



МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №1»  
муниципального образования – городской округ г. Скопин Рязанской области

---

391800 г. Скопин, ул. Пролетарская, 10 тел. 2-02-69

*Российский открытый молодежный  
водный конкурс - 2024*

***Оценка физических параметров  
снежного покрова  
(на примере Стрелецкой дубравы и ее  
окрестностей)***

**Автор:** Никонова Екатерина,  
ученица 9а класса

МБОУ СОШ№1 г.Скопина

**Научный руководитель:**

Сулова Светлана Михайловна,  
учитель биологии и химии

МБОУ СОШ№1 г.Скопина

г.Рязань, 2024 г.

## Аннотация

На современном этапе перехода общества к устойчивому развитию актуальность приобретают проблемы рационального использования и сохранения природных ресурсов. Решение их требует проведения исследований, находящихся на стыке наук. Так, например, изучение физических свойств и особенностей снежного покрова локальных территорий, позволяющее расширить и конкретизировать имеющиеся региональные данные, является частью комплексной оценки качества среды ООПТ, а также используется при планировании агротехнических мероприятий в растениеводстве. В связи с этим поиск и апробация методов, позволяющих быстро, доступно и эффективно оценить структуру снежной толщи, ее водозапас и теплозащитные свойства, является важной практической и природоохранной задачей.

Целью проекта стало изучение физических особенностей толщи снежного покрова Стрелецкой дубравы и ее окрестностей. В процессе ее достижения была проведена снегомерная съемка и стратиграфическое описание разрезов, определена и представлена в виде диаграммы структура снежного профиля трех выбранных участков, различающихся по рельефу и характеру растительности. На основе полученных данных осуществлен расчет водного эквивалента снега (83,22 мм), его теплопроводности (0,15 Вт/м°C) и термического сопротивления (261,06°C/Вт), вычислены средние значения величины теплового потока из почвы в атмосферу (1,77Дж/м<sup>2</sup>с), а также определены сезонные теплопотери грунта за период исследования (85,88Вт/м<sup>2</sup>). Полученные результаты представлены в таблицах.

В ходе выполнения проекта было установлено, что толщина и теплопроводность снежного покрова, наряду с температурным режимом зимнего сезона, влияют на теплоотдачу и температуру расположенного под ним грунта, а плотность снега и особенности строения снежной толщи, связанные с характером растительности и рельефом поверхности выбранного участка, определяют его водозапасающие свойства. На этой основе нами были предложены рекомендации для предотвращения промерзания почвы и сохранения запаса влаги, как условий развития растительного покрова в весенне-летний период.

Представленные в работе материалы были направлены в Горловское участковое лесничество и администрацию Павелецкого городского поселения Скопинского района и могут быть использованы для организации системы мониторинга состояния снежного покрова, оценки качества среды, а также для изучения взаимного влияния снега и других компонентов природных систем, расчетов температурного режима почв, обоснования снежной мелиорации.

## Оглавление

Введение	4
Особенности оценки физических параметров снежного покрова	6
Результаты оценки физических параметров снежного покрова Стрелецкой дубравы и ее окрестностей	7
Выводы	12
Заключение	13
Список использованной литературы	14
Приложение	15

## Введение

Снежный покров оказывает большое влияние на многие природные процессы, поскольку от толщины, плотности и микроструктуры слоёв снежной толщи зависит количество воды во время снеготаяния, наполняемость водохранилищ, увлажнённость и глубина промерзания почв, что находит широкое применение в сельском хозяйстве. Проблемам моделирования глубины промерзания грунтов, изучению толщины и термических свойств снежного покрова Среднерусской возвышенности и субарктического пояса Сибири посвящены работы Р.А. Чернова [5] и Д.М. Фролова [4]. Однако особую **актуальность** и значимость приобретают исследования, направленные на выявление физических свойств и особенностей снежных ресурсов локальных территорий, служащие частью комплексной оценки качества среды ООПТ, а также используемые при планировании агротехнических мероприятий в растениеводстве.

**Цель исследования:** изучение физических особенностей толщи снежного покрова Стрелецкой дубравы и ее окрестностей.

### **Задачи:**

- проведение снегомерной съемки района исследования;
- составление комплексного снегомерного профиля;
- оценка водозапаса и теплозащитных свойств снежного покрова.

**Гипотеза:** мы предполагаем, что сочетание абиотических и биотических факторов среды оказывает влияние на физические параметры снежного покрова выбранного района исследований.

**Объект исследования:** снежный покров Стрелецкой дубравы и ее окрестностей.

**Предмет исследования:** физические параметры снежного покрова.

### **Методы проведения исследования:**

- анализ литературных источников по теме и проблеме исследования;
- методы проведения снегомерной съемки;
- методы стратиграфии снежной толщи;
- методы определения водного эквивалента снега;
- методы изучения теплозащитных свойств снега;
- методы статистической и графической обработки данных.

**Сроки проведения исследования:** декабрь 2023 – январь 2024 года (продолжительность периода исследования составила 50 суток).

**Место проведения исследования:** локальный участок ООПТ регионального значения «Стрелецкая дубрава», расположенный по левую сторону автодороги Скопин-

Павелец, и прилегающие к ней с юга земли сельхозназначения АОЗТ «Павелец» в радиусе 50 м.

**Теоретическая значимость работы:** полученные данные расширяют представления о локальных особенностях формирования снежного покрова, дополняют и конкретизируют результаты комплексной оценки снежных ресурсов региона.

**Практическая значимость работы:** представленные материалы могут быть использованы для организации системы мониторинга состояния снежного покрова выбранного района исследования, комплексной оценки качества среды ООПТ регионального значения, а также для изучения взаимного влияния снежного покрова и других компонентов природных систем, прогнозирования состояния снежной толщи, расчетов температурного режима почв, обоснования снежной мелиорации.

**Экономическое обоснование затрат на реализацию проекта (табл.1):**

Выполнение исследовательской работы не предполагает использования высокотехнологичного оборудования (цифровая видеокамера может быть заменена ручной лупой, а снегомерная рейка – деревянной метровой линейкой), значительных материальных затрат и является актуальным и целесообразным.

*Таблица 1. Возможные затраты при реализации проекта*

Этап реализации	Возможные затраты
Выезд в район проведения исследований для выбора точек отбора проб и составления их характеристики (не менее 2 раз)	Расстояние до географического объекта: $\approx 15$ км (в одну сторону) Расход топлива: $\approx 5,8$ л/100 км Цена топлива: 53,20 руб Общий расход: 92,56 руб
Выезд в район проведения исследований для осуществления снегомерной съемки территории (не менее 2 раз)	Расстояние до географического объекта: $\approx 15$ км (в одну сторону) Расход топлива: $\approx 5,8$ л/100 км Цена топлива: 53,20 руб Общий расход: 92,56 руб
Обработка данных полевых исследований, проведение расчетов	Время работы с ПК: 10 ч Расход электроэнергии ПК: 30Вт/ч Цена кВт/ч: 5,82 руб Общий расход: $30 \cdot 10 \cdot 5,82 : 1000 = 1,74$ руб
Линейка деревянная (1м)	221,0 руб
Лупа (кратность увеличения 10р)	83,0 руб
Бумага для буклетов (А <sub>4</sub> )	206,0 руб
ИТОГО:	696,86 руб

## Особенности оценки физических параметров снежного покрова

Снежный покров - характерное зимнее явление средней полосы России. Сплошной снежный покров предохраняет зимой поверхность почвы от эрозии, сберегает и накапливает влагу. Снег оказывает влияние на температурный режим воздушных масс, на степень промерзания почвы. Снежный покров является зеркалом сезонного состояния природы и несет большую информацию о погодных и экологических условиях территории, а его строение и особенности распространения находятся в тесной связи с ландшафтными особенностями местности [3].

Снег подвержен воздействию ветра и температуры воздуха не только в момент снегопада, но и после выпадения. Наряду с механическим уплотнением в снежном покрове происходят процессы изменения структуры зерен снега в результате неустойчивости поверхности кристаллов и массопереноса. Такие процессы называют метаморфизмом. В их результате ажурные снежинки изменяют форму и размеры, превращаясь в зерна и кристаллы. Зубцы кристаллов испаряются, и пар конденсируется на более крупных зернах, которые при этом увеличиваются и округляются. Затем они могут превращаться в ограненные зерна и глубинную изморозь [3].

Выделяются обычно две фации снега: фация безветренного отложения, когда накапливается рыхлый снег, и фация ветреного отложения, характеризующаяся большой твердостью и плотностью [1]. Снег ветреной фации состоит из округлых и однородных по размерам фракций ледовых зерен.

Одним из важных свойств снега является его плотность. От плотности и мощности снега зависят запасы воды в снежном покрове, вычисляемые как  $a = \rho H \cdot 10$ . Плотность снега при этом определяется по формуле:  $\rho = G / 50h$  [2].

Среди физических свойств снега особую роль играют его теплоизолирующие свойства, которые обусловлены низкой теплопроводностью. Величина теплового потока из почвы в атмосферу через снежный покров рассчитывается с использованием выражения:  $F = -\lambda \cdot \text{grad}T$ , где  $\text{grad}T = \Delta T / h$ , где теплопроводность снежного покрова вычисляется как  $\lambda = (1,3 \cdot (0,03 + 0,303\rho - 0,177\rho^2 + 2,25\rho^3))$  [4].

Термическое сопротивление снега рассчитывается по формуле  $R = h / \lambda_s$  [4].

Итоговые теплотери за сезон определяются как  $q = (F - f) \cdot \tau$ , где  $f$  – величина геотермического потока, а  $\tau$  – продолжительность периода исследований [5].

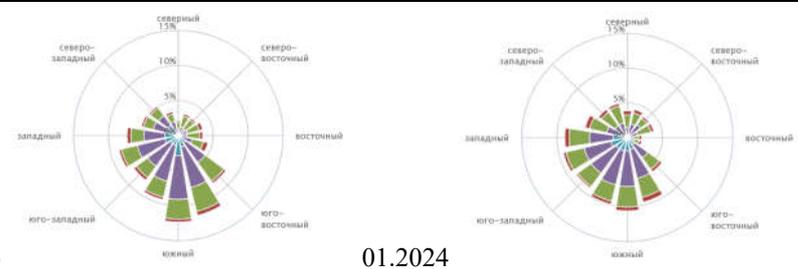
Данные, полученные в результате оценки физических параметров снежного покрова, находят применение в сельском хозяйстве, проектировании и прокладке автодорог, строительстве зданий и сооружений.

## Результаты оценки физических параметров снежного покрова Стрелецкой дубравы и ее окрестностей

В ходе проведения исследования нами были выбраны три участка изучения и отбора проб снега, различающиеся растительностью и микрорельефом поверхности: под пологом леса, на опушке леса и в поле.

Характеристика выбранных участков Стрелецкой дубравы и ее окрестностей представлена в таблице 2:

*Таблица 2. Характеристика участков исследования*

	Лес	Опушка	Поле
Координаты точки отбора проб	53,828945° с.ш. 39,347056° в.д.	53,828399° с.ш. 39,346475° в.д.	53,827929° с.ш. 39,346525° в.д.
Характер видимой растительности	Участок расположен под кронами дубов. Сомкнутость 1 яруса древостоя в зимнее время 0,2. В подросте – несколько сосен и дубов (разреженное расположение). Кустарниковый ярус отсутствует. Травянистая растительность редкая.	Участок расположен под кронами дубов. Сомкнутость 1 яруса древостоя в зимнее время 0,1. Подрост представлен дикой яблоней, березой. Кустарниковый ярус разреженный, образован шиповником. Травянистая растительность – обильная.	Деревьев и кустарников нет. Травянистая растительность – с/х стерня.
Наличие уклона поверхности	Небольшой уклон (2-3°) на юго-запад	Небольшой уклон (2-3°) на юго-запад	Небольшой уклон (3-5°) на юго-запад
Характер рельефа поверхности	Микрорельеф преимущественно однородный, слабовыраженный. Изредка встречаются отдельные кочки и впадины.	Микрорельеф неоднороден и сформирован кочками травы высотой 10-15 см, расположенными на расстоянии 0,5-2м.	Микрорельеф однородный.
Среднемесячная температура декабря/января	Декабрь -5,1°С (min = -16,1 °С, max = 3,4°С) Январь -12,2°С (min = -28,0 °С, max = 1,2°С)		
Направление ветров (декабрь – январь)			

Первый участок расположен под пологом разреженного лиственного леса паркового типа и имеет преимущественно однородный микрорельеф. Следующая пробная площадка находится на опушке леса. Здесь четко прослеживаются древесный ярус, подрост и подлесок. Микрорельеф территории неоднороден. Третий участок представляет собой фрагмент сельскохозяйственного поля, покрытого остатками

стерни. Площадки отбора проб расположены относительно недалеко друг от друга имеют небольшой уклон к юго-западу (2-5°). Преобладающие направления ветров на период проведения исследования: южный и юго-западный.

Результаты изучения особенностей шурфов снега различных участков исследования представлены в таблице 3:

*Таблица 3. Особенности снежного покрова участков исследования*

	Лес			Опушка			Поле			Ср.
	17.12	17.01	Ср.	17.12	17.01	Ср.	17.12	17.01	Ср.	
Высота, см	44,84	32,95	38,89	46,18	38,84	42,51	37,32	25,84	31,58	37,66
Характер залегания снежного покрова	Умеренно неравномерный			Умеренно неравномерный			Равномерный			Умеренно неравномерный
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,174	0,232	0,203	0,193	0,233	0,213	0,212	0,279	0,246	0,221
ВЭС, мл	78,02	76,44	78,94	89,12	90,49	90,54	68,62	72,09	77,68	83,22

Наибольших средних значений высота снежного покрова достигает на опушке леса (42,52 см). Данный факт объясняется сдуванием снега с открытых участков с последующим снегонакоплением на территориях с более густой лесной растительностью и неоднородным рельефом. Под пологом разреженного леса толщина снежного покрова несколько ниже (38,89 см), что может являться результатом его задержания кронами деревьев и выдуванием с участков, покрытых разреженной растительностью. На открытых участках толщина снега наименьшая (31,58 см). Данный факт может объясняться переносом снежных масс под действием ветра, а также слеживанием и метелевым уплотнением. Характер залегания снежного покрова на исследуемой территории – умеренно неравномерный (местами имеются небольшие сугробы), что связано в первую очередь с характером микрорельефа поверхности и неравномерным распределением растительности (прил.1.1). Для участка поля отмечается наиболее ровное распределение снега.

Наибольшая плотность снежного покрова была установлена нами для открытого участка поля (0,246 г/см<sup>3</sup>). Это может объясняться более интенсивным метаморфизмом, происходящим под действием ветра и перепада суточных температур. Самый рыхлый снег, плотность которого колеблется в диапазоне 0,174-0,232 г/см<sup>3</sup>, нами был отмечен для лесного участка, где влияние сильного ветра и резких температурных колебаний на снежную массу ограничены. На опушке плотность снежного покров в среднем составляет 0,213 г/см<sup>3</sup>.

Результаты оценки водного эквивалента снега на исследуемой территории позволили получить среднее значение, равное 83,22 мл. Данный показатель достигает максимума для участка опушки (90,54мл), на котором отмечена наибольшая толщина снежного покрова. Минимальное среднее значение составляет ВЭС поля (77,68 мл). На

опушке леса для более высоких и плотных слоев снежной толщи, отмеченных нами во время проведения исследований 17.01.2024 года, этот показатель составляет наибольшее значение.

Анализируя полученные результаты, отметим, что чередование снегопадов, оттепелей и заморозков в декабре-январе послужило причиной разницы в толщине снежного покрова и плотности. Более рыхлый и высокий снежный покров наблюдался в середине декабря после сильных снегопадов начала месяца. Сильная оттепель, произошедшая в период с 30 декабря 2023 года по 01 января 2024 года, привела к снижению высоты снежного покрова. Снег частично растаял, но стал при этом более плотным.

Изучение разреза снежной толщи исследуемой территории позволило выделить в нем отдельные слои снега, различающиеся по толщине и структуре, а также составить стратиграфический профиль выбранных участков (рис 1.).

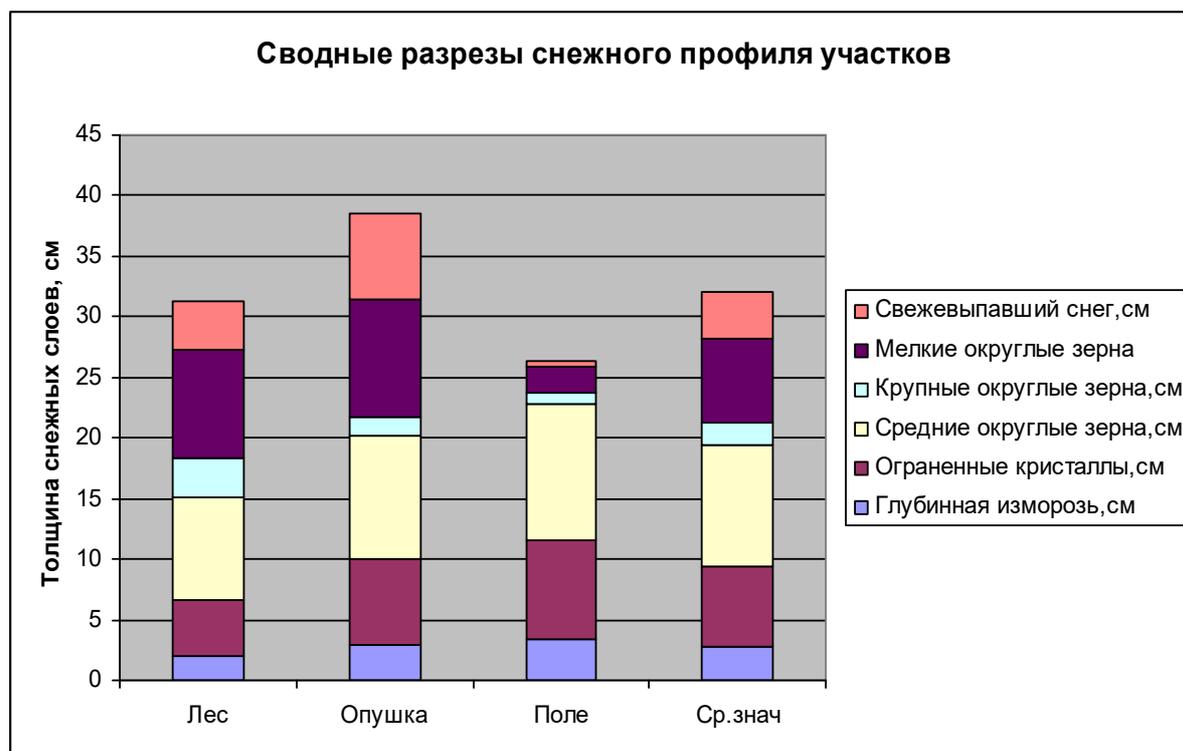


Рисунок 1. Структура снежного профиля участков исследования

В шурфах на всех трех пробных площадках нами были выделены 6 слоев снега: свежевыпавший снег, мелкие округлые зерна, крупные округлые зерна, средние округлые зерна, ограниченные кристаллы и глубинная изморозь (прил.1.3). Толщина свежевыпавшего снега колеблется в диапазоне 0,51-3,97 см при средней величине, равной 3,87 см. Наибольшего значения (7,31 см) этот слой достигает на опушке леса, куда снег сметается под действием юго-западных ветров и задерживается древесной и кустарниковой растительностью. Слой мелких округлых кристаллов, формирующихся

по мере слеживания снега, в среднем составляет 6, 93 см и минимален на открытом участке поля, расположенном на небольшом склоне. Крупнозернистый слой снега, сформированный под действием кратковременных оттепелей, имеет среднюю толщину, равную 1,92 см, и наиболее выражен для лесного, наименее прогреваемого солнечными лучами, участка. Среднезернистый слой и слой ограненных кристаллов достигают наибольшей мощности для участка поля, что в совокупности с также хорошо выраженным слоем глубинной изморози является результатом уплотнения снежных слоев под влиянием собственной массы, сильных ветров, суточного перепада температур и термодинамической нестабильности кристаллов.

Наиболее выраженными на стратиграфическом профиле всех трех исследуемых участков являются слои среднезернистого снега (9,93 см) и ограненных кристаллов (6,60 см) (прил.1.2.). Максимальные различия по толщине отмечены для наиболее подвижных слоев свежавыпавшего снега и мелких округлых зерен. Слой глубинной изморози отмечен для всех трех участков, а его мощность нарастает по мере перехода к открытому пространству.

Оценка теплозащитных свойств снежного покрова позволила получить результаты, представленные в следующей таблице 4.

*Таблица 4. Теплозащитные свойства снежного покрова участков исследования.*

	Лес	Опушка	Поле	Ср.знач
Средняя теплопроводность снежного покрова, Вт/м <sup>°С</sup>	0,13	0,14	0,16	0,15
Температурный градиент, °С/м	12,21	12,64	11,53	12,13
Средняя величина теплового потока из почвы в атмосферу, Дж/м <sup>2</sup> с	1,64	1,77	1,91	1,77
Термическое сопротивление снежного покрова, °С/Вт	290,33	302,07	190,79	261,06
Сезонная теплотеря за период исследований, Вт/м <sup>2</sup>	79,15	85,85	92,65	85,88
Продолжительность периода исследований, сут	50	50	50	50

Расчеты показали, что средняя теплопроводность снежного покрова колеблется в диапазоне 0,13-0,16 Вт/м<sup>°С</sup>, достигая своего максимума для более плотного снега открытого участка поля. Средняя величина теплового потока из почвы в атмосферу здесь будет принимать также наиболее высокое значение (1,91 Дж/м<sup>2</sup>с ). Соответственно температурный градиент и термическое сопротивление снега на этой территории будут минимальными из установленных нами (11,53°С/м), а сезонная теплотеря за период исследований – наибольшей.

Для рыхлого снега лесного участка средняя теплопроводность является наименьшей из рассчитанных нами ( $0,13 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ ), что приводит к сокращению величины теплового потока из почвы в атмосферу ( $1,64 \text{ Дж/м}^2\text{с}$ ) и общему снижению сезонных теплопотерь ( $79,15 \text{ Вт/м}^2$ ). Для снежной толщ опушки достаточная большая толщина снега в сочетании с относительно высокой плотностью снежного покрова приводит к получению величины средней теплопроводности равной  $0,14 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ . Температурный градиент для данного участка наиболее высок ( $12,64^\circ\text{С/м}$ ), что объясняется высоким термическим сопротивлением. Сочетание указанных параметров приводит к тому, что средняя величина теплового потока из почвы в атмосферу составляет  $1,77 \text{ Дж/м}^2\text{с}$ , а теплопотери за период исследования принимают значение, равное  $865,85 \text{ Вт/м}^2$ .

## Выводы

1. Толщина снежного покрова Стрелецкой дубравы и ее близлежащих окрестностей в среднем составляет 37,66 см и колеблется в зависимости от характера растительности, микрорельефа местности и погодных условий в период проведения исследований.

2. Плотность снежного покрова на открытой территории превышает таковую для участка, расположенного под пологом древесной растительности, в среднем на 21,18%, что преимущественно объясняется ветровым уплотнением снежных слоев.

3. В стратиграфическом профиле снежного покрова изученной территории выделяется 6 основных слоев, наиболее выраженными из них являются слои среднезернистого снега (9,93 см) и ограненных кристаллов (6,60 см).

4. Водный эквивалент снежного покрова в среднем составляет 83,22 мл, принимая наибольшее значение (90,54 мл) для участка опушки леса.

5. Средняя теплопроводность снежного покрова в районе исследований составляет 0,15 Вт/м°C.

6. Рыхлый слой снега под пологом леса сокращает величину теплового потока из почвы в атмосферу (1,64 Дж/м<sup>2</sup>с), тем самым удерживая больше тепла у поверхности почвы и снижая глубину ее промерзания.

7. Уплотненный неглубокий слой снега на открытом участке поля характеризуется наименьшим термическим сопротивлением (190,79°C/Вт).

8. Наиболее мощный снежный покров опушки леса (42,51 см) способствует проявлению значительного температурного градиента (12,64°C/м).

9. Среднее значение теплотерь на исследуемом участке за 50 суток составляет величину, равную 85,88 Вт/м<sup>2</sup> и, в первую очередь, зависит от толщины слоя снега и его плотности.

## Заключение

Толщина и теплопроводность снежного покрова, наряду с температурным режимом зимнего сезона, определяют теплоотдачу и температуру расположенного под ним грунта. А плотность снега и особенности строения снежной толщи, связанные с характером растительности и рельефом поверхности выбранного участка, определяют его водозапасающие свойства. Гипотеза нашего исследования получила подтверждение. Соответственно, для предотвращения промерзания почвы и сохранения запаса влаги, как условий развития растительного покрова в весенне-летний период, на сельскохозяйственных и прилегающих к ним территориях **можно предложить** проведение комплекса работ следующего характера:

- проведение систематических мониторинговых исследований по оценке мощности и водозапаса снежного покрова для прогнозирования необходимости, перечня и объема работ по снегозадержанию;

- сохранение на полях стерни после уборки основной зерновой культуры;

- нарезание снеговых борозд и валов, создающих сложный микрорельеф поверхности;

- сохранение лесных колков между открытыми участками полей;

- высадка защитных полос по периметру участков из местных и неприхотливых пород деревьев и кустарников;

- установка искусственных снегоудерживающих заграждений (щитов) с подветренной стороны склонов.

Результаты, полученные нами, направлены в Горловское участковое лесничество и администрацию Павелецкого городского поселения Скопинского района. Основные положения проекта докладывались автором на VIII ежегодной школьной конференции «Горизонты открытий». Были подготовлены и распространены информационные буклеты, отражающие основные этапы исследования.

В дальнейшем работа может быть продолжена в направлении более детального изучения физических параметров и микроструктуры отдельных слоев снежной толщи, а также определения степени ее загрязнения механическими примесями.

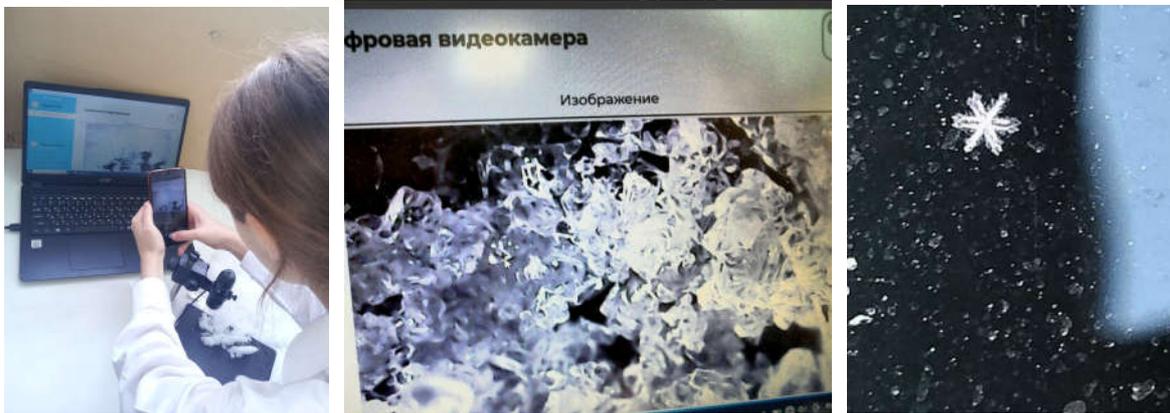
### Список используемой литературы:

1. Гляциологический словарь [Электронный ресурс] – режим доступа <https://gufo.me/dict/glaciology?ysclid=lryy9spp6j234274611>
2. Тушинский, Г.К. Изучение снежного покрова и ледников в школе / Г.К. Тушинский, Г.М., Малиновская. М.: Просвещение, 1972. -173 с.
3. Учебная зимняя ландшафтная практика: учеб. пособие для студентов 3-го курса спец. «География» с доп. спец. «Биология» / сост. С.И. Пряхин, Е.Н. Славгородская.- Волгоград: Изд-во ВГПУ «Перемена», 2010. - 82 с.
4. Фролов Д.М. Оценка глубины промерзания грунта как сдерживающего фактора селевого процесса. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 6-й Международной конференции (Душанбе–Хорог, Таджикистан). Том 1. – Отв. ред. С.С. Черноморец, К.С. Висхаджиева. – Душанбе: ООО «Промоушн», 2020, - С. 418–421
5. Чернов Р.А. Экспериментальное определение эффективной теплопроводности глубинной изморози // Лед и снег, 2013, т. 53, - № 3, - с. 71–77.

1.Проведение полевых исследований на различных участках (лес, поле, опушка)



2.Проведение лабораторных исследований структуры снеговых зерен и кристаллов



3.Слои снежной толщи

