

**Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы
дистанционного зондирования Земли из космоса»
Москва, ИКИ РАН, 14–18 ноября 2022 г.**

<http://conf.rse.geosmis.ru>

XX.F.258

К вопросу сопоставления наземных и спутниковых данных о снежном покрове

*Кауазов А.М. (1), Тиллякарим Т.А. (2), Сальников В.Г. (1), Полякова С.Е. (1), Бултеков Н.У. (1), Тастанова З.К. (1),
Бимухан А.Б. (1)*

(1) Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
(2) РГП Казгидромет, Астана, Казахстан

Введение

Данные ДЗЗ как известно относятся к косвенным данным, а наземные измерения к прямым. Поэтому представляет интерес соответствие результатов наблюдений, реальной действительности отражаемой в данном случае данными наземных наблюдений на метеостанциях и данными дистанционного зондирования.

Несмотря на то, что проблема репрезентативности данных метеостанций (МС), особенно такой изменчивого объекта как снежный покров, не решена (не определен размер территории на которую можно распространять данные МС по снегу, учитывая что снег как и осадки выпадает не равномерно и дополнительно перераспределяется ветром), тем не менее сравнение данных представляется интересным. Также, хотя в целом проблема соотношения наземных данных и данных ДЗЗ в общем, не однозначна и требует отдельного исследования, в частности, не ясно в полной мере какие данные более точные и лучше отражают действительность, и как именно можно оценить точность.

Проблема терминологии.

Исследуя снежный покров по данным ДЗЗ, следует отметить, что в метеорологии для наземных измерений используются два термина: «сход снежного покрова» и «разрушение устойчивого снежного покрова». Днём со снежным покровом считают такой, когда более половины видимой окрестности покрыто снегом (6 баллов). Устойчивым считается такой снежный покров, который лежал непрерывно в течение всей зимы или не менее месяца с перерывами не более 3 дней подряд.

Данные космического мониторинга не позволяют корректно оценить балльность на конкретной точке. Также вследствие облачности затруднительно оценить перерывы в три дня. В результате возникает некоторая не сопоставимость результатов, так как по спутниковым данным оценивается лишь факт схода или установления на конкретном пикселе изображения.

Проблема сопоставления балльности.

Наблюдатель на МС оценивает залегание снежного покрова в баллах. При этом степень покрытия снежным покровом видимой окрестности оценивается 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;

Чему равна видимая окрестность для наблюдателя на Земле? Существует понятие геометрической дальности видимости расстояние D , на котором наблюдаемый объект скрывается от наблюдателя за выпуклостью Земли (за горизонтом); Она обуславливается кривизной Земли и рефракцией светового луча и зависит от высоты наблюдателя и наблюдаемого объекта над поверхностью Земли.

Видимое расстояние до горизонта для наблюдателя даже высокого роста не превышает 5 км в одну сторону. При этом нужно сделать поправку на эффект перспективы, с некоторого расстояния наблюдатель не видит проталины. Эмпирически эффект перспективы снижает видимую окрестность не менее чем на порядок. Таким образом, наблюдатель на метеостанции может оценить залегание снежного покрова лишь в окрестности радиусом около 1 км. Между тем, спутниковые данные имеют пространственное разрешение 1 км и менее, фактически наблюдатель видит территорию в несколько пикселей. При этом, известно, что в пределах пикселя изображение генерализовано. Таким образом, данные космического мониторинга не позволяют корректно оценить балльность на конкретной точке, но могут быть применимы для оценки степени покрытия для более крупной по площади (больше нескольких квадратных километров) территории.

Проблема определения даты установления снежного покрова.

Наблюдение за снежным покровом в период его установления и схода по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) представляет собой весьма непростую задачу по причине облачных погодных условий. Около 44% данных, полученных при помощи сенсора NOAA/AVHRR в осенний и весенний периоды, не могут быть использованы из-за плотной облачности. Из оставшихся данных не менее

половины в той или иной степени неинформативны из-за наличия следов облачности. Таким образом, для произвольного элемента изображения лишь одна сцена из четырех или пяти дат несет достоверную информацию для последующего анализа, причем даты эти распределены неравномерно. Для безоблачных оптических снимков сравнение с данными наземных метеостанций показало высокую (около 95%) точность вычисления площади, покрытой плотным снежным покровом. При малой высоте снежного покрова (менее 5 см) по данным ДЗЗ в оптическом диапазоне наличие снега на изучаемой территории определяется с ошибкой, которая тем выше, чем меньше высота.

В отличие от снеготаяния, практически ежедневного процесса, с небольшим сдвигом границы за сутки, где даже один безоблачный снимок в неделю позволяет проследить динамику снеготаяния, установление снежного покрова процесс более динамичный и скорее скачкообразный. Типичным случаем, является многодневный период (естественный синоптический период) с активной циклонической деятельностью, следовательно с большим количеством сплошной облачности на огромных площадях, по окончании которого, наступают относительно безоблачные дни, когда можно видеть выпавший снежный покров. При этом оценить точную дату выпадения снежного покрова, а она может быть не одна, так как снегопад мог наблюдаться неоднократно в разные дни, и на разных территориях затруднительно.

При этом обычно прослеживаемая на картах снеготаяния широтная зональность, отсутствует. Часто наблюдаются снежные полосы, вытянутые с юго-запада на северо-восток. При этом, часть выпавшего снега в южных частях почти сразу стаивает, поэтому оценить сроки достаточно сложно. Соответственно сложно оценить период залегания снежного покрова. Таким образом, подобного рода данные предпочтительно получать из данных наземных метеостанций.

Проблема границы снежного покрова и площади снежного покрова.

Наблюдения проводимые на метеостанциях, в пространственном отношении являются точечными и для построения границ снежного покрова, например для карт разрушения снежного покрова, данные между МС интерполируются. Учитывая большое расстояние между метеостанциями, а также значительную пространственную изменчивость снежного покрова, о высокой степени соответствия проводимых таким образом линий реальной границе снежного покрова не приходится. При этом, спутниковые данные позволяют оценить и пространственное положение и контуры границ снежного покрова, рассчитать площадь занимаемую снежным покровом (SCA). Поэтому для построения карт связанных с пространственными характеристиками снежного покрова, границами и площадью, целесообразно применять данные ДЗЗ.

Динамика изменений дат схода снежного покрова

Оценивая динамику изменения дат схода снежного покрова в Северном Казахстане по данным ДЗЗ и наземным данным получены не одинаковые результаты. Так, например, если оценивать даты схода в целом по территории, то данные ДЗЗ показывают более поздний сход снежного покрова примерно на две недели. Это обусловлено тем, что данные ДЗЗ позволяют оценить сход попиксельно на всей территории, а наземные лишь точно и с большой пространственной дискретностью. При этом, они не захватывают территории с поздним сходом, приуроченных к возвышенностям рельефа. Спутниковые данные позволяют изучить территорию более детально и получить более полные данные. Данные о динамике дат схода более корректные, так как фиксируется именно наиболее поздняя дата схода, где бы она не наблюдалась в пределах исследуемой территории. Наземные данные о динамике дат схода могут исказить результат вследствие сдвига зон различной снежности показывая, например, более ранний сход на метеостанциях вследствие малоснежности в этих точках. Это косвенно подтверждается тем коэффициент корреляции между датами схода по наземным и спутниковым данным не высокий и составил величину 0,7.

С учетом этих обстоятельств нами была проведена оценка динамики дат схода по наземным и спутниковым данным за период с 1982 по 2022 год. Динамика схода снежного покрова полученная по спутниковым данным показывает не значительную и статистически не значимую тенденцию к раннему сходу. При этом, даты схода полученные по метеостанциям, путем их осреднения, показывают аналогичную тенденцию, что подтверждает корректность полученных результатов.

При сравнении наземных и спутниковых данных по датам схода на МС, получена обратная картина. Данные ДЗЗ в среднем показывают более ранний сход примерно на 1 день, по сравнению с данными метеостанций. Это обусловлено тем, что для оценки факта схода, была использована территория радиусом в 5 км, фактически больше чем видит наблюдатель. И в случаях, когда в окрестностях МС снежный покров занимал площадь менее 50 %, то отмечался факт схода. Непосредственно на метеостанциях факт схода фиксировался по снижению высоты снежного покрова до 1 см и менее. Коэффициент корреляции ожидаемо показывает Таким образом, по спутниковым данным можно увидеть временной лаг в 1 день, между тем когда в окрестностях метеостанции снег занимает 50 % площади и меньше и полным исчезновением снега на метеоплощадке.

Ключевые слова: Снежный покров, наземные наблюдения, спутниковые данные, сравнение, точность, мониторинг

Литература:

1. А.М. Кауазов , Н.Р. Муратова , С.И. Тюребаева Анализ динамики схода снежного покрова в Республике Казахстан с 2001 по 2010 гг. по спутниковым данным NOAA/AVHRR// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. №2. С. 42-46
2. Кауазов А.М., Муратова Н.Р., Батырбаева М.Ж., Витковская И.С., Тюребаева С.И. К вопросу о космическом мониторинге формирования снежного покрова на территории Казахстана. Наземно-космические технологии в исследованиях Земли. Алматы: А-ТРИ ПРИНТ, 2013. Том 11, – С. 203-211
3. Терехов А.Г. Спутниковый мониторинг формирования снежного покрова Казахстана // Гидрометеорология и экология. 2018. Т. 90. № 3. С. 29–36
4. Кауазов А.М. Возможность определения дат схода снежного покрова в Северном Казахстане по спутниковым данным NOAA/AVHRR // Вестник КазНУ. Серия географическая. 2010. № 1. С. 95–99.
5. Кауазов А.М., Муратова Н.Р., Тюребаева С.И., Бердыгулов Н. Мониторинг снеготаяния в Северном Казахстане с использованием спутниковых данных NOAA/AVHRR. Прикладные космические исследования в Казахстане / Под ред. Жантаева Ж.Ш., Алматы: «Дайк-Пресс», 2010. С. 25–29.
6. Структура многолетних колебаний образования и разрушения снежного покрова в Северном Казахстане / Сальников В.Г., Турулина Г.К., Таланов Е.А., Полякова С.Е., Кауазов А.М., Воротынцева В.В. // Труды Гидрометцентра России. – 2015. – Вып. 358. – С. 133–144.
7. Кауазов А.М., Дара А.С., и др. Исследование динамики дат схода снежного покрова в Северном Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 1. С. 161–168. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-1-161-168
8. Нейштадт И.А. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2006. Выпуск 3. Т. II. С.359-365.
9. Республика Казахстан. Природные условия и ресурсы / Под. ред. Н.А. Искакова, А.Р. Медеу. – Алматы, 2006. – Т. 1. - С. 232.
10. Л.М. Китаев, А.В. Кислов. Региональные различия снегонакопления – современные и будущие изменения. // Криосфера Земли, 2008, т. XII, № 2, с. 98–104
11. Котляков В.М. Мир снега и льда. - М.: Наука, 1994. – С. 39.

[Презентация доклада](#)

Ссылка для цитирования: Кауазов А.М., Тиллякарим Т.А., Сальников В.Г., Полякова С.Е., Бултеков Н.У., Тастанова З.К., Бимухан А.Б. К вопросу сопоставления наземных и спутниковых данных о снежном покрове // Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2022. С. 307. DOI 10.21046/20DZZconf-2022a