

## МОНИТОРИНГ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПАВОДКОВОЙ СИТУАЦИИ В СИБИРСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

*Валерий Николаевич Антонов, директор СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета»*

*E-mail: avn@rcpod.siberia.net*

*Оксана Геннадьевна Новгородцева, мл. науч. сотр.*

*E-mail: novg-oksana@yandex.ru*

*СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета»*

*http://www.rcpod.ru*

*В статье рассмотрена актуальность проблемы паводковой ситуации, а так же цифровые технологии обработки многоспектральных данных, применяемые при оперативной работе в Сибирском Центре «НИЦ «Планета»». Карты паводковой обстановки являются в достаточной степени информативными и служат одним из основных источников информации для региональных служб МЧС для оценки ситуации и принятия решений.*

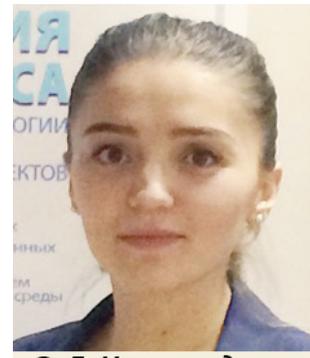
*Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, картографирование, технология, уровень воды.*

В зону ответственности СЦ «НИЦ «Планета»» попадают два крупнейших речных бассейна – Оби и Енисея. Паводковая обстановка на реках Сибирского Федерального Округа (СФО) по сей день является одной из наиболее острых проблем требующей постоянного оперативного мониторинга. В бассейнах рек СФО уровень воды в период весеннего половодья и в период дождевых паводков часто превышает расчетный уровень критических отметок подъема воды, что приводит к подтоплению не только пойменных и садовых участков, но и населенных пунктов [1].



**В. Н. Антонов**

В период с конца мая по конец июня текущего года, на территории Верхней Оби и ее притоках наблюдались превышения уровней воды над нормой на несколько метров, что привело к стихийному бедствию по масштабу и интенсивности воздействия на инфраструктуру и население в размерах, которые ранее не отмечались за всю историю Алтайского края. Причиной наводнения стали дожди, обрушившиеся на Республику Алтай. Началось



**О. Г. Новгородцева**

стремительное повышение уровня воды рек Бии, Катунь и Чарыша. Сложившаяся чрезвычайная ситуация в регионе привела к затоплению десятков деревень, тысяч домов, разрушению дорог и прочих коммуникаций, вследствие чего погибли 6 человек, более 40 тысяч жителей были эвакуированы. По данным штаба по ликвидации последствий паводка, ущерб от наводнения 2014 г. в Алтайском крае и Республике Алтай составил 6,5 млрд руб. (рисунки 1, 2).

Таким образом, целью работы в первую очередь является оперативный спутниковый мониторинг паводковой обстановки, а также накопление статистических данных для дальнейшего прогнозирования паводковой ситуации.

Мониторинг чрезвычайных ситуаций связанный с паводковой обстановкой, можно условно разделить на оперативный и пространственно-временной. Первый ориентирован на быстрое обнаружение зон подтопления, определение их характеристик и оперативную передачу информации структурам МЧС Сибирского Федерального Округа, подразделениям Росгидромета, Верхне-Обскому бассейновому водному управлению для оценки ситуации и принятия управленческих решений. Результаты пространственно-временного мониторинга представляют собой обобщенную характеристику чрезвычайных ситуаций, за-

фиксированных на контролируемой территории за определенный период времени (неделя, декада, месяц и т.д.). По мере накопления информации формируются временные ряды результатов космического мониторинга (рисунок 3), на основе анализа которых определяется частота попадания территории в зоны затопления.



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ФГБУ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ "ПЛАНЕТА"  
СИБИРСКИЙ ЦЕНТР

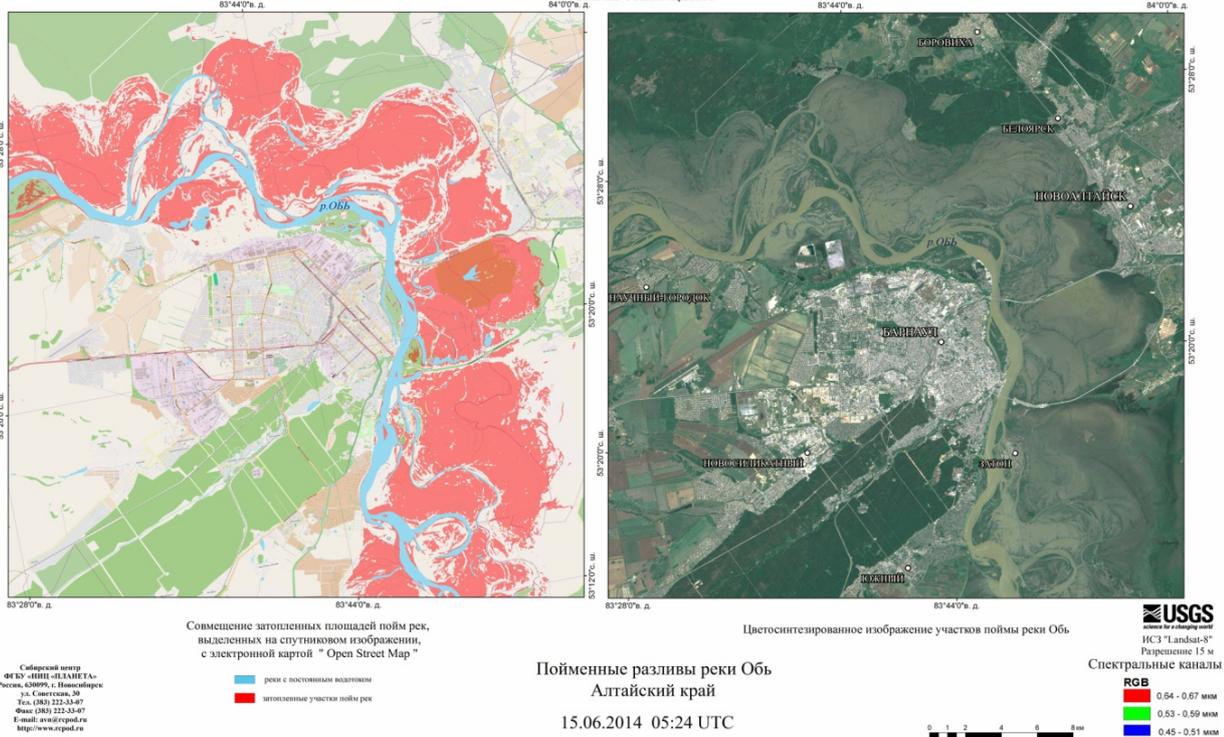


Рисунок 1 – Паводковая ситуация в районе города Барнаул



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ФГБУ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ "ПЛАНЕТА"  
СИБИРСКИЙ ЦЕНТР

ИКС "Ресурс-П"  
(ОЭА)  
Высок №5499  
Разрешение 4м

Спектральные каналы  
0,61 мкм - 0,68 мкм



Сибирский центр  
ФГБУ «НИИ «ПЛАНЕТА»  
Россия, 630099, г. Новосибирск  
ул. Советская, 30  
Тел. (383) 222-33-07  
Факс (383) 222-33-07  
E-mail: avn@rscpd.ru  
http://www.rscpd.ru

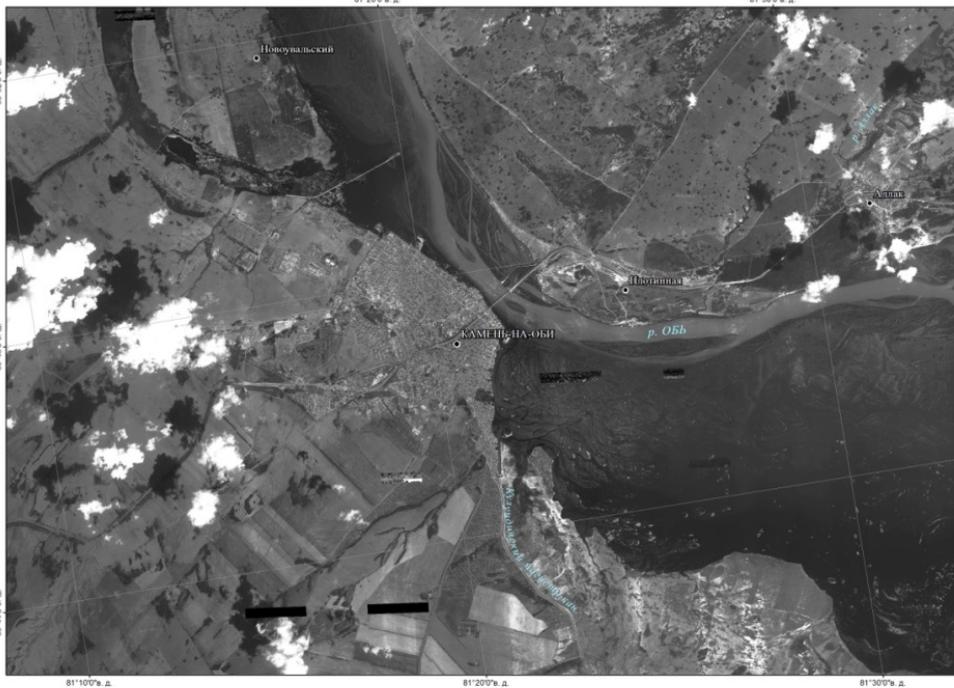


Рисунок 2 – Паводковая ситуация в районе города Камень-на-Оби

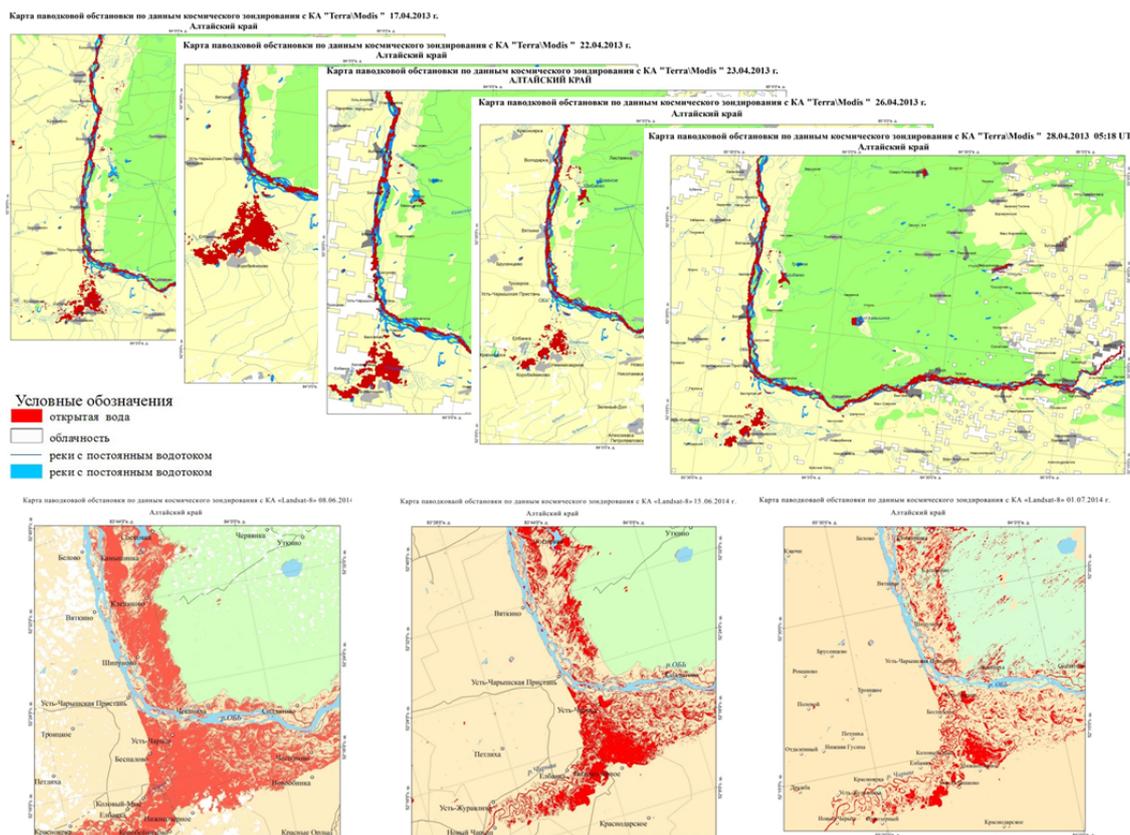


Рисунок 3 – Результаты многолетнего мониторинга района Усть-Чарышской Пристани

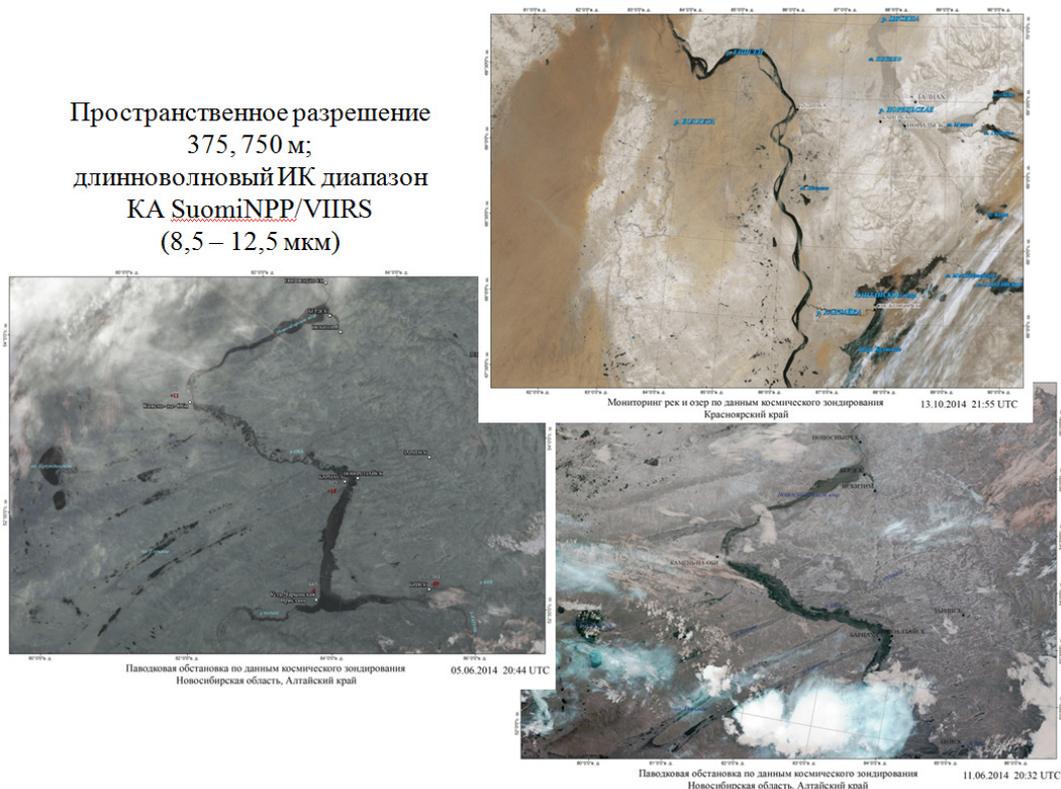
ГИС-технология оценки риска затопления территории по многолетним данным космического мониторинга реализована в среде ArcGis 10.1 и состоит из трех блоков, соответствующих трем этапам получения результирующей оценки. Первый этап образует ежедневные данные о зонах затопления, получаемые в процессе оперативного мониторинга и обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ) различного пространственного разрешения. Второй содержит годовые сведения о зонах затопления, которые формируются из данных первого блока и представляют собой суммарные зоны затопления за период прохождения паводков и наводнений в каждый конкретный год. Третий блок представляет собой подсистему хранения данных (архив) – обеспечивает функции хранения данных и связанных с ними метаданных [2].

Мониторинг должен опираться на ежедневные оперативные наблюдения за состоянием водных объектов. Руслу сибирских рек, таких как Енисей, Обь и их комплексы слишком велики, чтобы при наземном изучении находиться в едином поле зрения наблюдателя, и не могут отслеживаться сразу по всей площади распространения потенциальных зон затопления. Использование ДДЗ позволяет оперативно получать информацию о состоянии водных объектов, а при помощи современных ГИС-технологий картографировать границы подтопленных интересующих участков рек, количественно оценить площади затопления.

В мониторинге паводковой ситуации необходимо использовать комплексный подход и широкий диапазон возможностей данных дистанционного зондирования. Таким образом, использование ДДЗ различного пространственного разрешения, минимальной угловой или линейной величиной изобразившегося объекта местности, зафиксированным пикселем [3], позволяет идентифицировать зоны выхода воды на пойму, связанные с подъемом уровня воды в реках.

ДДЗ низкого разрешения применяются при глобальных наблюдениях паводковой обстановки и в большинстве своем являются обзорными данными, на основе которых создаются среднemasштабные и мелкомасштабные тематические карты паводковой обстановки масштабного ряда от 1:50 000 и мельче. Тематическая составляющая таких карт основана на методах цифровой обработки космических данных. Одним из таких методов

является технология обработки многоспектральных данных сенсора MODIS космической системы EOS. Исходные данные после калибровки проходят дальнейшую обработку в программе ENVI: трансформируются в картографическую проекцию, дополнительно рассчитывается нормализованный вегетационный индекс (NDVI), затем запускается окончательный расчет в модуле классификации. Результаты классификации в виде векторных данных экспортируются в ArcGis 10.1, где совмещаются с картографической основой. В результате обработки полученных данных в ГИС отслеживается момент выхода воды на пойму, границы затопления различных участков поймы, скорость продвижения волны паводка, определяемая по последовательным снимкам, а также оценки площади затоплений.



**Рисунок 4 – Мониторинг паводковой ситуации в ночное время суток по данным SuomiNPP/VIIRS**

При угрозе наводнения целесообразно ежедневно использовать информацию с нескольких спутников для получения более достоверной информации о паводковой ситуации в том или ином регионе. Для этого мониторинг паводковой ситуации на реках ведется также со спутника SuomiNPP/VIIRS. Цифровой пороговый алгоритм оценки паводковой ситуации реализован в среде ENVI и представляет собой «дерево решений», содержащее 7 узлов, и разделяющее изображение на классы. В классификации задействованы 7 спектральных каналов, а также некоторые распространенные индексы: вегетационный, снежный и водный, что позволяет так же с высокой долей вероятности выделить на снимке воду. Мониторинг паводковой обстановки проводится по изображениям, полученным в дневное время суток в видимом и ближнем ИК диапазонах съемки, т.е. по отраженной от природных объектов энергии. Однако в период резкого подъема воды в реках и в облачные дневные часы возникает необходимость круглосуточного мониторинга паводковой обстановки. Для этого используется длинноволновый ИК-диапазон SuomiNPP/VIIRS. Вода имеет самые высокие по сравнению с другими природными объектами значения коэффициента излучения и самые высокие температуры в ночное время, а значит и самые высокие значения яркостных температур на ночных изображениях и высокие контрасты с окружающими объектами. Так, например, почва имеет меньшее значение коэффициента излучения, чем вода, что позволяет разделить на ночных изображениях места разливов рек (рисунок 4).

Для более детального мониторинга паводковой ситуации используются ДДЗ высокого и очень высокого разрешений, на которых можно различить мелкие детали объектов [4], что позволяет более подробно идентифицировать подтопленные части населенных пунктов, участков полей занятых сельскохозяйственными культурами и т.д.

Для создания карт паводковой обстановки на основе ДДЗ высокого разрешения используются различные методы цифровой обработки космических изображений. Одним из наиболее известных методов классификации является итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных ISODATA. В этом случае класс воды идентифицируется методом анализа спектральных кривых выделенных классов. Спектральная кривая, соответствующая классу воды, имеет характерный ход, и падает с увеличением длины волны от видимого к ближнему ИК диапазону. В то время как спектральные кривые других природных объектов растут с увеличением длины волны (рисунок 5).

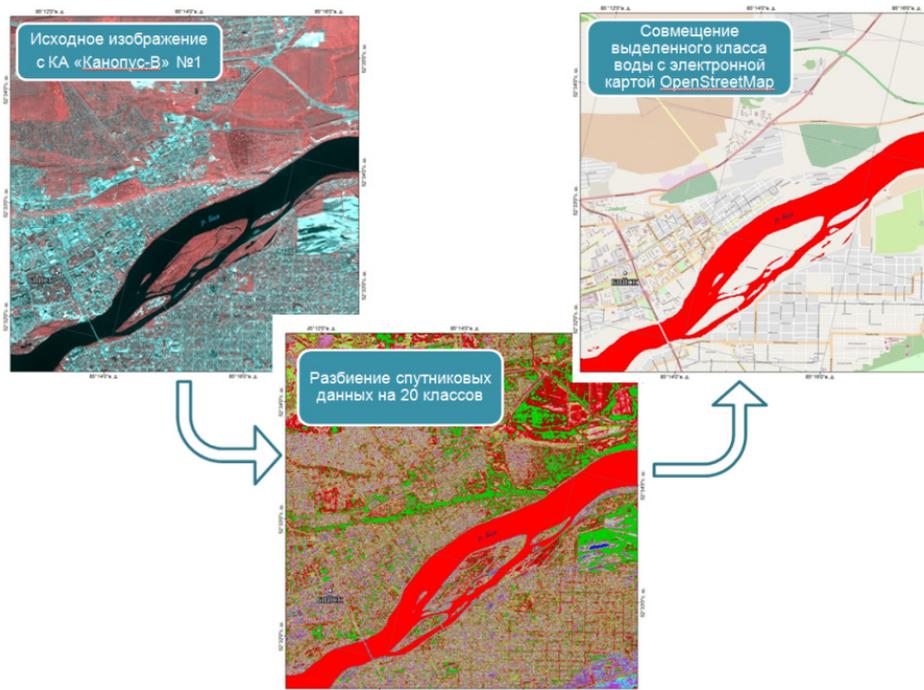


Рисунок 5 – Классификация ДДЗ без обучения методом анализа данных ISODATA

При выделении водных объектов методом классификации без обучения к классу воды могут быть отнесены и переувлажненные почвы, тени от облаков и т.д. В этом случае целесообразно применять классификацию с обучением, используя в качестве эталонов те объекты, состояние которых точно известно. Это важно при выделении зоны затопления малой площади, которые при классификации без обучения могут не выделяться. Таким образом, выделяется на классифицированном изображении класс, соответствующий водным объектам, после наложения которого на векторную карту можно определить территорию подверженную затоплению. Использовать метод классификации с обучением не всегда удобно при работе с данными в оперативном режиме, т.к. выбор эталонных участков требует определенного количества времени, а так же знания местности изображенной на снимке. В этом случае целесообразно сравнить результаты классификации методом «дерева решений». Данный алгоритм оценки паводковой обстановки был разработан для космических снимков Landsat-8. Исходя из поставленных задач определения водных поверхностей «дерево решений» имеет всего два пороговых значения: для облачности и водной поверхности. В качестве исходной информации используются данные спутника Landsat-8 датчика OLI. На основе результатов классификаций таких данных создаются и обновляются тематические карты паводковой обстановки с соответствующей нагрузкой. Такие карты предназначены для различных измерений, например площади зеркала водной поверхности.

Результатом выполненных работ является база данных, которая будет еще расширяться и наполняться, и по результатам которой можно будет делать как краткосрочный, так и долгосрочный прогноз подтопления той или иной территории совместив ДДЗ с наземными данными. Стоит учитывать, что любая система прогнозирования основана в первую очередь на повторяемости событий.

Главное достоинство ДДЗ при мониторинге паводковой ситуации заключается в том, что они поступают ежедневно, в реальном времени и делают возможным мониторинг паводковой ситуации основных бассейнов рек одновременно в нескольких административно-территориальных единицах СФО. В Сибирском Центре «НИЦ «Планета»» спутниковый мониторинг паводковой ситуации на сегодняшний день ведется только с оптико-электронных спутниковых систем, где главным фактором съемки являются безоблачные погодные условия. Таким образом, в условиях безоблачности картографирование ДДЗ с использованием современных технологий позволяют выделить на реках не только момент и границы выхода воды на пойму, но и определить скорость продвижения волны паводка по последовательным снимкам, что является основной тематической нагрузкой карт паводковой обстановки любого масштаба. Интеграция полученных результатов с опорными данными в ГИС позволяет представить результаты обработки в картографическом виде и оперативно передавать заинтересованным пользователям [1].

### Литература

1. ГЕО-Сибирь-2008. Т. 3. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч. 2: сб. матер. IV Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2008». 22–24 апреля 2008 г. Новосибирск: СГГА, 2008. 307 с.
2. Дистанционное зондирование Земли из космоса: алгоритмы, технологии, данные: учебное пособие для слушателей молодежной школы-семинара / Сост.: А.А. Лагутин, Р.И. Райкин, Т.Н. Чимитдоржиев. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. 151 с.
3. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений // Научный мир. 2003. 168 с.
4. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы // Техносфера. 2008. 312 с.

### Monitoring and mapping of flood situation in the Siberian Federal District

*Valeriy Nikolaevich Antonov, Director: State Research Center "Planeta" Novosibirsk*

*O.G. Novgorodtseva, Junior research fellow: State Research Center "Planeta" - Novosibirsk*

*The article describes the importance of the problem of flood situation and digital processing technology of multispectral data, used in the operational work in State Research Center "Planeta". The flood maps are informative enough to serve as one of the main sources of information for the regional services of the Ministry for Emergency Situation.*

*Keywords: remote sensing, mapping, technology, water level/*

УДК 004.052.2:004.056.53

## УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

*Юрий Иванович Афанасьев, канд. техн. наук, доц., доцент*

*кафедры математики и информатики*

*E-mail: afanasieff\_jury@mail.ru*

*Московский университет им. С.Ю. Витте*

*http://www.muiv.ru*