

В.И. Кравцова, Тутубалина О.В. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 416 с.

9. Крупочкин Е.П. Вопросы использования регулярных пространственных сеток в геоинформационном картографировании // Интеркарто 4: ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции (Барнаул, 1-4 июля 1998 г.). – Барнаул, Россия: Изд-во Алтайского госуниверситета, 1998. – С. 203-207.

10. Барышников Г.Я. Рельеф переходных зон горных стран: монография / Г.Я. Барышников. – Барнаул: изд-во Алт. гос. ун-та, 2012. – 499 с.

11. Червяков В.А., Крупочкин Е.П. Дискретный и континуальный подходы к картографированию морфометрии рельефа // Интеркарто 10: Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт: Материалы Международной конференции (Владивосток-Чанчунь, 12-19 июля 2004 г.). – Владивосток, Россия: Изд-во ТИГ ДВО РАН, 2004. – С. 43-48.

12. Малолетко А.М. Уровни долин и заполнение пещер Алтая // Карст Алтае-Саянской горной области и сопредельных горных стран: тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. «Проблемы горного природопользования». – Горно-Алтайск, 1989. – С. 13-15.

13. Малолетко А.М. О происхождении Майминского вала // Вопросы географии Сибири. – Томск, 1980. – Вып. 13. – С. 92-98.

Космический мониторинг опасных гидрометеорологических явлений и оценка их последствий на территории Пермского края

С. В. Пьянков, А.Н. Шихов

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Пермь, Россия, E-mail and3131@inbox.ru

Space monitoring and estimation of consequences of hydrometeorological hazards in Perm region

S.V. Pyankov, A.N. Shikhov

Perm State National Research University

Perm, Russia, E-mail and3131@inbox.ru

Abstract. This article analyzes the application of remote sensing data for operational monitoring of hydrometeorological hazards, and estimation of their consequences on the territory of Perm region. The author shows the necessity of application of remote sensing data on the example of three problems in the study area. There are problems of monitoring of hydrological hazards in the period of spring high water, monitoring of the development of droughts and estimation of damage from hydrometeorological hazards for forest resources of the region.

Опасные гидрометеорологические явления (ОГМЯ) представляют собой один из основных источников чрезвычайных ситуаций природного характера как на территории России в целом, так и в Пермском крае в частности. Происходящие на современном этапе глобальные и региональные изменения климата могут стать причиной увеличения повторяемости, интенсивности ОГМЯ и масштабов ущерба от них. В этих условиях основным путем обеспечения безопасности окружающей среды, населения и экономики является совершенствование системы мониторинга и прогнозирования ОГМЯ, а также информационного обеспечения органов государственной власти, местного самоуправления и населения.

Существующая структура и функционирование региональной системы мониторинга ОГМЯ в Пермском крае не являются оптимальными. Развитие технологий оперативного мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы позволяет в настоящее время значительно повысить эффективность мониторинга ОГМЯ. Современная система мониторинга может быть основана на широком применении ГИС-технологий, средств и методов космического дистанционного зондирования и мезомасштабных моделей прогноза погоды.

В целях комплексного решения обозначенных проблем, в настоящее время в Пермском государственном национальном исследовательском университете разрабатывается система мониторинга опасных гидрометеорологических явлений Пермского края на базе ГИС-технологий. Получение оперативных данных о состоянии атмосферы и подстилающей поверхности основано на комплексном использовании средств и методов космического мониторинга, сети наземных наблюдений, глобальной и мезомасштабной модели прогноза погоды.

В данной статье рассмотрены методы космического мониторинга и оценки последствий ОГМЯ на территории Пермского края. С учетом характерной для региона повторяемости и масштабов наносимого ущерба, определены те виды опасных явлений и ущерба от них, организация космического мониторинга которых является приоритетной:

1. Опасные гидрологические явления, связанные с прохождением весеннего половодья.
2. Сельскохозяйственная засуха.
3. Массовые ветровалы в лесных массивах, связанные с прохождением сильных шквалов и смерчей.

Ниже рассмотрены методы космического мониторинга перечисленных ОГМЯ и оценки их последствий на территории Пермского края.

Мониторинг опасных гидрологических явлений в период прохождения весеннего половодья

На территории Пермского края большинство случаев опасных гидрологических явлений (подъемы уровней воды до опасных отметок, заторные наводнения) наблюдаются в период прохождения весеннего половодья. В зоне возможного затопления частично расположено более 50 населенных пунктов, в том числе 7 городов.

Для оперативного мониторинга процессов снеготаяния, выявления зон затопления, оценки ледовой обстановки на реках, оценки ущерба от затопления эффективно применение данных дистанционного зондирования Земли из космоса [Бураков, 2009; Копылов, 2008, 2009]. Для мониторинга опасных гидрологических явлений в Пермском крае используются следующие типы данных ДЗЗ:

- данные низкого разрешения (Terra/Aqua MODIS) – для мониторинга динамики схода снежного покрова на водосборах рек, валидации модели формирования и таяния снежного покрова;
- данные среднего разрешения (LANDSAT-7/8) – для оценки площадей затопления, анализа ледовой обстановки, районирования территории по степени риска наводнений;
- данные высокого и сверхвысокого разрешения (заказная съемка с аппаратов SPOT-5, EROS A/B) – для оперативной оценки ситуации в подтопленных населенных пунктах;

В целях реализации краткосрочного прогноза опасных гидрологических явлений разработана *математико-картографическая модель формирования и таяния снежного покрова*, адаптированная для условий водосбора Воткинского водохранилища. Процесс снеготаяния является важнейшим фактором, определяющим объем стока, максимальные уровни и расходы воды весеннего половодья. Сложность его моделирования обусловлена необходимостью учета не только гидрометеорологических условий, но и свойств подстилающей поверхности.

В качестве входных данных в модели снеготаяния используются (рис. 1):

- цифровая модель рельефа Etopo2 (GLOBE);
- карта типизации растительного покрова, созданная по актуальным разносезонным снимкам Terra/Aqua MODIS;
- данные о максимальном запасе воды в снежном покрове;
- ежедневные данные наблюдений на сети метеостанций;
- данные ДЗЗ низкого и среднего разрешения – для калибровки модели и проверки результатов.

Выходные данные – площадь заснеженности, запас воды в снеге и поступление талых вод на водосборы рек (с суточным шагом). Размер модельной ячейки принят равным 3000 м, с учетом низкой плотности наблюдательной сети на исследуемой территории. Все расчеты выполнены средствами ArcGis, для автоматизации вычислений разработан специальный модуль-расширение Addin ArcGis 10.1.

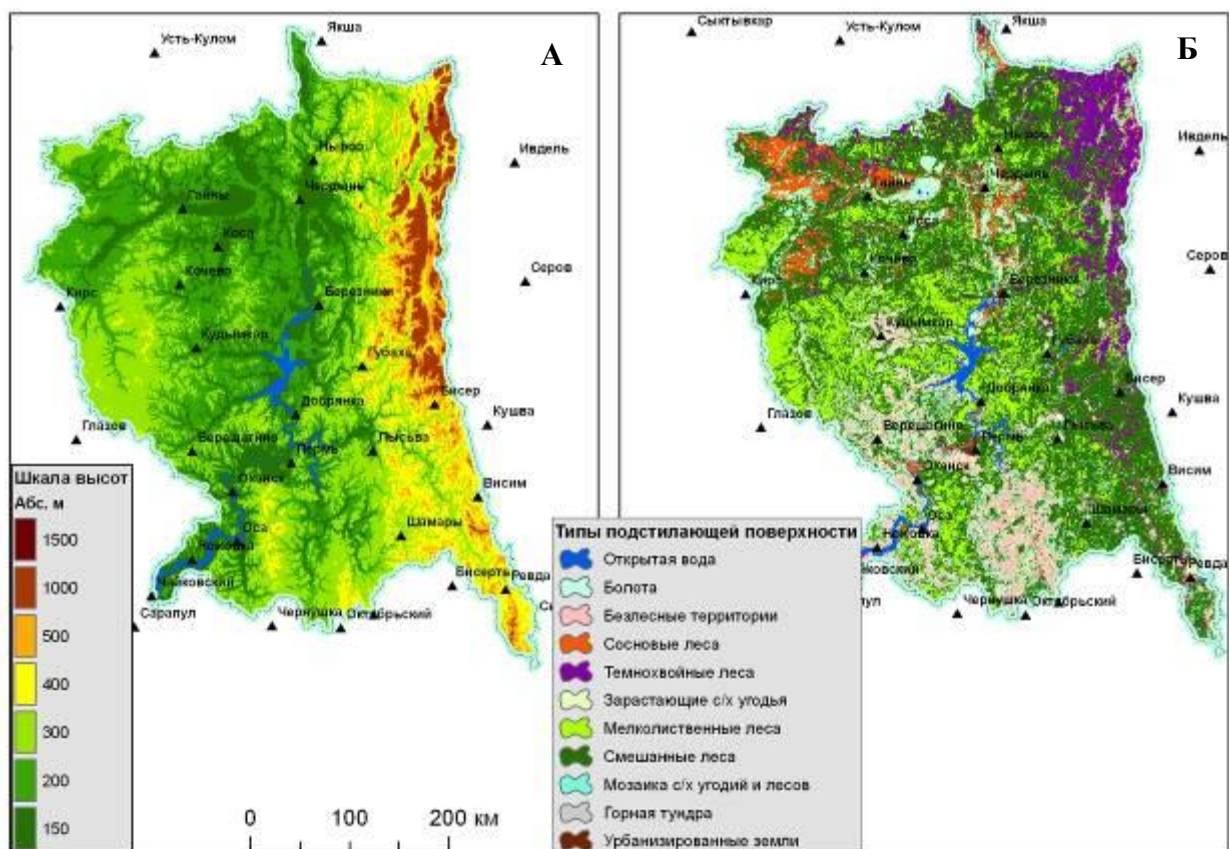


Рис. 1. Входные данные в модели: А – цифровая модель рельефа водосбора и наблюдательная сеть; Б – типизация подстилающей поверхности

Расчет интенсивности снеготаяния на водосборах рек выполнялся на основе метода П. П. Кузьмина [Кузьмин, 1961]. Метод П.П. Кузьмина основан на решении уравнения теплового баланса снежного покрова в предположении, что температура тающего снега равна 0° , он физически наиболее обоснован, но в то же время весьма требователен к исходным данным. В качестве входных метеорологических данных в модели снеготаяния (при расчете по методу П.П. Кузьмина), используются поля температуры и влажности воздуха, скорости ветра, суммарной солнечной радиации, общей и нижней облачности, жидких и твердых осадков.

Восстановление входных полей метеоэлементов за каждый день периода снеготаяния выполнялось средствами ГИС-технологий, с применением методов интерполяции и растровой алгебры, предложенных в работе [Яковченко, 2007]. При этом использовались как фактические данные наблюдений, так и прогнозные данные численных моделей атмосферы GFS/NCEP и WRF/ARW. Учитывались высотные градиенты метеовеличин (температуры и влажности воздуха, скорости ветра, накопленных осадков и снеготаяния).

Расчет максимального снеготаяния производился на основе различных входных данных: по данным маршрутных снегомерных съемок, по данным об осадках холодного периода и на основе прогнозных полей осадков по мезомасштабной модели атмосферы WRF/ARW (с пространственным разрешением 10 км). При использовании первых двух методов, вертикальный градиент осадков и снеготаяния принимался равным $15\%/100$ м на равнине и $10\%/100$ м в горах. Третий метод, в котором в качестве исходных данных используются поля осадков по модели WRF/ARW, позволяет объективно учесть вертикальный градиент осадков и изменение их фазы с высотой. Поправочные коэффициенты для оценки снеготаяния в различных типах леса задавались в соответствии с рекомендациями, предложенными в работе [Шутов, 1998]. Снеготаяние при оттепелях рассчитывалось по средней суточной температуре воздуха.

Расчет поступления талых вод на водосборы рек выполнялся в соответствии с методикой А.Г. Ковзеля, с учетом водоудерживающей способности снега. Для лесных и безлесных частей водосбора были заданы типовые кривые распределения снеготаяния, описывающие перераспределение снега на мезо- и микрорельефе [Лебедева, 1963]. Результаты моделирования процесса снеготаяния (на примере 2013 г.) показаны на рис. 2.

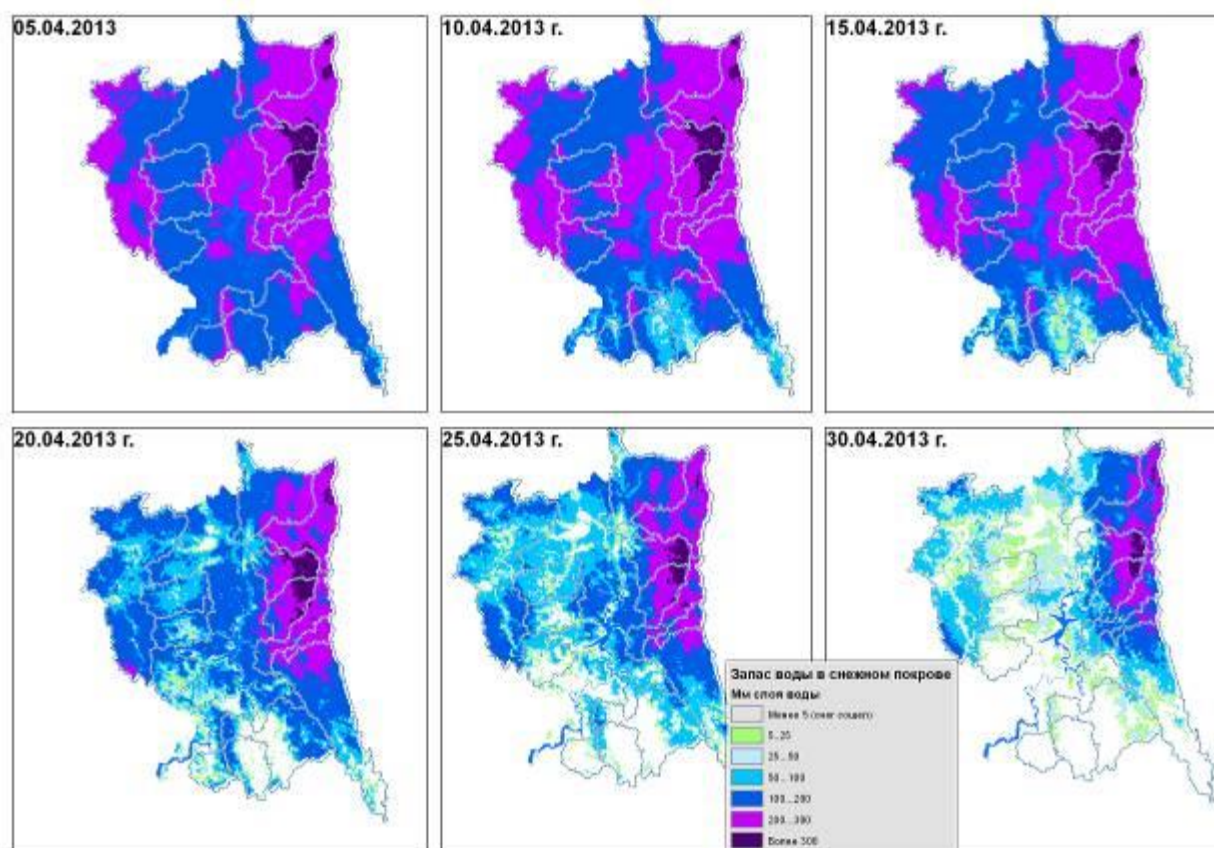


Рис.2. Динамика процесса снеготаяния в 2013 г. на водосборе Воткинского водохранилища

Данные дистанционного зондирования Земли (Terra/Aqua MODIS и LANDSAT) использованы для ежедневного мониторинга заснеженности на исследуемой территории и валидации результатов моделирования. Для дешифрирования снежного покрова использован нормализованный дифференциальный снежный индекс NDSI, который рассчитывается по данным ДЗЗ в видимом и среднем ИК диапазонах [Kuchment, 2010]. Пороговое значение NDSI принималось равным 0,35. Все пиксели, имеющие значение NDSI больше порогового, рассматривались как заснеженные: на безлесных участках – на 50% и более площади, на лесных участках – на 80% и более площади. Таким образом, была сопоставлена фактическая и расчетная площадь снежного покрова на участках, не закрытых облачностью, за отдельные (малооблачные) дни в период снеготаяния. Результаты сопоставления фактической и расчетной заснеженности (на примере апреля 2011 и 2013 гг.) приведены в табл. 1, 2. Пример сопоставления фактической (по данным ДЗЗ) и расчетной заснеженности приведен на рис. 3.

Таблица 1. Сопоставление расчетной и фактической заснеженности территории весной 2011 г.

Дата		16.04.11	17.04.11	27.04.11	28.04.11	01.05.11	05.05.11
Площадь, свободная от облачности, тыс. км ²		38	68,5	106,2	46,3	96,4	183,6
Площадь снежного покрова, %	Факт	74,0	80,7	37,0	60,0	41,0	10,0
	Расчет	83,0	91,0	50,0	59,0	45,0	7,4

Таблица 2. Сопоставление расчетной и фактической заснеженности территории весной 2013 г.

Дата		15.04.13	20.04.13	21.04.13	25.04.13	05.05.13
Площадь, свободная от облачности, тыс. км ²		156,3	65,3	65,1	62,1	150,6
Площадь снежного покрова, %	Факт	91	68	34	62	15
	Расчет	97	70	49	50	18

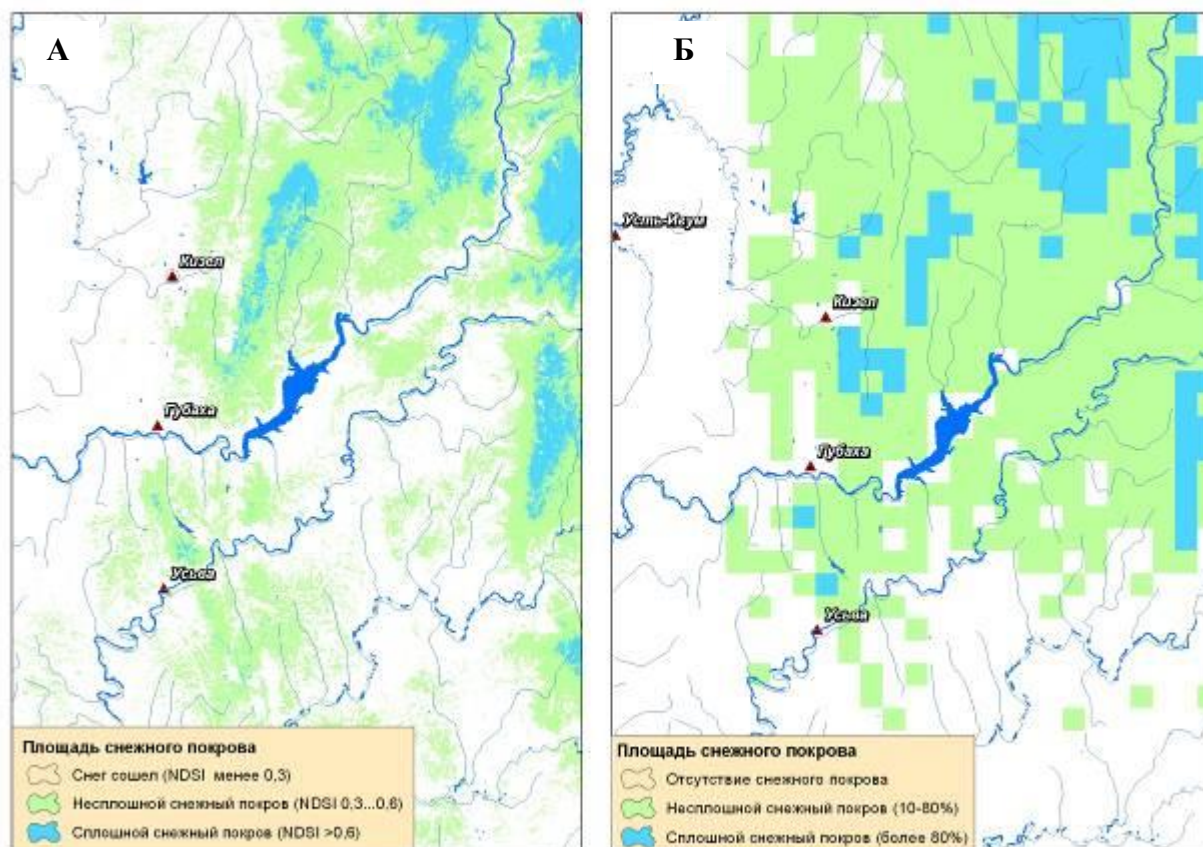


Рис. 3. Сопоставление фактической (А) и расчетной (Б) заснеженности на горных водосборах за 04.05.2011

Для мониторинга затопления территорий и ледовой обстановки на реках Пермского края использовались данные ДЗЗ со спутников SPOT 4/5, LANDSAT 5/7/8. Такие свойства космических снимков, как обзорность и регулярность получения, позволяют использовать их не только для оперативного мониторинга, но и для картографирования территорий, подверженных риску затоплений [Архипкин, 2009]. В настоящее время одним из эффективных инструментов для решения такого рода задач являются данные со спутников серии LANDSAT, архив которых более чем за 40 лет наблюдений находится в свободном доступе. Однако в связи с влиянием облачности временное разрешение снимков LANDSAT оказывается недостаточным, и в качестве дополнения к ним при обзорном (мелкомасштабном) картографировании зон риска наводнений приходится использовать данные низкого разрешения Terra/Aqua MODIS. На основе данных ДЗЗ за 2001-2013 гг. создана карта повторяемости затопления пойм крупных рек Пермского края (рис. 4). Автоматизированное выделение зон затопления выполнялось методом неуправляемой классификации Izodata по разновременным снимкам. Для классификации использовались только спектральные каналы с пространственным разрешением 250 м.

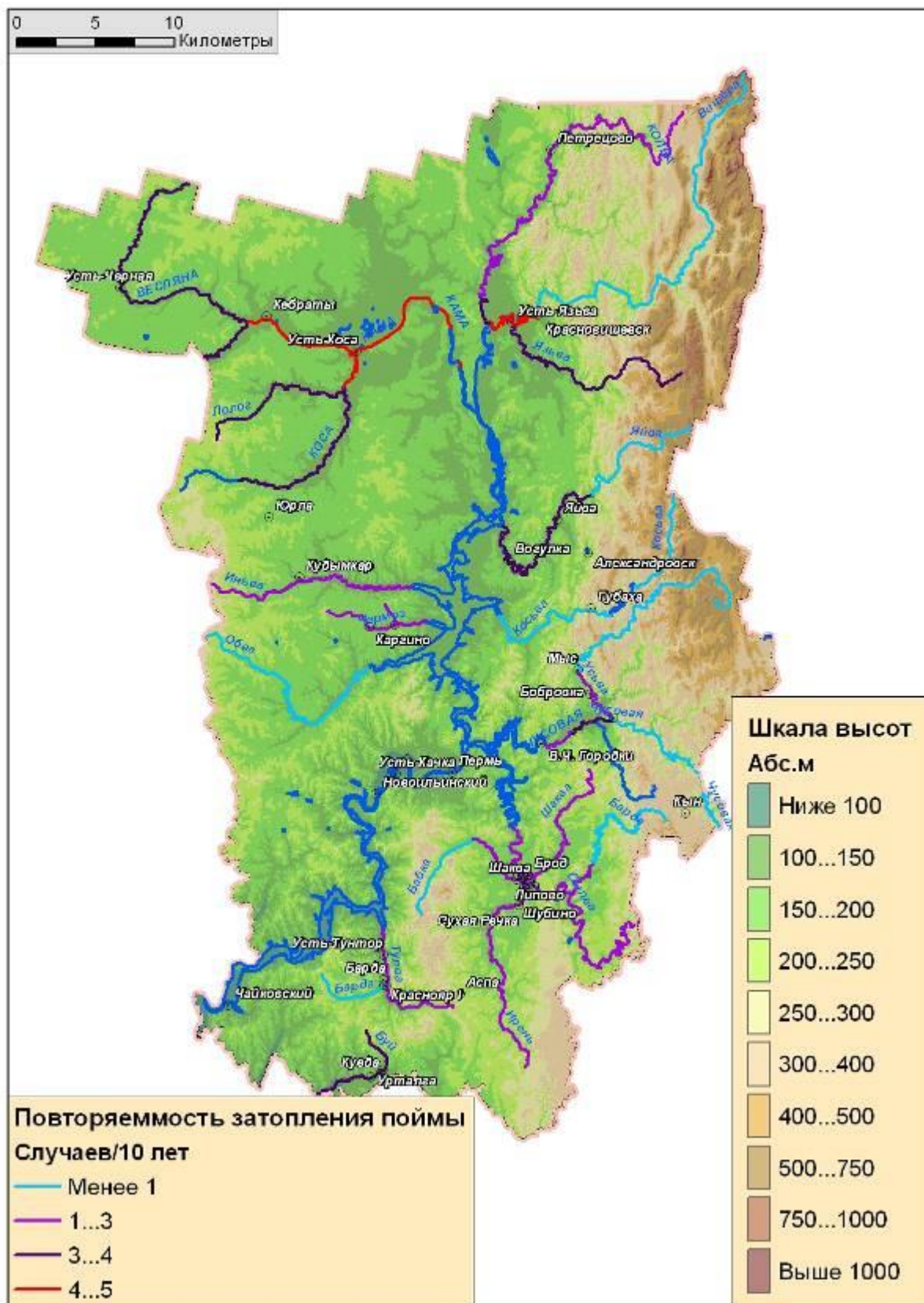


Рис. 4. Карта повторяемости затопления пойм некоторых рек Уральского Прикамья в 2001 – 2013 гг. (на основе данных Terra/Aqua MODIS)

Космический мониторинг засух по многолетним рядам данных ДЗЗ

Для территории Пермского края, большая часть которой расположена в зоне избыточного увлажнения, сильные почвенные засухи менее характерны, чем для более южных регионов Поволжья и Урала. Однако в последние годы они наблюдались два раза, в июле-августе 2010 г. и в июне-июле 2013 гг. В обоих случаях был введен режим чрезвычайной ситуации в агропромышленном комплексе края.

Для смягчения последствий засухи необходимо ее своевременное выявление, мониторинг развития и оперативная оценка ущерба. Для решения перечисленных задач мониторинга засухи на обширных территориях в оперативном режиме требуется использование не только традиционных наземных, но и космических наблюдений (Щербенко, 2007).

В традиционных методах выявления засухи и оценки ее параметров, используются данные наземных метеорологических наблюдений (количество осадков, температура поверхности почвы и воздуха, влажность почвы и воздуха). Основной проблемой традиционных методов выявления засухи является редкая сеть наблюдений и невозможность детального учета пространственного распределения конвективных осадков в весенне-летний период. Вследствие этого космический мониторинг может обеспечить большую заблаговременность выявления признаков засухи, чем традиционные методы.

Методы космического мониторинга засух основаны на индексах, которые являются дробно-линейными комбинациями спектральных каналов в видимом, ближнем инфракрасном и тепловом диапазонах спектра. Индексы позволяют учесть различия в отражательной способности (обычно в красном и ближнем инфракрасном диапазонах) растительности, находящейся в нормальном и стрессовом состоянии. По данным ДЗЗ отслеживается состояние сельскохозяйственных культур по проективному покрытию ими почвы и температурный режим района. Признаки наступления засухи по данным ДЗЗ выявляются на основе нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI и яркостной температуры подстилающей поверхности, а также различных комбинаций этих параметров (Щербенко, 2007).

В качестве исходных данных для мониторинга засух чаще всего используются космические снимки низкого разрешения с высокой повторяемостью съемки и длительным рядом наблюдений – Terra/Aqua MODIS и NOAA AVHRR. Наиболее известными индексами, используемыми для мониторинга засухи на основе данных с этих спутников, являются индекс условий роста растительности (Vegetation Condition Index, VCI) и «индекс засухи» (Index of Drought) [Спивак, 2012; Щербенко, 2007].

Индекс условий вегетации VCI вычисляется следующим образом:

$$VCI_j = (NDVI_j - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \times 100\%,$$

где VCI_j – значение индекса условий вегетации для даты j; NDVI_j – индекс NDVI значений для даты j; NDVI_{max} – максимальное значение NDVI внутри всего набора данных; NDVI_{min} – минимальное значение NDVI внутри всего набора данных.

Использование индекса условий вегетации позволяет учесть естественное изменение спектральных характеристик растительности в течение вегетационного периода, позволяет сравнивать между собой отсчеты NDVI в разных ландшафтах и при разных погодных условиях. Значения VCI изменяются от 0 до 100%, отражая изменения условий вегетации. Условия считаются влажными и благоприятными для растительности при значении индекса более 70% (выше многолетней нормы). Изменения VCI в диапазоне 30-70% отражают близкие к норме условия увлажнения. Стрессовое состояние растительности наступает при значении индекса менее 30% (ниже нормы) [Спивак, 2012].

На практике расчет индекса VCI целесообразно осуществлять на основе декадных или пентадных композитных значений NDVI. Композит вычисляется путем выбора максимального значения за 5 или 10 дней. Это позволяет сгладить суточные вариации NDVI, в большинстве случаев устранить влияние облачности и задымления от пожаров [Спивак, 2012].

В качестве *исходных данных* для мониторинга и оценки интенсивности засух на территории Пермского края используются многолетние ряды данных ДЗЗ со спутника Terra MODIS и вычисленных на их основе вегетационных индексов за 2003-2013 гг. с пространственным разрешением 250-1000 м, а также маска земель сельскохозяйственного назначения.

На основе выборки ежедневных значений NDVI, рассчитанных по малооблачным снимкам, были получены декадные композиты – максимальные значения NDVI за декаду. По многолетним рядам декадных композитов вычислены норма (средние значения), максимумы и минимумы NDVI для каждой декады, а на их основе получены многолетние ряды индекса условий вегетации VCI, рассчитанного по формуле (15), и проведена оценка состояния растительности на его основе по трем градациям:

- (0 < VCI < 30%) – ниже многолетней нормы, оценка «плохое состояние»;
- 30% < VCI < 70% – близко к многолетней норме, оценка «норма»;
- (70% < VCI < 100%) – выше многолетней нормы, «хорошее состояние».

Построены декадные карты условий вегетации и выполнен сравнительный анализ развития засух летом 2010 и 2013 гг. (по данным спутниковых и наземных наблюдений). На рис. 5, 6 представлены карты состояния растительности при засухе в южной части Пермского края в июне-августе 2010 и 2013 гг. (только для безлесной территории), а на рис. 7 – распределение площадей сельхозугодий с различными условиями вегетации летом 2010 г.

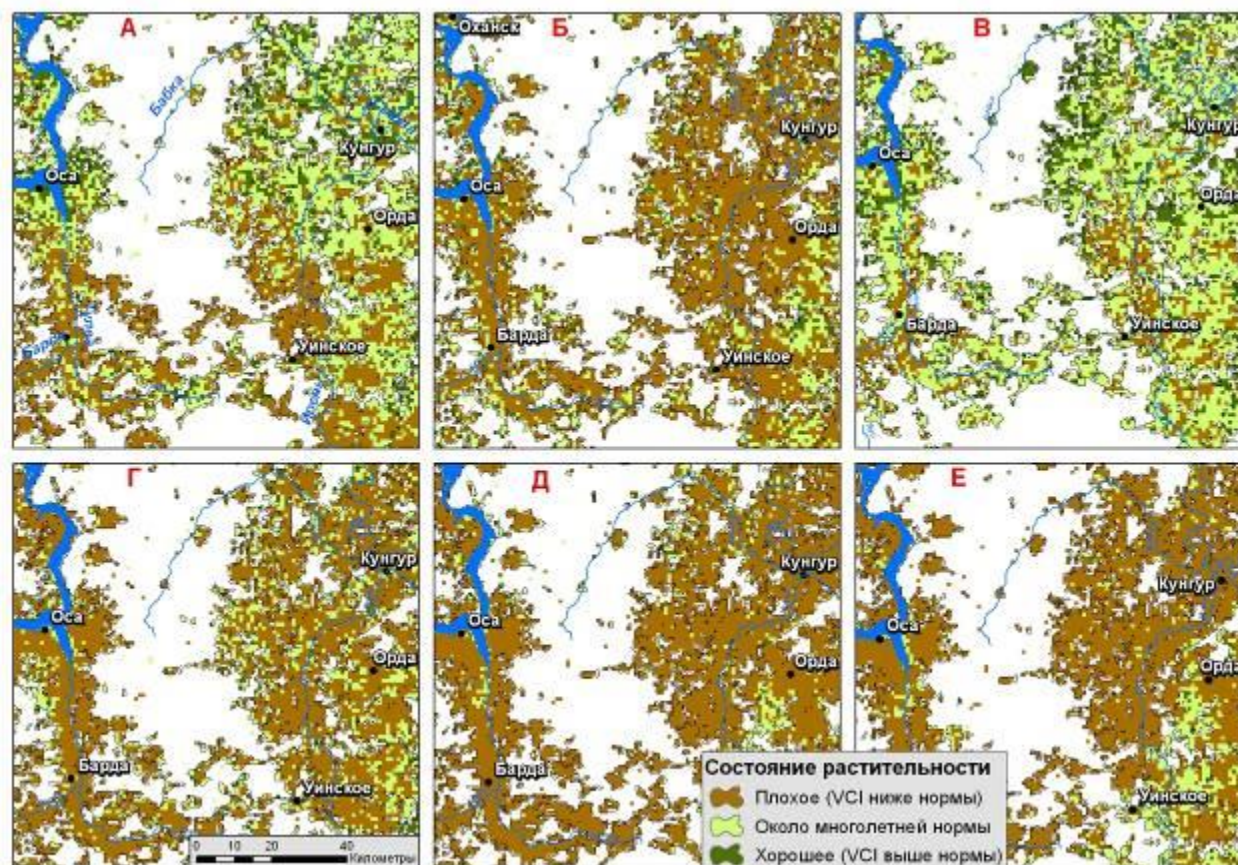


Рис. 5. Развитие засухи летом 2010 г: **А** – 3-я декада июня; **Б** – 1-я декада июля; **В** – 2-я декада июля; **Г** – 3-я декада июля; **Д** – 1-я декада августа; **Е** – 2-я декада августа

Сопоставление индекса условий вегетации VCI с гидротермическим коэффициентом Г.Т. Селянинова (ГТК) указывает на зависимость условий вегетации от условий увлажнения. ГТК рассчитывался за летний период методом скользящего осреднения по шести декадам (в июне – по трем декадам), чтобы оценить накопленную засушливость. Коэффициент корреляции между рассчитанным таким образом ГТК и индексом условий вегетации составляет 0,64. Проверка с использованием t-критерия Стьюдента подтверждает статистическую значимость выявленной зависимости, приведенной на рис. 8.

Методика мониторинга засух на основе индекса условий вегетации VCI позволяет, таким образом, выявить пространственно-временные закономерности развития засухи и оценить ее интенсивность, а при накоплении более длительного ряда спутниковых наблюдений (не менее 15 лет) оценить также повторяемость засух на исследуемой территории.

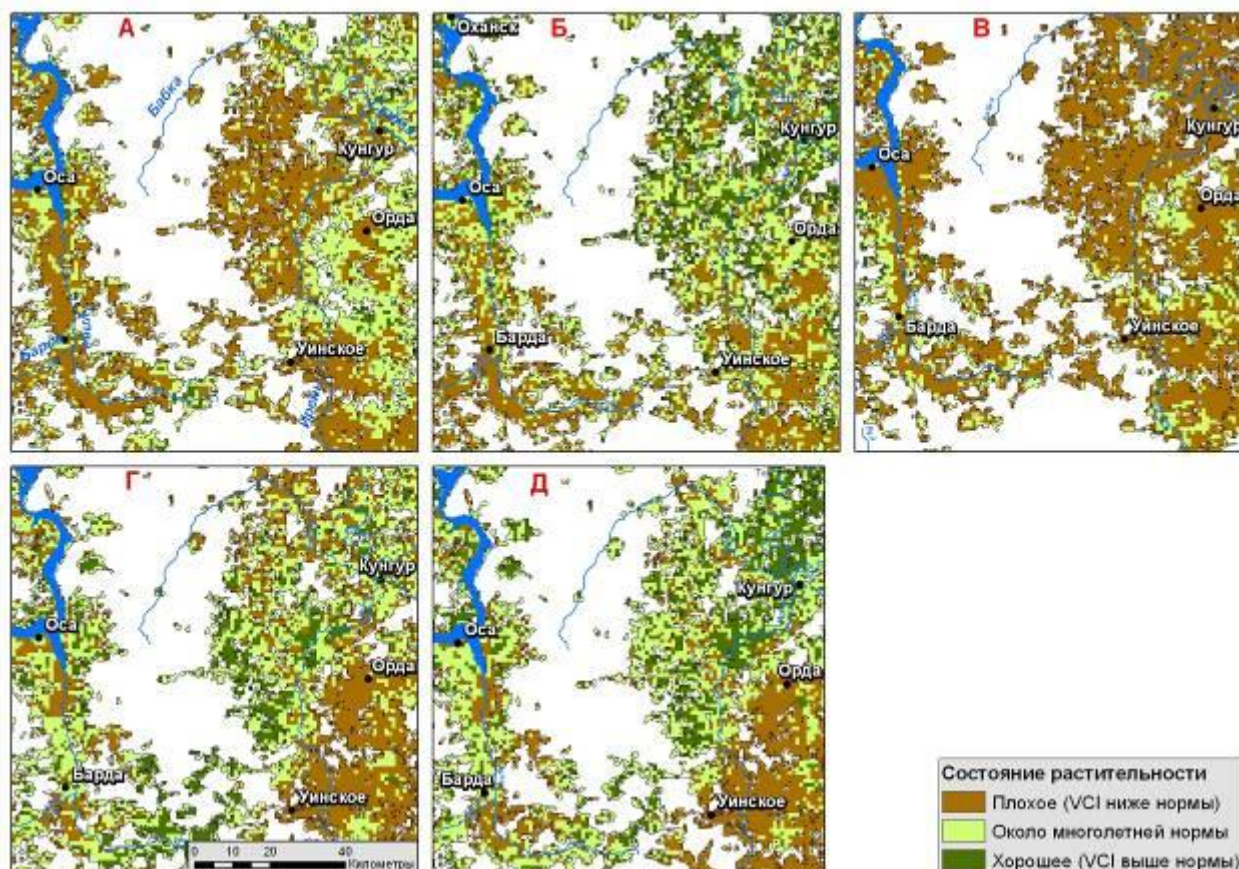


Рис. 6. Развитие засухи летом 2013 г.: А – третья декада июня; Б – первая декада июля; В – вторая декада июля; Г – первая декада августа; Д – вторая декада августа

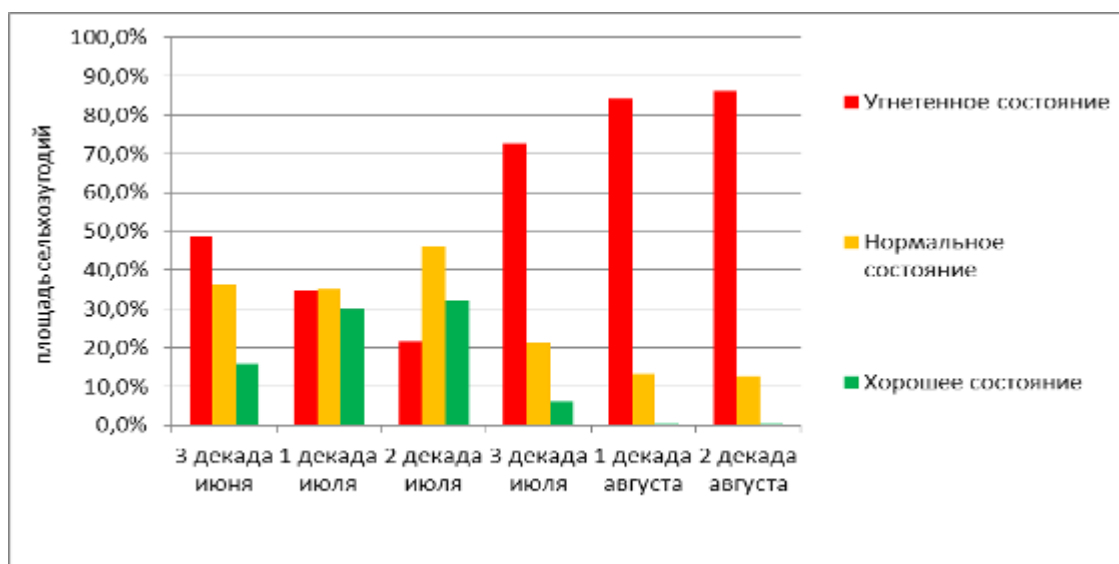


Рис. 7. Распределение площадей сельхозугодий с различными условиями вегетации в июне-августе 2010 г.

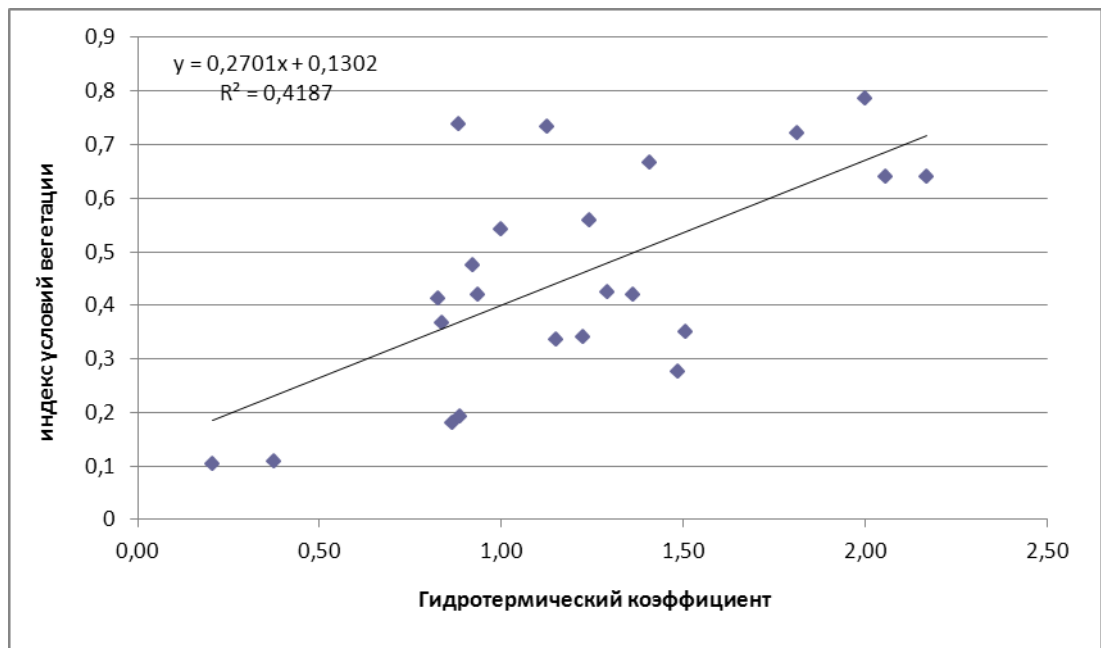


Рис. 8. Зависимость индекса условий вегетации от гидротермического коэффициента (за 2010-2013 гг.)

Оценка ущерба от опасных гидрометеорологических явлений для лесных ресурсов Пермского края

Ежегодно значительные площади лесов Пермского края подвергаются негативному воздействию опасных гидрометеорологических явлений. На территории Пермского края наибольший ущерб для лесных ресурсов связан с массовыми ветровалами. Актуальность данной проблемы возросла после катастрофического ветровала, произошедшего 18 июля 2012 г.

Во многих случаях оперативное выявление и оценка состояния поврежденных участков леса позволяет провести эффективные мероприятия по защите лесов и/или их восстановлению. Несвоевременное получение информации о негативных изменениях в лесах, в свою очередь, может привести к снижению эффективности лесозащитных мероприятий. Эффективным инструментом обнаружения поврежденных насаждений на большой территории в настоящее время является космический мониторинг [Барталев, 2010; Егоров, 2006; Крылов, 2011].

Оценка ущерба для лесных ресурсов от опасных гидрометеорологических явлений в Пермском крае производится на основе данных ДЗЗ различного пространственного разрешения. Автоматизированное дешифрирование гарей и ветровалов выполняется по снимкам с аппаратов LANDSAT-5 (сенсор TM), LANDSAT-7 (сенсор ETM+) и LDSM-8 (сенсор OLI/TIRS). Использован ряд наблюдений за период 1999-2013 гг. Для валидации результатов автоматизированного дешифрирования, уточнения контуров ветровалов, использованы данные высокого разрешения (SPOT-4, SPOT-5, WorldView-2) за 2011–2013 гг.

В качестве основной методики дешифрирования негативной динамики лесов использована **Пороговая методика на основе разности коротковолнового вегетационного индекса SWVI**. Она эффективна при сопоставлении разновременных снимков с временным интервалом съемки не более 5 лет. Эффективность методики обусловлена тем, что при повреждении растительности, наряду со снижением фотосинтеза и уменьшением отражения в ближней инфракрасной (ИК) области спектра, происходит значительный рост отражательной способности в средней ИК зоне, связанный с уменьшением содержания влаги в листьях (хвое) [Егоров, 2006; Барталев, 2010]. Индекс SWVI рассчитывается по формуле:

$$SWVI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR),$$

где *NIR* – спектральная яркость в ближней ИК зоне, *SWIR* – спектральная яркость в коротковолновой ИК зоне. Для выявления изменений в лесах использовался пороговый критерий, который определялся обычно экспертным путем, в зависимости от сезона съемки и процента облачности. Расчет проводился в пределах предварительно созданной маски лесов. Полученные результаты подвергались сглаживанию, фильтрации по минимальному значению площади, и автоматически векторизовались.

Отделение ветровалов от вырубок и участков повреждения вредителями и болезнями леса проводилось экспертным путем. При отделении ветровалов важнейшим признаком является геометрическая форма (значительная протяженность, отсутствие прямых углов) и текстура объекта. Длина полосы ветровала, как правило, превышает ширину в 3–10 раз (у ветровалов, связанных со шквалами) или в 20–50 раз (у ветровалов, связанных со смерчами). Кроме того, для ветровалов, связанных со шквалами, характерна сложная мозаичная структура (сочетание нескольких крупных и большого числа мелких участков), которая определяется рельефом местности и особенностями породного состава лесов. Пример применения данной методики для дешифрирования ветровалов приведен на рис. 9.

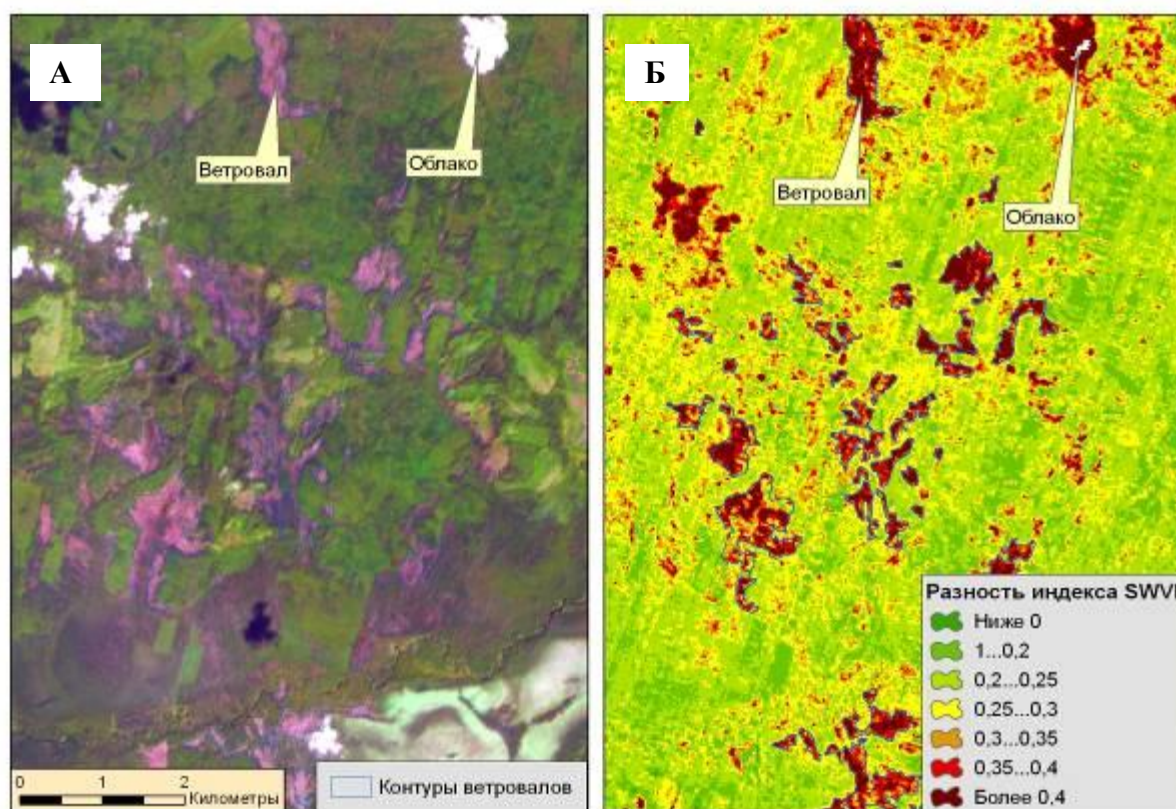


Рис.9. Применение индекса $\Delta SWVI$ для выявления ветровала: А – исходный снимок (после ветровала); Б – растр вегетационного индекса $\Delta SWVI$

Для выборочной валидации результатов автоматизированного дешифрирования использованы панхроматические и мультиспектральные снимки SPOT-4/5 за 2011-2013 гг. Детальная валидация результатов была проведена на участке Кочевского лесничества (северо-запад Пермского края) площадью 250 км², который сильно пострадал от ветровала 18.07.2012, по мультиспектральному снимку WorldView-2 (пространственное разрешение 2 м). По нему были вручную оцифрованы контуры ветровалов (всего 506 участков на общей площади 1596 га). Общая площадь ветровалов на данном участке, выявленных в автоматизированном режиме по снимку LANDSAT, в 1,9 раза меньше, чем реальная площадь, определенная по снимку WorldView-2. Это связано не столько с пропуском мелких участков, сколько с занижением площади ветровалов, что согласуется с выводами, приведенными в работе [Королева, 2012]. Средняя площадь ветровала, определенная по снимку WorldView-2 составляет 3,1 га, а по снимку LANDSAT-5 – 1,7 га. Распределение участков ветровала по градациям площади показано в табл. 3.

Таблица 3. Распределение ветровалов по градациям площади

Градация площади	Число участков ветровала, выявленных по данным LANDSAT	Площадь ветровалов, выявленных по данным LANDSAT, га	Число участков ветровала, выявленных по данным WorldView-2	Площадь ветровалов, выявленных по данным WorldView-2
менее 0,5 га	98	38	94	31
0,5...1 га	68	49	130	96
1...2,5 га	51	85	154	238
2,5...5 га	28	100	58	206
5..10 га	7	50	34	223
10...50 га	13	240	30	523
Более 50 га	1	183	3	281

Причиной массовых ветровалов на исследуемой территории смогут быть как шквалы, так и смерчи. Наиболее масштабные ветровалы связаны с сильными шквалами (23-28 м/с) 18 июля 2012 г. и смерчами 7 июня 2009 г. (6 участков, на общей площади более 2,5 тыс. га). Общая площадь лесных массивов, поврежденных ветровалом 18.07.2012, (сплошные и несплошные ветровалы), составила более 250 км², в том

числе в Кочевском лесничестве – около 90 км², в Вайском и Колвинском лесничествах – более 100 км², из них сплошного ветровала – более 8 тыс. га. Поврежденные участки представляют собой сложную мозаику небольшого числа крупных (10-150 га) и большого числа мелких участков сплошного ветровала. Массовый ветровал произошел на пяти участках в Кочевском, Красновишерском, Чердынском, Гайнском и Косинском районах Пермского края, которые являются одной из важных сырьевых баз лесопромышленного комплекса региона. Пострадали в основном наиболее ценные спелые насаждения темнохвойных пород. Более подробно данный случай проанализирован в работе [Ветров, Шихов, 2013].

Смерчи 07.06.2009 г. наблюдались в Юрлинском и Гайнском районах Пермского края, а также в Усть-Куломском районе Республики Коми. Общая длина пути смерчей составила более 90 км, ширина полосы разрушений от 100 до 600 м. Условия образования смерчей в Пермском крае 7 июня 2009 г. рассмотрены в работе [Шихов, 2013].

Остальные выявленные случаи ветровалов имели локальный характер. В целом можно сделать вывод, что массовые ветровалы на территории Пермского края – явление достаточно редкое. В большинстве случаев сильные ветра и шквалы на исследуемой территории не приводят к массовому повреждению лесных массивов. Большинство участков сплошных ветровалов расположено в северных районах Пермского края, где сохранились значительные площади спелых и перестойных елово-пихтовых и смешанных лесов, неустойчивых к воздействию сильных ветров. Пространственное распределение массовых ветровалов на территории Пермского края, выявленных за период 2001-2012 гг., показано на рис. 10.

Ущерб для лесных ресурсов от шквалов и смерчей не ограничивается прямым их уничтожением в результате ветровала. В дальнейшем вокруг участков ветровала формируются очаги короэда-типографа и других вредителей леса. Наличие объективной информации о повреждениях лесов, полученной по данным ДЗЗ, является одним из эффективных способов снижения экономического, социального и экологического ущерба от болезней и вредителей леса [Крылов, Владимирова, 2011].

Также известно, что участки ветровалов являются очагом повышенной пожароопасности, в которых значительное скопление лесных горючих материалов сочетается с объективной сложностью проезда к очагу пожара и его тушения. Уже в июле 2013 г. был зафиксирован значительный рост числа лесных пожаров на территории наиболее пострадавшего от ветровалов 18 июля 2012 г. Кочевского района Пермского края. Все это подтверждает необходимость оперативного выявления ветровалов с использованием средств и методов космического мониторинга, особенно в современной ситуации, когда наличие свободно доступных данных с аппаратов серии LANDSAT значительно снижает затраты на выполнение этих работ.

Заключение

Применение данных дистанционного зондирования Земли позволило существенно расширить объем получаемой информации об опасных гидрометеорологических явлениях и нанесенном ими ущербе на территории Пермского края, повысить эффективность мониторинга. В целях информационного обеспечения пользователей оперативными фактическими и прогнозными данными об опасных гидрометеорологических явлениях на основе средств и методов космического мониторинга, Центром геоинформационных систем ПГНИУ был разработан информационно-аналитический web-ресурс «Опасные природные явления Пермского края» (www.accident.perm.ru). В настоящее время он используется для оперативного информирования органов государственной власти регионального уровня и средств массовой информации об опасных гидрометеорологических явлениях.

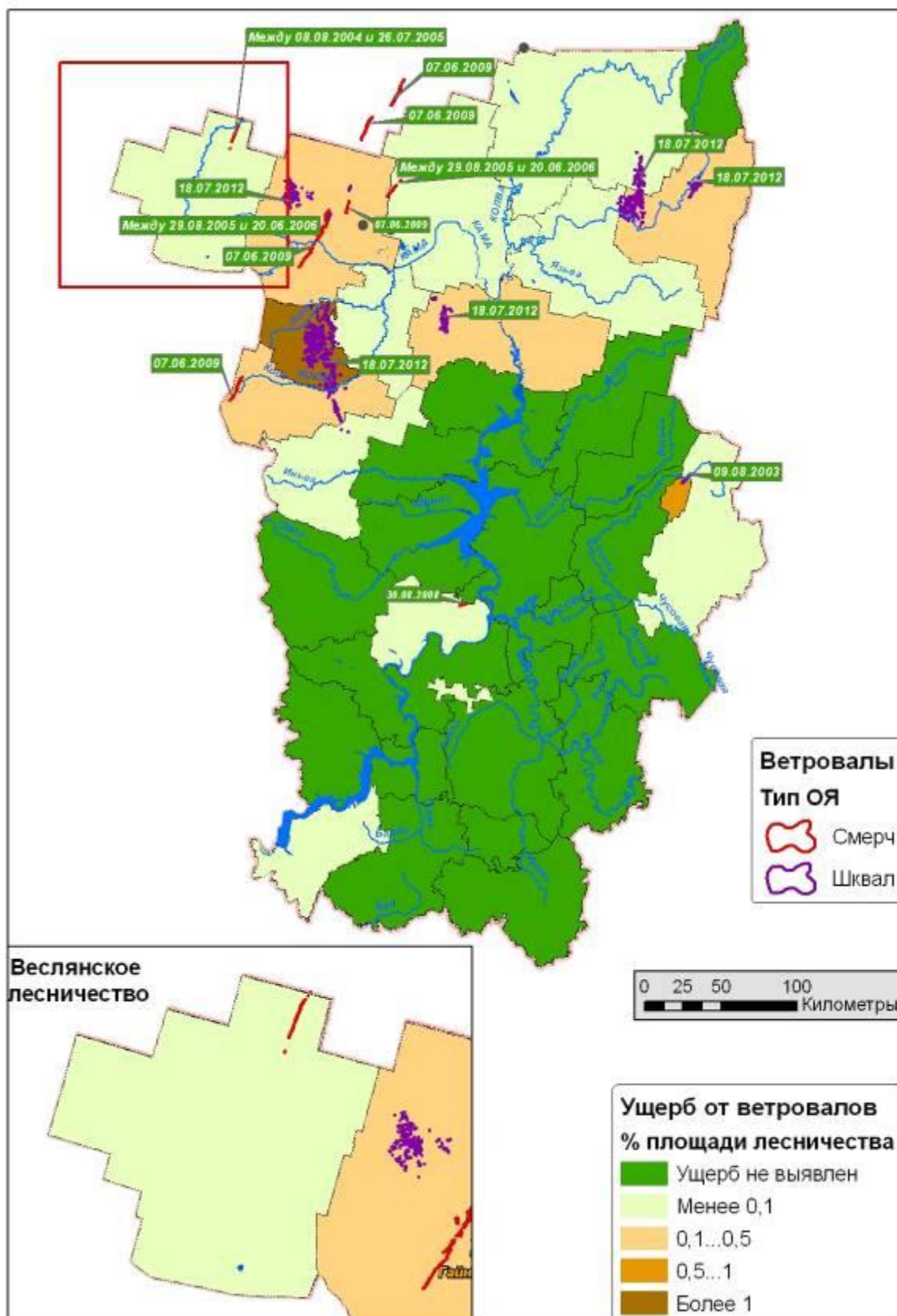


Рис. 9. Пространственное распределение участков массовых ветровалов на территории Уральского Прикамья, выявленных за период 2001–2012 гг.

Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ (проекты № 14-05-00317 А, 14-05-31220 мол_а)

ЛИТЕРАТУРА

1. Архипкин О.П. Районирование по степени опасности паводков и пожаров территории некоторых областей Казахстана по многолетним рядам данных ДЗЗ / О.П. Архипкин, Л.Ф., Спивак, Г.Н. Сагатдинова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. 6, № 2. С. 487-496.
2. Барталев С.А. Исследование возможности оценки состояния поврежденных пожарами лесов по данным многоспектральных спутниковых измерений / С.А. Барталев, В.А. Егоров, А.М. Крылов, Ф.В. Стыценко, Т.С. Ховратович // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7, № 3. С. 215-225.
3. Бураков Д.А. Автоматизированная технология мониторинга весеннего половодья на сибирских реках / Д.А. Бураков, В.Н. Копылов, В.Ю. Ромасько, Е.В. Швецова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. 6, № 2. С. 528-534.
4. Ветров А.Л. Анализ условий развития и оценка последствий сильных шквалов в Прикамье 18 июля 2012 года / А.Л. Ветров, А.Н. Шихов // Вестник Удмуртского университета, Сер. Биология, Науки о Земле. 2013. №2. С. 89-99.
5. Егоров В.А. Мониторинг повреждений растительного покрова Северной Евразии пожарами по данным спутниковых наблюдений: автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2006. 24 с.
6. Копылов В.Н. Космический мониторинг окружающей среды. Ханты-Мансийск: Полиграфист. 2008. 216 с.
7. Копылов В.Н. Использование данных ДЗЗ при решении региональных задач рационального природопользования / В.Н. Копылов, Г.А. Кочергин, Ю.М. Полищук, В.А. Хамедов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2009. Т. 6, №1. С. 33-41.
8. Королева Н.В. Оценка погрешности определения площадей ветровалов по космическим изображениям высокого пространственного разрешения LANDSAT-TM / Н.В. Королева, Д.В. Ершов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9, № 1. С. 80-86.
9. Крылов А.М. Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки / А.М. Крылов, Н.А. Владимирова // Геоматика. 2011. № 3. С. 53 - 58.
10. Кузьмин П.П. Процесс таяния снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 346 с.
11. Лебедева Н.Д. Методика краткосрочного прогноза гидрографа притока воды к водохранилищу Камской ГЭС // Труды ЦИП. Л.: Гидрометеиздат, 1963. Вып. 130. С. 87-125.
12. Спивак А.Ф. Космический мониторинг засух в Казахстане: анализ многолетних рядов данных дистанционного зондирования / А.Ф. Спивак, И.С. Витковская, М.Ж. Батырбаева, Н.Р. Муратова, А.Н. Кауазов // Земля из Космоса – наиболее эффективные решения. 2012. № 1 (13). С. 15-23.
13. Щербенко Е.В. Дистанционные методы выявления сельскохозяйственной засухи // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса. 2007. Т.4, № 2. С. 408-419.
14. Щербенко Е.В. Мониторинг засухи по данным космических съемок // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса. 2007. Т.4. № 2. С. 395-407.
15. Шихов А.Н. Исследование последствий сильных шквалов и смерчей в Пермском крае с применением данных дистанционного зондирования Земли // Географический вестник. 2013. № 1. С. 78-87.
16. Шутов В.А. Методы анализа пространственной изменчивости снегозапасов // Известия РАН, Серия географическая. 1998. №1. С. 122-132
17. Яковченко С.Г. Создание геоинформационных систем в инженерной гидрологии: дис. д-ра техн. наук. Барнаул, 2007. 406 с.
18. Kuchment L.S. Use of satellite-derived data for characterization of snow cover and simulation of snowmelt runoff through a distributed physically based model of runoff generation / L. Kuchment, P. Romanov, A. Gelfan, V. Demidov // Hydrology and Earth system science, 2010. Vol. 14. зз 339-350.

Приемы экспертного дешифрирования некоторых сельскохозяйственных культур Белгородской области

Терехин Э. А.

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Белгород, Россия, terekhin@bsu.edu.ru*

Approaches of expert recognition of some crops Belgorod region

Terekhin E.A.

*Belgorod State University
Belgorod, Russia, terekhin@bsu.edu.ru*