

Арктика и Антарктика

Правильная ссылка на статью:

Фролов Д.М., Селиверстов Ю.Г., Сократов С.А., Кошурников А.В., Гагарин В.Е., Николаева Е.С. —

Криологические исследования на метеоплощадке МГУ зимой 2022/23 года // Арктика и Антарктика. – 2023. – №

1. – С. 1 - 13. DOI: 10.7256/2453-8922.2023.1.40448 EDN: PGRHXP URL:

https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=40448

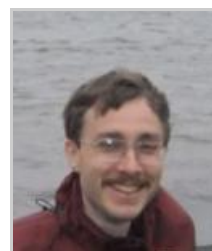
Криологические исследования на метеоплощадке МГУ зимой 2022/23 года

Фролов Денис Максимович

научный сотрудник, Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, оф. 1904Б

✉ denisfrolov@mail.ru



Селиверстов Юрий Германович

научный сотрудник, Географический ф-т МГУ

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, оф. 1904Б

✉ yus5@yandex.ru



Сократов Сергей Альфредович

ORCID: 0000-0001-9265-2935

кандидат географических наук

доцент, кафедра криолитологии и гляциологии, Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1

✉ sokratov@geogr.msu.ru



Кошурников Андрей Викторович

кандидат геолого-минералогических наук

ведущий научный сотрудник кафедры геоэкологии, Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

119234, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, оф. 205

✉ koshurnikov@msu-geophysics.ru



Гагарин Владимир Евгеньевич

кандидат геолого-минералогических наук

старший научный сотрудник кафедры геоэкологии, Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

119234, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1, ауд. Ц23

✉ gagar88@yandex.ru



Николаева Елизавета Сергеевна

студент, кафедра криолитологии и гляциологии географического факультета, Московский

Государственный университет имени МВ. Ломоносова

119991, Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1

✉ nikolaeva_lizaveta@mail.ru



[Статья из рубрики "Природные ресурсы Арктики и Антарктики"](#)

DOI:

10.7256/2453-8922.2023.1.40448

EDN:

PGRHXP

Дата направления статьи в редакцию:

14-04-2023

Дата публикации:

22-04-2023

Аннотация: В работе представлены результаты полевых исследований, проведенных на метеоплощадке МГУ за зимний период 2022/2023. Целью наблюдений являлось изучение развития снежной толщи и ее пространственной изменчивости за один зимний сезон. Полевые исследования заключались в анализе стратиграфических слоев снежной толщи и измерении их плотности. Полученные данные позволили охарактеризовать и оценить изменения снежных слоев, их структуру и плотность в пространственно-временном отношении. Результаты работы отображены на графиках пространственно-временной изменчивости снежного покрова за 2022/2023, проанализирована эволюция снежной толщи за зимний период. Анализ наблюдений отражает действительно высокую пространственную и временную изменчивость снежного покрова зимой, что позволяет не только оценить и сравнить полученные данные с прошлыми исследованиями, но и дополнить и усовершенствовать уже имеющуюся информацию о неоднородности снежного покрова. Полученные данные позволили охарактеризовать и оценить изменения снежных слоев, их структуру и плотность в пространственно-временном отношении. Результаты работы отображены на графиках пространственно-временной изменчивости снежного покрова за 2022/2023, проанализирована эволюция снежной толщи за зимний период. Анализ наблюдений отражает действительно высокую пространственную и временную изменчивость снежного покрова зимой, что позволяет не только оценить и сравнить полученные данные с прошлыми исследованиями, но и дополнить и усовершенствовать уже имеющуюся информацию о неоднородности снежного покрова.

Ключевые слова:

снежный покров, пространственно- временные неоднородности, МГУ, снежная толща,

метеоплощадке, зимний сезон, снежный слой, зимний период, исследование, неоднородность снежного покрова

Работа выполнена в соответствии с госбюджетной темой «Эволюция криосферы при изменении климата и антропогенном воздействии» (121051100164-0), «Опасность и риск природных процессов и явлений» (121051300175-4).

Введение

К настоящему времени пространственно-временные изменения снежного покрова становится возможным моделировать для различных территорий, основываясь на полученных ранее данных о физических и стратиграфических свойствах снежной толщи, а также опираясь на метеорологическую информацию по территории. Проводившиеся ранее исследования с использованием современного оборудования и технологий, которые позволили выявить закономерности пространственной изменчивости снежного покрова, дают возможность представлять неоднородность снежной толщи по времени и в пространстве с большой точностью и без необходимости полевых работ (Голубев и др., 2010, Комаров и др., 2018). Однако для проведения наиболее точной верификации результатов всё-таки требуется произведении натурных наблюдений.

Материалы и методы

В недавно опубликованном очередном ежегодном докладе Росгидромета о состоянии климата на территории России в 2022 г. (http://downloads.igce.ru/reports/Doklad_o_klimате_RF_2022_s_podpisiyu_compressed_with_ говорится об ускорение климатических изменений в России. Так в частности 2022 год для России в целом занял 5-е место в ранжированном по убыванию ряду среднегодовых температур с 1936 года, аномалия среднегодовой температуры воздуха (отклонение от среднего за 1991-2020 гг.) составила +0,87°C.

Так зимний период (ноябрь-март) 2022/23 года в Москве был такой же, как и предыдущий (-2,4°C), но теплее чем 2020/21 (13,9°C), но холоднее, чем 2020 (1,4°C) зимний сезон. Далее ещё предыдущие зимние сезоны 2016/17-2018/19 были холоднее (13,46 13,6, 13,1), а 2013/14-2015/16 (11,08, 11,96, 11,88 °C) - были теплее. Зимние сезоны 2009/10-2012/13 (15,66, 15,08, 14,3, 15,1°C) были опять холоднее, чем достаточно средние с учётом потепления 2021/22 и 2022/23 (рис. 1).

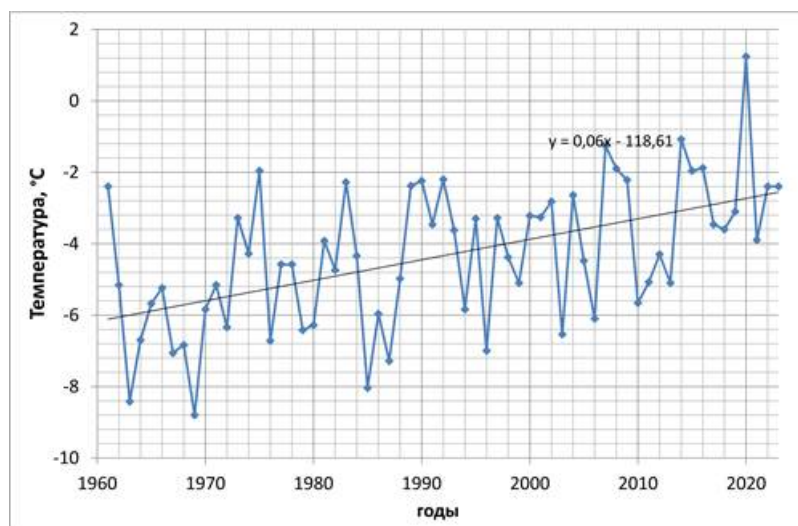


Рис. 1. Средняя температура воздуха зимних месяцев (ноябрь-март) в Москве за 1961-

2023 гг.

За зимний период (ноябрь-март) 2022/23 года в Москве выпало достаточно среднее количество осадков (266 мм) (рис. 2). Средняя февральская толщина снежного покрова была также на среднем уровне за последние годы (32 см) (рис.3).

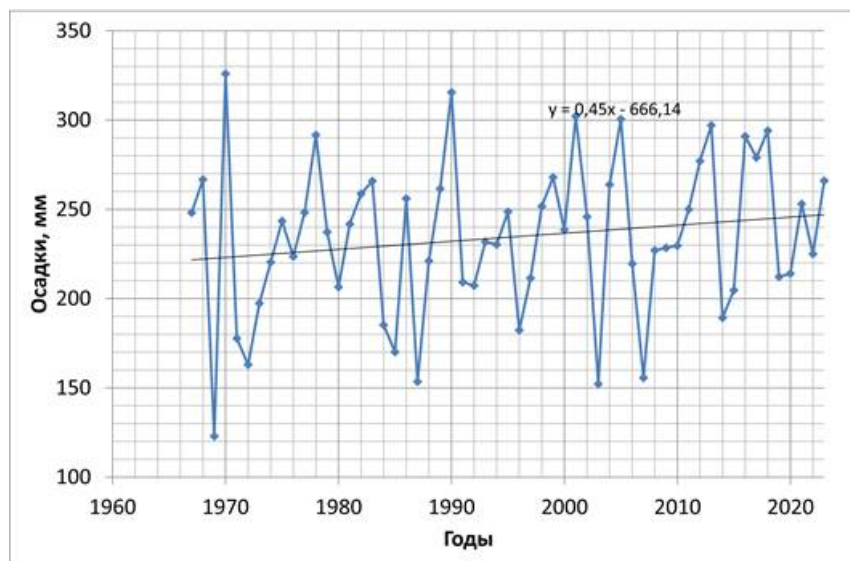


Рис. 2. Изменение суммы осадков зимних месяцев (ноябрь-март) в Москве за 1961-2023 гг.

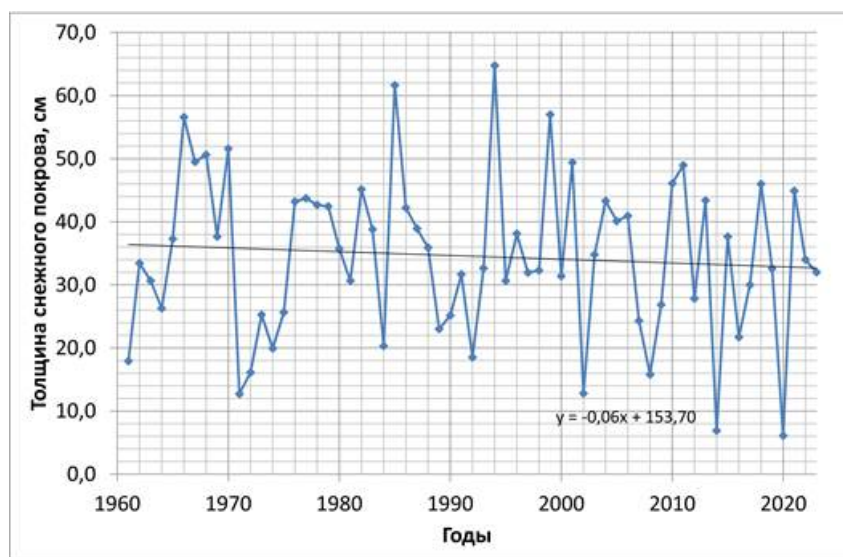


Рис. 3. Изменение средней за февраль толщины снежного покрова в Москве за 1961-2023 гг.

Поэтому в работе представлены результаты полевых исследований, проведенных на метеоплощадке МГУ за зимний период 2022/2023 гг. Целью наблюдений являлось изучение развития снежной толщ и ее пространственной изменчивости за один зимний сезон. Полевые исследования заключались в анализе стратиграфических слоев снежной толщ и измерении их плотности.

Зима 2022-2023 г. оказалась неоднородной по температурному режиму, при относительно близкой к норме среднемесячной температуре декабря. В январе и феврале наблюдалась в основном положительная аномалия температуры на большей части европейской территории страны. В среднем температурный режим декабря оказался близким к среднемноголетним значениям. По данным метеостанции ВДНХ в

Москве среднемесячная температура декабря была $4,1^{\circ}\text{C}$, что выше климатической нормы на $0,4^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура января по данным метеостанции ВДНХ в Москве составила $-4,7^{\circ}\text{C}$, что выше климатической нормы на $1,5^{\circ}\text{C}$. Среднемесячная температура февраля в Москве составила $-4,1^{\circ}\text{C}$, что выше климатической нормы на $1,8^{\circ}\text{C}$. Количество осадков примерно соответствовало среднемноголетним значениям для данного периода года, хотя в декабре их было примерно в два раза больше нормы и составило 31,2 мм в ноябре, 111,4 мм в декабре, 28,9 мм в январе и 33,8 мм в феврале (рис. 4).

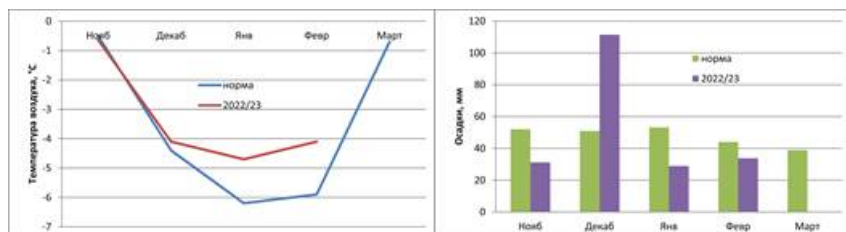


Рис. 4. Изменение температуры воздуха и количества осадков на метеостанции ВДНХ за зимний период 2022/23

Дату 15 ноября 2022 г. можно считать датой установления снежного покрова в Москве в зимний период 2022-2023. Это может быть одна из самых ранних дат установления устойчивого снежного покрова в Москве с начала нового века. Дата самого раннего устойчивого снежного покрова, начиная с 2000 г. — 29 октября 2016 г. Далее следуют 14 ноября 2001 и 2007 гг. и 18 ноября 2004 г. Таким образом снежный покров в зимний сезон 2020/2021 установился в середине ноября и пролежал до конца марта. За это время волны холода с опусканием температуры до -10 - -20°C сменялись оттепелями с небольшой положительной температурой порядка трех раз. Изменение температуры воздуха, осадков и толщины снежного покрова за зимний период 2022/23 изображено на рис. 5.



Рис. 5. Изменение температуры воздуха, осадков и толщины снежного покрова по метеостанции ВДНХ за зимний период 2022/23

В связи с обильными декабрьскими снегопадами толщина снежного покрова 22.12.2022 по рейке на метеоплощадке МГУ составила 31 см, что явилось своеобразным рекордом снегонакопления. Дальше в январе и феврале следовали сильные перепады температуры с понижением до -20°C и оттепели, что способствовало возникновению ледяных корок и горизонтов разрыхления глубинной изморози. Почва под снегом не промерзала. Изменение температуры в воздухе и в толще снега показано на рис. 6.

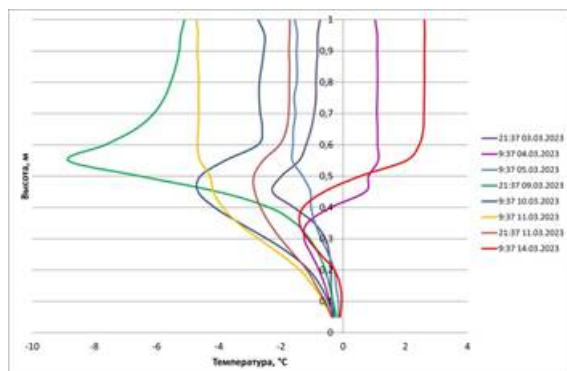


Рис. 6. Изменение температуры в воздухе и в толще снега

На рис. 6 виден температурный минимум на границе снежной толщи и атмосферы за счёт испарения с поверхности снега как в [1-4].

На метеоплощадке МГУ также была пройдена 18-ти метровая скважина с отбором керна. Описание структуры дано в табл. 1.

Таблица 1. Скважина 2021 г. на Метеорологической обсерватории МГУ

Глубина, м	Диагностика	Описание
0-0,24	Дернина и гумусовый горизонт	Запах плесени, структура копковатая, обильные корни, равномерная буровато-серая окраска. Вскипание от HCl10% слабое, фрагментарное (мелкозем).
0,24-0,37	гумусовый горизонт с техногенным по нижней границе	Вскипает от HCl10% по нижней границе по включениям. Включения: угли, кирпич
0,37-0,52	Техногенный горизонт	Турбированный горизонт на основе покровного суглинка. Крупные включения (камни), угли. Фрагменты прокрашенные гумусом, признаки оструктуренности (орехи, призмы) Вскипает от HCl10% по редким карбонатным включениям.
0,52-0,63	Техногенный горизонт	В целом не вскипает
0,62-0,83	Техногенный горизонт	Крупные включения кирпича и др. в перемешанном покровном суглинке, не вскипает от HCl10%
0,83-0,99		Вскипает от HCl10% по включениям
1,08-1,34	То же	Покровный суглинок сизовато бурый с ортштейнами и стяжениями
1,49-1,65	То же	Меньше сизых тонов в окраске
2,13-2,23	Московская морена	На верхней границе керна желтый песок с мелким силикатным щебнем. Ниже красно-кирпичный опесчаненый суглинок

2,23	московская морена	не вскипает от HCl 10% кирпично-красного цвета. Опесчаненный тяжелый суглинокглина? Включения – силикатная дресва, темный щебень – базальт?
2,4-2,61	Московская морена	Кирпично-красного цвета. Опесчаненный тяжелый суглинокглина? Включения – силикатная дресва. Не вскипает от HCl 10%.
3,00-3,84	Порода, Московская Днепровская Морена	Красновато-темно-бурый суглинок с большим количеством карбонатного щебня. Из-за включений и рассеянных карбонатов не очень пластичен. Вскипает от HCl 10% бурно
6м	Порода, Днепровская морена	Красновато-темно-бурый суглинок с большим количеством карбонатного щебня. Вскипает от HCl 10% бурно
7,91-8,03	Порода, Днепровская морена	Коричневый – цвета молочного шоколада, пластичный с белесой редкой дресвой вскипание фрагментарное по включениям
9,2-		Более пластичен, пропитан карбонатами равномерно интенсивно вскипает
9,36-9,63	Палеопочва	Горизонт имеет запах «весенней земли». Окрашен не равномерно. На общем красновато-буром фоне заметны более темные пятна с серым подтоном. Есть карбонатные новообразования в виде псевдомицелия.
9,98-10,13	Палеопочва	Горизонт структурирован – ореховатая структура, темные пленки на гранях структурных отдельностей. Напоминает текстурно-карбонатный горизонт. Включения окатанные карбонатного состава
10,80	Порода, Днепровская морена	Красновато-темно-бурый суглинок с большим количеством карбонатного щебня. Вскипает от HCl 10% бурно
11,92-12,04	Порода, Днепровская морена, в пределах капиллярной каймы обводненного	Бурой окраски. Палевый оттенок окраски и редоксиморфные признаки (ржавые и сизые пятна, стяжения и конкреции железа и марганца). Вскипает средне интенсивно, в основном по крупным включениям, мелкозем и мелкие включения -в

	горизонта	меньшей степени.
14,3	Порода, Днепровская морена, обводнена	Очень пластичный, тяжелый, более влажный, чем основная масса образцов. Наблюдаются карбонатные орштейны (новообразования при равномерном длительном обводнении карбонатной породы)

Изменение температуры и теплопроводности грунта в скважине дано на рис. 7.

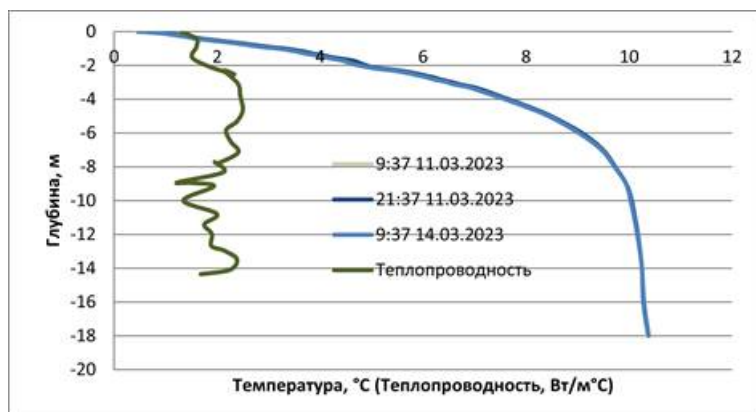


Рис. 7. Изменение температуры и теплопроводности грунта в скважине

Величина наблюдаемого термического градиента в скважине составляет 3°C/100м.

Результаты и заключение

Изучение стратиграфии снежной толщи на метеоплощадке МГУ зимой 2022-2023 года проводилось 22 декабря, 12 и 17 января, 1 и 21 февраля и 2 и 14 марта. 17 января была также пройдена траншея. Описание шурфов приведены в таблицах 2-8:

Таблица 2. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 22 декабря 2022 г.

Слой, см	Строение и свойства снежной толщи
34-31	Слой состоит из формирующейся ледяной корки (инъекционной) с размером кристаллов (зёрен) до 3 мм (видимо на поверхности был иней). Поэтому поверхность больше похожа на глубинную изморозь.
31-20	Слой мокрого, рыхлого снега, образовавшийся в результате недавних снегопадов. Проникает кулак. (147, 143, 129 ср. плотность 140 кг/м3)
20-15	Слой более плотного, но менее твёрдого снега, чем в вышележащем слое. Бывший метелевый снег. Проникает 4 пальца. (212, 205, 186 ср. плотность 201 кг/м3)
15-14	Ветровая корка толщиной 1 см. В будущем станет ледяной, если её не размочит.
14-9	Слой мокрого, менее плотного снега, чем в вышележащем слое. Проникают 4 пальца. Размер кристаллов (зёрен) 1-2 мм. (245, 228, 222 ср. плотность 232 кг/м3)
9-7	Слой относительно рыхлого, полтаившего снега с

	Слой осевшего рыхлого, подтаявшего снега с ограниченными кристаллами глубинной изморози. (Разрыхлённая корка) Размер кристаллов 2 мм.
7-0	Слой бывшей глубинной изморози с размером кристаллов до 3 мм и с ледяными включениями (304, 288, 290, 374 ср. плотность 314 кг/м ³)

Таблица 3. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 12 января 2023 г.

Слой, см	Строение и свойства снежной толщи
31-28	Слой рыхлого осевшего снега, состоит из разрушенных снежинок с размером до 2 мм (115, 116, 101, 108 ср. плотность 110 кг/м ³)
28-27	Ледяная корка
27-26	Слой рыхлого снега с размером зёрен 1 мм
26-25	Ледяная корка
25-20	Льдистый горизонт, сложенный из мелкозернистых кристаллов с ледяными агрегатами (231, 294, 270 ср. плотность 265 кг/м ³)
20-15	Мелкозернистый снег с ледяными образованиями (347, 290, 314 ср. плотность 317 кг/м ³)
15-12	Ледяная корка
12-10	Среднезернистый снег. Проникает 4 пальца. (342, 356, 340 ср. плотность 3460 кг/м ³)
10-5	Сильно льдистый горизонт, глубинная изморозь. В нижней части разрыхлённый (324, 365, 350 ср. плотность 346 кг/м ³)
5-0	Притёртая ледяная корка. Размер кристаллов (зёрен) до 3 мм. (395, 363, 387 ср. плотность 382 кг/м ³)

Таблица 4. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 17 января 2023 г.

Слой, см	Строение и свойства снежной толщи
30-28	Слой свежеснежавшего влажного снега
28-24	Слой среднезернистого (до 2 мм) не осевшего переработанного снега (проникают 4 пальца) (135, 122, 127 ср. плотность 128 кг/м ³)
24-22	Ледяная корка
22-17	Разрыхлённый слой среднезернистого снега (до 2 мм) с ледяными включениями (292, 256, 319 ср. плотность 289 кг/м ³)
17-15	Слабо льдистый горизонт, сложенный из среднезернистых кристаллов (до 2 мм)
15-10	Ледяная корка с размером зёрен 2-3 мм.
10-8	Разрыхлённый горизонт среднезернистого снега (до 2 мм) проходит палец
8-0	Сильно леденистый слой с размером зёрен до 3 мм и с наличием ледяных агрегатов. Палец не проходит.

Таблица 5. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 1 февраля

2023 г.

Слой, см	Строение и свойства снежной толщи
28-26	Слой свежевыпавшего влажного снега
26-9	Слой смёрзшегося снега с размером зёрен 2-3 мм, с начальной стадией огранки с ледяными слоями. Верх слоя (329, 281, 303 ср. плотность 304 кг/м ³) Низ слоя (440, 435, 445 ср. плотность 440 кг/м ³) Корки на горизонтах 26, 23, 17, 15, 13
9-0	Леденистый слой (370, 340, 340 ср. плотность 350 кг/м ³)

Таблица 6. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 21 февраля 2023 г.

Слой, см	Строение и свойства снежной толщи
41-46	Слой свежевыпавшего влажного снега На поверхности видны звездочки (51, 42, 44 ср. плотность 46 кг/м ³)
34-41	Слой осевшего снега. Проникает кулак (142, 171, 163 ср. плотность 159 кг/м ³)
26-34	Слой мелкозернистого снега с размером зёрен до 1 мм (230, 208, 189. плотность 209 кг/м ³)
13-26	Твёрдый леденистый слой огранённых крупнозернистых кристаллов (до 3 мм) глубинной изморози (проникает палец) (333, 320, 300. ср. плотность 318 кг/м ³)
9-26	Твёрдый леденистый слой среднезернистых кристаллов (до 2 мм) глубинной изморози (карандаш проходит, а палец-нет) (386, 420, 342. ср. плотность 383 кг/м ³)
0-9	Сильно леденистый слой агрегатов средне-крупнозернистых (до 2-3 мм) глубинной изморози

Таблица 7. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 2 марта 2023 г.

Слой, см	Строение и свойства снежной толщи
35-36	Слой свежевыпавшего влажного снега. На поверхности видны дендритные кристаллы (снежинки-звездочки)
31-35	Слой осевшего снега. Смёрзшиеся оплавленные кристаллы и агрегаты. Размер зёрен 1-2 мм
19-31	Слой преобразованного снега (собираетельная перекристаллизация, округление). Размер зёрен 1-2 мм. На уровне 27 см есть ещё корка. (242, 231, 250. ср. плотность 241 кг/м ³)
12-19	Твёрдый леденистый горизонт (проникает карандаш) (282, 280, 225 ср. плотность 262 кг/м ³)
9-12	Твёрдый леденистый слой (проникает только нож)
	Разрыхление из огранённых кристаллов глубинной

	изморози
0-9	Сплошная ледяная корка

Таблица 8. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 14 марта 2023 г.

Слой, см	Строение и свойства снежной толщи
45-49	Слой влажного осевшего снега. Видны оплавленные кристаллы (режеляционное округление). Размер кристаллов (зёрен) до 2 мм. Входит 4 пальца. (145, 150, 150. ср. плотность 148 кг/м3)
43-45	Ледяная корка, образовавшаяся в результате ветра и таяния. Размер зёрен до 2 мм.
39-43	Слой влажного осевшего снега с отсутствием округления. Размер зёрен 1 мм. Проникают 4 пальца. (240, 280, 239. ср. плотность 253 кг/м3)
34-39	Леденистый слой СЗ-КЗ кристаллов размером 2-3 мм в начальной стадии огранки с ледяными включениями (проникает карандаш) (343, 321, 322 ср. плотность 328 кг/м3)
24-34	Влажный среднезернистый снег с размером кристаллов 2 мм. (265, 280, 283 ср. плотность 276 кг/м3)
14-24	Слой снежных кристаллов с огранкой с размером 2-3мм и с обилием ледяных включений (проникает палец) (337, 328, 301 ср. плотность 322 кг/м3)
9-14	Слой снежных кристаллов с размером 2-3мм и с обилием ледяных включений (проникает карандаш) (358, 363, 386 ср. плотность 372 кг/м3)
0-9	Сильно леденистый слой огранённых кристаллов размером 2 мм (проникает карандаш) (371, 391, 384 ср. плотность 382 кг/м3)

Стратиграфические колонки на 22 декабря 2022 и 21 февраля 2023 г. изображены на рис. 8.

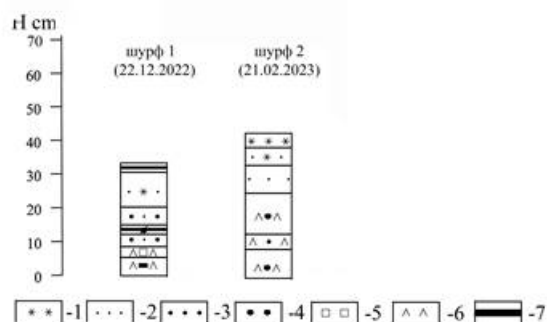


Рис. 8. Наблюдаемые разрезы снежного покрова на метеоплощадке 22 декабря 2022 и 21 февраля 2023 г. Условные обозначения: 1 – свежеснеживший снег, 2 – мелкозернистый снег (0,1-0,5 мм), 3 – среднезернистый снег (0,5-1 мм), 4 – крупнозернистый снег (1-3,5 мм); 5 – огранённые кристаллы; 6 – кристаллы глубинной изморози 7 – ледяная корка (по международной классификации [5]).

Полученные данные позволили охарактеризовать и оценить изменения снежных слоев, их структуру и плотность в пространственно-временном отношении. Результаты работы отображены на графиках пространственно-временной изменчивости снежного покрова за 2022/2023 гг., проанализирована эволюция снежной толщи за зимний период. Анализ наблюдений отражает действительно высокую пространственную и временную изменчивость снежного покрова зимой, что позволяет не только оценить и сравнить полученные данные с прошлыми исследованиями,^[6] но и дополнить и усовершенствовать уже имеющуюся информацию о неоднородности снежного покрова.

Библиография

1. Голубев В.Н., Петрушина М.Н., Фролов Д.М. Закономерности формирования стратиграфии снежного покрова // Лед и снег. — 2010. — № 1. — С. 58–72.
2. Голубев В. Н., Фролов Д. М. Особенности миграции водяного пара на границах раздела атмосфера–снежный покров и снежный покров–подстилающий грунт // Криосфера Земли. — 2015. — Т. 19, № 1. — С. 22–29
3. Комаров А. Ю. и др. Пространственно-временная неоднородность снежной толщи по данным пенетromетра SnowMicroPen // Лёд и Снег. – 2018. – Т. 58. – №. 4. С. 473–485.
4. Отчёт об изменении климата в РФ за 2022 год.
5. Фирц Ш. и др. Международная классификация для сезонно выпадающего снега (руководство к описанию снежной толщи и снежного покрова). – 2012.
6. Фролов Д. М. и др. Изучение пространственно-временной неоднородности снежной толщи на площадке МО МГУ зимой 2018/2019 гг. // Эколого-климатические характеристики атмосферы Москвы в 2018 г. по данным Метеорологической обсерватории МГУ имени МВ Ломоносова. – 2019. – С. 225–230.

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Предмет исследования являются, по мнению автора, метеорологические и криологические исследования на метеоплощадке МГУ зимой 2022/23 года.

Методология исследования, в статье не указаны, но исходя из анализа статьи можно сделать вывод о использовании методов анализа и фиксации наблюдения за динамикой метеорологических наблюдений, а также анализ литературных данных. Судя по иллюстративным материалу автором предпринятой экспедиционные полевые методы исследования, с последующих камеральной обработкой.

Актуальность затронутой темы безусловна и состоит в получении информации о выявлении действительно высокой пространственной и временной изменчивости снежного покрова зимой, что позволяет не только оценить и сравнить полученные данные с прошлыми исследованиями, но и дополнить и усовершенствовать уже имеющуюся информацию о неоднородности снежного покрова, что важно для теории криолитогенеза и метеорологии.

Научная новизна заключается в попытке автора статьи на основе проведенных исследований охарактеризовать и оценить изменения снежных слоев, их структуру и плотность в пространственно-временном отношении. Это является важным дополнением в развитии геофизиологии и истории наблюдений за метеороэлементами.

Стиль, структура, содержание стиль изложения результатов достаточно научный. Статья

снабжена богатым иллюстративным материалом. Предложенный подход к теории развития покровных ледников может оказаться полезным при формировании альтернативных взглядов на некоторые вопросы гляциологии, что делает представленные автором статьи результаты весьма интересными.

Однако есть ряд вопросов, в частности:

Автору статьи следовало бы выделить разделы статьи для лучшего восприятия кроме целевой установки указать методы исследования и задачи.

На климатодиограммах средних температур воздуха неплохо было бы представить отклонение от средней среднего значения, что проиллюстрировало бы многолетнюю динамику изменения этого показателя.

Автор статьи следовало поработать над оформлением - Таблица 1. Скважина 2021 г. на Метеорологической обсерватории МГУ, Таблица 2. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 22 декабря 2022 г. и Таблица 3. Строение снежной толщи на площадке метеообсерватории МГУ 12 января 2023 г. представить в виде диаграммы, что сделало бы график более наглядным и аргументированным.

Интересно было бы услышать авторскую аргументацию причин высокой неопределенности пространственные и временного распространения снежного покрова на данной территории.

Библиография весьма исчерпывающая для постановки рассматриваемого вопроса, но не содержит ссылки на результаты ретроспективного анализа состояния метеозащитных элементов данной территории и методические рекомендации по анализу особенностей.

Апелляция к оппонентам представлена в выявлении проблемы на уровне имеющейся информации, полученной автором в результате анализа.

Выводы, интерес читательской аудитории в выводах есть обобщения, позволившие применить полученные результаты. Целевая группа потребителей информации в статье не указана.