

Технологии и результаты космического мониторинга снежного покрова в Казахстане

Спивак Л.Ф., Кауазов А.М., Муратова Н.Р.

Уникальные свойства снежного покрова:

- Самая высокая отражательная способность в видимом диапазоне
- Поглощение в инфракрасном (ИК)–диапазоне близкое к АЧТ (0, 995)
- В период снеготаяния снег может находиться одновременно в трех фазовых состояниях
- Высочайший динамизм (перенос снега, уникальный метаморфизм)

Параметры снежного покрова представляющие интерес:

- Высота
- Плотность
- Влагозапас
- Температура
- Граница снежного покрова
- Даты схода

Такие климатические характеристики как высота, плотность и запас воды в снежном покрове определить по данным ДЗЗ из космоса чрезвычайно затруднительно, а в некоторых случаях (оптическая съемка) и вовсе не возможно.

Более простой задачей в отличие от дат установления и разрушения снежного покрова является определение дат появления и схода снежного покрова. Даты установления и разрушения снежного покрова определяются только на МС на основе специальных критериев, зафиксировать которые из космоса затруднительно.

Проблемы:

- Проблемы терминологии и их соответствия (Сход, разрушение, установление). При этом выделяют два термина: "снежный покров" и "устойчивый снежный покров". В метеорологии, днём со снежным покровом считают такой, когда более половины видимой окрестности покрыто снегом (6 баллов и более). Устойчивым считается такой снежный покров, который лежал непрерывно в течение всей зимы или не менее месяца с перерывами не более 3 дней подряд. При этом выделяют два термина: "снежный покров" и "устойчивый снежный покров". В метеорологии, днём со снежным покровом считают такой, когда более половины видимой окрестности покрыто снегом (6 баллов и более). Устойчивым считается такой снежный покров, который лежал непрерывно в течение всей зимы или не менее месяца с перерывами не более 3 дней подряд.

Текущее состояние

- Для исследований снежного покрова характерна разобщенность разработок, отсутствие единых методик определения одних и тех же характеристик, случайность решения задач только в благоприятных условиях получения информации.

Задачи космического мониторинга

- Оперативное картирование границ снежного покрова;
- Мониторинг сезонной динамики схода снежного покрова;
- Анализ многолетней динамики схода снежного покрова.

Оперативный мониторинг

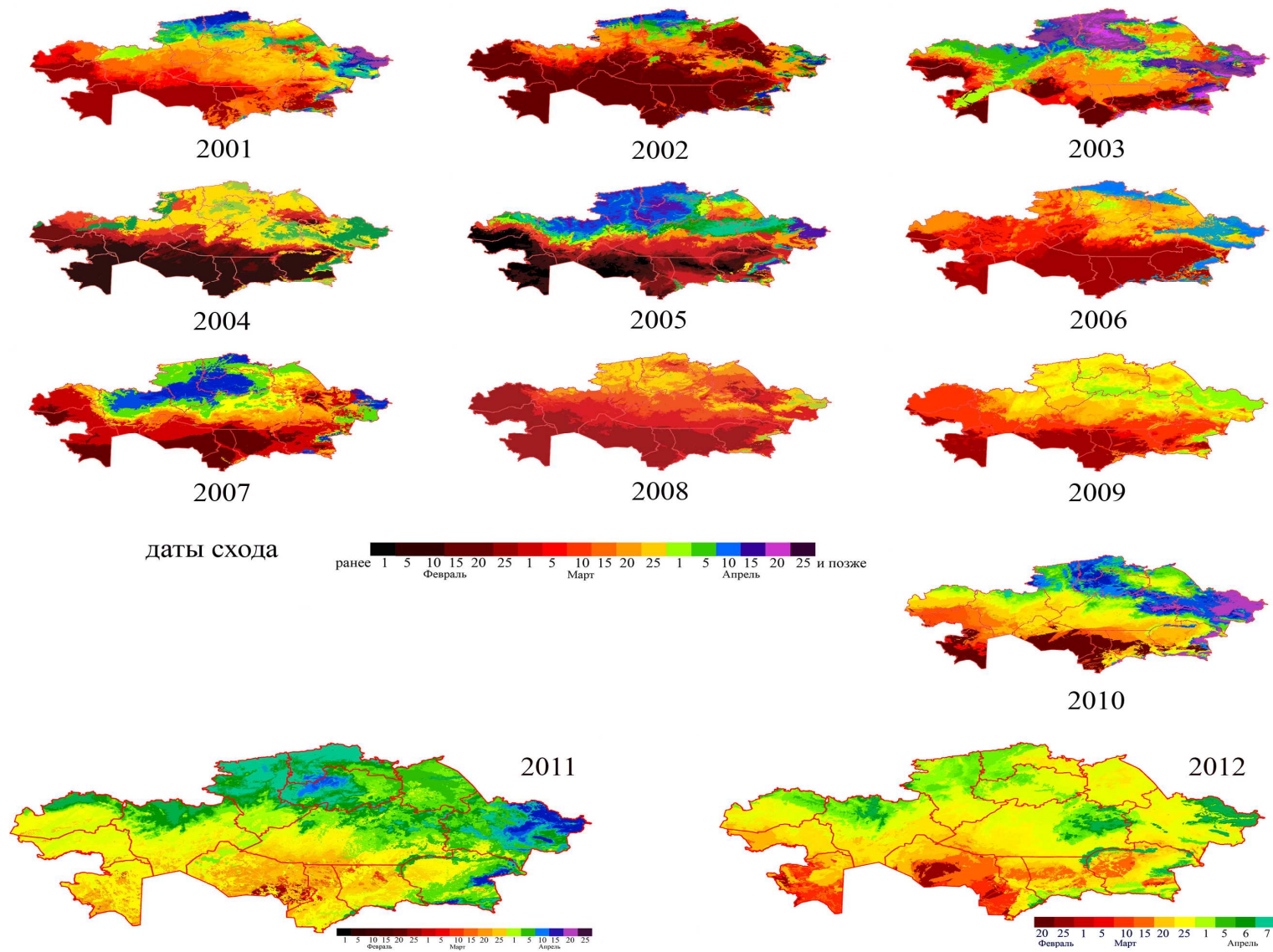
- Оперативные карты границ снежного покрова строятся раз в сутки на основе данных MODIS. В процессе построения карты основная проблема заключается в разделении снега и облачности.
- Для распознавания снежного покрова используется Нормализованный Дифференциальный Снежный Индекс (NDSI) [5], учитывающий высокую отражательную способность снега в видимом диапазоне и низкую излучательную способность в ближнем инфракрасном (ИК)-диапазоне. NDSI рассчитывается по формуле:

$$\text{NDSI} = (\text{band3} - \text{band6}) / (\text{band3} + \text{band6}) \quad (1)$$

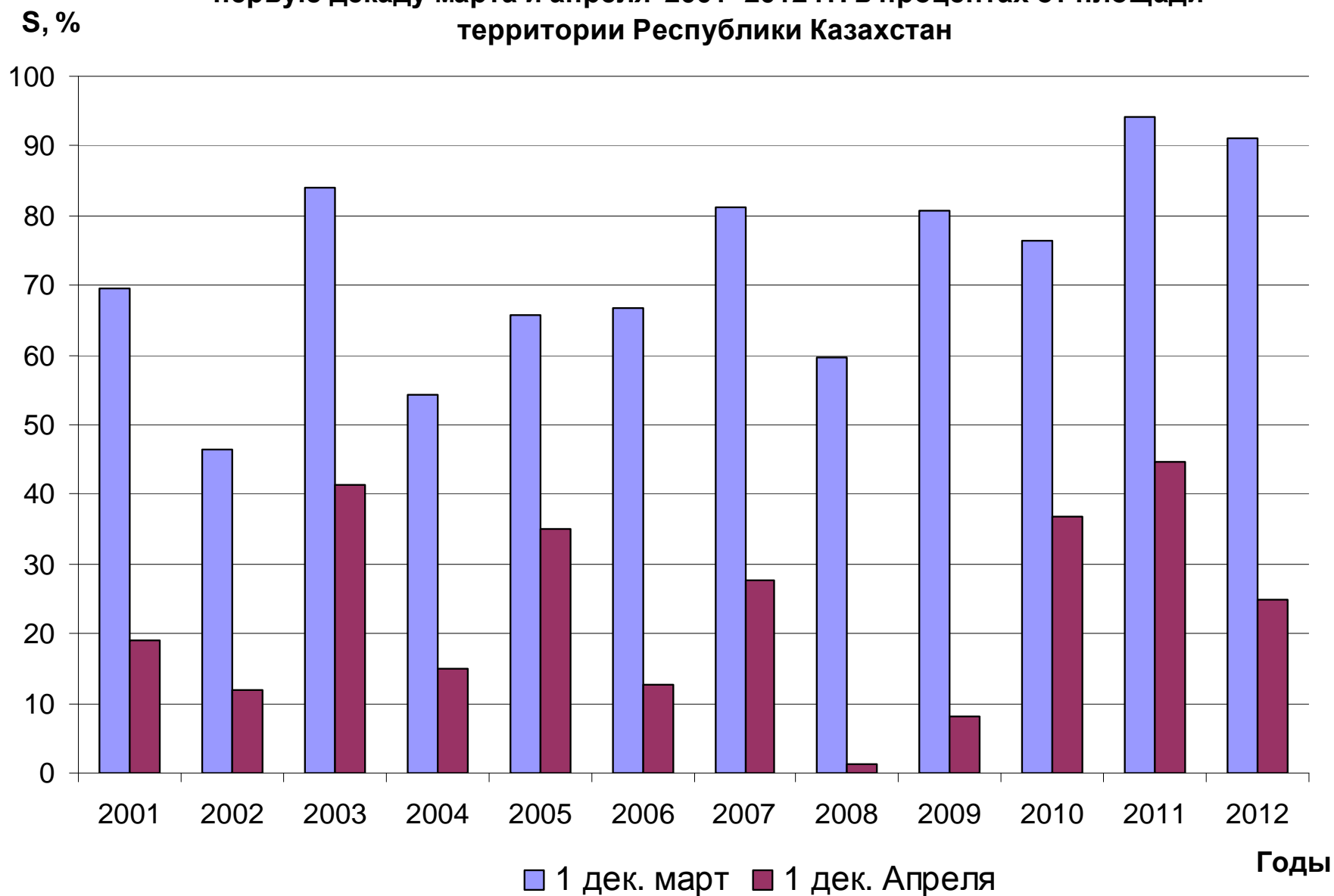
где, band 3 и 6 – значения интенсивности излучения в каналах 3 и 6 радиометра MODIS. Что бы отделить снег от других объектов применяются следующие, хорошо известные, критерии:

- - «снег», если $\text{band 3} \geq 0.1$ и $\text{NDSI} \geq 0.4$;
- - «облачность», если $\text{band 3} \geq 0.1$ и $-0.2 \leq \text{NDSI} < 0.4$;
- - «полупрозрачная облачность», если $\text{band 3} \geq 0.1$ и $-0.2 > \text{NDSI} \geq -0.5$;
- - «бесснежная поверхность», во всех остальных случаях.

Динамика схода снежного покрова по годам

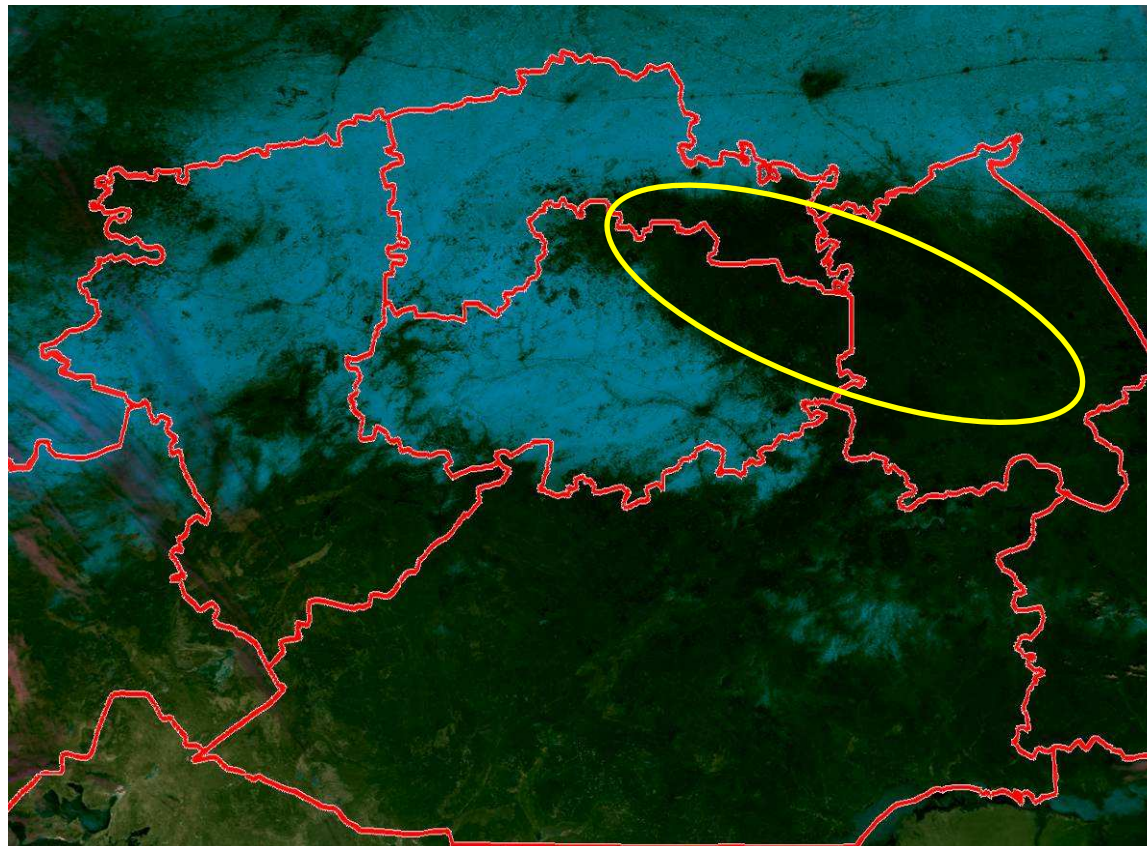


**Максимальные площади заняты снежным покровом в
первую декаду марта и апреля 2001- 2012 гг. в процентах от площади
территории Республики Казахстан**



Особенности схода:

- выраженное зонального распределения по широте.
- во все годы прослеживается относительно ранний сход снежного покрова вдоль Канчингизкого геологического разлома, проходящего с территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП) на северо-запад до озера Боровое, огибая Кокшетаускую возвышенность с севера.

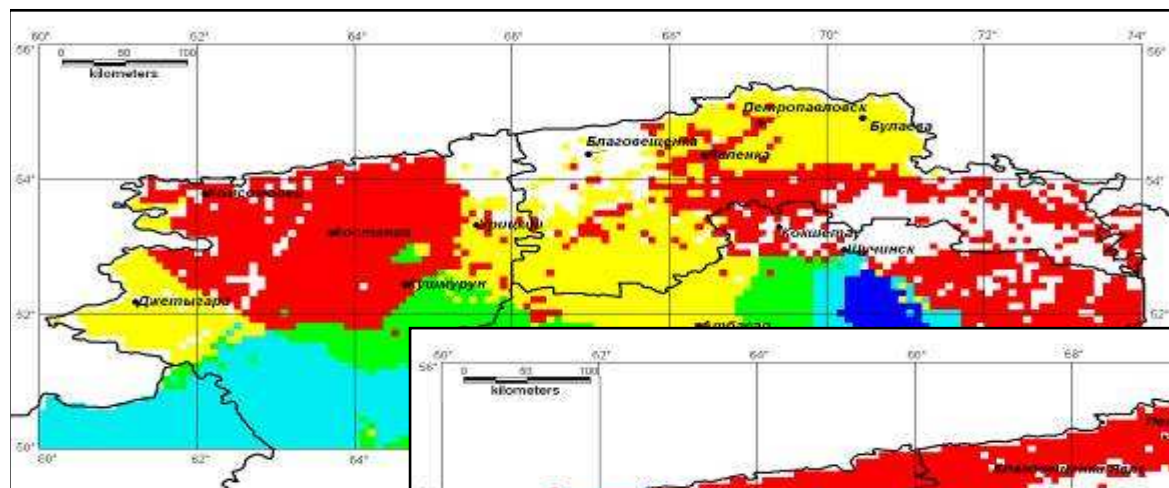


Расчет снегозапасов выполняется на основе формулы:

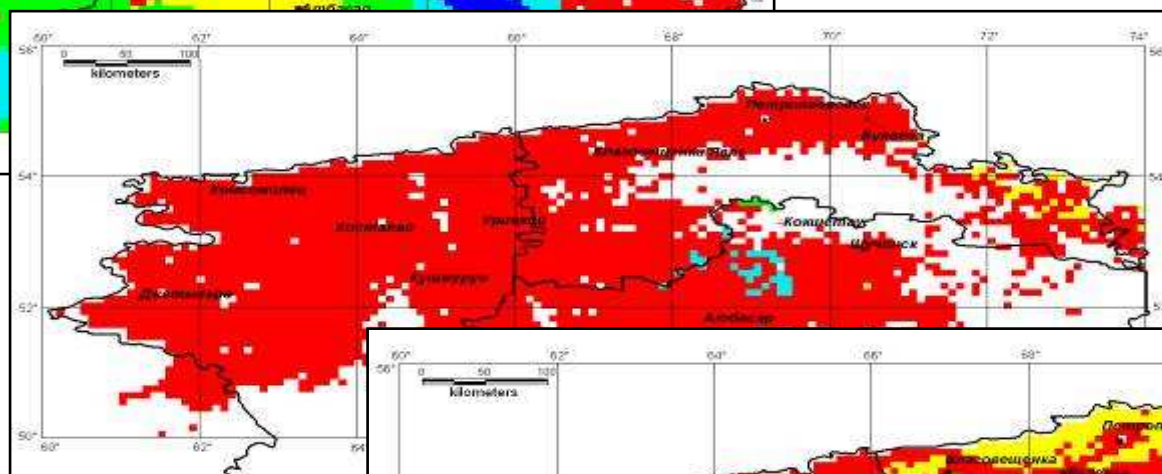
$$W = K_{ст} (\sum T),$$

где, $(\sum T)$ – сумма положительных температур воздуха в рассматриваемой точке с начала снеготаяния до момента полного схода снежного покрова, °С;
 $K_{ст}$ – коэффициент стаивания (мм/°С);

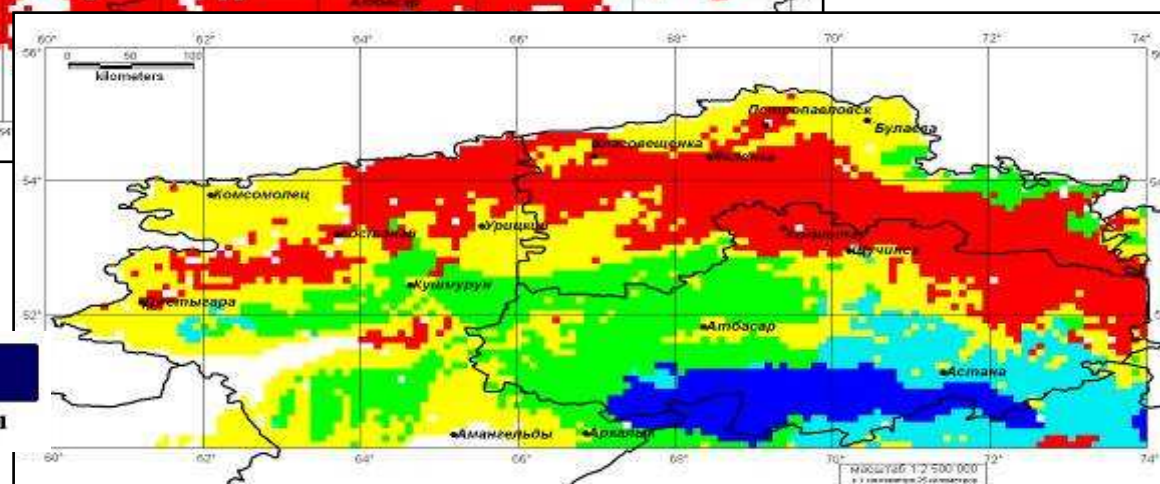
Расчетные влагозапасы по методу теплового проявления



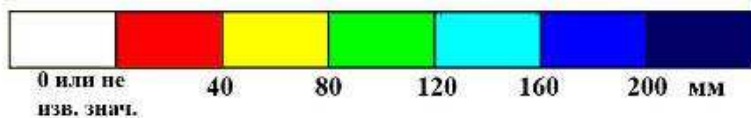
2007



2008

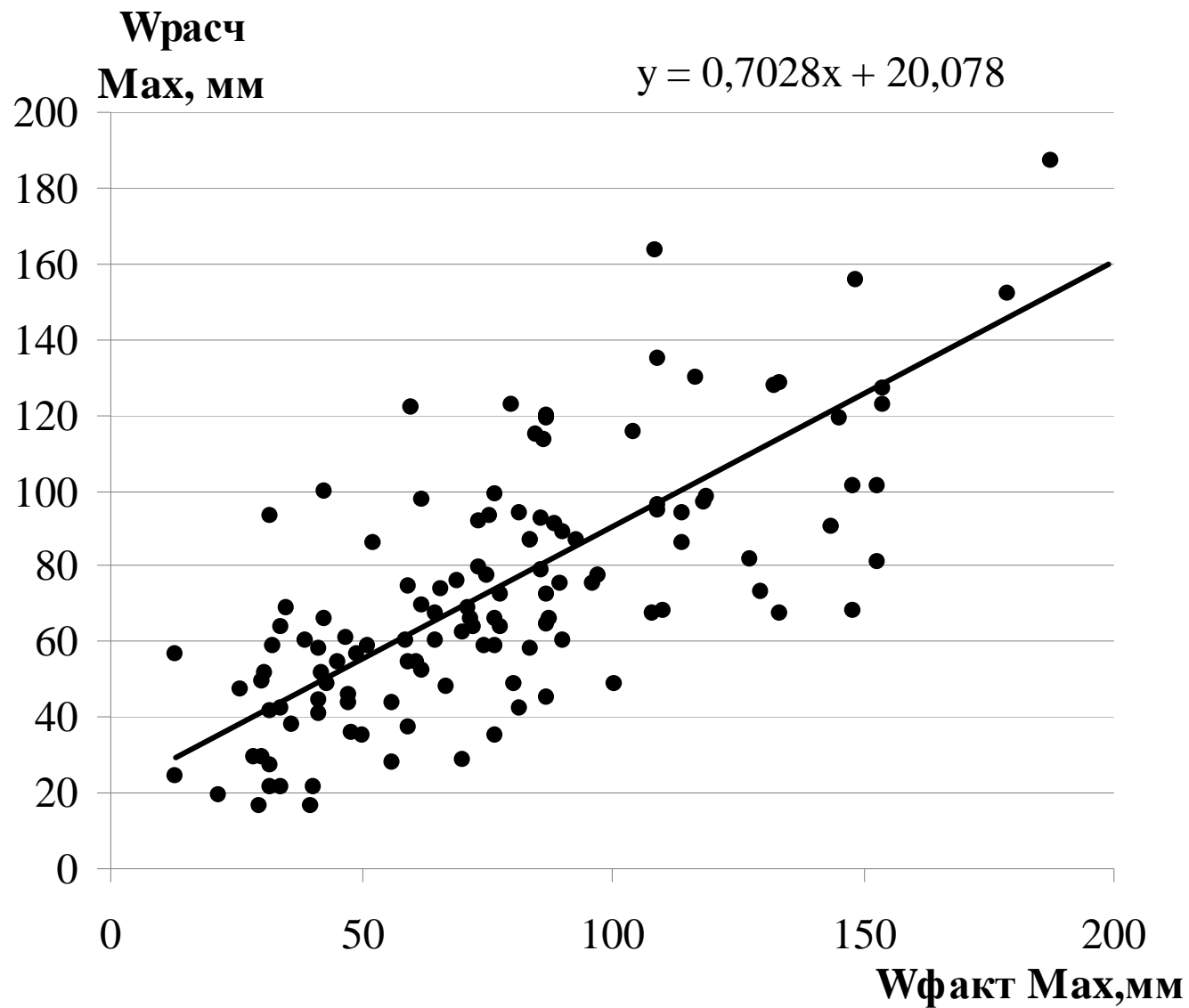


2009

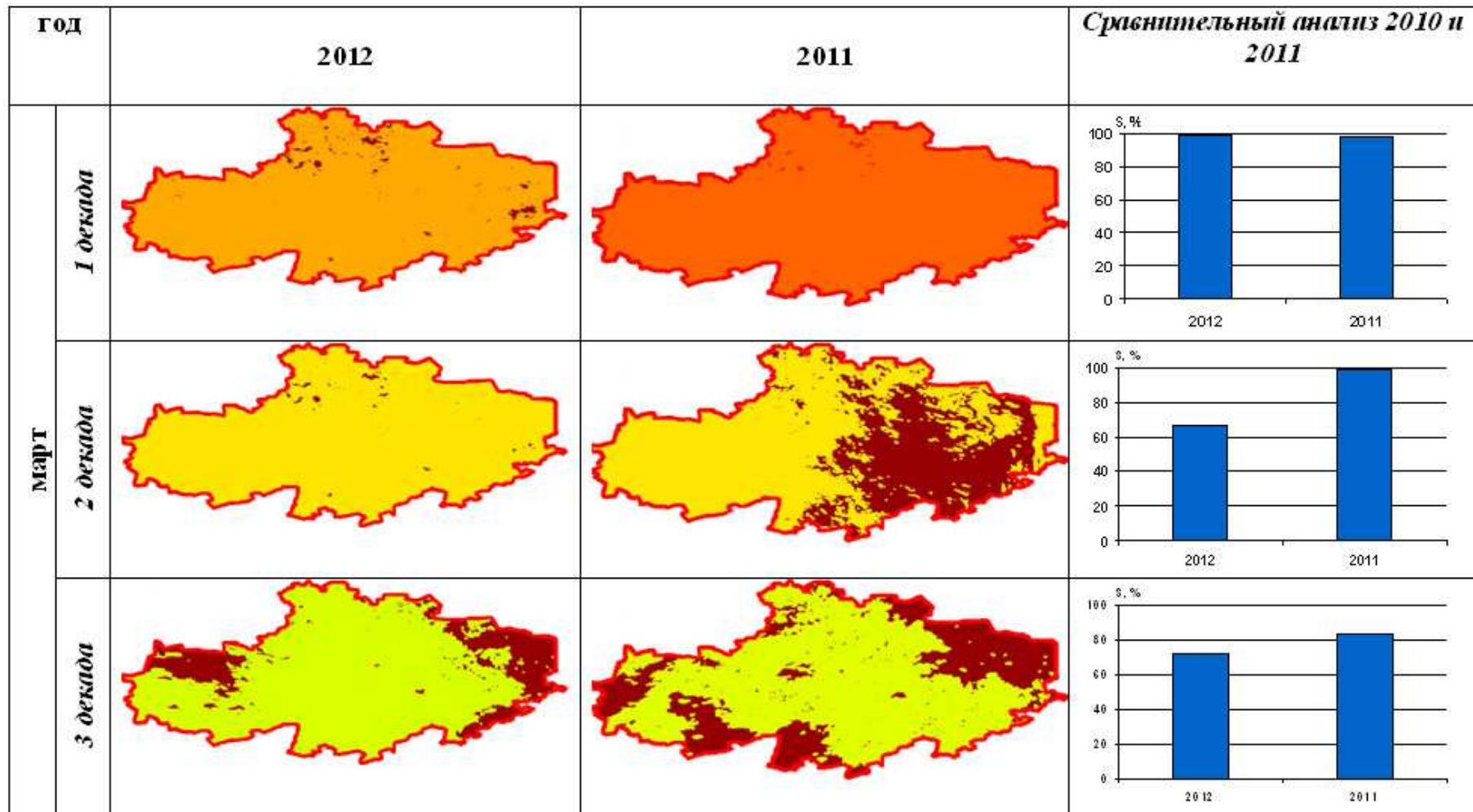


Снегозапас

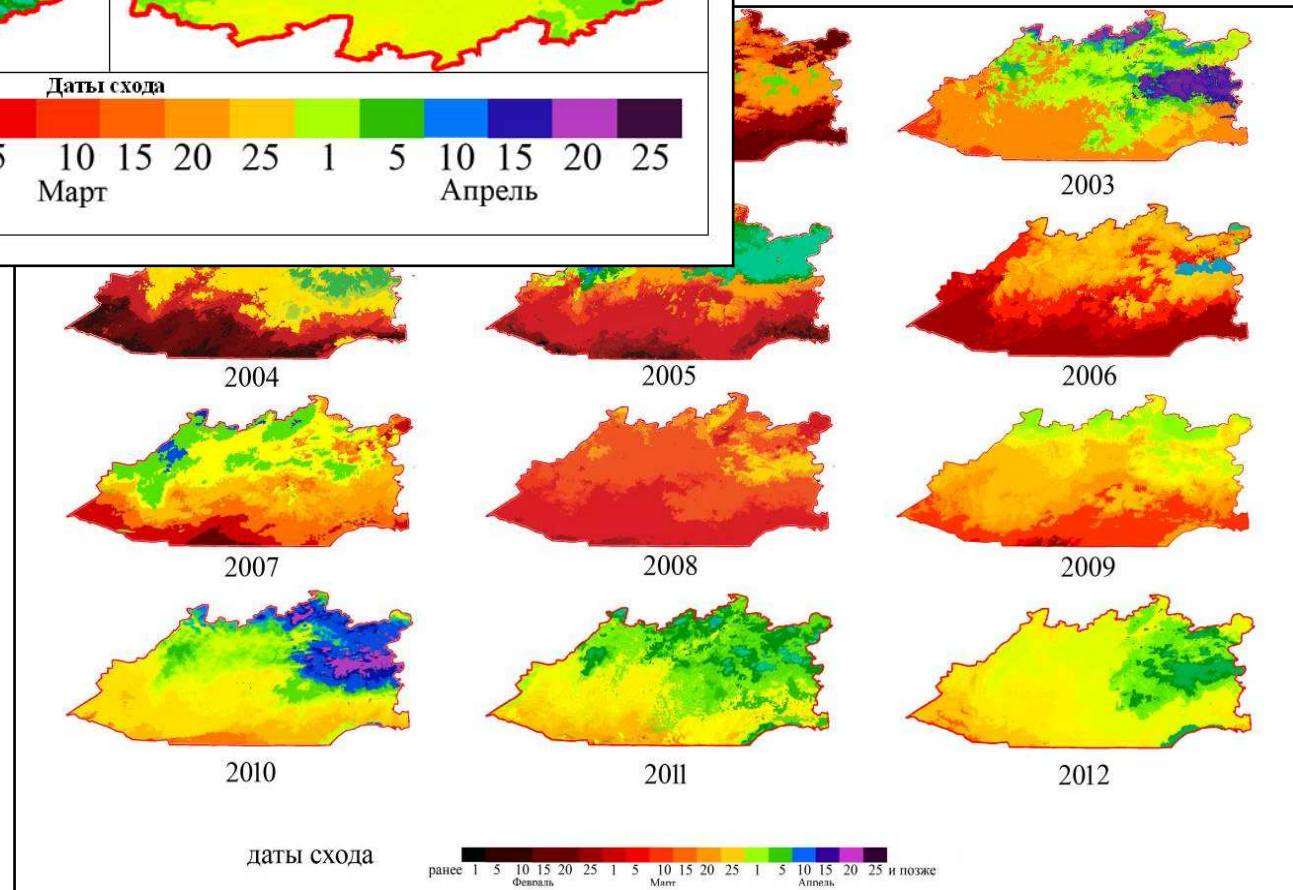
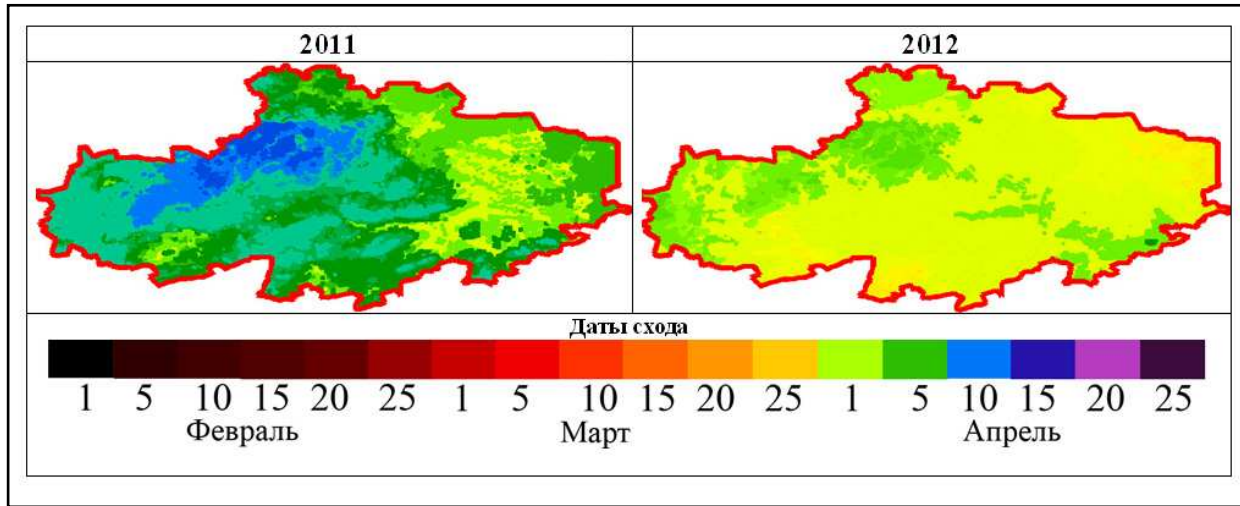
Связь расчетных и фактических снегозапасов



Мониторинг сезонной динамики схода снежного покрова

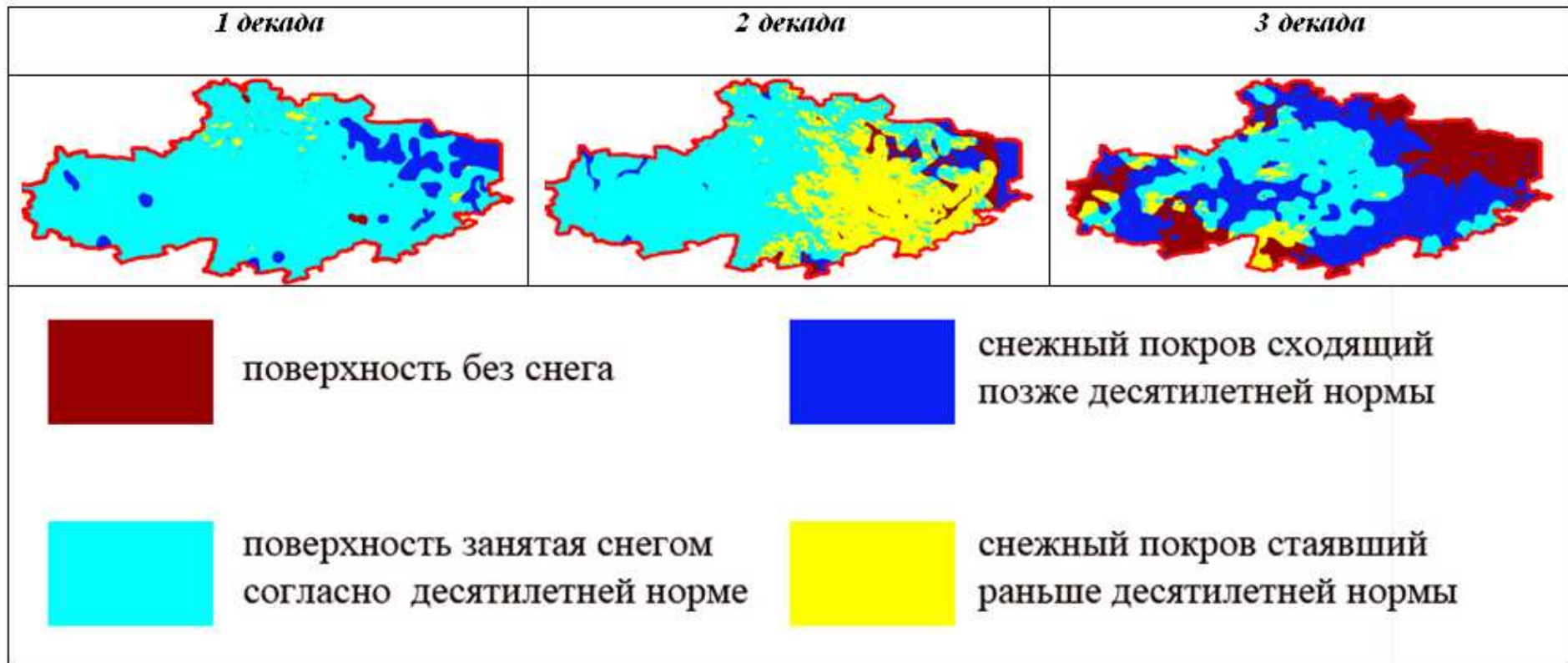


Межсезонное сравнение

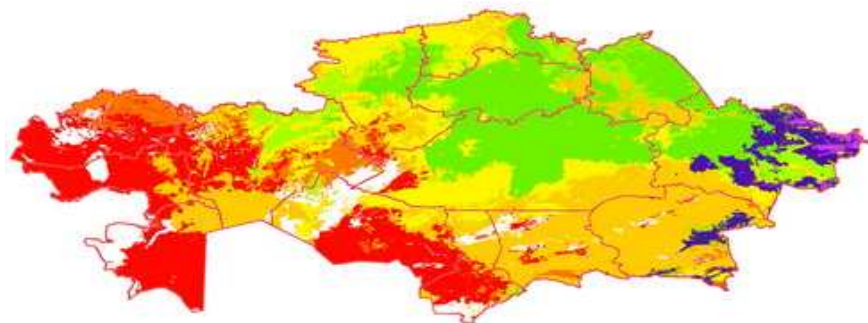


Фрагмент бюллетеня с анализом схода снежного покрова

Анализ динамики схода снежного покрова с десятилетней нормой



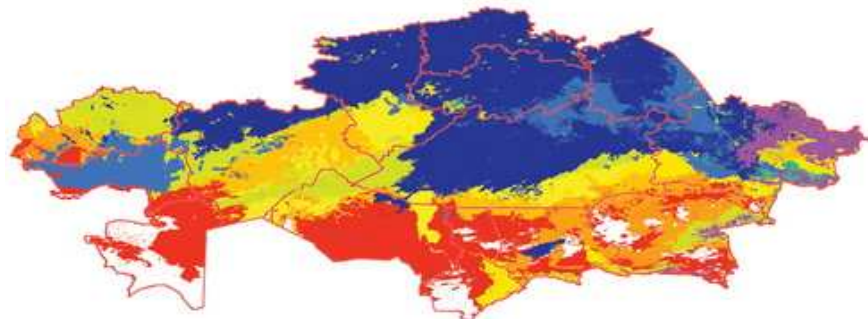
Мониторинг установления снежного покрова



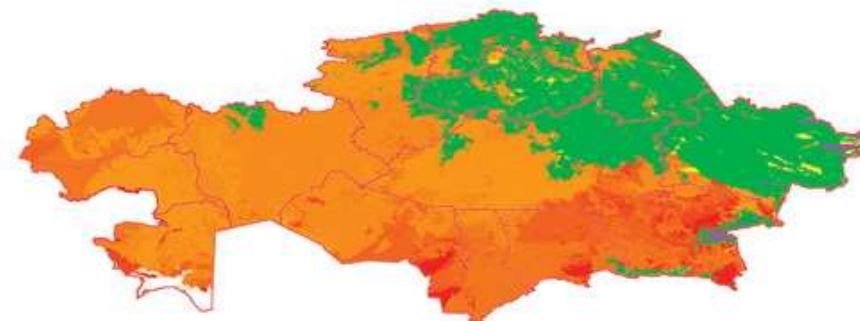
2005



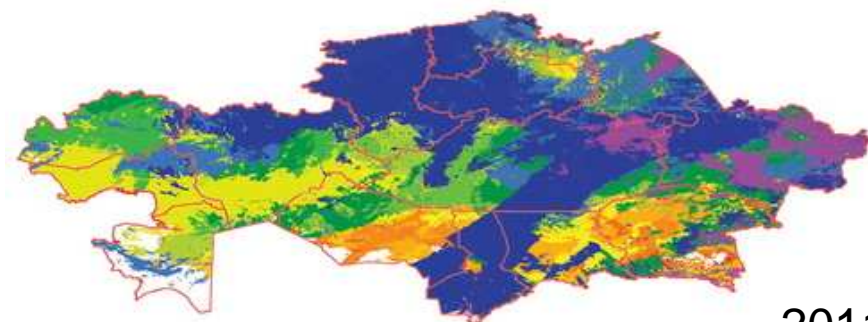
2006



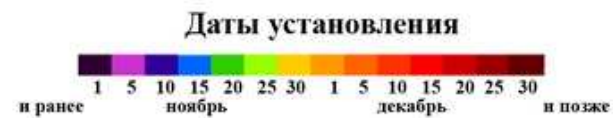
2007



2008



2011



В отличие от снеготаяния, практически ежедневного процесса, с относительно небольшим перемещением границы за сутки, установление снежного покрова процесс более резкий и скачкообразный. Один безоблачный снимок в неделю получить достаточно сложно, но и он не позволяет проследить динамику установления, так как снежный покров может не увеличивать свою площадь, или вовсе не выпадать. Таким образом мониторинг снежного покрова оптико-электронными средствами представляется не целесообразным.

Заключение:

Разработана методика построения карт снежного покрова, на примере Акимолинской области проведен анализ залегания снежного покрова в 2012 году и представлены форматы специальных бюллетеней с продуктами анализа распределения снежного покрова. Результаты космического мониторинга снежного покрова наиболее целесообразно представлять в комплексном, максимально обобщенном виде, что может способствовать привлечению к результатам мониторинга широкого круга потребителей.

Спасибо за внимание