

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Изменчивость характеристик снежного покрова по данным  
наземных и спутниковых наблюдений в Саратовской области**

---

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 3 курса 321ИП группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

---

географического факультета

---

Неробеева Георгия Викторовича

---

Научный руководитель

зав. кафедрой, к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Заведующий кафедрой

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

Саратов 2020

**Введение.** Окружающая среда и её состояние обычно оценивается по состоянию отдельных ее компонентов: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и растительного покрова, здоровья горожан. Наиболее динамичной и поэтому наиболее сложной для анализа является атмосфера, которая оказывает существенное влияние на состояние всех компонентов экосистемы. Изучение снежного покрова, его высоты, плотности, влагозапаса и распределения по территории также имеет практическое значение, поскольку снег оказывает большое влияние на водность рек, на работу транспорта, на урожаи зерновых, трав и многих сельскохозяйственных культур, а также на водно-эрозионные процессы.

Основной целью данной работы является рассмотрение изменчивости характеристик снежного покрова, полученные по данным наземных и спутниковых наблюдений в Саратовской области, чтобы определить насколько данные космических снимков могут быть использованы при составлении метеорологических прогнозов. В качестве основной характеристики снежного покрова использовался средний влагозапас.

Также, на предварительных этапах по результатам прошлых курсовых работ были рассмотрены методики мониторинга снежного покрова и анализа данных, полученных в ходе исследований, на основе современных средств измерения.

В рамках поставленной цели были сформулированы такие задачи, как:

- рассмотреть физико-географическое и климатическое характеристику Саратовской области;
- проанализировать разные методики исследования снежного покрова;
- на основе полученных данных с наземных и космических наблюдений, построить временные графики изменчивости и графики корреляции;
- установить зависимость между маршрутными снегомерными наблюдениями и данными с космических аппаратов NASA в Саратовской области на примере метеостанции Октябрьский Городок, Балашов и Ершов, для

возможности дальнейшего использования полученной информации в практических сферах прогнозирования.

**Основное содержание работы.** Анализ изменения характеристик снежного покрова в Саратовской области по наземным и спутниковым наблюдениям с 1979 по 2005 гг.

За основную количественную характеристику снежного покрова принят средний влагозапас снежного покрова (водный эквивалент). В бакалаврской работе для анализа был взят ряд данных среднего влагозапаса снежного покрова с 1979 по 2005 гг.

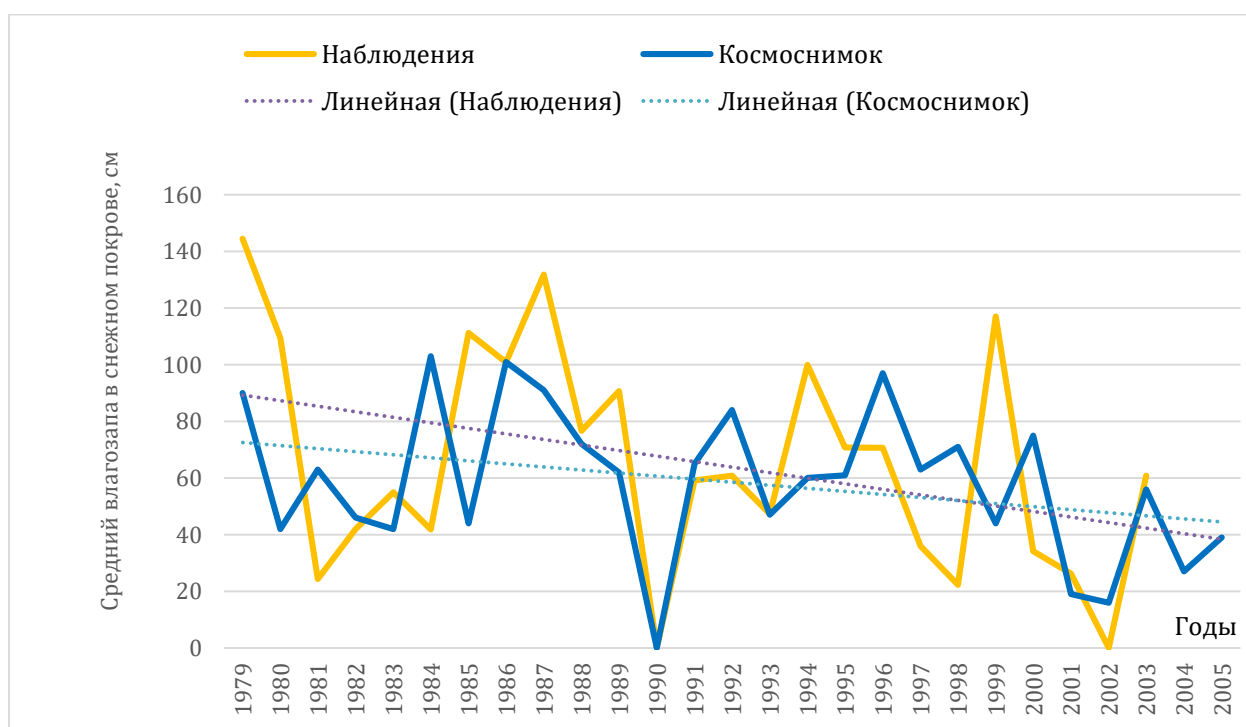


Рисунок 1 - Графики совмещения среднего влагозапаса в снежном покрове за март по данным космических снимков NASA и данным маршрутных снегомерных наблюдений по метеостанции Октябрьский Городок (составлено автором)

На рисунке 1 приведен годовой ход среднего влагозапаса снежного покрова за март в Саратовской области по наземным и спутниковым данным для метеостанций Октябрьский Городок за период с 1979 по 2005 гг. Аналогичные

графики зависимости были построены за декабрь, январь, февраль и март, для трёх метеостанций: Октябрьский Городок, Балашов и Ершов, которые представлены в бакалаврской работе.

Методика наблюдений за характеристиками снежного покрова неоднократно изменялась. После 1965 года нарушений однородности, вызванных изменением процедуры наблюдений, не было. В массиве приведены данные 517 метеорологических станций России с 1966 года по настоящее время. Список станций формировался на основе списка ВМО.

**Выбор метеорологических станций.** Подбор метеорологических рядов данных для сравнительного анализа влагозапаса снежного покрова по спутниковым и наземным данным осуществлялся из перечня действующих метеорологических станций на территории Саратовской области, входящих в структуру Росгидромета - ФГБУ "Саратовский ЦГМС" (филиал ФГБУ "Приволжский УГМС").

Саратовская область расположена между  $49^{\circ} 48'$  и  $52^{\circ} 49'$  с.ш. и  $42^{\circ}30'$  и  $50^{\circ}50'$  в.д. на юго-востоке Восточно-Европейской равнины, в трёх природных зонах: лесостепной, степной и полупустынной. Площадь территории достаточно значительная и составляет 101,2 тыс. км<sup>2</sup>. Она вытянута с запада на восток на 575 км, что почти в два раза больше, чем с севера на юг - 330 км. Ввиду данных обстоятельств, выполнить сравнительный анализ по всем метеорологическим станциям не представляется возможным, да и регулярные наблюдения за состоянием снежного покрова производятся далеко не на всех метеорологических станциях, а охватывающих длинные ряды наблюдений ещё меньше.

Для составления сравнительного анализа использовано три метеорологические станции, расположенные в разных физико-географических частях Саратовской области, удалённые приблизительно на сопоставимые расстояния друг от друга и покрывающие значительную территорию исследуемого региона.

**Обработка спутниковых данных.** Для сопоставления со спутниковыми данными был использован архив Snow Water Equivalent (влагозапас) на сайте <https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/> с выбором ячейки 0.25 градуса, что на местности соответствует 25 км<sup>2</sup>. Этот набор данных включает в себя ежемесячные спутниковые данные о климатическом эквиваленте снежной воды (SWE) с ноября 1978 года по июнь 2005 года с периодическими обновлениями, выпускаемыми по мере поступления ресурсов. Глобальные данные привязаны к Северной и Южной 25-километровым масштабируемым сеткам Земли равной площади (EASE-Grids). Глобальный эквивалент снежной воды получают из сканирующего многоканального микроволнового радиометра (SMMR) и выбранных специальных датчиков микроволнового излучения/тепловизоров (SSM/I). Данные по Северному полушарию дополняются частотами снежного покрова, полученными на основе данных о недельном снежном покрове Северного полушария и протяженности морского льда версии 3 (эти данные не были получены для Южного полушария). Эти данные используются для изучения временных рядов снежного покрова и водного эквивалента в континентальном масштабе. Например, для прогнозирования урожайности в новом году или о общем характере весеннего половодья. Однако, цель бакалаврской работы показать, что данная информация может быть также использована на региональном уровне, как хорошее дополнение к существующим наземным наблюдениям [11].

Спутниковые карты показывают, где снег покрывал ландшафты Земли в течение указанного периода времени. Цвета заснеженных областей на этих картах показывают "эквивалент снежной воды", или сколько воды мы получим (в миллиметрах), если превратите весь снег в жидкую воду. Белые области показывают самые высокие значения (более 250 мм), в то время как темные, сине-серые области показывают низкие значения (до 1 мм). Участки суши без снежного покрова светло-коричневые, а озера и океаны светло-серые. В региональном масштабе ученые любят отслеживать протяженность снежного покрова, поскольку многие сообщества полагаются на таяние снега в качестве

основного источника пресной воды. Снеготаяние также является значительным источником влаги в почве. В Среднем Западе США, например, слишком маленький зимний снежный покров может быть предвестником сурового сезона лесных пожаров следующим летом из-за сухости почвы. Кроме того, слишком большое таяние снега может привести к наводнениям вниз по течению во время весенней оттепели. Такие карты помогают ученым и менеджерам ресурсов планировать такие непредвиденные ситуации (в соответствии с рисунком 2).

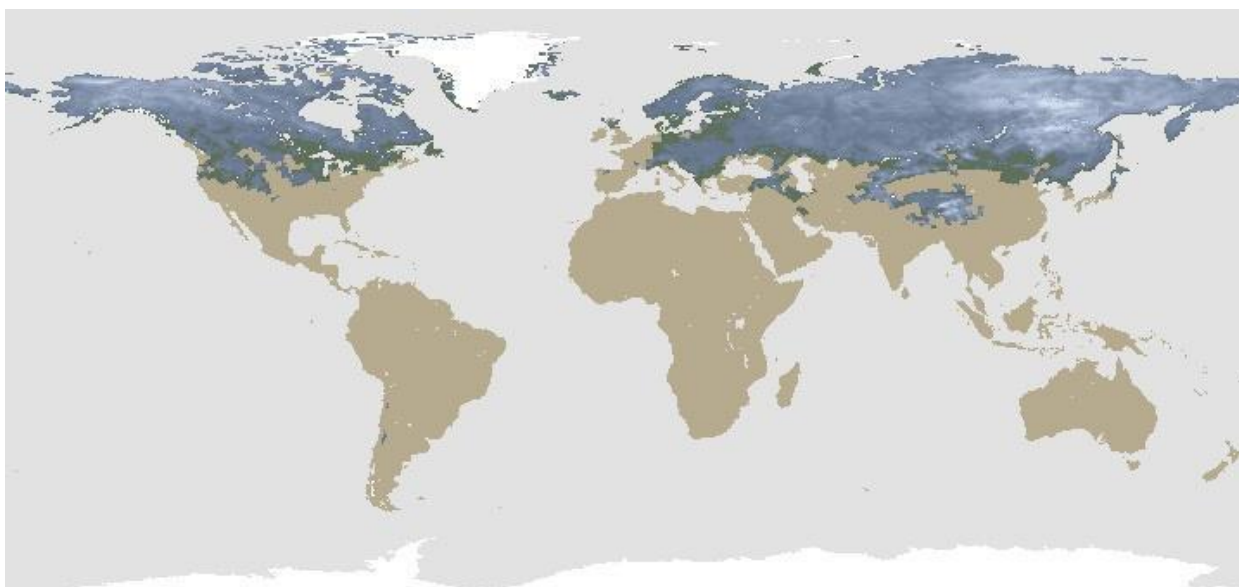


Рисунок 2 - Карта среднего влагозапаса снежного покрова с космического спутника NASA [11]

Спутниковые данные позволяют регистрировать влагозапас на достаточно больших территориях. Однако разрешение спутника удовлетворительное. Оно составляет 0.25 градуса. Для этих целей были выбраны ячейки с координатами, наиболее приближённых к географическим координатам метеостанций Октябрьский Городок, Балашов и Ершов, которые перекрывают область маршрутных снегомерных съёмок, в соответствии с таблицей 1. Для удобства сопоставления данных географические координаты метеорологических станций представлены в десятичном формате, как и формат архива SWE.

Таблица 1 Координаты метеостанций и ячеек архива Snow Water Equivalent  
(составлен автором)

| №<br>пп | Индекс | Наименование           | Координаты<br>метеостанции<br>(WGS) | Координаты ячеек<br>спутниковых<br>данных SWE (WGS) |
|---------|--------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1       | 34163  | Октябрьский<br>Городок | N51.638; E45.452                    | N51.625; E45.375                                    |
| 2       | 34152  | Балашов                | N51.830; E43.150                    | N51.625; E43.125                                    |
| 3       | 34186  | Ершов                  | N51.343; E48.308                    | N51.375; E48.375                                    |

**Обработка наземных данных.** Для сопоставления наблюдений по спутникам с маршрутными наблюдениями был использован ЯОД-архив БД «АИСОРИ» ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», где открыта возможность получения выборки данных маршрутных снегомерных наблюдений по выбранным метеостанциям (<http://aisori-m.meteo.ru>). Сопоставление между спутниковыми данными и маршрутными наблюдениями производилось по среднемесячному влагозапасу за четыре наиболее снежных месяца (декабрь, январь, февраль, март). Так как маршрутные снегомерные наблюдения проводятся в среднем раз в 5-10 дней, то средний влагозапас за месяц для каждого месяца выбранного ряда (1979-2005 годы) был определён по среднему арифметическому значению между сроками наблюдений. При недостатке метеорологических данных по каким-либо причинам использовались значения между неполными сроками наблюдений или один срок наблюдения, а при полном их отсутствии, данные за выбранный период не учитывались.

**Сопоставление данных и графиков.** Сопоставление данных по спутниковым измерениям и снегомерным наблюдениям носят некоторую условность. Так как осреднения по спутниковым данным даётся для больших территорий (в границах водосбора или его какой-то части), что актуально для решения гидрологических задач связанные с прогнозом максимальных расходов воды в период весеннего половодья, а также могут быть использованы для

комплексных характеристик территорий, определения прогноза урожайности или в специальных прогнозах. В некоторые периоды времени значения измерений подтверждаются или находятся в близких интервалах к друг другу, а в отдельные годы отличаются значительными флуктуациями. Так, максимальные совпадения графиков изменения среднего влагозапаса снежного покрова с 1979 по 2005 годам наблюдаются в марте, где корреляция между графиками отмечается по всем трём метеостанциям. Для Октябрьского Городка корреляция графиков составляет в пределах 0,44, для Балашова - 0,73, а для Ершова - 0,71, также с хорошей корреляцией можно выделить месяц декабрь, где значения чуть ниже чем в феврале: для Октябрьского Городка - это 0,55, для Балашова - 0,63 и для Ершова - 0,40. Наибольшие расхождения в данных и графиках можно наблюдать в январе по метеостанции Балашов и в феврале по метеостанции Ершов, где корреляция практически не наблюдается, то есть равна нулю.

Несмотря на различия данных по отдельным месяцам, общий результат проведённых сопоставлений разных методов определения влагозапаса снежного покрова показывает достаточно хороший результат, так как общее расхождение графиков, хоть и имеет место быть, но объясняется скорее не погрешностями измерений (хотя, и они имеют место быть), а в разных методиках оценки влагозапаса. Маршрутные снегосъёмки на метеостанциях охватывают локальную территорию с расстоянием 1000-2000 м и не отражают состояние всего снежного покрова для больших площадей. Снегомерные маршруты, где производятся наблюдения, как правило одни и те же («поле» или «лес»), а космические снимки покрывают значительные площади в 25 км<sup>2</sup> и получают некоторое осреднённое значение в пространстве и во времени. Несмотря на вышесказанное, сопоставление данных по всем трём метеостанциям за 27 лет показывает достаточно неплохую корреляцию, которая составляет в среднем 0,67. Немного лучше она выражена на метеостанции Октябрьский Городок - 0,79 (представлено на рисунке 2), чуть хуже для Балашова - 0,68 и для Ершова - 0,63.



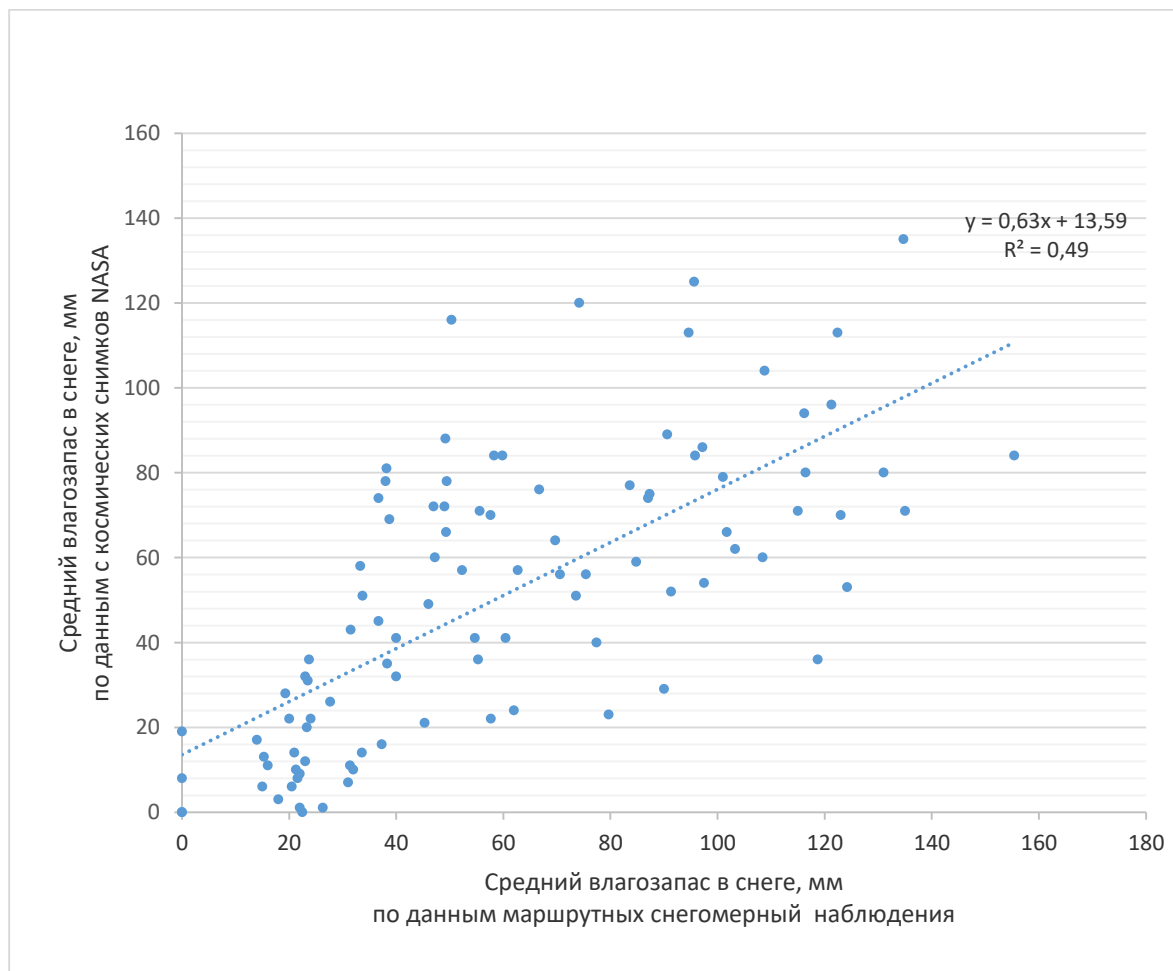


Рисунок 1 Корреляционная зависимость среднего влагозапаса снежного покрова по данным с космических снимков NASA и маршрутных снегомерных наблюдений на метеостанции Октябрьский Городок за период 1987-2005 гг. (составлено автором)

Анализируя построенные графики, можно отметить, что расхождения между данными имеет место быть, но основные максимумы и минимумы графиков совпадают. Можно отметить, что в декабре на обоих графиках наблюдается много пропусков с данными. Это связано с тем, что при отсутствии или неполном покрытии территории снежного покрова, информация по космическим спутникам не приводится, как и наблюдения на снегомерных маршрутах производят лишь, когда снегом покрыта половина и более площади видимой окрестности станции (маршрута). Также из графиков видно, что в

январе и феврале значения влагозапаса, полученные со спутниковых снимков, в среднем немного ниже значений, измеренных на маршрутах. Расхождения значений данных могут объясняться, как погрешностями в измерениях, особенно в ранний этап использования космических данных, так и с разными физико-географическими условиями, и как следствие, неравномерного распределения снежного покрова по земной поверхности. Это подтверждено в экспедиционной работе, которая проводилась на территории Даниловского оврага. Так, в лесу или на дне оврага количество снега больше, а, следовательно, и влагозапас может значительно увеличиваться, а на открытой местности в поле - уменьшаться. Это связано с метелевым переносом ветра по земной поверхности.

По результатам проделанной работы, дополнительно были построены графики изменения средней высоты снежного покрова и средней плотности снега по данным маршрутных снегомерных наблюдений за 27 лет по трём метеостанциям, произошедшие за данный период. Все графики и результаты представлены в бакалаврской работе.

**Заключение.** В данной работе рассмотрена изменчивость характеристик снежного покрова по данным наземных и спутниковых наблюдений в Саратовской области. В качестве сравнения использовались данные о среднем влагозапасе снежного покрова. Составлена физико-географическая характеристика территории, произведена обработка полученной информации, составлены таблицы и графики изменения характеристики среднем влагозапаса снежного покрова, средней плотности снега и высоты снежного покрова за период с 1979 по 2005 гг.

В результате проделанной работы установлена зависимость между маршрутными снегомерными наблюдениями и космическими методами наблюдения на примере измерения влагозапаса снежного покрова в Саратовской области по трём метеорологическим станциям: Октябрьский Городок, Балашов и Ершов. Данные полученные с маршрутных снегомерных съёмок и космоснимков хорошо согласуются, корреляция в среднем составила 0,67.

Также, на предыдущих этапах было оценён потенциальный влагозапас снега для определённого водосбора, на примере Даниловской балки. Посчитан максимальный расходы весеннего половодья реки Даниловка по редуционной формуле гидрологических расчётов. Составлено физико-географическое описание Даниловской балки.