

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Сибирский федеральный университет
Институт космических и информационных технологий

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Материалы VII Международной научной конференции
Красноярск, 29 сентября – 2 октября 2020 г.

Научный редактор
Е.А. Ваганов

Красноярск
СФУ
2020

УДК 528.8(063)
ББК 26.0с51я43
Р326

Редакционная коллегия:

Е.А. Ваганов (науч. ред.), доктор биологических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель СФУ; *Г.М. Цибульский* (отв. ред.), доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой СИИ ИКИТ СФУ; *М.В. Носков*, доктор физико-математических наук, профессор; *В.Б. Кашкин*, доктор технических наук, профессор; *В.И. Харук*, доктор биологических наук, профессор; *Ю.А. Маглинец*, кандидат технических наук, профессор, руководитель НУЛ «ИПКМ» ИКИТ СФУ

Р326 Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : материалы VII Междунар. науч. конф. Красноярск, 29 сентября – 2 октября 2020 г. / науч. ред. Е.А. Ваганов ; отв. ред. Г.М. Цибульский. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. – 328 с.

ISBN 978-5-7638-4389-7

Представлены современные и перспективные системы регионального дистанционного зондирования, рассмотрены модели и методы обработки данных дистанционного зондирования Земли, приведены результаты мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных объектов и явлений. Обсуждена проблематика построения и развития региональных систем дистанционного зондирования Земли из космоса и показана их роль в решении социально-экономических задач регионов.

Предназначены для специалистов в области дистанционного зондирования Земли, ГИС-технологий, аспирантов, студентов, обучающихся по соответствующим профилям подготовки.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

**УДК 528.8(063)
ББК 26.0с51я43**

**Электронный вариант издания
см.: <http://catalog.sfu-kras.ru>**

ISBN 978-5-7638-4389-7

© Сибирский федеральный университет, 2020

А.М. Кауазов, А.Е. Жолдасбек, А.Н. Нурлан
Казахский национальный университет им. Аль-Фараби,
Алматы, Республика Казахстан
e-mail: a_kauazov@mail.ru

АНАЛИЗ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СНЕГОТАЯНИЯ В КАЗАХСТАНЕ И ФОРМАТОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассмотрены прикладные аспекты применения результатов космического мониторинга снежного покрова, в частности предлагается представление результатов анализа в виде специализированных бюллетеней. Цель данной публикации – представление имеющихся результатов космического мониторинга снежного покрова в Казахстане. Предлагается трехуровневая система космического мониторинга снежного покрова, в состав которой входят три технологических комплекса обеспечивающих: оперативное картирование границ снежного покрова; мониторинг сезонной динамики схода снежного покрова, анализ многолетней динамики схода снежного покрова. Приведены методы анализа пространственно-временного распределения снежного покрова и форматы специальных бюллетеней. Результаты космического мониторинга снежного покрова наиболее целесообразно представлять в комплексном, максимально обобщенном виде (продукт). Результаты работы могут быть применены в научной, производственной и образовательной сфере.

Ключевые слова: космический мониторинг, снежный покров, анализ, засуха, бюллетень.

Введение. Снежный покров играет значительную роль в климатической системе, в возникновении чрезвычайных ситуаций и в сельском хозяйстве. Спектр применения данных о снежном покрове чрезвычайно обширен. Изначально, наиболее доступной для дистанционного зондирования из космоса была задача мониторинга снеготаяния. Регулярный космический мониторинг схода снежного покрова осуществляется в Казахстане с 2000 г. Достигнуты определенные результаты в области сезонного и многолетнего мониторинга снежного покрова по данным ДЗЗ [1–3]. В практическом плане результаты мониторинга снеготаяния могут использоваться в важных приложениях: оценке глобального изменения климата, для контроля прохождения весенних паводков в регионах с высоким риском затопления, оценка сельскохозяйственных рисков с учетом влияния погодных условий (оценка запасов продуктивной влаги в почве, оценка вероятности наступления засушливых условий). Последнее приложение имеет особое значение для районов неполивного возделывания зерновых в северных областях Казахстана, поскольку весенний влагозапас является ключевым фактором, определяющим урожайность зерновых культур. В Казахстане вопросы использования многолетних данных ДЗЗ и основ создания систем космического мониторинга наиболее хорошо освещены в работе [4]. Цель данного исследования – представить имеющиеся результаты космического мониторинга снежного покрова как развитие идей, предложенных в работе [4].

Распознавание и оперативное картирование границ снежного покрова. Для распознавания снежного покрова используется нормализованный дифференциальный снежный индекс (NDSI), учитывающий высокую отражательную способ-

ность снега в видимом диапазоне и низкую излучательную способность в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне [5]. В настоящее время векторные границы снежного покрова можно ежедневно бесплатно скачать на сайте worldview.earthdata.nasa.gov 1–2 раза в сутки на основе данных *Aqua* и *Terra Modis*. Конечно, в данных продуктах имеются неточности и ошибочные зоны, занятые снежным покровом (типичный пример как соль со дна Аральского моря классифицируется как снег), однако в целом граница снежного покрова выделяется с приемлемой точностью, данная задача оценивается как решенная.

Решение задачи по анализу изменений осуществляется ежедневным мониторингом площади, занятой снежным покровом, что позволяет оценить динамику схода снежного покрова.

Мониторинг сезонной динамики схода снежного покрова. Технология анализа сезонной динамики схода снежного покрова предусматривает пространственное сопоставление оперативных карт и оценку изменения площадей снежного покрова, бесснежных территорий и зоны активного снеготаяния. Следует заметить, что сход снежного покрова происходит неравномерно. Результаты сравнения оформляется в виде карт и диаграмм, отражающих изменение площади зон, анализ которых позволяет оценить темпы снеготаяния и выделить участки ускоренного схода снега. Эта информация полезна для прогноза наиболее критичных направлений развития паводков и может быть использована для оценки объема стаявшего снега.

По завершении процесса снеготаяния на всей территории Казахстана формируется итоговая карта путем совмещения ежедневных векторных данных о границах снежного покрова, которая в дальнейшем используется для анализа межсезонной динамики. В целом на данном уровне, по итогам анализа схода снежного покрова, целесообразно один раз в декаду формировать бюллетень, отражающий подекадную динамику схода снега в текущем сезоне. Оптимальная периодичность бюллетеня – один раз в декаду по принципу «скользящего окна».

Анализ многолетней динамики схода снежного покрова. Межсезонный мониторинг предусматривает:

- сравнительный анализ динамики схода снежного покрова в текущем и предшествующих сезонах для оценки риска затопления территорий;
- анализ пространственно-временных закономерностей схода снежного покрова и развития засухи за многолетний период.

Сравнительный анализ результатов мониторинга схода снежного покрова в текущем сезоне и за предшествующие годы позволяет оценить темпы снеготаяния относительно среднесезонной нормы (быстрый, нормальный, медленный) и выбрать «год аналог», похожий по темпам схода снежного покрова, что дает возможность прогнозировать развитие ситуации в текущем году по аналогичному сценарию.

Результаты анализа оформляются в виде специального бюллетеня, дающего возможность сравнения с предыдущими годами. У пользователя должна быть наглядная возможность оценить различия в темпах снеготаяния, сравнить, раньше или позже сойдет снежный покров, и соответствующим образом подготовиться к посевной.

Не менее важно иметь возможность объективно сравнить динамику схода снега в текущем сезоне с многолетними наблюдениями, выбрать наиболее подходящий «год аналог» и с учетом этого уточнить даты сева.

На рисунке представлен примерный концепт-дизайн бюллетеня как результат сравнения дат схода снега в текущем сезоне со среднесезонной нормой с указанием зон раннего и позднего снеготаяния.

Анализ динамики схода снежного покрова с десятилетней нормой

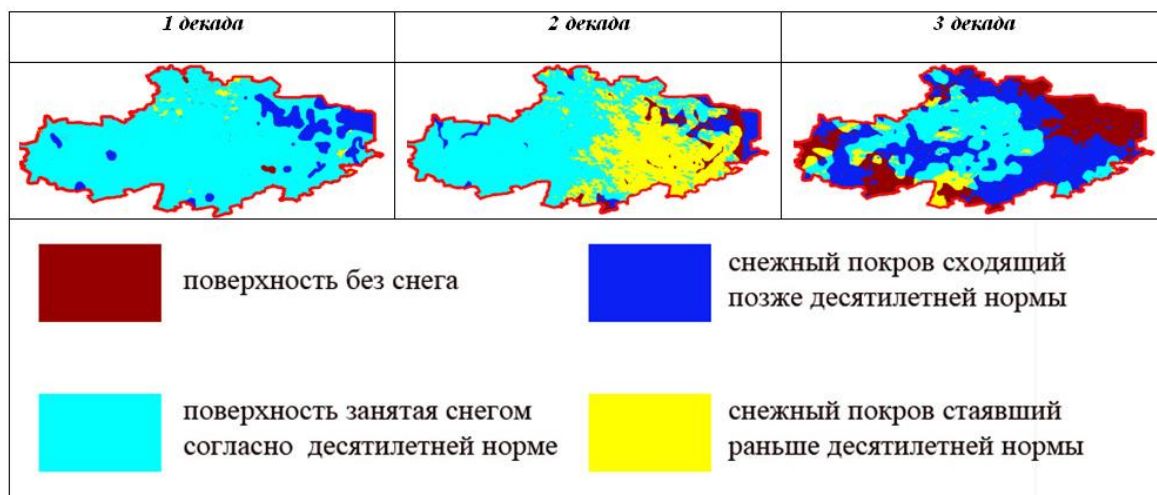


Рисунок. Анализ динамики схода снежного покрова

Контроль дат и темпов снеготаяния важен еще и потому, что позволяет косвенно предсказать потенциальные очаги засухи. Известно, что первая половина вегетации растений в значительной степени зависит от снегозапасов, а точнее, от весеннего влагозапаса в почве. Сравнение карт вегетации (NDVI) и карт схода снежного покрова показывает, что области с низким снегозапасом являются потенциальными источниками возникновения засушливых явлений [6]. Ранний сход снежного покрова и, следовательно, ранняя весна, становятся причиной раннего начала вегетации при этом максимум вегетации также смещается на ранние сроки: конец мая – начало июня, хотя в обычные годы пик вегетации приходится на месяц позже. Бурное развитие вегетации вкупе с низкими начальными почвенными влагозапасами вызывает нехватку влаги и последующее развитие засухи.

Заключение. Мониторинг не является самоцелью. При этом важны не только анализ и обобщение результатов мониторинга, но и их представление. Предлагаемая трехуровневая система космического мониторинга снежного покрова – логичный и целостный результат для формирования конечного продукта. Результаты космического мониторинга снежного покрова наиболее целесообразно представлять в комплексном, максимально обобщенном виде, что может способствовать привлечению к результатам мониторинга широкого круга потребителей.

Список литературы

1. Исследование динамики дат схода снежного покрова в Северном Казахстане / А.М. Кауазов, А.С. Дара [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13, № 1. С. 161–168.
2. Терехов А.Г. Спутниковый мониторинг формирования снежного покрова Казахстана // Гидрометеорология и экология. 2018. Т. 90, № 3. С. 29–36
3. Терехов А.Г., Абаев Н.Н., Юничева Н.Р. Аномальный режим снежности 2019 года и многолетние тренды в изменениях высоты снежного покрова Казахстана // Современные проблемы дистанционного зондирования.
4. Спивак Л.Ф. Основы создания систем космического мониторинга: метод. пособие. 2-е изд. Алматы: Дайк-Пресс, 2010. 88 с.
5. Нейштадт И.А. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2006. Вып. 3. Т. II. С. 359–365.
6. Методы дистанционного зондирования в сельском хозяйстве Казахстана / Э.А. Закарин, Л.Ф. Спивак [и др.]. Алматы: Гылым, 1999. 230 с.

A.M. Kauazov, A.E. Zholdasbek, A.N. Nurlan

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan,

e-mail: a_kauazov@mail.ru

ANALYSIS OF SNOWMELTING SPACE MONITORING DATA IN KAZAKHSTAN AND FORMATS FOR PRESENTING THE RESULTS

The paper considers the applied aspects of the application of the results of space monitoring of snow cover, in particular, it proposes the presentation of the analysis results in the form of specialized bulletins. The purpose of this publication is to present the available results of space monitoring of snow cover in Kazakhstan. A three-level system of space monitoring of snow cover is proposed, which includes three technological complexes that provide: operational mapping of snow cover boundaries; monitoring of seasonal dynamics of snow cover melting; analysis of the long-term dynamics of snow cover melting. Methods for analyzing the spatial-temporal distribution of snow cover and formats of special bulletins are presented. It is most expedient to present the results of space monitoring of snow cover in an integrated, maximally generalized form (product). The results of the work can be applied in the scientific, industrial and educational spheres.

Keywords: space monitoring, snow cover, analysis, drought, bulletin.

УДК 528.88, 550.348.436

**В.Б. Кашкин¹, Т.В. Рублева¹, К.В. Симонов²,
А.А. Кабанов¹, А.В. Мальканова¹, Р.В. Одинцов¹**

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

²Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, Россия

e-mail: tvrubleva@mail.ru; simonovkv@icm.krasn.ru

УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИЛЬНЕЙШИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ GRACE

Исследование посвящено уточнению параметров катастрофического землетрясения с магнитудой $M_w = 8,8$, произошедшего в зоне субдукции вблизи побережья Чили, на основе анализа данных космической системы GRACE. Построены цифровые карты изменения параметра EWH над контуром геоида в исследуемом сейсмоактивном районе Чилийского землетрясения. Показано, что существует отрицательная корреляция между величиной геодинимического параметра H для сильного землетрясения с $M_w = 8,8$ (расстояние от гипоцентра до положения барицентра Земля – Луна) и эквивалентной высотой воды над геоидом EWH. Наибольший коэффициент корреляции между рядами параметров H и EWH равный $R = -0,61$ отмечен в период регистрации максимального количества постсейсмических явлений в регионе Центрального Чили. В ходе дальнейших исследований планируется изучить представительный класс сильных землетрясений для детального анализа особенностей изменчивости параметра EWH и его связь с геодинимическими процессами.

Ключевые слова: космическая система GRACE, обработка спутниковых данных, геоид, сила тяжести, эквивалентная высота воды, землетрясения.

<i>Дергунов А.В., Пономарев Е.И.</i> Динамика нарушенности лесов мерзлотной зоны Сибири за 20 лет по данным в ИК диапазоне	196
<i>Дергунов А.В., Якубайлик О.Э.</i> Анализ температурных инверсий в периоды неблагоприятных метеословий в Красноярске	199
<i>Дунаева Е.А.</i> Оценка уровня варьирования биопродуктивности посевов.....	203
<i>Жуков А.А., Жукова Е.Ю.</i> Динамика продуктивности рекультивируемой растительности Изыхского разреза (<i>Terra Modis</i>).....	206
<i>Зоев И.В., Марков Н.Г., Рыжова С.Е.</i> Система мониторинга опасных технологических объектов на основе беспилотных летательных аппаратов	210
<i>Иванова К.В., Лапина А.М.</i> Использование данных <i>Sentinel-2</i> для выделения разных типов местообитаний в полосе лесотундры.....	213
<i>Им С.Т.</i> Динамика темнохвойных лесов Кузнецко-Салаирской горной области в XXI веке	217
<i>Кауазов А.М., Жолдасбек А.Е., Нурлан А.Н.</i> Анализ данных космического мониторинга снеготаяния в Казахстане и форматов представления результатов	221
<i>Кашкин В.Б., Рублева Т.В., Симонов К.В., Кабанов А.А., Мальканова А.В., Одинцов Р.В.</i> Уточнение параметров сильнейших землетрясений на основе ретроспективного анализа данных GRACE	224
<i>Копысов С.Г., Елисеев А.О.</i> Моделирование ступеней увлажнения Л.Г. Раменского для регионального экологического мониторинга	230
<i>Краснощеков К.В., Пономарев Е.И.</i> Корреляционный анализ связи масштабных тепловых аномалий подстилающей поверхности с величиной стока рек Сибири	233
<i>Краснощеков К.В., Якубайлик О.Э.</i> Оценка качества атмосферного воздуха по спутниковым данным	236
<i>Кремнева О.Ю., Данилов Р.Ю., Тутубалина О.В., Серeda И.И., Зимин М.В., Курилов А.А.</i> Разработка методических основ диагностики раннего развития экономически значимых возбудителей болезней пшеницы с использованием наземных гиперспектральных измерений и средств дистанционного мониторинга	240
<i>Кулик Е.Н., Байкин Д.А.</i> Мониторинг растительности в районах добычи и транспортировки нефти методами автоматизированного дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли	244
<i>Кулик Е.Н., Байшуаков А.Т.</i> Мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур на различных стадиях развития вегетации по данным дистанционного зондирования Земли	248
<i>Латышева В.В., Демьяненко Т.Н., Ботвич И.Ю., Емельянов Д.В.</i> Использование спектральных характеристик поверхности для картографирования структуры почвенного покрова в условиях красноярской лесостепи.....	251
<i>Мамаш Е.А., Пестунов И.А., Чубаров Д.Л.</i> Анализ пространственно-временного распределения температуры подстилающей поверхности на территории Новосибирска на основе данных космического аппарата <i>Landsat-8</i>	254