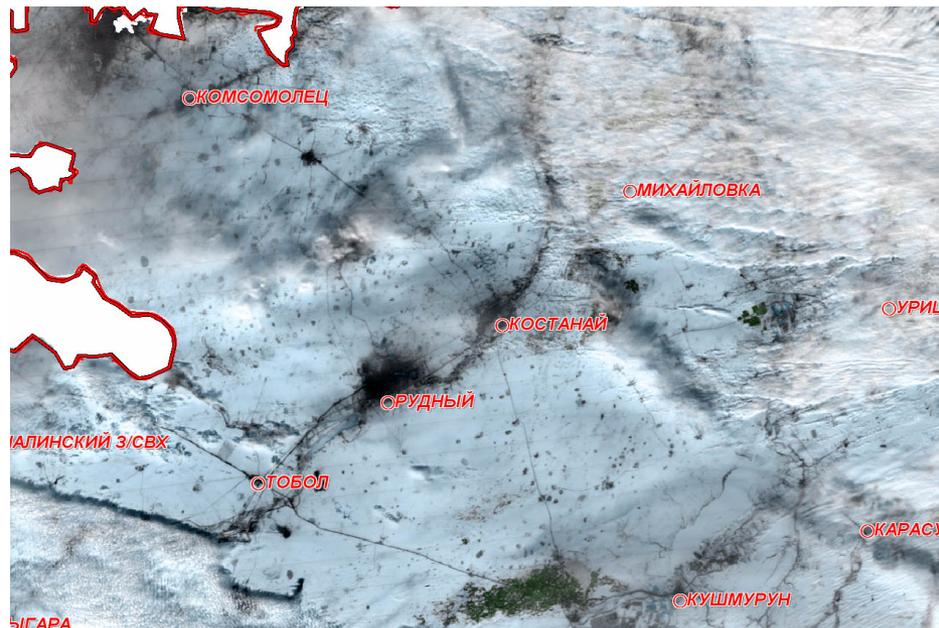




Оценка современных и будущих изменений площади снежного покрова в Казахстане



Каузов Азамат Маратович

Москва, ИКИ РАН, 16-20 ноября 2020 г.



Снежный покров как индикатор и элемент климата



Казахстан относится к странам с резко континентальным климатом. В северной половине республики продолжительность холодного периода составляет около полугода. Что создает условия для формирования устойчивого снежного покрова и его накопление. Снежный покров является аккумулятором всех осадков за зимний период, и источником влаги в весенний период. Запас воды в снежном покрове определяет общее количество воды которая весной будет доступна. Кроме того, снежный покров, и площадь его залегания является чувствительным индикатором изменения климата, и в тоже время снежный покров сам является элементом климата который оказывает влияние на сектора экономики и экосистему.

Уровни мониторинга

- Оперативный (распознавание и картирование)
- Сезонный (карты динамики таяния)
- Межсезонный (оценка изменений по годам)



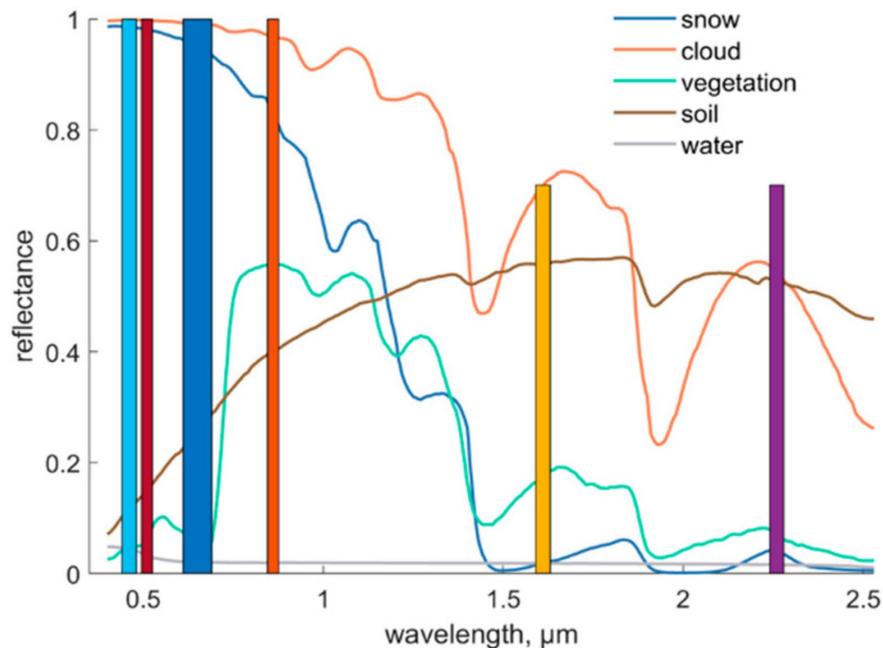
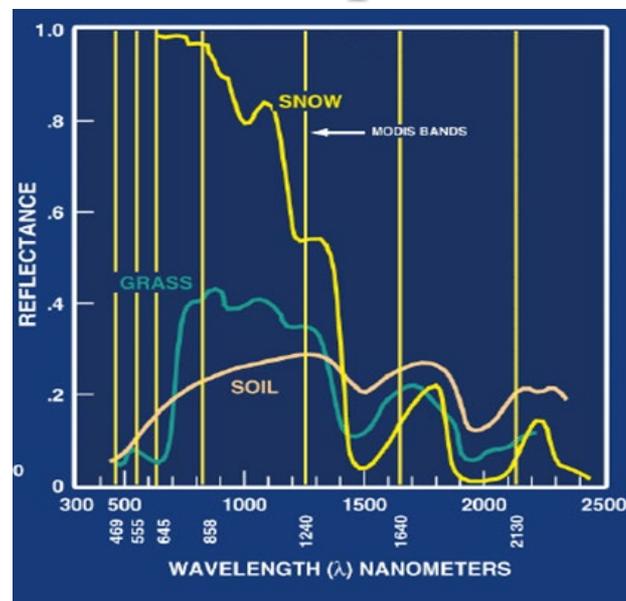
Распознавание снежного покрова



Самый простой алгоритм основан на пороговом выделении. Пороговая оценка проводится по так называемому «Нормированному дифференциальному индексу снега» - NDSI:

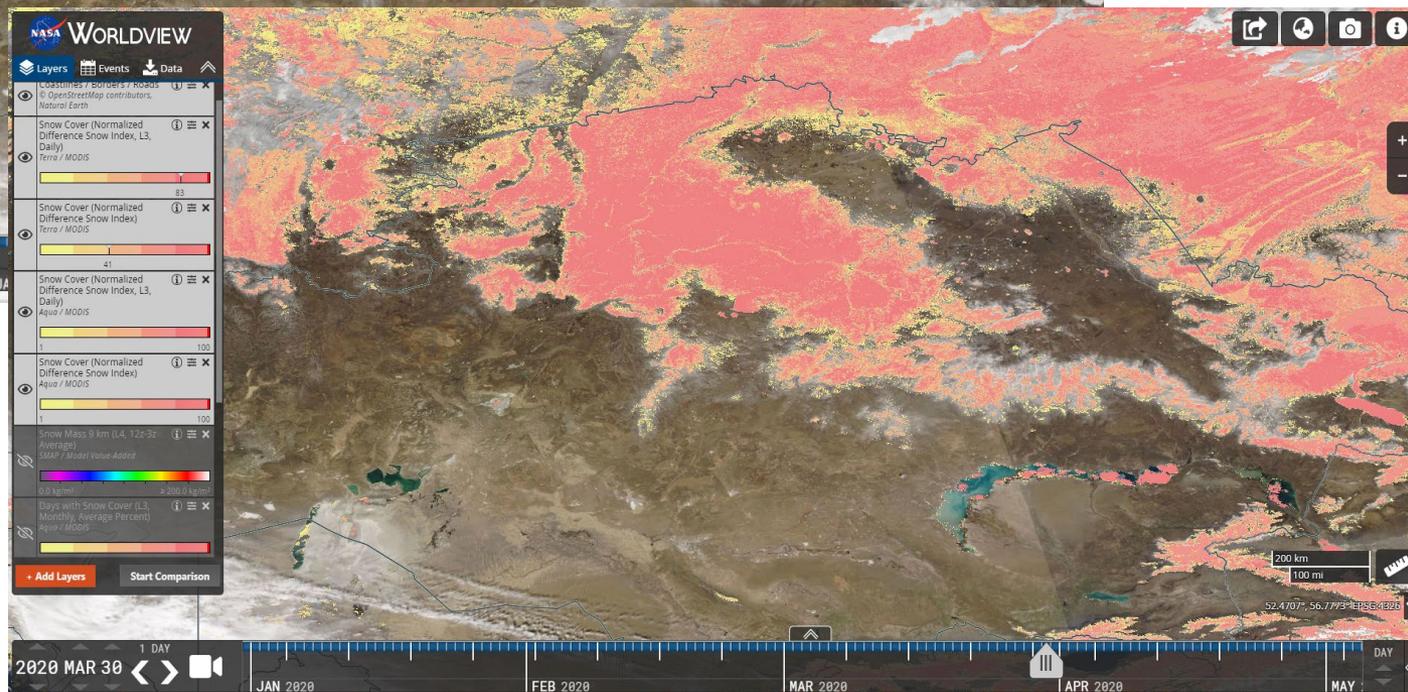
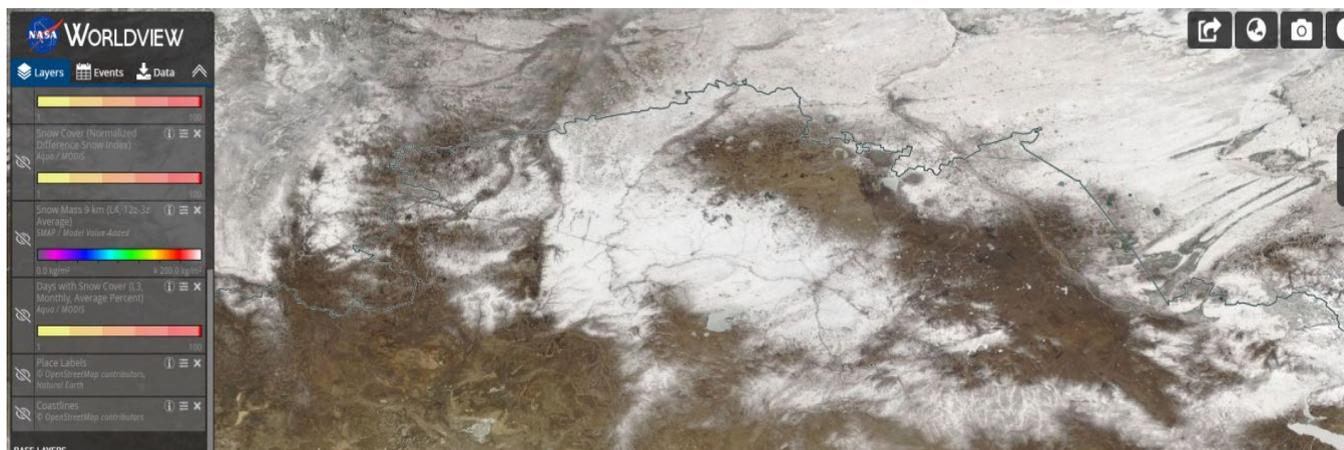
$$NDSI = (B4 - B6) / (B4 + B6).$$

где B4 и B6 - альbedo земной поверхности в 4-м и 6-м каналах MODIS. Принято, что при пороговом значении $NDSI \geq 0,4$, более 50% площади пикселя считается заснеженным.





Распознавание снежного покрова

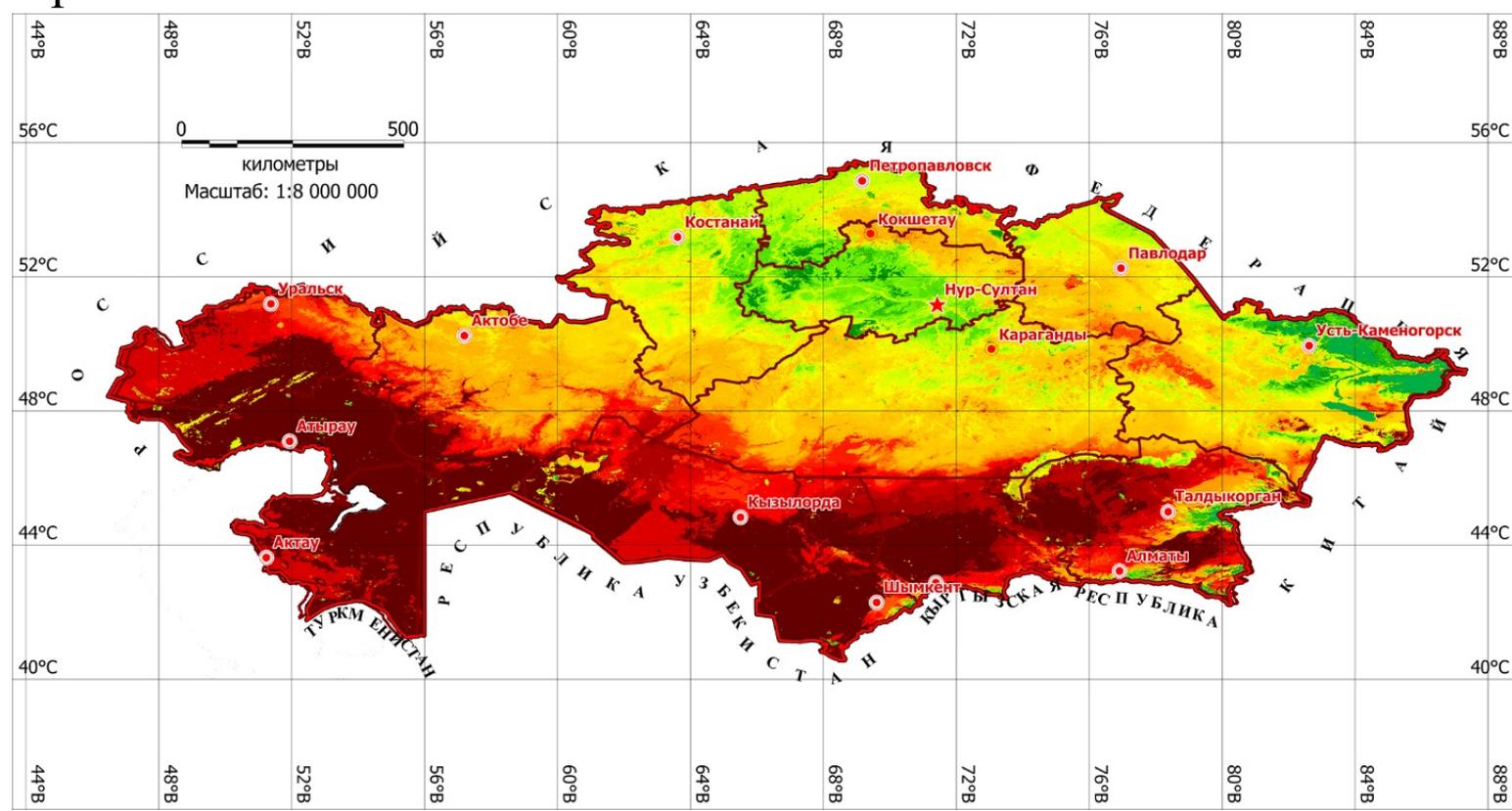




Мониторинг сезонной динамики схода снежного покрова



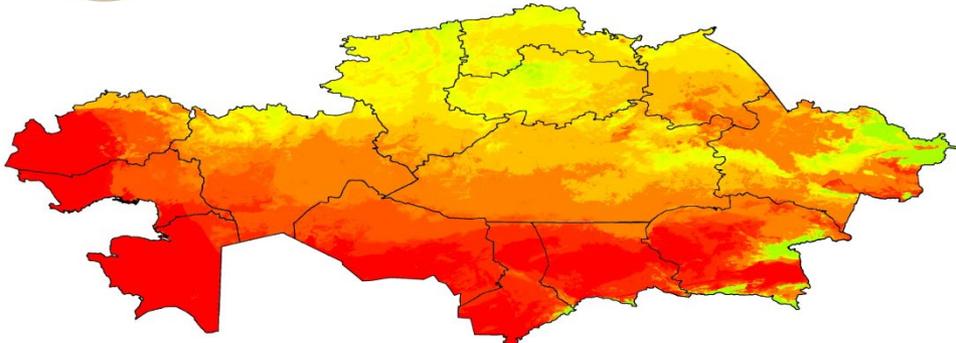
По завершению процесса снеготаяния на всей территории Казахстана формируется итоговая карта, которая в дальнейшем используется для анализа межсезонной динамики схода снежного покрова.



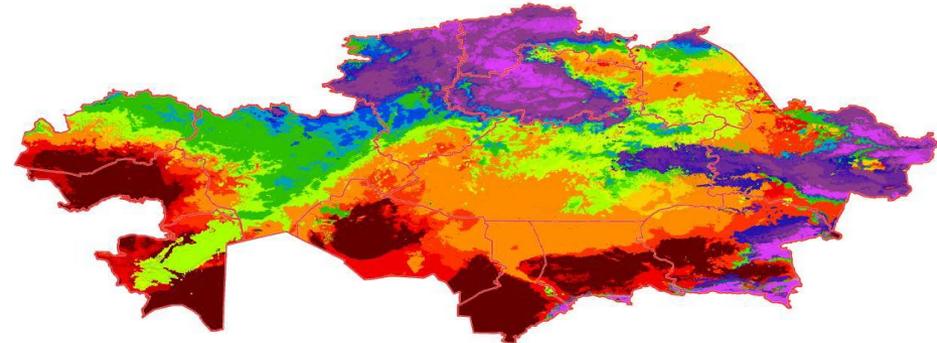
2020



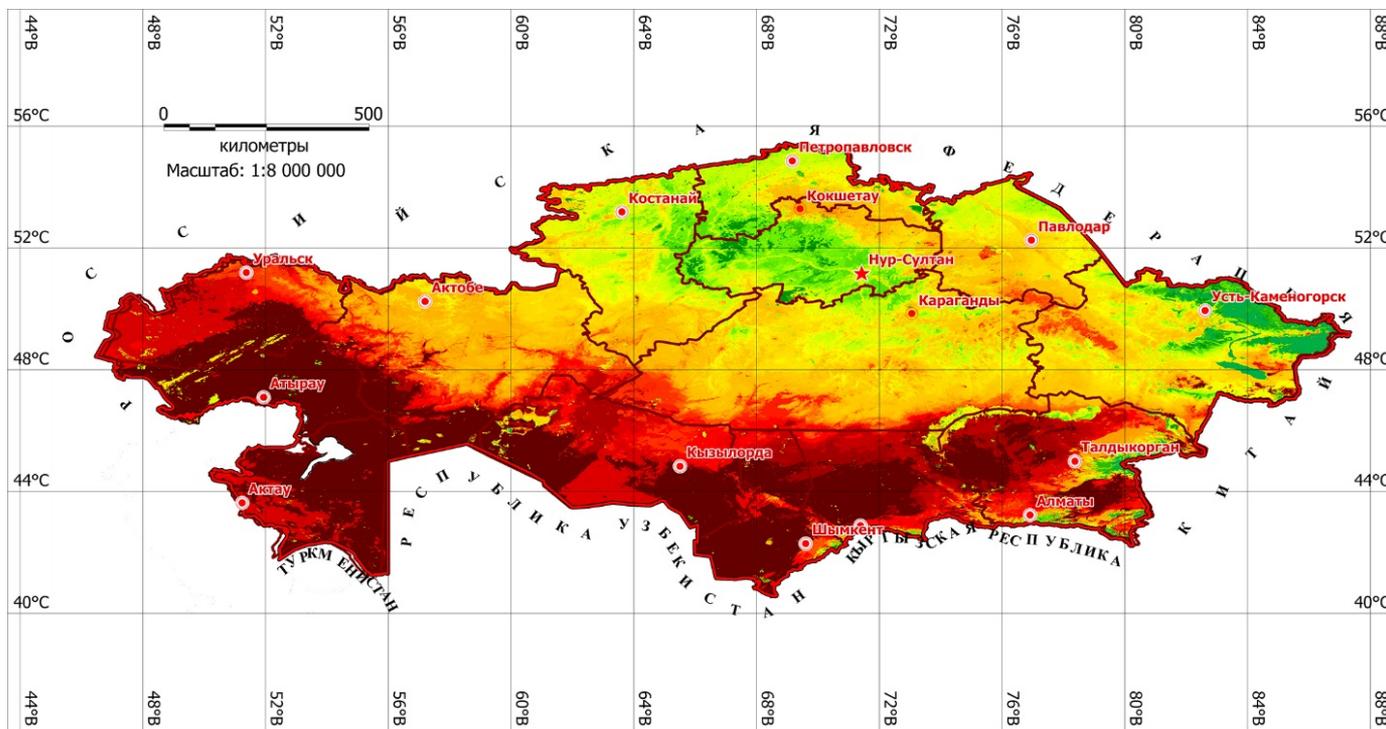
Межсезонная оценка динамики схода снежного покрова



2008 ранний сход



2003 поздний сход

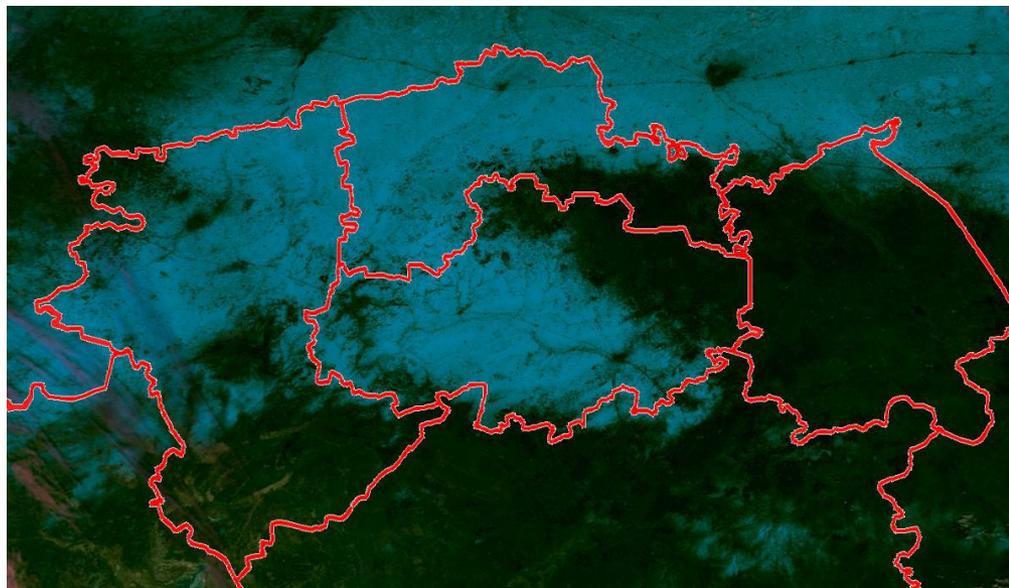


2020



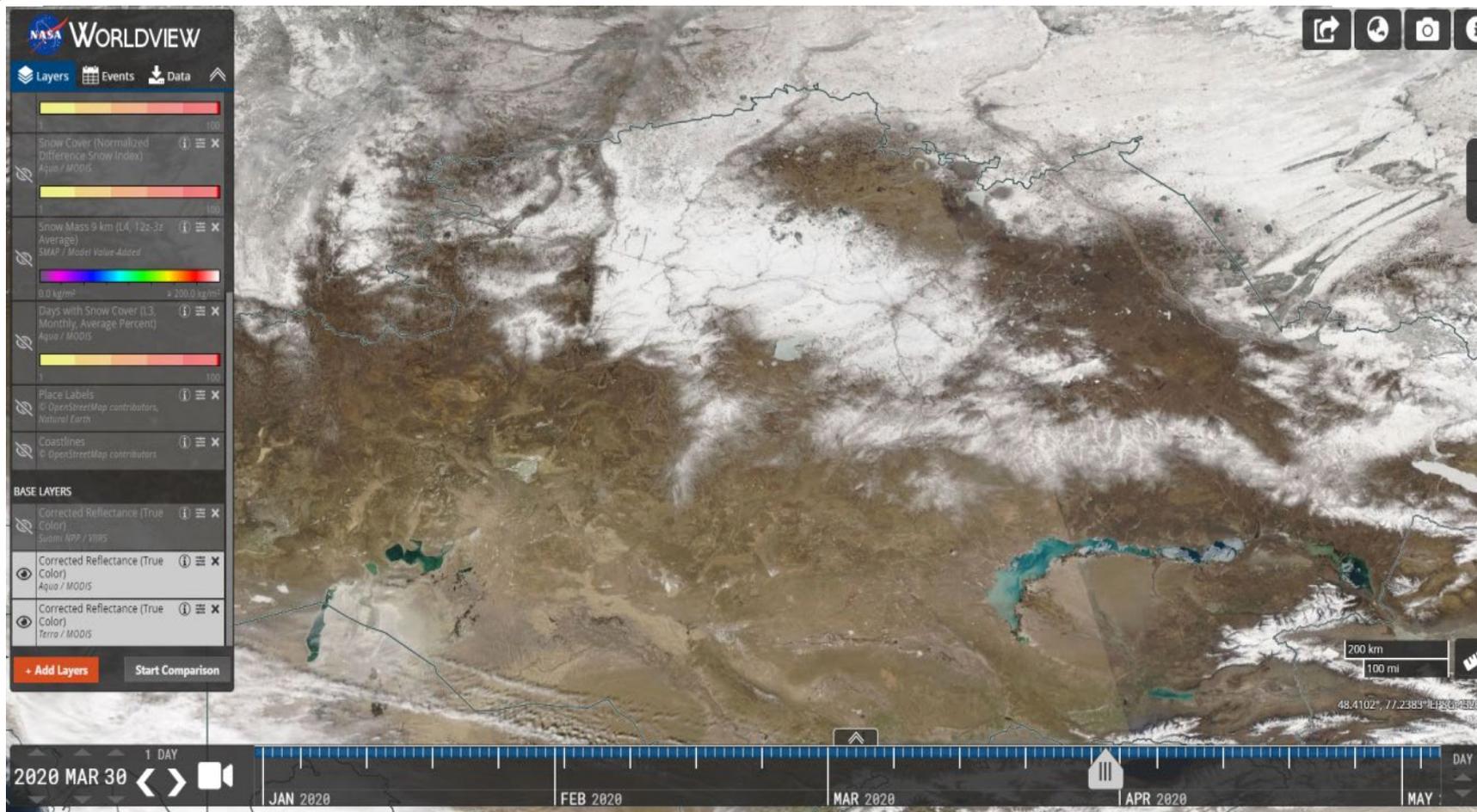


Особенности схода снежного покрова



Во-первых, вследствие температурной аномалии эндогенного характера во все годы прослеживается относительно ранний сход снежного покрова вдоль Канчингизкого геологического разлома, проходящего от территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП) на северо-запад через большую часть Павлодарской области до озера Боровое, огибая Кокшетаускую возвышенность с севера.

Во-вторых, на картах, составленных по космоснимкам, отчетливо выражен относительно поздний сход снежного покрова на территории центральной части Акмолинской области, что объясняется местными особенностями – общим поднятием рельефа.



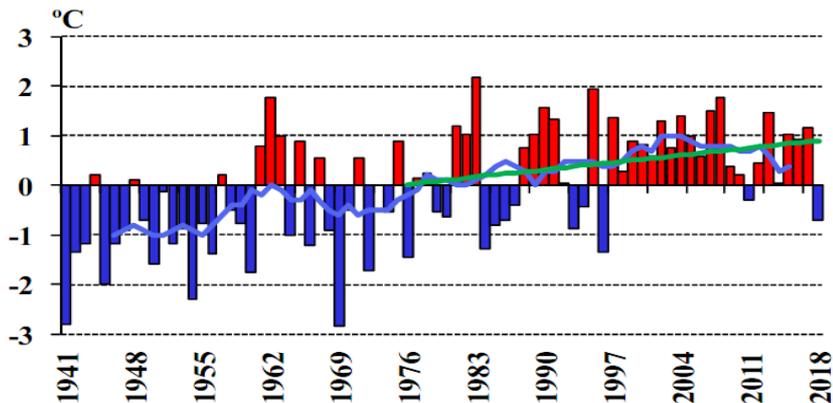
В среднем по территории Казахстана за период 1976-2018 гг. повышение среднегодовой температуры воздуха составляет $0,31\text{ }^{\circ}\text{C}$ каждые 10 лет. Наибольшие темпы роста наблюдаются в весенний период ($0,59\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет),



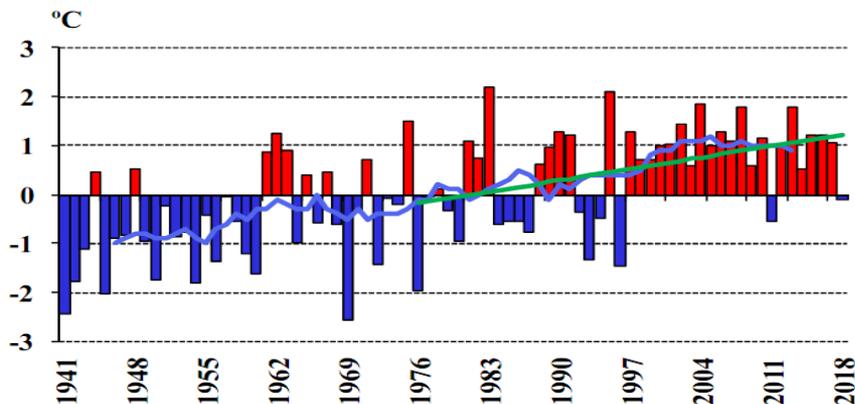
Изменение климата по данным Казгидромет



Северо-Казахстанская область

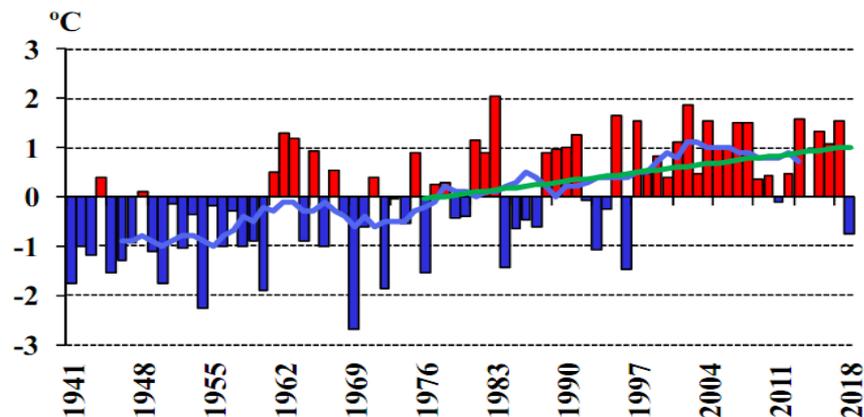


Костанайская область



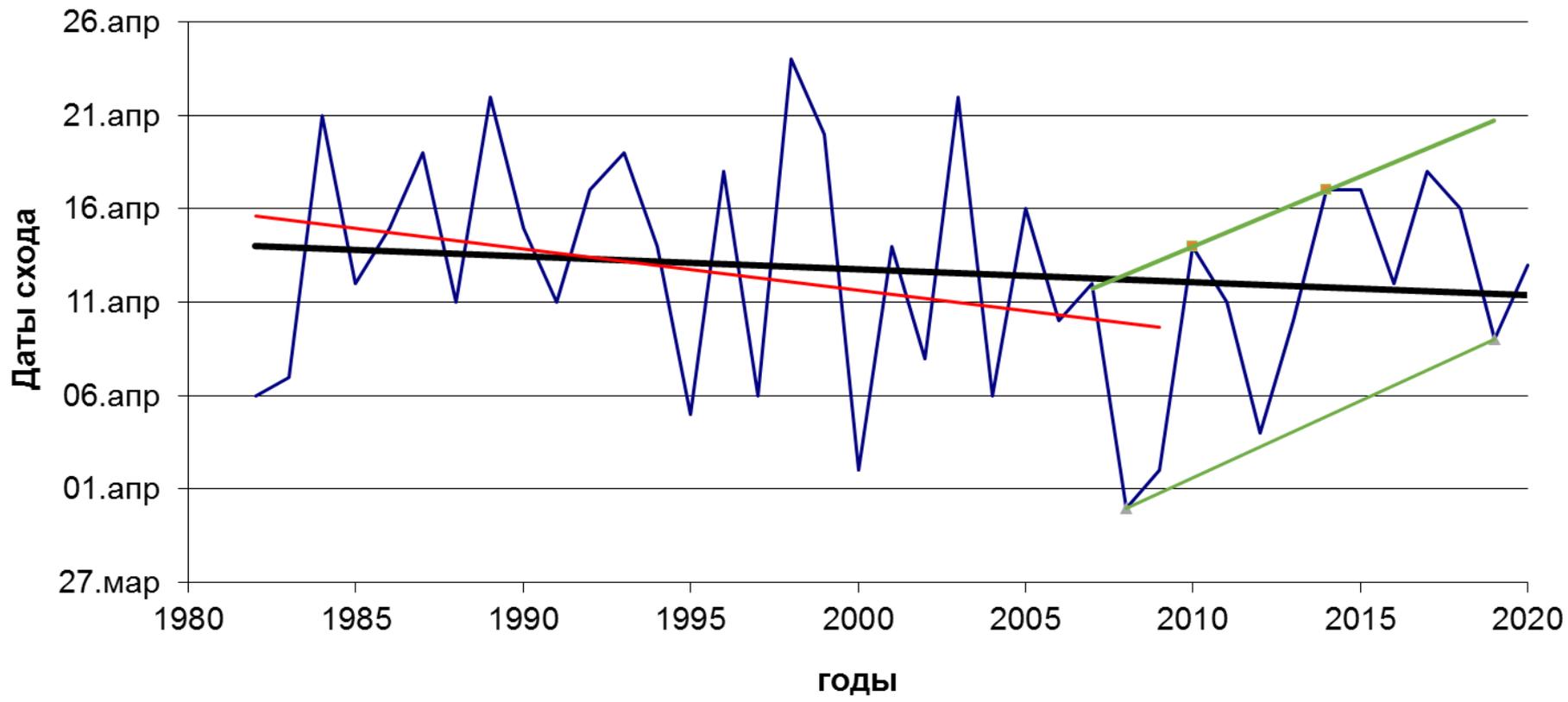
(°C), осредненных по областям Казахстана за период 1941 - 2018 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1961 - 1990 гг. Линейный тренд за период 1976-2018 гг. выделен зеленым цветом. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Акмолинская область





Динамика изменений наиболее поздних дат схода снежного покрова

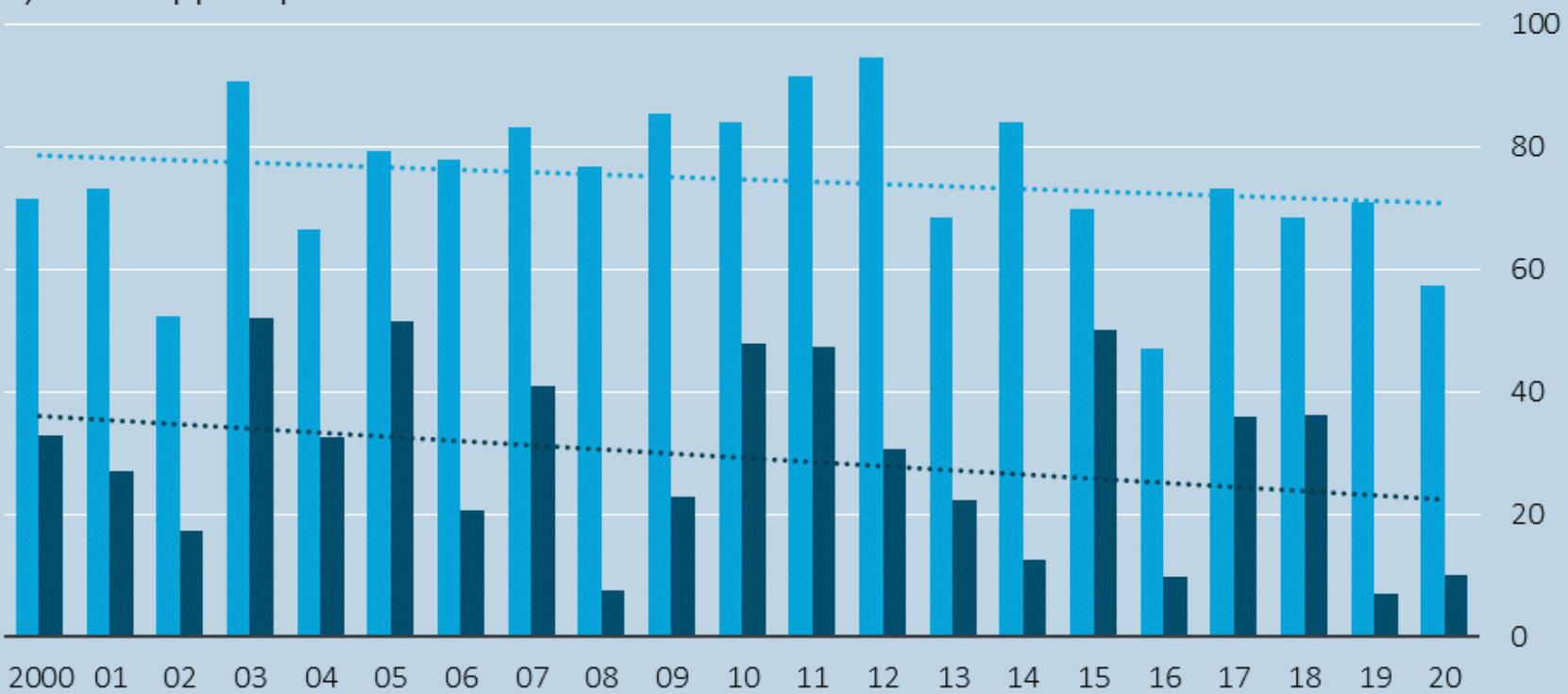




Максимальные площади заняты снежным покровом (SCA) в первой декаде марта и апреля



Площадь снежного покрова
в, % от территории Казахстана



Источник: Azamat Kauazov

1 декада марта
1 декада апреля



Динамика роста максимальной температуры



По сценарию RCP4,5 в конце XXI века в северных зерносеющих районах Казахстана рост температуры по сценарию (RCP4.5) может составить 2,8–3,2°C, по отношению к периоду 1986–2005 гг. Ожидаемое изменение количества осадков в Казахстане в XXI веке неоднозначно, т.е. как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Причем эти изменения в большинстве случаев не превышают 10–15% от нормы. Учитывая незначительность осадков на большей части Казахстана, изменчивостью осадков в будущем можно пренебречь.

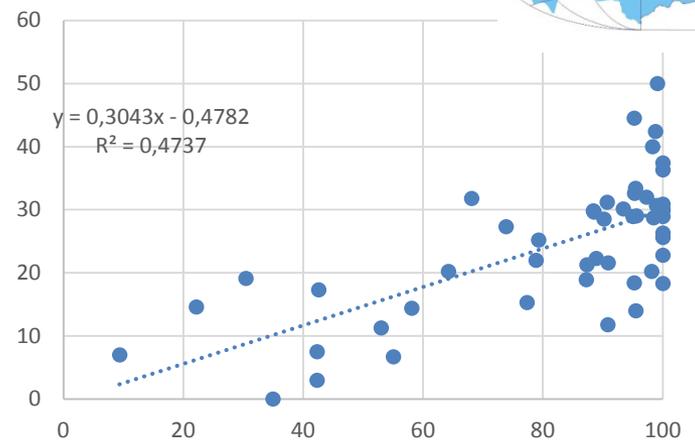




Сравнительная оценка расчетов



Отклонения между расчетными и фактическими значениями имеют разные знаки, поэтому среднее отклонение не велико около 2%, что представляется весьма хорошей цифрой, особенно учитывая долгосрочность сценария. Среднее отклонение составляет величину $\pm 9,6\%$.

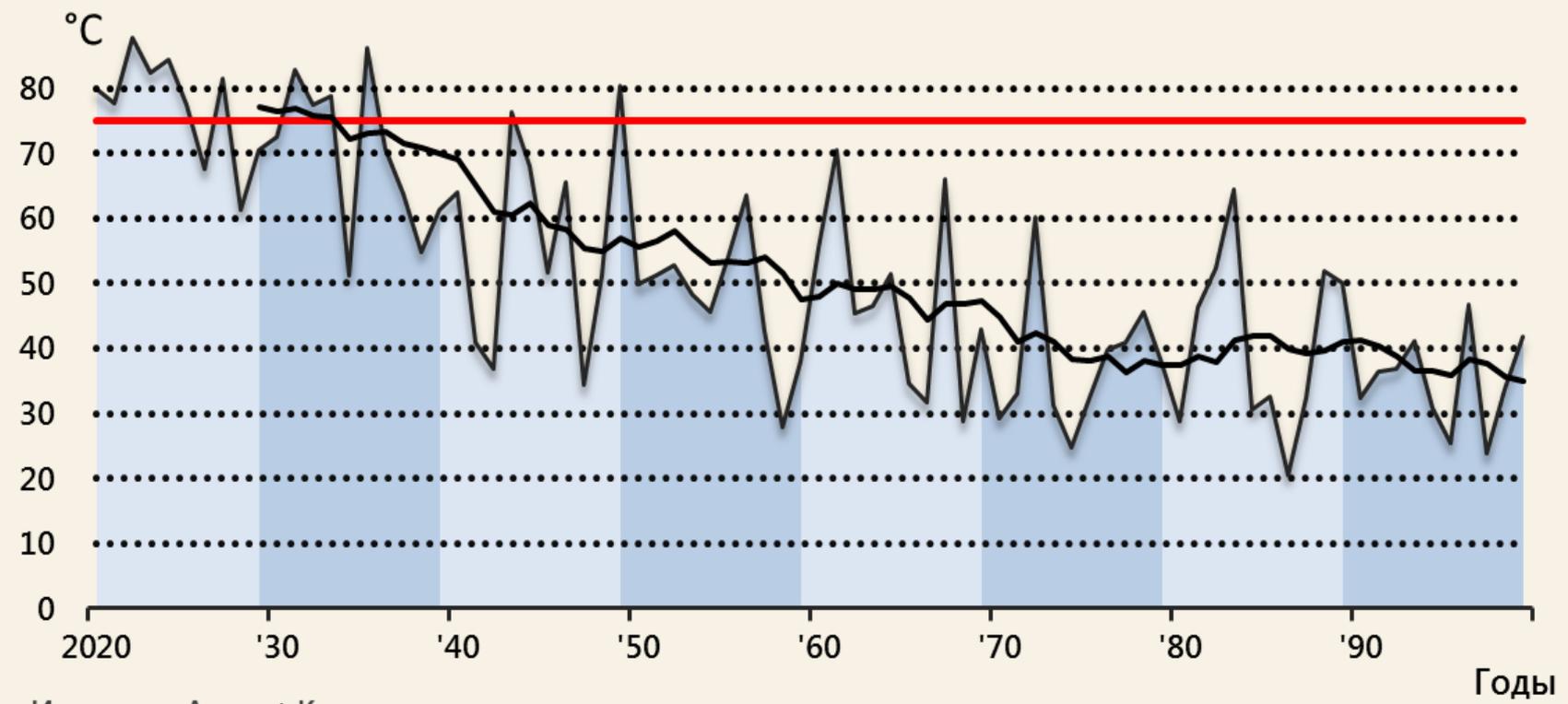




Динамика изменения высоты снежного покрова до 2099 года.

Перспективная оценка изменения SCA

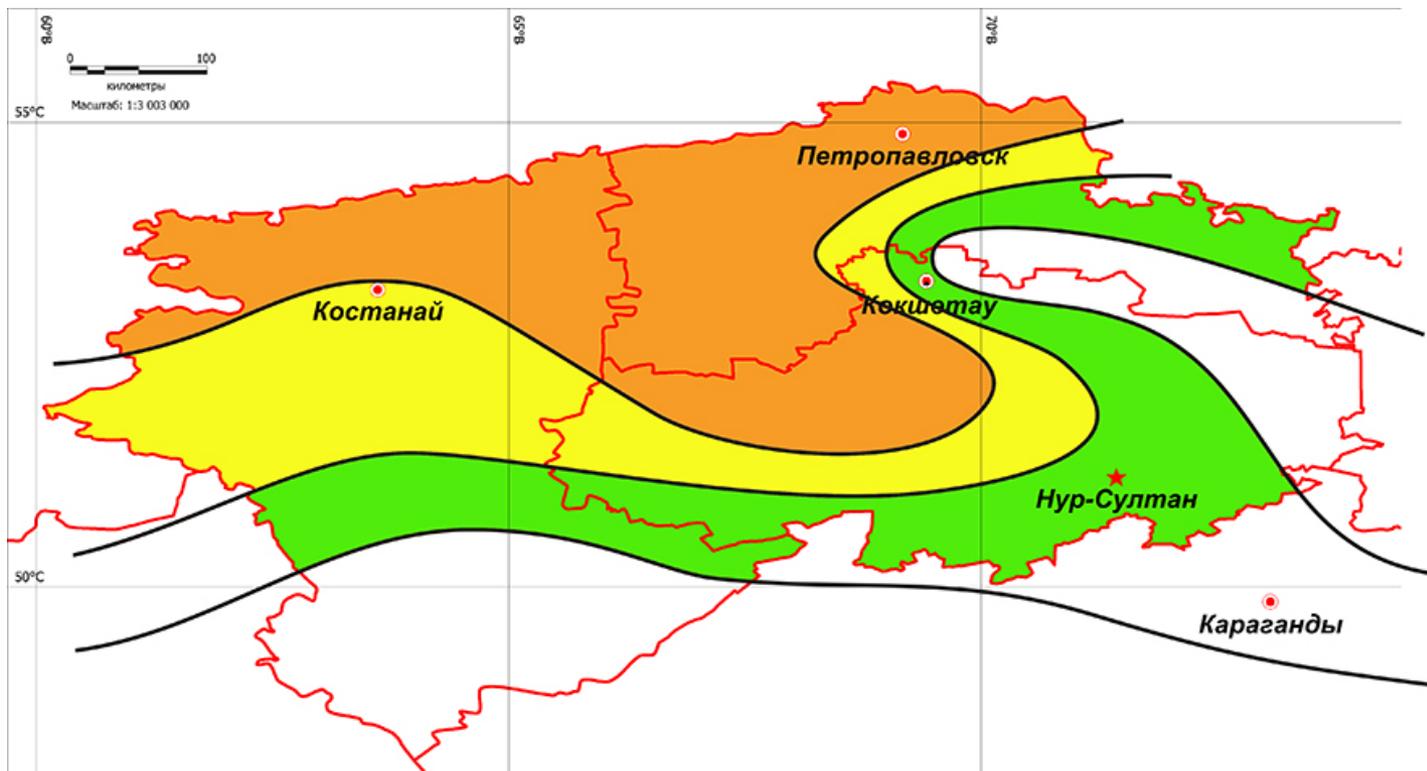
SCA-Площадь снежного покрова, в % от территории Казахстана



Источник: Azamat Kauazov



Перспективная оценка изменения площади снежного покрова до 2099 года.



Карта-схема проекции изменений площади снежного покрова. Зеленым цветом обозначена территория которая останется без снежного покрова в период 2031-2050 гг., желтым - в период 2051-2099 гг., оранжевым цветом обозначена территория со снежным покровом к концу 21 века.

Спасибо за внимание