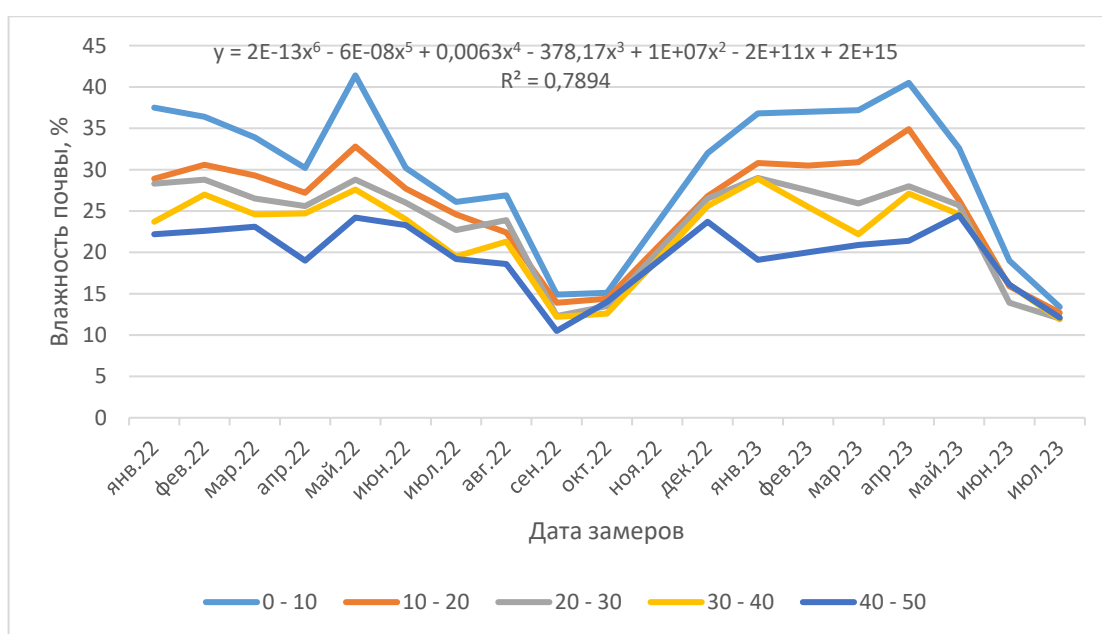


Рисунок 5.1 – Изменения влажность почвы на всех участках за период 2022-2023 гг.

В ходе исследований установлено, что влажность почвы во многом зависит от таксационных показателей насаждений. Более высокой влажностью характеризуются верхние горизонты почвы в березняках по сравнению с пихтарниками и осинниками. Особо следует отметить, что в пихтовых насаждениях зафиксирована наиболее высокая влажность почвы (рис. 5.2). При этом именно в пихтарниках наблюдается более равномерная влажность по почвенному профилю.

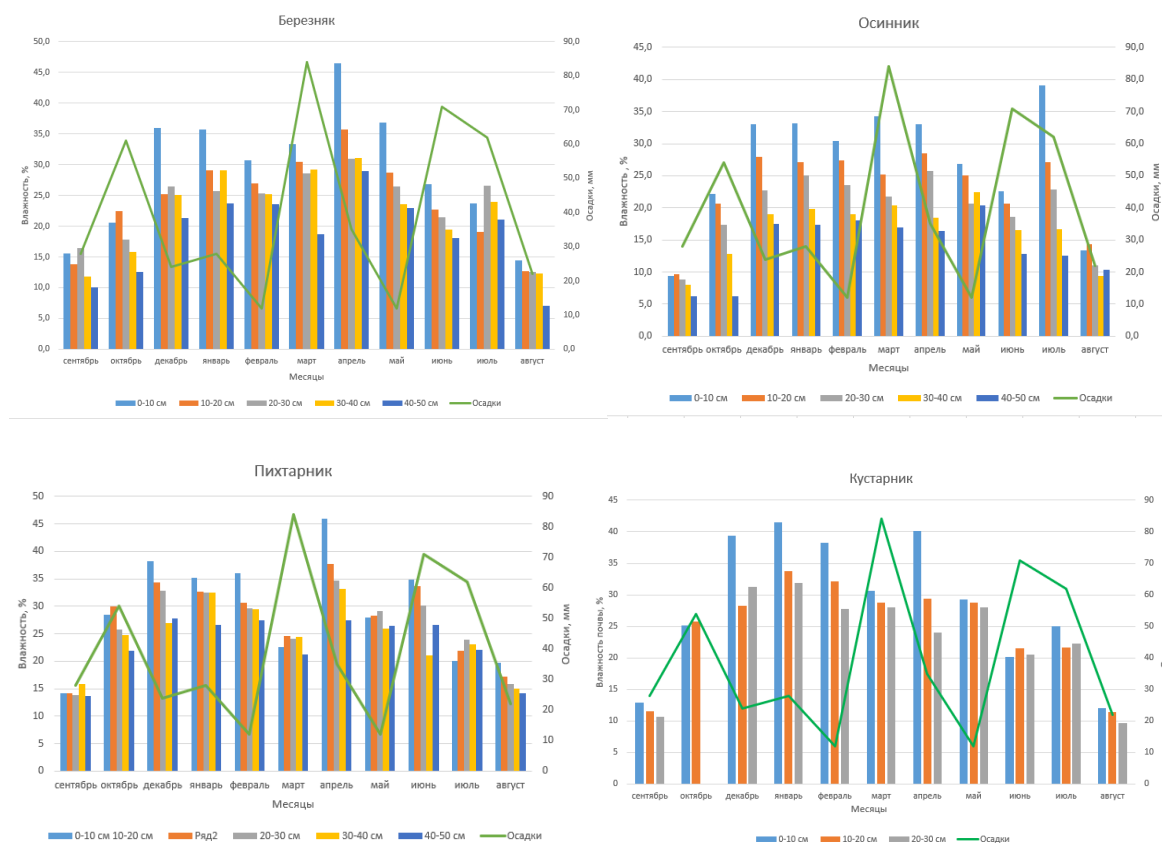


Рисунок 5.2 – Изменение показателей влажности почвы на мониторинговых объектах за период сентябрь 2021 года – август 2022 года

Несмотря на тот факт, что верхний горизонт почвы в пихтовом насаждении имеет более низкую влажность, чем таковой в березняках, в целом пихтовые насаждения характеризуются более стабильной влажностью почвы.

Минимальными значениями влажности почвы характеризуются осинники. Указанное можно объяснить значительным расходом влаги на транспирацию. Наша точка зрения по данному вопросу совпадает с результатами исследований, выполненных в черневой тайге Западного Саяна, где отмечается, что интенсивность транспирации осины в 1,5 раза выше, чем у березы и в 2-3 раза выше, чем у пихты. Кроме того, по данным Т.А. Бурениной с соавторами (Буренина и др., 2011) 50-летние осинники транспирируют на 40 % больше влаги, чем пихтовые насаждения аналогичного возраста.

Наибольшими показателями влажности характеризуются почвы в апреле, что связано со снеготаянием. В зимние месяцы влажность ниже, чем в апреле, но сохраняется относительно высокой за счет снежного покрова и периодических оттепелей. Кроме того, в зимние месяцы сокращается расход воды растениями. В зимний период влажность почвы в осинниках с глубины 30 см резко снижается до 17-18 %, в то время как в пихтарниках по всему профилю почвы она сохраняется на уровне 25-30 %. Вероятно, это можно объяснить различным фракционным составом почвы. В пихтарнике доля легких фракций составляет до 65 % от общего состава (табл. 5.1), в то время как в березняках и осинниках она не превышает 35 %.

В отличие от березняков, осинников и кустарниковых зарослей в пихтарниках в марте зафиксирована минимальная влажность почвы. Последнее объясняется тем, что в мягколиственных насаждениях в марте начинается снеготаяние и инфильтрация талой воды в верхние горизонты почвы. В пихтовых насаждениях таяние снега в марте не наблюдается.

Влажность почвы в мае во многом зависит от количества осадков, поскольку высокие температуры воздуха способствуют расходу воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы. С повышением температур в июне расход воды на транспирацию увеличивается, что приводит к снижению влажности почвы во всех горизонтах в мягколиственных насаждениях. В отличие от последних пихтовые насаждения характеризуются самым большим содержанием влаги во всех горизонтах почвы, начиная с 10 см. Другими словами, именно пихтовые насаждения создают благоприятные для произрастания древесной растительности условия влажности и лучше других древесных пород выполняют водоохранную функцию.

Почва в зимний период, за счет большого снежного покрова не промерзала, и ее температура варьировала от 1 до 3⁰С.

Весной и летом верхние слои почвы прогревались от 7 до 15⁰С. В июне на глубине до 50 см температура почвы составляла 8,7⁰С, в июле показатель

увеличился до $14,9^{\circ}\text{C}$ (разница составляла $6,2^{\circ}\text{C}$) и в августе снизилась на 11°C и составляла $12,6^{\circ}\text{C}$ (табл. 5.2).

Большое влияние на влажность и температуру почвы оказывает ветровой режим, усиливая или уменьшая процесс испарения влаги с поверхности почвы.

Таблица 5.2 – Сводная таблица температуры почвы в летний период

Месяц	Глубина почвы, см	Температура почвы, $^{\circ}\text{C}$			Средний показатель, $^{\circ}\text{C}$
		1	2	3	
Июнь	20	8,5	9,6	9,1	9,1
	50	6,7	10,3	8,1	8,4
Среднее		7,6	9,9	8,6	8,7
Июль	20	14,7	17,1	15,9	15,9
	50	11,8	16,2	14	14
Среднее		13,3	16,6	14,8	14,9
Август	20	12,4	13,5	12,9	12,9
	50	11	13,7	12,3	12,3
Среднее		11,7	13,6	12,6	12,6

Наблюдение за скоростью ветра проводились ручным анемометром, на высоте 0,5 и 2 м на мониторинговых площадках изучаемых насаждений. Измерение скорости ветра определялось в течении 5-10 минут при средней скорости ветра.

Средняя скорость ветра на Рудном Алтае составляет 2,3 м/с. В результате наших наблюдений установлено, что на высоте 2 м скорость ветра 1,51 м/с, а на высоте 0,5 м 1,44 м/с. В течение дня в распределении скорости ветра строгой закономерности не обнаружено.

На открытых местах (поляны, опушки) скорость ветра почти одинакова, как на высоте как 2 м, так и 0,5 м. Разница составляет всего 6,5-7,0 %. В березовом, осиновом и пихтовом насаждениях, разница скорости ветра между этими высотами составляет 38-40 %. Это указывает на то, что подлесок существенно влияет на скорость ветра в приземном слое. При скорости ветра до 2 м/с древостой полнотой 0,8 на высоте 2 м от земли снижает ветер на 49-50 %, на высоте 0,5 м – уменьшает его силу на 66 %.

5.3. Поверхностный и внутрипочвенный сток

Как известно, величина и интенсивность поверхностного стока зависит не только от количества снеготаяния и скорости их таяния и т.д., но и от водопроницаемости почв, которая, в свою очередь, в значительной степени зависит от состояния почвы (ее промерзания и оттаивания), запасов влаги в ней, скважности, состава и других показателей. Интенсивность поступления от снеготаяния воды в почву в миллиметрах за единицу времени является одним из важных показателей, отвечающих за водорегулирующую роль лесных насаждений. При слабой водопроницаемости часть атмосферных осадков или талой воды стекает по поверхности, формируя поверхностный сток, что приводит к эрозии почвы, заилению водоемов и их загрязнению, а также к поводам и другим негативным последствиям.

Согласно приведенной ранее методики в пределах мониторинговых площадок были выполнены исследования по изучению водопроницаемости почвы, как основного показателя фильтрации и внутрипочвенного стока.

Для выполнения работ в полевых условиях были подготовлены площадки в пределах почвенных горизонтов (0-10, 11-20, 21-30 см) (рис. 5.3). Для определения водопроницаемости использовали металлические трубки с заостренным концом диаметром 5 см, высотой 13 см (на 3 см трубку погружали в почву и 10 см – начальная высота столба воды). На подготовленную площадку устанавливали 10 трубок в шахматном порядке. Трубку погружали в почву надавливанием рукой или (в случае уплотненного горизонта) забивали деревянным молотком (рис. 5.4). Так как водопроницаемость в сильной степени зависит от влажности, то одновременно на каждом из горизонтов измерений (0-10, 10-20 и 20-30 см) проводили отбор почвы и ее влажность определяли термостатно-весовым методом.

Максимальный уровень воды в трубке поддерживали в течение 3 часов, а затем только начинали определять время просачивания воды из трубки в почву (рис. 5.5–5.9). Одновременно с установкой трубок рядом с ними ставили два стакана, заполненные доверху водой, для учета испарения воды (внесение



Рисунок 5.3 – Подготовка площадки для установки металлических трубок



Рисунок 5.4 – Установка металлических трубок и их закрепление



Рисунок 5.5 – Определение водопроницаемости почвы методом трубок в почвенном горизонте 0–10 см (ППИ№ 3)



Рисунок 5.6 – Подготовленная для исследований площадка в почвенном горизонте 11-20 см



Рисунок 5.7 – Заполнение металлических трубок водой



Рисунок 5.8 – Фиксирование данных в полевых условиях



Рисунок 5.9 – Процесс заполнения водой трубок в течении трех часов

поправки при расчете водопроницаемости). Особенно это важно в случаях малой водопроницаемости, высокой температуры воздуха и длительного срока наблюдения. Обязательно измеряли и записывали температуру воды. При длительном сроке наблюдений температуру измеряли несколько раз и для расчета брались среднее ее значение за этот срок.

Согласно методике, замеры производились на мониторинговых площадках в березняках, осинниках, пихтарниках и на участке, поросшем кустарником на глубине почвенного слоя 0-10; 10-20 и 20-30 см, в трех повторностях. Одновременно забирались образцы почвы для определения ее влажности (W , %) (рисунки 5.6 и 5.7). Конечные результаты приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Показатели водопроницаемости почвы на пробных площадях

Глубина почвенного слоя, см	Влажность почвы на момент проведения опыта, %	Водопроницаемость почвы			Показатель водопроницаемости
		K_t , см/мин	K_{10} , см/мин	K_{10} , мм/час	
1	2	3	4	5	6
ППП–1, березовое насаждение					
0-10	34,0	0,80	0,62	372	Наилучшая
10-20	16,0	0,58	0,52	310	Наилучшая
20-30	21,5	0,51	0,40	240	Наилучшая
ППП–2, осинное насаждение					
0-10	22,5	1,11	0,91	546	Излишне высокая
10-20	12,0	1,67	1,29	772	Излишне высокая
20-30	15,0	0,61	0,47	282	Наилучшая
ППП–3, пихтовое насаждение					
0-10	23,0	1,43	1,39	832	Излишне высокая
10-20	25,0	0,78	0,62	371	Наилучшая
20-30	15,0	0,73	0,65	390	Наилучшая
ППП–4, кустарниковые заросли					
0-10	18,2	1,90	1,46	876	Излишне высокая
10-20	13,0	0,86	0,84	504	Излишне высокая
20-30	17,9	1,23	0,94	564	Излишне высокая

Коэффициент фильтрации (K_{10}) для более точного анализа водопроницаемости почв на разных участках, был приведен к одному температурному режиму (10^0 C).

Материалы таблицы 5.3 свидетельствуют, что в условиях водосборного бассейна реки Журавлихи в Рудном Алтае Республики Казахстан, водопроницаемость почвы, определенная по шкале Н.А. Качинского, в березовых насаждениях по всей изученной части профиля, а также в пихтовых насаждениях глубже 10 см и в осинниках глубже 20 см она характеризуется как «наилучшая». В кустарниковых зарослях из акации желтой, а также в 10-сантиметровом верхнем слое почвы в пихтовом насаждении и в верхнем 20-сантиметровом слое в осиннике водопроницаемость оценивается как «излишне высокая». При этом с увеличением глубины водопроницаемость грунтов уменьшается на всех объектах исследования (рис. 5.10).

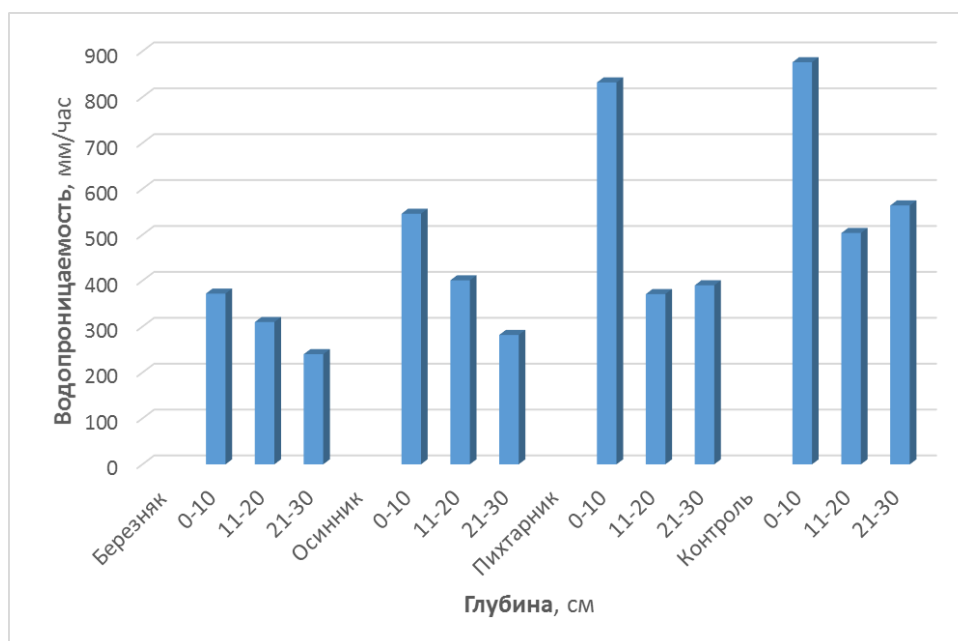


Рис. 5.10 – Водопроницаемость почво-грунтов на ППП

Анализ проведенных исследований свидетельствует, что водопроницаемость почво-грунтов имеет тенденцию увеличения от лиственных насаждений к хвойным, точнее пихтовым и кустарниковым зарослям. Так, в березняке среднее значение водопроницаемости почвы составляет $307 \pm 31,1$; в осиннике $409 \pm 32,33$; в пихтарнике $531 \pm 47,96$ и кустарниковых зарослях – $648 \pm 64,15$ мм/час.

Поскольку все исследуемые объекты находятся в близких лесорастительных условиях различие в показателях водопроницаемости можно объяснить двумя факторами. Прежде всего это механический состав почвы. Наличие в ней щебня способствует повышению водопроницаемости оказывает влияние произрастающая растительность. Кроме того, на показатели водопроницаемости оказывает влияние влажность почвы, во многом определяемая объемом транспирируемой растениями влаги.

Водопроницаемость почвы под пологом пихтовых насаждений почти в 2 раза выше, чем в березняках и в 1,5 раза, чем в осинниках. Указанное свидетельствует о том, что коренные пихтовые насаждения лучше, чем производные мягколиственные переводят поверхностный сток во внутрипочвенный. Они уступают водопроницаемости только кустарниковым зарослям, что, на наш взгляд, объясняется незначительной глубиной и щебнистостью почвенного профиля под пологом зарослей акации желтой. Здесь на глубине 15–30 см присутствуют мелкий и средний щебень с переходом в коренную породу в виде каменных плит. Кроме того, почва в кустарниковых зарослях более сухая из-за меньшей по сравнению с лесными насаждениями транспирацией.

В связи с тем, что почвенный покров на склонах, где находятся ППП и мониторинговые площадки, характеризуется средней мощностью, достаточно высокой щебнистостью (хрящеватостью), слабой дифференцированностью профилей на генетические горизонты и имеет легкосуглинистый состав он характеризуется высокими показателями водопроницаемости почвогрунтов. Последнее можно характеризовать как положительный момент, поскольку при произрастании коренных пихтовых насаждений практически исключается поверхностный сток и, как следствие этого, эрозия почвы.

Переводу поверхностного стока во внутрипочвенный во многом способствует также лесная подстилка, которая особенно в пихтовых насаждениях препятствует испарению с поверхности почвы и перехватывает значительную часть жидких осадков и талой воды.

Самый высокий коэффициент фильтрации наблюдается в кустарниках, в связи с высокой щебнистостью почвы, здесь плодородный слой составляет всего 30 см, а далее залегает материнская порода из скальника и щебня. Затем, по нисходящей - в пихтарниках, осиннике и самый низкий коэффициент из представленных отмечается в березняке. На трех участках наибольшая водопроницаемость наблюдается в верхнем слое – 0-10 см, кроме осинника, где ее максимальное значение отмечено на глубине 10-20 см.

Выводы

1. Несмотря на тщательный подбор участков для закладки ППП с учетом высоты над уровнем моря, рельефа, крутизны и экспозиции склона из-за мозаичности горных почв мощность и механический состав под пологом коренных и производных насаждений существенно различается. Максимальной мощностью характеризуются почвы в березняке, минимальной – в осиннике и кустарниковых зарослях.
2. Под пологом коренных пихтовых насаждений и кустарниковых зарослей в почве выше доля фракций менее 0,01 мм. При этом доля мелкозема уменьшается вниз по профилю почвы. Для производных мягколиственных насаждений характерна обратная закономерность.
3. Максимальной влажностью характеризуются почвы под пологом пихтового насаждения несмотря на то, что влажность верхнего горизонта здесь ниже, чем в производных березняке и осиннике.
3. Максимальная влажность почвы зафиксировано в период весеннего снеготаяния – 40-41,4 %, а минимальная осенью – 10-15 %.
4. Температура почвы в зимний период во многом зависит от времени формирования снежного покрова и его мощности.
5. Весной и летом верхние слои почвы прогреваются до 15⁰С. В июне на глубине до 50 см температура почвы составляет 8,7⁰С, в июле увеличивается до 14,9⁰С, а в августе снижается до 12,6⁰С.
6. Испарение влаги с поверхности почвы во многом зависит от скорости

ветра. При средней скорости ветра на Рудном Алтае 2,3 с/с на высоте 2 м под пологом насаждений скорость ветра составляет 1,51 м/с, а на высоте 0,5 л – 1,44 м/с.

7. Водоохранная роль леса проявляется прежде всего в переводе поверхностного стока во внутрипочвенный.

8. Водопроницаемость почв на объектах исследований варьируется от $307 \pm 31,1$ мм/час в березняках, до $648 \pm 64,15$ мм/час в кустарниковых зарослях. В осинниках и пихтарниках водопроницаемость составляет $409 \pm 32,33$ и $531 \pm 47,96$ мм/час соответственно. При этом показатели водопроницаемости варьируются от наилучшей до излишне высокой.

Заключение

Дефицит пресной воды, на фоне меняющегося в сторону аридизации климата, обусловил повышенное внимание к водоохранной роли лесов. Особенно важна роль лесов в горных условиях, где они предотвращают эрозию почвы и минимизируют опасность паводков.

Исследования по указанной проблеме ведутся уже давно, однако, в условиях Рудного Алтая данные исследования носили эпизодический характер.

Указанный район характеризуется горным рельефом с вертикальной поясностью растительности, мозаичности почв и резко континентальным климатом. Среднее количество осадков, в зависимости от высоты над уровнем моря варьируется от 600 до 1520 мм, что свидетельствует о важной роли лесов в перераспределении осадков и переводе воды из поверхностного стока во внутripочвенный.

Исследования проводились на территории КГУ «Риддерский ЛХ», лесистость которого составляет 49,8 %. В лесном фонде доминируют коренные пихтовые насаждения, занимающие 47,01 % покрытых лесной растительностью земель соответственно, а на заросли акации желтой – 3,56 %. Приведенные данные определили выбор насаждений для изучения водоохранной роли лесов.

В основу исследований положен метод ППП, на каждой из которых оборудовались мониторинговые площадки для проведения исследований. ППП были заложены в 40-летнем березняке, 60-летнем осиннике, 80-летнем пихтарнике и 15-летних кустарниковых зарослях из акации желтой. Все ППП располагались на одной высоте от уровня моря, на склоне одной экспозиции и крутизны. Пихтарник является коренным травяно-папоротникового типа леса. Остальные насаждения и кустарниковые заросли являются производными и сформировались после сплошнолесосечной рубки пихтового насаждения.

В ходе исследований установлено, что накопление снежного покрова зависит от количества осадков, их интенсивности и температуры воздуха.

Максимальные влагозапасы формируются во второй половине марта, после чего начинается интенсивное снеготаяние. Наибольшей толщиной снежного покрова и снегозапасами характеризуются березняки и кустарниковые заросли. При этом снег в мягколиственных насаждениях располагается равномерно по площади. Пихтарники характеризуются неравномерным отложением снежного покрова и растянутым на 2-4 недели периодом его таяния по сравнению с мягколиственными насаждениями и кустарниковыми зарослями.

При плотном стоянии деревьев пихты они задерживают своими кронами до 49,2 % твердых осадков. При этом доля задерживаемых пихтовым насаждением жидких осадков не превышает 19 %. Осинники и березняки задерживают 33 и 26 % жидких осадков соответственно и практически не задерживают твердые осадки. Во всех насаждениях доля осадков, задерживаемых растительностью, повышается с увеличением их количества.

Несмотря на тщательный подбор участков для закладки ППП мощность почв существенно различается, что объясняется мозаичностью горных почв. Максимальной мощностью характеризуется почва в березняке, минимальной в кустарниковых зарослях и осиннике.

Почвы всех ППП характеризуются хрящеватостью, что обуславливает их высокую водопроницаемость.

Под пологом коренного пихтарника и в кустарниковых зарослях выше доля фракций почвы $< 0,01$ мм. При этом доля мелкозема уменьшается вниз по профилю почвы. Для мягколиственных насаждений характерна обратная закономерность.

Максимальная влажность почвы зафиксирована в период весеннего снеготаяния – 40-41,4 %, минимальная – осенью 10-15 %. При этом в течение всего года максимальной влажностью характеризуются почвы в пихтарнике.

В целом можно констатировать, что лучше других насаждений водоохранную функцию выполняют коренные пихтовые насаждения за счет растянутого периода снеготаяния, наличия лесной подстилки и минимального

задержания жидких осадков летом.

Мягколиственные насаждения, в частности осинники, характеризуются максимальной транспирацией влаги и задержанием жидких осадков кронами, что приводит к иссушению почвы.

Водопроницаемость почв варьируется от $307 \pm 31,1$ мм/час в березняках, до $648 \pm 64,15$ мм/час в кустарниковых зарослях. В осинниках и пихтарниках водопроницаемость составляет $409 \pm 32,33$ и $531 \pm 47,96$ мм/час соответственно. Во всех лесных формациях и горизонтах почвы водопроницаемость характеризуется от наилучшей до излишне высокой, что во многом обеспечивает перевод поверхностного стока во внутрипочвенный и предотвращает эрозию почвы.

Рекомендации производству

1. В целях повышения водоохранной роли лесов целесообразно увеличить долю коренных пихтовых насаждений за счет переформирования кустарниковых зарослей и производных мягколиственных насаждений.

2. При формировании пихтовых насаждений следует разреживать плотные биогруппы пихты в целях минимизации испарения снега с их крон.

3. В пихтовых насаждениях целесообразно присутствие 2-3 единиц лиственных пород в формуле состава.

4. Значительная глубина снежного покрова вызывает необходимость организации подкормки диких копытных животных и ограничивает проведение в зимний период лесоводственных мероприятий.

5. В связи с опасностью эрозии почвы и утраты насаждениями водоохранных функций необходимо в горах Рудного Алтая отказаться от сплошнолесосечных рубок, заменив их добровольно-выборочными и длительно постепенными.

Библиографический список

Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 512 с.

Бауэр, Л. Забота о ландшафте и охрана природы / Л. Бауэр, Х. Вайничке. – М.: Прогресс, 1971. – 247 с.

Белов, Л.А. Влияние состава древостоев на накопление снега в условиях подзоны южной тайги Урала / Л.А. Белов, М.В. Воробьева, С.В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 7 (109), Ч. 1. – С. 128-131.

Белов, С.В. Лесоводство / С.В. Белов. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 352 с.

Блинцов, И.К. Влияние сосновых, еловых и черноольховых насаждений на формирование снежного покрова / И.К. Блинцов, М.В. Кудин, В.М. Натарев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1987. – № 2. – С. 15-18.

Братцев, С.А. Влияние вырубок леса на водной баланс территории Коми АССР / С.А. Братцев // Труды Коми филиала АН СССР. – 1982. – № 50. – С. 45-57.

Булыгина, О.Н. Мониторинг снежного покрова на территории Российской Федерации / О.Н. Булыгина, Н.Н. Коршунова, В.Н. Разуваев // Труды Гидрометцентра России. – М., 2017. – С. 87-96.

Бунькова, Н.П. Основы фитомониторинга / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.С. Залесова, А.Г. Магасумова, Р.А. Осипенко. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. – 90 с.

Буренина, Т.А. Изменение структуры водного баланса на вырубках черневого пояса Западного Саяна / Т.А. Буренина, Н.Ф. Овчинникова, Е.В. Федотова // География и природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 92-100.

Буренина, Т.А. Распределение жидких и твердых осадков / Т.А. Буренина, А.А. Онучин, В.Д. Стаканов // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. – Новосибирск: Изд-во СО РАН 2002. – С. 48-50.

Бурыкин, А.М. Определение водопроницаемости почв в условиях горного рельефа // Изв. отд. естественных наук АН Тадж. ССР. – 1956. – Вып. 17, № 3. – С. 23-26.

Быков, Н.И. Наблюдения за динамикой снежного покрова в ООПТ Алтае-Саянского экорегиона. Методическое руководство / Н.И. Быков, Е.С. Попов. – Красноярск, 2011. – 65 с.

Вагин, А.В. Лесная таксация и лесоустройство / А.В. Вагин и др. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 366 с.

Водорегулирующая роль таежных лесов. – М., 1990. – 223 с.

Воейков, А.И. Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду, и способы использования / А.И. Воейков // Записки Русского географического общества по общей географии. – 1889. – Т. 18, Ч. 2. – С. 4-10.

Воронков, Н.А. Роль лесов в охране вод / Н.А. Воронков. – Л.: Изд-во «Гидрометеиздат», 1988. – 287 с.

Воропай, Н.Н. Особенности распределения снежного покрова на побережье озера Байкал / Н.Н. Воропай, В.К. Власов // Лед и снег. – 2017. – № 57.3. – С. 355-364.

Гидрологическая роль лесных геосистем. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е. 1989. – 167 с.

Гилев, В.Ю. Физика почв / В.Ю. Гилев. – Пермь, 2012. – 37 с.

Глазовская, М.А. Материалы для классификации почв северных склонов Заилийского Алатау / М.А. Глазовская // Изв. АН КазССР. Серия почв. – 1946. – № 3. – С. 20-42.

Горбатенко, В.М. Трансформация элементов водного баланса темнохвойными лесами хр. Хамар-Дабан / В.М. Горбатенко // Средообразующая роль лесов бассейна озера Байкал. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 136-161.

Горчаковский, П.Л. О гидрологической роли лесов Урала / П.Л. Горчаковский // Тр. по лесному хозяйству. – Новосибирск: Зап. Сиб. филиал АН СССР, 1953. – Вып. 2. – С. 4-8.

ГОСТ 16128-70 Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. – М., 1971. – 23 с.

ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальный гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. Введ. 1990-06-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 8 с.

Грибов, А.И. Средообразующая роль лесных экосистем юга Средней Сибири / А.И. Грибов. – Абакан: Изд-во Хакасского государственного университета, 1997. – 160 с.

Гусилашвили, В.З. Горное лесоводство / В.З. Гусилашвили. – М.-Л., 1956. – 354 с.

Данилик, В.Н. Отложение и таяние снега в лесу и на вырубках Среднего Урала / В.Н. Данилик // Изменение водоохранно-защитных функций под влиянием лесохозяйственных мероприятий. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1973. – С. 4-17.

Данилик, В.Н. Снегонакопление, снеготаяние и сток в горных темнохвойных лесах Среднего Урала / В.Н. Данилик // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск, 1975. – Вып. 8. – С. 77-92.

Данилов, Н.И. Гидрологическая роль лесов различного состава / Н.И. Данилов // Лесоведение. – 1989. – № 5. – С. 41-47.

Данилов, Н.И. Формирование снежного покрова в насаждениях различного состава и структуры / Н.И. Данилов // Известия высших учебных заведений: Лесной журнал. – 1992. – № 2. – С. 27-31.

Данчева, А.В. Лесной экологический мониторинг / А.В. Данчева, С.В. Залесов, А.С. Попов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2023. – 146 с.

Данчева, А.В. Районирование сосновых лесов Республики Казахстан / А.В. Данчева, С.В. Залесов // Леса России и хозяйство в них. – 2024. – № 1 (88). – С. 4-28.

Денисов, С.А. Лесоведение: конспект лекций / С.А. Денисов. – Йошкар-Ола: Мар. гос. технолог. ун-т, 2008. – 168 с.

- Дылис, Н.В. Основы биогеоценологии / Н.В. Дылис. – М.: Наука, 1978. – 151 с.
- Дюнин, А.К. Испарение снега / А.К. Дюнин. – Новосибирск: Наука, 1961. – 119 с.
- Жуков, А.В. Пространственные паттерны инфильтрации почвы на склоне балки / А.В. Жуков, Г.А. Задорожная, И.В. Лядская // Вісник ХНАУ. – 2013. – № 2. – С. 22-27.
- Залесов, С.В. Лесная пирология / С.В. Залесов. – Екатеринбург: УГЛТА, 1998. – 296 с.
- Заморский, А.Д. Атмосферный лед / А.Д. Заморский. – М.-Л., 1955. – С. 74-90.
- Иверонова, М.И. К вопросу об испарении со снежного покрова на большей части территории СССР / М.И. Иверонова // Роль снежного покрова в природных процессах. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 36-53.
- Идзон, П.Ф. Лес и водные ресурсы / П.Ф. Идзон. – М., 1980. – 153 с.
- Инишева, Л.И. Закономерности снегонакопления на олиготрофных болотах (на примере Западной Сибири) / Л.И. Инишева, А.И. Петров, Н.Г. Инишев, Л.И. Дубровская, В.Ю. Виноградов // Материалы межд. науч.-практ. конф., посвященной 170-летию Белорусской гос. с.-х. академии. – Горки, 2010. – С. 87-94.
- Интенсификация выращивания посадочного материала ели и сосны. Практические рекомендации. – Йошкар-Ола, 1978. – 26 с.
- Исаев, В.И. Поверхностный и внутрипочвенный сток на вырубках темныхвойных лесов Среднего Урала / В.И. Исаев // Лесоведение. – 1970. – № 1. – С. 69-74.
- Кадеров, Э.А. Особенности формирования снежного покрова в Красноярской лесостепи / Э.А. Кадеров // Защитная роль лесов Сибири. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1980. – С. 69-78.

Калачев, А.А. Особенности распределения снежного покрова в насаждениях Рудного Алтая / А.А. Калачев, К.С. Оканов, С.В. Роговский // Центрально-азиатский журнал исследований водных ресурсов. – 2023. – № 9 (1). – С. 33-58.

Калачев, А.А. Пихтовые леса Юго-Западного Алтая и их рациональное использование / А.Н. Калачев. – Алматы: «Арыс», 2020. – 212 с.

Калашникова, О.Ю. Использование наземных и спутниковых данных о снежном покрове для прогноза стока реки Нарын / О.Ю. Калашникова, А.А. Гафуров // Лед и снег. – 2017. – № 57, Вып. 4. – С. 507-517.

Карпачевский, Л.О. Лес и лесные почвы / Л.О. Карпачевский. - М.: Лесная промышленность, 1981. – 276 с.

Карпачевский, Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л.О. Карпачевский. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1977. – 217 с.

Китредж, Дж. Влияние леса на климат, почвы и водный режим / Дж. Китредж. – М.: Ин. лит-ра, 1951. – 456 с.

Клинцов, А.П. Водоохранно-защитные функции лесов Сахалина / А.П. Клинцов // Лесоведение. – 1986 а. – № 3. – С. 57.

Клинцов, Л.П. Природоохранная роль горных лесов Сахалина / Л.П. Клинцов // Экологическая роль горных лесов: Сборник материалов Всесоюзной конференции. – Бабушкин, 1986 б. – С. 120-121.

Кнорре, Е.П. К вопросу о влиянии Бузулукского массива на увеличение количества атмосферных осадков в прилегающей местности / Е.П. Кнорре // Труды и исследования Средне-Волжской опытной станции. – Самара, 1932.

Корытный, Л.М. К вопросу о распределении осадков в межгорных впадинах / Л.М. Корытный // Климат и воды Сибири. – Новосибирск: Наука, 1980. – С. 128-132.

Костюкович, Н.И. О снежном покрове в лесах БССР / Н.И. Костюкович // Сборник научных трудов. – Минск: Изд-во АН БССР, 1952. – С. 72-94.

Крестовский, О.И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек / О.И. Крестовский. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 119 с.

Кузник, И.А. Гидрология и гидрометрия / И.А. Кузник, Е.И. Луконин, В.Я. Пилипенко. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 386 с.

Кузьмин, П.П. Формирование снежного покрова и методы определения снегозапасов / П.П. Кузьмин. – М.: Гидрометеиздат, 1960. – 171 с.

Куклин, В.В. Задержание дождевых осадков сосновыми и березовыми древостоями в Красноярской лесостепи / В.В. Куклин // Лесоведение. – 1974. – № 5. – С. 10-15.

Лебедев, А.В. Гидрологическая роль горных лесов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1982. – 182 с.

Лесное хозяйство: терминологический словарь / под общ. ред. А.Н. Филипчака. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – 480 с.

Луганский, Н.А. Влияние молодняков различного состава на восстановление стокорегулирующей роли лесов / Н.А. Луганский, Г.П. Макаренко // Изменение водоохранно-защитных функций леса под влиянием лесохозяйственных мероприятий. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1975. – С. 1-2-107.

Луганский, Н.А. Лесоведение / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, В.Н. Луганский. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. – 432 с.

Луганский, Н.А. Лесоведение и лесоводство, термины, понятия, определения / Н.А. Луганский, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1997. – 101 с.

Луганский, Н.А. Особенности накопления и таяния снега в молодняках сосновых лесов подзоны южной тайги Урала / Н.А. Луганский, Г.П. Макаренко // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1976. – Вып. 9. – С. 135-144.

Мажугин, И.Н. Сомкнутость полога насаждений и ее связь с полнотой / И.Н. Мажугин, А.Я. Жуков, В.П. Емельянов, Т.К. Быков // Лесное хозяйство. – 1975. – № 2. – С. 54-56.

Мазиров, М.А. Полевые исследования свойств почв / М.А. Мазиров, Е.В. Шеин, А.А. Корчагин, Н.И. Шушкевич, А.В. Дембовецкий. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. – 72 с.

Макаренко, А.А. Сортиментные и товарные таблицы для лесов Казахстана / А.А. Макаренко, А.А. Гурский, А.И. Колтунова, Б.Е. Харитонов. – Алма-Ата: Кайнар, 1987. – 21 с.

Макаренко, А.А. Справочник по таксации лесов Казахстана / А.А. Макаренко, П.М. Лагунов, Б.Е. Харитонов, Е.И. Шевчук, В.М. Кричун, Т.Х. Токмурзин. – Алма-Ата: Кайнар, 1980. – 19 с.

Макаров, В.С. Анализ влияния местности на параметры снежного покрова / В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, В.В. Беляков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 (1). – С. 21-25.

Мелехов, И.С. Значение и использование леса как составной части окружающей среды / И.С. Мелехов. - М., 1977. - 42 с.

Мельчанов, В.А. Изменение поверхностного и внутрипочвенного стока в горных лесах Западного Урала / В.А. Мельчанов, А.Б. Воронкова // Лесоведение. – 1972. – № 1. – С. 62-66.

Мельчанов, В.А. Накопление и таяние снега в лесу и на вырубках Среднего Урала / В.А. Мельчанов // Лесоведение. – 1973. – № 5. – С. 15-21.

Миркин, Б.М. Толковый словарь современной фитоценологии / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг. – М.: Наука, 1983. – 134 с.

Молчанов, А.А. Влияние леса на окружающую среду / А.А. Молчанов. – М., 1973. – 359 с.

Молчанов, А.А. Гидрологическая роль леса / А.А. Молчанов. – М.: Изд-во АН СССР. 1960. – 454 с.

Муратов, М.Э. Водоохранно-защитная роль горных лесов Башкирии и ее изменение под влиянием хозяйственных мероприятий / М.Э. Муратов // Лесоводство и лесозащита в Башкирии. – М., 1981. – С. 16-32.

Мустафин, Р.Ф. Водоохранная и почвозащитная роль лесов Южного Урала на территории республики Башкортостан: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Уфа, 2017. – 342 с.

Никитин, А.П. Количественная оценка водоохранной функции насаждений / А.П. Никитин, Н.А. Рыбакова // Проблемы лесоведения и лесной экологии. – 1990. – Ч. 1. – С. 40-42.

Об установлении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления: Утв. Приказом Минприроды России от 29.12.2021 г. № 1024. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110?ysclid=mr7rph09sk530913456>

Олейник, В.С. Пути совершенствования главного пользования / В.С. Олейник, В.И. Парпан, О.В. Чубатый // Лесоведение. – 1986. – № 3. – С. 19-24.

Онучин, А.А. Влияние лесистости и климатических факторов на горный сток рек Прииссыкуля / А.А. Онучин, К.К. Гапаров, Н.А. Михеева // Лесоведение. – 2008. – № 6. – С. 45-52.

Онучин, А.А. Общие закономерности снегонакопления в бореальных лесах / А.А. Онучин // Известия АН. Серия география. – 2001. – № 2. – С. 80-86.

Онучин, А.А. Принципы концептуальных противоречий в оценке гидрологической роли бореальных лесов / А.А. Онучин // Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 2. – С. 41-54.

Онучин, А.А. Снежный покров в темнохвойных насаждениях Хамар-Дабана и зависимость снегозапасов от таксационных и биометрических показателей насаждений / А.А. Онучин // Средоулучшающая роль леса. – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 134-136.

Онучин, А.А. Трансформация твердых атмосферных осадков горными лесами Хамар-Дабана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1987. – 19 с.

Онучин, А.А. Экологические последствия рубок главного пользования в Нижнем Приангарье / А.А. Онучин, Т.А. Буренина, С.К. Фарбер, А.С. Шишкин // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Красноярского края. – Красноярск: Изд-во КНИНГ и МС, 2007. – С. 34-43.

Осипенко, Р.А. Снегонакопление на учебно-опытном полигоне рекультивации нарушенных земель / Р.А. Осипенко, А.Е. Осипенко, В.С. Котова, С.В. Залесов // Леса России и хозяйство в них. – 2024. – № 3 (90). – С. 4-14.

Осокин, Н.И. Пространственная и временная изменчивость толщины и плотности снежного покрова на территории России / Н.И. Осокин, А.В. Сосновский // Лед и снег. – 2014. – № 4 (128). – С. 72-80.

ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. – М., 1983. – 60 с.

Паутов, Ю. Оценка долговременного воздействия сплошных рубок леса на водные ресурсы в средней подзоне тайги Республики Коми / Ю. Паутов, А. Боровлев // Устойчивое лесопользование. – 2020. – № 1 (60). – С. 10-16

Перегиб, Л.В. Количественная оценка задержания жидких осадков лесными насаждениями разного состава / Л.В. Перегиб, П.Г. Плюта // Лесоведение. – 1985. – № 4. – С. 34-40.

Побединский, А.В. Влияние рубок на стокорегулирующую роль еловых лесов / А.В. Побединский // Лесоведение. – 1971. – № 2. – С. 48-57.

Побединский, А.В. Влияние хозяйственных мероприятий на водоохранно-защитную роль леса / А.В. Побединский. – М.: Гослескомитет, ЦБАТИ, 1975. – 48 с.

Побединский, А.В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов / А.В. Побединский. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 176 с.

Побединский, А.В. Изменение защитной и водорегулирующей роли леса под влиянием рубок / А.В. Побединский // Ландшафт и вода. Вопросы географии. – 1976. – Вып. 102. – С. 169-179.

Побединский, А.В. Изменения водорегулирующих и защитных свойств леса под влиянием лесохозяйственных мероприятий / А.В. Побединский // Лесоведение. – 1975. – № 4. – С. 3-9.

Попова, В.В. Изменения характеристик снежного покрова на территории России в 1950-2013 годах: региональные особенности и связь с глобальным

потеплением. / В.В. Попова, А.В. Ширяева, П.А. Морозова // Криосфера Земли. – 2018. – XXII. 4. – С. 65-75.

Попова, В.В. Оценка современных изменений снегозапасов в бассейне Северной Двины по данным наблюдений и моделирования 2021 г. / В.В. Попов, Д.В. Турков, О.Н. Насонова // Лед и снег. – 2021. – Т 61, № 2. – С. 206-221.

Прокопьев, М.Н. Средообразующие свойства леса, их использование и охрана / М.Н. Прокопьев. – Пермь, 1990. – 51 с.

Протопопов, В.В. Средообразующая роль темнохвойного леса / В.В. Протопопов. – Новосибирск: Наук СО РАН, 1975. – 328 с.

Райченко, И.Г. Горно-лесные и горно-луговые почвы Тянь-Шаня и Памиро-Алтая. / И.Г. Райченко, А.М. Мамытов. – Фрунзе, 1970. – 170 с.

Рахманов, В.В. Влияние лесов на водность рек в бассейне Верхней Волги / В.В. Рахманов // Тр. Гидромет. НИИ Центра СССР. – Л. Наука, 1971. – Вып. 88. – 175 с.

Рахманов, В.В. Гидроклиматическая роль лесов. / В.В. Рахманов. – М., 1984. – 241 с.

Рахманов, В.В. Зависимость речного стока от лесистости бассейнов (по материалам сетевых станций) / В.В. Рахманов // Докл. сов. ученых на междунар. симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду. Т. I. – М., 1970. – С. 60-78.

Рихтер, Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе / Г.Д. Рихтер. – М.-Л.: Ин-т географии АН СССР, 1948. – Вып. 40. – 172 с.

Рубцов, М.В. Влияние леса на запасы и таяние снега в средней тайге европейского севера / М.В. Рубцов, А.А. Дерюгин, В.И. Гурцев // Лесоведение. – 1986. – № 1. – С. 11-16.

Руководство по гидрологической практике (ВМО № 168). Шестое издание. – Женева: Всемирная Метеорологическая организация, 2011. – 33 с.

Рутковский, В.И. Влияние леса на накопление и таяние снега / В.И. Рутковский // Снег и талые воды. Их изучение и использование. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 184-205.

Рутковский, В.И. Гидрологическая роль леса / В.И. Рутковский. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 36 с.

Рутковский, В.И. Гидрологическая роль леса и лесное хозяйство / В.И. Рутковский // Водохозяйственная роль леса. – Пушкино: ВНИИЛХ, 1940. – Вып. 18. – С. 65-112.

Рутковский, В.И. Обоснование лесохозяйственных мероприятий по усилению защитных и водоохраных свойств леса / В.И. Рутковский. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1948. – 44 с.

Савельев, О.А. Эколого-лесоводственные основы рационального использования, восстановления и охраны лесных биоценозов / О.А. Савельев: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – М., 2001. – 45 с.

Северский, Э.М. Руководство для определения типов лесорастительных условий и лесорастительного районирования темнохвойных лесов Рудного Алтая / Э.М. Северский. – Алма-Ата, 1971. – 75 с.

Семерилов, Л.Ф. Экологические проблемы Уральского региона / Л.Ф. Семерилов // Ускорение социально-экономического развития Урала. Ч. II. – Свердловск, 1989. – С. 3-4.

Смолоногов, Е.П. Основные особенности снежного режима в насаждениях водоохранно-защитной полосы реки Уфа / Е.П. Смолоногов // Почвы и гидрологический режим лесов Урала. – Свердловск: Ин-т биологии УФ АН СССР, 1963. – Вып. 36. – С. 83-91.

Соболев, Л.Н. Особенности распределения растительности и почв в парковых ельниках Тянь-Шаня / Л.Н. Соболев // Бюл. МОИП: отд. биол. – 1963. – Т. LXVIII. – С. 82-89.

Соколов, А.А. Общие особенности почвообразования и почв Восточного Казахстана / А.А. Соколов. – Алма-Ата, 1977. – 232 с.

Сосновский, А.В. Динамика снеготазпасов на равнинной территории России в лесу и в поле при климатических изменениях / А.В. Сосновский, Н.И. Осокин, Г.А. Черняков // Лед и снег. – 2018. – Т. 58, № 2. – С. 183-190.

Субботин, А.И. Влияет ли лес на осадки? / А.И. Субботин // Лесоведение. – 1979. – № 5. – С. 13-18.

Субботин, А.И. Сток талых и дождевых вод / А.И. Субботин. – М.: Гидрометеиздат, 1966. – 378 с.

Сукачев, В.Н. Руководство к исследованию типов леса / В.Н. Сукачев. – М.-Л., 1931. – 328 с.

Тихонов, А.С. Приспособление для изучения лесных фитоценозов точечным методом / А.С. Тихонов // Лесоведение. – 1971. – № 3. – С. 91-92.

Толкач, О.В. Водорегулирующая и поллютантно-депонирующая роль лесов (на примере Среднего Урала: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Екатеринбург. 2015. – 40 с.

Толкач, О.В. Водорегулирующая и поллютантно-депонирующая роль лесов (на примере Среднего Урала: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Екатеринбург, 2015. - 40 с.

Толкач, О.В. Плотность снега под пологом еловых насаждений искусственного происхождения на Среднем Урале / О.В. Толкач, Г.Г. Терехов, Н.Н. Теринов // Сибирский лесной журнал. – 2024. – № 1. – С. 78-89.

Толкач, О.В. Снегонакопление под пологом леса на Среднем Урале / О.В. Толкач, С.В. Залесов // География и природные ресурсы. – 2020. – № 1 (160). – С. 106-112.

Толкач, О.В. Формирование снеготазпасов в еловых насаждениях искусственного происхождения на Среднем Урале / О.В. Толкач, Г.Г. Терехов, С.В. Залесов, И.А. Фрейберг, В.М. Соловьев // Естественные и технические науки. – 2019. – № 11 (137). – С. 188-191.

Третьяков, Н.В. Справочник таксатора / Н.В. Третьяков, П.В. Горский, Г.В. Самойлович. – М.: Гослесбумиздат, 1952. – 853 с.

Тропина, Е.Ф. Вариабельность влагозапаса снежного покрова в предгорьях Восточного Саяна на фоне климатических сдвигов / Е.Ф. Тропина, А.А. Кнорре, М.Г. Ерунова // Сибирский лесной журнал. – 2024. – № 4. – С. 48-60.

Хайретдинов, А.Ф. Введение в лесоводство / А.Ф. Хайретдинов, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2011. – 202 с.

Ходжаева, Г.К. Метеорологические методы и приборы наблюдений / Г.К. Ходжаева. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. – 189 с.

Цепер, Г.Г. Почвы северных лесов Казахстанского Алтая и их лесорастительные свойства: автореф. ... канд. с.-х. наук. – Алма-Ата, 1961. – 20 с.

Циганок, В.И. Охрана горной лесной растительности как основа долгосрочного водообеспечения Забакайлья / В.И. Циганок // Охрана горных ландшафтов Сибири. – Новосибирск, 1973. – С. 135-138.

Чурагулов, Р.С. Экология лесов Южного Урала / Р.С. Чурагулов. – М.: ПОЛТЕКС, 1999. – 418 с.

Шебалов, А.М. Снегонакопление в сосновых водоохранно-защитных лесах бассейна реки Чусовой / А.М. Шебалов // Сб. трудов по лесному хозяйству. – Свердловск: Сверд. кн. изд-во, 1956. – Вып. 3. – С. 65-69.

Шевелев, Н.Н. Влияние темнохвойных лесов Среднего Урала на режим горизонтальных осадков / Н.Н. Шевелев // Взаимосвязь среды и лесной растительности на Урале. – Свердловск, 1981. – С. 82-95.

Шевелев, Н.Н. К характеристике снегового режима в лесах района Висимского заповедника / Н.Н. Шевелев // Инф. матер. Средне-Уральского горнолесного биогеоценологического стационара. – Свердловск: Ин-т ЭРиЖ УФАН СССР, 1975. – С. 11-15.

Шевелев, Н.Н. Перехват вертикальных и горизонтальных осадков в лесах Среднего Урала / Н.Н. Шевелев // Лесоведение. – 1977. – № 6. – С. 38-46.

Шевелев, Н.Н. Перехват вертикальных и горизонтальных осадков в лесах Среднего Урала / Н.Н. Шевелев // Лесоведение. – 1977. – № 6. – С. 38-46.

Шевелев, Н.Н. Перехват вертикальных и горизонтальных осадков древесным пологом в темнохвойных горных лесах Среднего Урала / Н.Н. Шевелев // Инф. матер. Средне-Уральского горно-лесного биогеоценологического стационара по итогам 1975 г. – Свердловск: Ин-т ЭРиЖ УФ АН СССР, 1976. – С. 14-18.

Шмакин, А.Б. Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия / А.Б. Шмакин // Лед и снег. – 2010. – № 1. – С. 43-58.

Шмакин, А.Б. Модель снежного покрова с учетом слоистой структуры и ее сезонной эволюции / А.Б. Шмакин, Д.В. Турков, А.Ю. Михайлов // Криосфера Земли. – 2009. – XIII. 4. – С. 69-79.

Эйтинген, Г.Р. Что такое рубки ухода за лесом и как их проводить / Г.Р. Эйтинген. – Ленинград: Гослестехиздат, 1939. – 26 с.

Berris, S.N. Comparative snow accumulation and melt during rainfall in forested and clear-cut plots in the western Cascades of Oregon / S.N. Berris, R.D. Harr // Water Resources Research. – 1987. – № 23 (1). – P. 135-142.

Brun, E. Simulation of Northern Eurasian Local Snow Depth, Mass, and Density Using a Detailed Snowpack Model and Meteorological Reanalyses. / E. Brun, V. Voinnet, A. Boone, B. Decharme, Y. Peyngs, R. Valette, F. Karbou, S. Morin // Journ. of Hydrometeorology. – 2013. – V. 14. – P. 203-219.

Forests and Water Valuation and payments for forest ecosystem services // unece. org United Nations, Geneva-1827415 (E) October 2018-1,336-ECE/TIM/SP/44. – URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/sp-44-forests-water-web.pdf>.

Golding, D.L. Snow accumulation and melt in small forest openings in Alberta / D.L. Golding, R.H. Swanson // Can. J. Forest Res. – 1978. – № 8. – pp. 380-388.

Hedstrom, N.R. Measurement and modelling of snow interception in the boreal forest / N.R. Hedstrom, J. W. Pomeroy // Hydrol. Processes. – 1998. – № 12. – P. 1611-1625.

Holmstrom, E. Within-site variation in seedling survival in Norway spruce plantations / E. Holmström, H. Galnander, M. Petersson // *Forests*. – 2019. – № 10 (2). – P. 181.

Kellomäli, S. Model computations on the climate change effects on snow coves, soil moisture and soil frost in the boreal conditions over Finland / S. Kellomäli, M. Maajärvi, H. Strandman, A. Kilpeläinen, Y. Peltola // *Silva Fennica*. – 2010. – № 44 (2). – P. 213-233.

Khan, V. Snow Cover Characteristics over the Main Russian River Basins as Represented by Reanalyses and Measured Data / V. Khan, L. Holko, K. Rubinstein, M. Breiling // *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. – 2008. – V. 47. – P. 1819-1833.

Kozii, N. Increasing water losses from snow captured in the canopy of boreal forests: A case study using a 30 year data set / N. Kozii, H. Landon, M. Ottosson Löfvenius, N. Hasselquist. // *Hydrological Processes*. – 2017. – Vol. 31, № 20. – P. 3565-3575.

Lindberg, A. Evaporation of intercepted snow: Measurement and modeling. / A. Lundberg, I. Calder, R. Harding // *Journal of Hydrology*. – 1998. – № 206 (3-4). – P. 151-163.

Link, T.E. Distributed simulation of snow cover mass-and energy-balance in the boreal forest / T.E. Link, D. Marks // *Hydrological Processes*. – 1999. – № 13 (14-15). – Pp. 2439-2452.

Miller, D.H. Sources of energy for thermodynamically-caused transport of intercepted snow from forest crowns / D.H. Miller // In *International Symposium on Forest Hydrology*, edited by W.E. Sopper and H.W. Jull. – 1967. – P. 201-211.

Nzokou, P. Morphology and foliar chemistry of containerized *Abies fraseri* (Pursh) Poir, seedlings as affected by Water availability and nutrition / P. Nzokou, B.M. Cregg // *Ann. For. Sci.* – 2010. – 67. – P. 602.

Onuchin, A.A. Climatic and geogrophic patterns of spatial distribution of precipitation in Siberia/ A.A. Onuchin, T.A. Burenina //Environmental change in Siberia: earth observation, fields studies and modeling. Series «Advances in Global Change Research». – 2010. – V. 40. – P. 193-210.

Onuchin, A.A. Hydrological role of the Forest in Siberia / A.A. Onuchin, T.A. Burenina // Trends in Water Research. NOVA. – 2008. – P. 67-92.

Solantie, R. Snow and soil frost in Finnish forests: ecological interdependencies between climate, flora, fauna and larly culture in the province of Uusimaa / R. Solantie // Silva Fennica. – 1993. – № 27 (4). – P. 295-301.

Storck, P. Measurement of snow interception and canopy effects on snow accumulation and melt in a mountainous maritime climate / P. Storck, D.P. Lettenmaier // United States Water resources research. – 2002. – V. 38, № 11. – P. 1223.

Turkov, D.V. Snow Water Equivalent in Western Siberia as simulated by land-surface model, satellite data and from ERAInterim reanalysis / D.V. Turkov, V.S. Sokratov, T.B. Titkova, V.A. Semenov, V.V. Popova // Proc. SPIE 10466, 23rd Intern. Symposium on Atmospheric and ocean optics: Atmospheric Physics. – 2017. – V. 10466.55.

Vajda, A. Effect of vegetation on snow cover at the northern. Timberline: a case study in Finnish Lapland / A. Vajda, A. Venäläinen P. Hänninen, R. Sutinen // Silva Fennica. – 2006. – № 40 (2). – P. 195-207.

Zubizarreta-Gerendain, A. Factors affecting wind and snow damage of individual trees in a small management unit in Finland: assessment based on inventoried damage and mechanistic modeling / A. Zubizarreta-Gerendain, P. Pellikka, J. Garcia-Gonzalo, V.-P. Ikonen, H. Peltola // Silva Fennica. – 2012. – № 46 (2). – P. 181-196.

Приложение 1

Мониторинг снежного покрова на ПП за период с 2021 по 2023 гг.

Участок №1 – Березняк (ППП-1)

Дата	Средняя толщина снега, см	Средняя плотность снега, г/см ³	Запас снеговой воды, мм
1	2	3	4
2021 г.			
06.01.21	47,7±1,06	нет данных	нет данных
18.01.21	50,7±1,78	нет данных	нет данных
27.01.21	68,7±1,09	0,17±0,007	116,2
08.02.21	90,7±0,98	0,14±0,005	127,0
18.02.21	78,0±0,47	0,17±0,005	137,2
01.03.21	117,3±1,44	0,15±0,012	164,0
10.03.21	133,0±1,63	0,21±0,047	283,5
16.03.21	131,8±2,59	0,22±0,059	278,3
20.03.21	118,3±0,72	0,22±0,009	260,3
30.03.21	122,3±0,98	0,25±0,014	300,0
09.04.21	85,0±1,63	0,31±0,0047	262,6
15.04.21	61,7±1,66	0,28±0,0109	187,6
20.04.21	51,0±5,79	0,26±0,0307	119,6
25.04.21	38,7±1,91	0,32±0,014	123,8
30.04.21	15,5±3,89	0,34±0,0106	52,7
2021 – 2022 гг.			
04.11.21	39,3±0,54	0,13±0,00	50,3
02.12.21	70,0±0,47	0,26±0,007	184,6
29.12.21	91,0±3,09	0,26±0,012	228,0
10.01.22	110,0±2,36	0,23±0,003	252,3
18.01.22	95,3±2,37	0,27±0,000	267,3
27.01.22	108,0±2,49	0,26±0,005	277,4
09.02.22	92,3±3,03	0,27±0,005	270,8
16.02.22	105,0±1,41	0,26±0,011	281,6
01.03.22	101,0±3,74	0,28±0,005	287,6
10.03.22	115,0±2,36	0,25±0,007	287,5
18.03.22	144,3±3,84	0,24±0,007	340,1
29.03.22	177,3±7,32	0,22±0,005	378,4
05.04.22	128,3±3,60	0,32±0,007	409,6
11.04.22	95,0±4,08	0,35±0,009	332,5
15.04.22	82,7±4,58	0,36±0,007	284,4
19.04.22	51,0±6,38	0,37±0,010	186,1
25.04.22	27,0±6,38	0,40±0,019	108,0
29.04.22	5,0±0,00	0,43±0,00	215,0
2022-2023 гг.			
11.11.22	35,3±4,99	0,12±0,008	32,4
24.11.22	85,7±0,98	0,15±0,00	127,9
02.12.22	93,3±1,36	0,18±0,007	156,1
27.12.22	79,3±0,54	0,22±0,00	172,3
11.01.23	146,7±1,36	0,23±0,003	331,9
19.01.23	132,0±4,99	0,24±0,007	309,6

1	2	3	4
30.01.23	122,3±1,91	0,26±0,007	316,4
09.02.23	146,7±1,19	0,20±0,003	298,6
02.03.23	121,0±3,74	0,30±0,003	369,9
14.03.23	100,0±0,0	0,32±0,005	341,4
24.03.23	88,3±1,36	0,34±0,009	376,3
31.03.23	71,7±1,36	0,42±0,005	328,9
05.04.23	60,7±1,78	0,46±0,005	303,6
10.04.23	54,0±1,70	0,43±0,005	252,4
21.04.23	57,3±1,19	0,38±0,005	249,7
26.04.23	37,3±1,78	0,44±0,029	161,5
03.05.23	-	-	-

Участок №2 – Осинник (ППП-2)

Дата	Средняя толщина снега, см	Средняя плотность снега, г/см ³	Запас снеговой воды, мм
1	2	3	4
2021 г.			
06.01.21	44,3±1,44	нет данных	нет данных
18.01.21	47,0±0,94	нет данных	нет данных
27.01.21	71,0±1,25	0,18±0,013	127,8
08.02.21	89,3±2,60	0,17±0,007	145,7
18.02.21	75,0±3,86	0,18±0,031	126,0
01.03.21	113,0±6,18	0,17±0,007	184,2
10.03.21	122,3±5,19	0,20±0,009	228,6
16.03.21	118,8±1,196	0,24±0,021	252,0
20.03.21	109,0±3,74	0,16±0,007	170,1
30.03.21	109,0±1,70	0,22±0,026	239,8
09.04.21	80,7±1,91	0,30±0,003	233,1
15.04.21	54,0±5,44	0,23±0,011	119,6
20.04.21	32,7±3,31	0,28±0,021	91,6
25.04.21	27,3±5,30	0,36±0,005	98,3
2021-2022гг.			
04.11.21	37,0±2,45	0,13±0,007	48,5
02.12.21	61,3±1,52	0,25±0,014	153,3
29.12.21	78,3±3,60	0,26±0,008	192,4
10.01.22	92±3,40	0,23±0,007	212,03
18.01.22	86,3±2,42	0,24±0,014	213,6
27.01.22	98,3±4,53	0,24±0,005	235,9
09.02.22	83,0±3,09	0,25±0,003	223,3
16.02.22	93,0±4,64	0,24±0,005	223,2
01.03.22	89,3±4,25	0,24±0,007	210,0
10.03.22	103,0±6,94	0,23±0,012	224,7
18.03.22	126,7±7,58	0,21±0,005	256,2
29.03.22	141,0±0,82	0,22±0,005	311,7
05.04.22	112,7±6,69	0,29±0,009	321,0
11.04.22	82,7±6,69	0,30±0,012	252,9
15.04.22	66,0±9,29	0,33±0,005	216,8
19.04.22	37,3±12,17	0,39±0,019	149,4

1	2	3	4
25.04.22	-	-	-
2022-2023гг.			
11.11.22	32,7±2,60	0,12±0,003	34,4
24.11.22	77,3±1,19	0,13±0,00	104,9
02.12.22	83,3±2,72	0,17±0,003	139,9
27.12.22	75,3±0,27	0,20±0,00	146,0
11.01.23	141,7±1,36	0,19±0,003	267,9
19.01.23	115,7±4,63	0,27±0,010	307,8
30.01.23	106,7±5,44	0,27±0,008	288,1
09.02.23	135,0±2,36	0,23±0,003	318,1
02.03.23	106,7±2,72	0,31±0,012	341,0
14.03.21	88,3±1,36	0,39±0,017	377,1
24.03.23	75,3±2,18	0,37±0,005	333,0
31.03.23	60,0±2,36	0,40±0,027	278,8
05.04.23	48,3±2,72	0,50±0,007	266,3
10.04.23	39,7±1,91	0,51±0,029	225,9
21.04.23	41,7±1,36	0,40±0,005	186,8
26.04.23	18,3±1,36	0,59 ±0,051	128,0
03.05.23	-	-	-

Участок №3 – Пихтарник (ППП-3)

Дата	Средняя толщина снега, см	Средняя плотность снега, г/см ³	Запас снеговой воды, мм
1	2	3	4
2021 г.			
06.01.21	34,3±2,88	нет данных	нет данных
18.01.21	42,0±5,91	нет данных	нет данных
27.01.21	62,7±1,09	0,16±0,015	100,3
08.02.21	72,3±1,35	0,16±0,016	119,5
18.02.21	66,0±1,47	0,16±0,011	106,7
01.03.21	101,0±1,71	0,20±0,012	204,0
10.03.21	117,7±1,88	0,20±0,012	233,4
16.03.21	116,4±1,73	0,22±0,004	235,4
20.03.21	107,3±1,68	0,22±0,017	239,3
30.03.21	108,7±1,85	0,26±0,009	277,4
09.04.21	79,0±1,52	0,27±0,017	208,7
15.04.21	66,7±1,96	0,27±0,012	175,5
20.04.21	76,0±3,54	0,28±0,007	203,0
25.04.21	66,0±2,83	0,28±0,031	182,0
30.04.21	52,0±4,24	0,34±0,007	176,8
04.05.21	33,5±7,42	0,36±0,005	120,6
09.05.21	16,0±0,00	0,42±0,000	67,2
2021-2022 гг.			
04.11.21	44,7±8,44	0,13±0,019	58,1
02.12.21	87,0±7,36	0,24±0,008	206,4
29.12.21	99,3±7,91	0,24±0,008	228,0
10.01.22	102,7±1,25	0,24±0,009	257,5
18.01.22	98,3±1,16	0,27±0,009	285,4

1	2	3	4
27.01.22	102,0±1,11	0,28±0,009	292,0
09.02.22	100,3±1,41	0,28±0,007	273,6
16.02.22	112,3±1,12	0,27±0,005	294,3
01.03.22	100,7±1,05	0,27±0,003	277,3
10.03.22	113,7±1,38	0,26±0,009	292,0
18.03.22	140,3±1,66	0,22±0,003	304,3
29.03.22	158,3±1,89	0,22±0,003	346,9
05.04.22	129,3±1,66	0,31±0,013	408,3
11.04.22	111,7±1,71	0,33±0,023	366,3
15.04.22	97,3±1,95	0,34±0,012	320,6
19.04.22	79,0±2,44	0,37±0,005	289,7
25.04.22	67,7±2,79	0,37±0,005	252,7
29.04.22	56,0±2,41	0,37±0,000	209,8
04.05.22	27,7±1,43	0,34±0,014	94,2
2022-2023 гг.			
11.11.22	30,7±5,26	0,15±0,018	34,5
24.11.22	78,7±8,45	0,14±0,003	104,6
02.12.22	95,0±9,24		
27.12.22	82,3±9,62	0,25±0,009	208,2
11.01.23	145,0±1,03	0,22±0,000	325,6
19.01.23	124,0±1,31	0,21±0,019	270,3
30.01.23	119,3±1,08	0,26±0,000	325,0
09.02.23	138,3±1,00	0,25±0,009	329,3
02.03.23	118,7±1,35	0,29±0,012	362,5
14.03.23	105,0±1,49	0,36±0,009	421,2
24.03.23	97,7±1,66	0,36±0,010	399,0
31.03.23	90,0±1,70	0,38±0,012	405,5
05.04.23	83,7±1,61	0,38±0,018	384,9
10.04.23	81,0±1,85	0,39±0,008	342,0
21.04.23	88,3±2,29	0,33±0,003	310,2
26.04.23	68,3±2,06	0,45±0,020	324,0
03.05.23	49,7±2,16	0,39±0,005	188,4

Участок №4 – Кустарник

Дата	Средняя толщина снега, см	Средняя плотность снега, г/см ³	Запас снеговой воды, мм
1	2	3	4
2021 г.			
06.01.21	53,3±1,66	нет данных	нет данных
18.01.21	55,0±2,05	нет данных	нет данных
27.01.21	78,3±0,98	0,15±0,000	117,4
08.02.21	84,0±2,49	0,18±0,011	144,5
18.02.21	71,7±1,52	0,22±0,011	149,6
01.03.21	127,7±1,19	0,18±0,014	226,8
10.03.21	130,3±2,13	0,26±0,012	323,2
16.03.21	110,63±1,14	0,22±0,011	255,2
20.03.21	109,0±0,71	0,24±0,00	261,6
30.03.21	107,0±1,25	0,27±0,012	297,8

09.04.21	66,0±0,82	0,33±0,007	217,8
15.04.21	20,7±3,60	0,25±0,018	63,3
2021-2022 гг.			
04.11.21	48,7±1,09	0,12±0,003	58,4
02.12.21	79,3±3,21	0,27±0,003	207,9
29.12.21	91,7±1,36	0,26±0,005	238,4
10.01.22	97,7±1,19	0,26±0,0003	265,0
18.01.22	94,0±0,82	0,28±0,025	219,2
27.01.22	97,3±0,98	0,31±0,017	259,5
09.02.22	85,3±2,13	0,25±0,007	220,7
16.02.22	96,0±0,82	0,27±0,005	249,2
01.03.22	85,0±4,08	0,25±0,005	200,0
10.03.22	86,7±4,77	0,29±0,007	246,5
18.03.22	114,3±5,89	0,22±0,008	249,3
29.03.22	140,0±2,36	0,26±0,005	364,0
05.04.22	101,3±2,68	0,33±0,007	336,6
11.04.22	70,0±4,19	0,31±0,016	217,0
15.04.22	36,0±0,82	0,37±0,022	133,2
19.04.22	-	-	-
25.04.22	-	-	-
2022-2023 гг.			
11.11.22	38,0±0,82	0,10±0,003	32,3
24.11.22	97,7±1,19	0,14±0,000	127,0
02.12.22	100,0±5,3		
27.12.22	79,7±4,48	0,25±0,005	200,0
11.01.23	148,3±3,60	0,19±0,000	278,7
19.01.23	128,7±4,74	0,26±0,000	332,8
30.01.23	121,0±4,55	0,27±0,003	321,3
09.02.23	140,0±2,36	0,21±0,003	287,1
02.03.23	104,3±2,84	0,33±0,005	363,0
14.03.23	89,7±4,72	0,39±0,005	405,6
24.03.23	69,7±4,48	0,40±0,007	322,8
31.03.23	40,0±4,71	0,37±0,034	167,6
05.04.23	22,0±5,89	0,39±0,021	110,4
10.04.23	9,0±4,02	0,45±0,1229	112,5
21.04.23	-	-	-
26.04.23	-	-	-
03.05.23	-	-	-