

Тарарин Андрей Михайлович

**КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА РИСКА ЗАТОПЛЕНИЯ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ПЕРИОДЫ ПОЛОВОДИЙ**

25.00.36 – Геоэкология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2010

Работа выполнена на кафедре геоинформатики и кадастра
Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Никольский Евгений Константинович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Зверев Анатолий Тихонович

кандидат технических наук, профессор
Лимонов Анатолий Николаевич

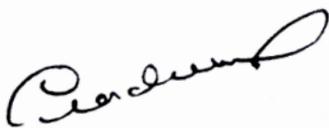
Ведущая организация: МП «Институт развития города
«НижегородгражданНИИпроект»

Защита диссертации состоится 22 апреля 2010 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.143.02 в Московском государственном университете геодезии и картографии по адресу: 105064, Москва, Гороховский переулок, д. 4, зал заседания Ученого Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии.

Автореферат разослан 18 марта 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., профессор



Сладкопеев С.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Моделирование затопления территории в периоды половодий дает возможность оценить общую геоэкологическую обстановку, связанную с инженерно-гидрологическими особенностями территории строительства. Оценки риска затопления территории позволяют планировать рациональное использование прирусловых территорий, что способствует их устойчивому развитию.

По данным Министерства природных ресурсов РФ наводнения являются одним из часто повторяющихся стихийных бедствий, охватывающих большие территории и превосходящих по наносимому ущербу все другие чрезвычайные ситуации. [Трутнев, 2006]. Несмотря на это до сего времени нет надежных долгосрочных прогнозов их появления, достоверных и общепринятых методик подсчета причиняемых ими ущербов. Анализ данных по наводнениям позволяет сделать вывод о тенденциях роста причиняемого ими ущерба. В этой связи требуется усилить научно-исследовательские, организационные и практические работы, направленные на снижение рисков и уменьшение ущербов от наводнений [Авакян, 2001].

Среди основных причин, приводящих к большим ущербам от половодий в России, можно назвать, во-первых, отсутствие достоверных прогнозов опасности затопления территорий, во-вторых, отсутствие законодательно закрепленных правил хозяйственного использования земель, подверженных сезонным затоплениям.

Учитывая обширность речных пойм и быстроту протекающих на них процессов затопления, для решения первой проблемы можно рекомендовать использовать методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. Важными преимуществами этих методов являются большая обзорность, возможность регулярного отслеживания состояния земной поверхности, высокая оперативность получения информации об интересующем районе и интеграция в геоинформационные системы (ГИС). В свою очередь использование ГИС как интегрирующей основы дистанционных и наземных данных о затоплении земель и сведений о хозяйственном освоении территории позволит создать информационный ресурс, позволяющий выработать правила использования затопляемых территорий и представить их в виде картографических материалов.

Прибрежные территории всегда будут являться притягательными для размещения объектов строительства и хозяйственных комплексов, поэтому применение современных технологий, направленных на снижение риска и предотвращение ущерба от наводнений, является одним из актуальных направлений в геоэкологии.

Цель работы состоит в разработке методики моделирования затопления территории по космическим снимкам в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах, и оценки риска затопления в периоды половодий.

Основные задачи исследования:

1. Проанализировать опыт применения методов дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий для мониторинга половодий.
2. Провести экспериментальные исследования по оперативному космическому мониторингу территории Нижегородской области в периоды половодий.
3. Разработать методику моделирования затопления территории по космическим снимкам.
4. Разработать методику оценки риска затопления территории в периоды половодий.
5. Составить карты опасности, экономической уязвимости и экономического риска затопления территории на тестовых участках в Нижегородской агломерации.

Объектом исследования являются территории, подверженные сезонным затоплениям.

Предмет исследования - применение космических снимков и ГИС-технологий для мониторинга половодий и оценки риска затопления территории.

Методы исследования: методы геоинформационного анализа данных дистанционного зондирования Земли из космоса, автоматизированной обработки данных и картографирования результатов, анализа и обобщения материалов на основе теории риска и ее применения для оценки риска затопления территории в периоды половодий.

Научная новизна. Разработана методика моделирования затопления прирусловых территорий крупных и средних рек по архивным космическим снимкам высокого пространственного разрешения в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах. Разработана методика оценки риска затопления земель в периоды половодий, позволяющая оценивать и прогнозировать экономический ущерб для урбанизированных территорий.

Результаты исследования, выносимые на защиту:

1. Методика моделирования затопления территории по космическим снимкам высокого пространственного разрешения в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах.
2. Методика оценки риска затопления территории в периоды половодий.

3. Результаты апробации разработанных методик моделирования затопления территории по космическим снимкам высокого пространственного разрешения в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах, и оценки риска затопления территории в периоды половодий.

Практическая значимость работы. Исследования, положенные в основу диссертационной работы, выполнялись автором в рамках ряда НИР по заказу Главного управления МЧС России по Нижегородской области, а также по Государственным контрактам по теме: РИ-111.0/003/127 «Применение геоинформационных технологий на основе данных дистанционного зондирования Земли с целью оценки и снижения рисков ущерба в период половодий» в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники» на 2002-2006 годы и в рамках проекта «Разработка научных основ и технологий защиты урбанизированных территорий от природных и антропогенных катастроф и негативных воздействий» аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)».

Результаты работы внедрены при подготовке необходимых планово-картографических материалов в рамках подраздела «Организационная и научная деятельность в бассейне Волги» плана работы Операционного центра ЮНЕСКО при ННГАСУ; при проверке на тестовом участке гидродинамической модели реки Волги, разработанной в рамках проекта «Моделирование Волжско-камского каскада водохранилищ» российско-германской научно-исследовательской программы «Волга-Рейн»; при разработке Схемы территориального планирования Балахнинского района Нижегородской области. Геоинформационная база данных зон затопления передана для практического использования в Центр мониторинга и прогнозирования ЧС Главного управления МЧС России по Нижегородской области.

В учебном процессе результаты работы используются в курсовом и дипломном проектировании студентов ННГАСУ, а также в лекционных курсах по дисциплинам «Аэрокосмические методы мониторинга в кадастре объектов недвижимости», «Геоинформационные и земельные информационные системы».

Апробация результатов работы проводилась на следующих конференциях: научных конгрессах Международных научно-промышленных форумов "Великие реки" (Нижний Новгород, 2006, 2007, 2008, 2009), Третьей международной конференции «Земля из космоса – наиболее эффективные решения» (Москва, 2007), VI и VIII Международных молодежных научно-технических конференциях «Будущие технической науки» (Нижний Новгород, 2007, 2009), V научно-практической

конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций» (Москва, 2005), VIII Российских Чтениях-конкурсе памяти С.А. Каплана (Нижний Новгород, 2005), Четвертой и Пятой открытых всероссийских конференциях "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса" (Москва, 2006, 2007), VI Межрегиональной научно-практической конференции «Новые информационные технологии – инструмент повышения эффективности управления» (Нижний Новгород, 2007), XII Нижегородской сессии молодых ученых (технические науки) (Нижегородская область, 2007), отчетной научной конференции института архитектуры и градостроительства ННГАСУ (Нижний Новгород, 2009).

Публикации. Материалы диссертационного исследования опубликованы в 23 печатных работах, из них три в журналах, рекомендованных ВАК и в одном отчете о НИР.

Структура диссертационной работы. Работа изложена на 135 страницах, состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, заключения, библиографического списка и приложений. Имеет, кроме текста, иллюстрационный дополняющий материал в виде 22 рисунков и 24 таблиц, библиографический список, состоящий из 154 наименований, в т.ч. 20 на иностранных языках. Диссертация включает 5 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность, определяется объект и цель, ставятся задачи исследования, формулируется научная новизна и практическая ценность работы.

В **первой главе** диссертации даются понятия риска, уязвимости и опасности, вызываемые затоплением территории в периоды половодий. Проведен критический анализ работ по мониторингу паводков с применением данных ДЗЗ и ГИС. Рассмотрено техническое и программное обеспечение космического мониторинга.

По известной вероятности затопления территории (P) и величине возможной уязвимости (V) можно оценить риск затопления (R) для территории в количественных показателях. Такие показатели представляют собой вероятностные величины, характеризующие возможную гибель, увечье людей и возможные материальные потери (экономический ущерб) [Осипов, 2004].

Вероятность проявления затопления (P) территорий рассчитывается исходя из многолетних наблюдений за максимальными уровнями воды на гидропостах и информации о паводкоопасных зонах. Величина уязвимости (V) тесно связана со степенью хозяйственного освоения затопляемых территорий в зонах различной обеспеченности.

Риск затопления (R) территории можно выразить следующей функцией:

$$R = f(P, V), \quad (1)$$

где P - вероятность затопления территории; V - величина возможной уязвимости.

Оценка риска затопления невозможна без развертывания системы мониторинга наводнений. Действующая сеть гидропостов Гидромета не может дать всю необходимую информацию об опасности затопления. С учетом обширности речных пойм дополнительные данные о затоплении могут быть получены методами ДЗЗ из космоса.

Методические аспекты мониторинга природных процессов с использованием данных ДЗЗ в последние 30 лет разрабатывались в НИИ Росгидромета и его региональных подразделениях, Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, Институте водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН, Институте географии Сибирского отделения РАН, Институте космических исследований РАН, Московском государственном университете геодезии и картографии и др. учреждениях. Значительный вклад в применении геоинформационных технологий и аэрокосмических методов в системах автоматизированного экологического мониторинга окружающей природной среды внесла федеральная целевая программа "Оздоровление экологической обстановки на реке Волге и ее притоках, восстановление и предотвращение деградации природных комплексов Волжского бассейна" ("Возрождение Волги"), осуществляемая под научным руководством академика РААСН В.В. Найденко.

Анализ опыта использования данных ДЗЗ показал их широкое применение при мониторинге паводков и наводнений. Космические снимки, полученные в реальном режиме времени, используются для оперативного слежения за прохождением весеннего половодья и анализом его развития. Важным достоинством оперативных космических снимков среднего пространственного разрешения является наглядность данных и возможность получения покрытия на всю территорию, в частности, Нижегородской области. Однако использование космических снимков высокого пространственного разрешения в реальном масштабе времени связано с планированием заказа съемок и большими финансовыми затратами. По архивным снимкам высокого пространственного разрешения возможно определять положение урезов воды на даты прошлых лет и выделять затопленные участки поймы. Съемка в радиоволновом диапазоне дает возможность получать информацию о наводнениях независимо от освещенности и облачности. Обработка радарных снимков требует специализированного программного обеспечения, к тому же их стоимость значительно превышает аналогичные данные в видимой и инфракрасной

области электромагнитного спектра, в связи с чем они не были применены в данной работе.

Во **второй главе** рассмотрены методологические вопросы и технологические аспекты предлагаемой методики моделирования затопления территории по космическим снимкам высокого пространственного разрешения в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах.

Методика состоит из трех последовательных этапов:

I этап - Формирование базы данных космических снимков территории:

1. Произвести анализ развития половодий.
 - 1.1. Анализ водного режима рек.
 - 1.2. Составление графиков максимальных уровней для гидропостов.
 - 1.3. Расчет обеспеченности уровней воды.
 - 1.4. Выявление периодов стояния высоких вод с целью заказа архивных космических снимков на даты максимального разлива вод.
2. Произвести анализ обеспеченности данными ДЗЗ.
 - 2.1. Выбор космических аппаратов.
 - 2.2. Выбор поставщиков данных ДЗЗ.
 - 2.3. Анализ архивов поставщиков данных ДЗЗ.
3. Произвести обработку космических снимков.
 - 3.1. Выбор картографической основы.
 - 3.2. Выбор комбинации каналов для визуализации.
 - 3.3. Выбор картографической основы для контроля привязки и трансформирования изображения.
 - 3.4. Обработка космических снимков в специализированном программном обеспечении.

II этап - Создание геоинформационной базы данных (ГБД) зон затопления:

4. Выбрать участки паводкового контроля.
5. Сформировать зоны затопления по участкам.
6. Занести в ГБД информацию по участкам паводкового контроля.
7. В случае недостатка космических снимков произвести моделирование зон затопления с помощью ЦМР в виде грида.

III этап – Моделирование затопления территории:

8. Составить карты затопления территории при различных уровнях обеспеченности.

Отработка методики производилась на тестовых участках Нижегородской агломерации. С учетом времени прохождения весенних половодий проводился анализ обеспеченности данными ДЗЗ территории Нижегородской области со следующих космических аппаратов: Terra (Aster), Landsat 5, 7, Метеор-3М (МСУ-Э), IRS (Liss 3), Spot 4, 5. Анализ архивов ведущих российских поставщиков данных ДЗЗ (ИТЦ «СканЭкс», «Совзонд», НЦОМЗ и др.) показал, что для периодов весенних половодий на территорию Нижегородской области космических снимков достаточно мало. Это вызвано отсутствием достаточного количества космических съемок высокого разрешения, а также наличием облачности в паводковый период.

В результате было отобрано 16 архивных космических снимков с космических аппаратов Terra (Aster), Landsat 5, 7 и Метеор-3М (МСУ-Э), которые были приобретены в рамках НИР при финансовой поддержке Главного управления МЧС по Нижегородской области.

Космические снимки были получены от поставщиков поканально в формате GeoTIFF, после чего была произведена их обработка: визуализация в режиме RGB, контрастирование изображений, коррекция цветового баланса. Как известно, «вода» на космических снимках лучше всего отображается в инфракрасных и красных каналах. Исходя из этого для космических снимков Landsat и Aster были опытным путем подобраны комбинации, на которых затопляемые территории выглядят темно синими и почти черными и резко контрастируют с прибрежными территориями. Для Landsat это комбинация 7-5-3, а для Aster 9-3-2. Космические снимки с космического аппарата Метеор-3М (МСУ-Э) по своему качеству сильно уступают данным Landsat и Aster, в связи с чем далее работа с ними не проводилась.

Обработка космических снимков проводилась в программе ScanEx Image Processor v2.0. Так как границы затопления, полученные по космическим снимкам, необходимо сравнивать между собой, совмещать с картой местности, то необходимым условием является их метрическая точность. В виду отсутствия более точного картографического материала космические снимки привязывались к цифровой топографической карте Нижегородской области масштаба 1 : 200 000. В качестве опорных точек использовались, как правило, пересечения дорог. После того как достигалось наиболее четкое изображение, оно сохранялось в формате BMP с географической привязкой в формате ГИС MapInfo Professional.

В программе ScanEx Image Processor v2.0 производилась автоматическая векторизация зон затопления по снимкам в инфракрасных каналах, после чего они редактировались в ГИС MapInfo Professional на этапе создания геоинформационной

базы данных зон затопления прирусловых территорий рек Волга и Ока. Прирусловые территории рек Волга и Ока были поделены в зависимости от местоположения гидропостов на участки так, чтобы гидропост находился на середине участка, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Схема участков паводкового контроля и размещения гидропостов

Для этих слоев была создана и заполнена атрибутивная таблица. Структура таблицы атрибутивных данных отражена в табл.1.

Таблица 1 - Структура таблицы атрибутивных данных

Название поля	Тип	Размер	Описание
N	Символьное	3	Номер участка
GP	Символьное	15	Наименование гидропоста
H	Символьное	6	Уровень, зафиксированный на гидропосту
proH	Целое		Обеспеченность уровня
Data	Дата	15	Дата съемки
Satellite	Символьное	15	Наименование КА
River	Символьное		Название реки
Area	Вещественное		Площадь

Обеспеченности максимальных уровней воды рассчитывались в соответствии с СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик».

Геоинформационная база данных затопления территорий позволяет производить совмещение границ урезов воды при различных уровнях воды, как показано на рис. 2. При этом можно выделить зоны опасности затопления и определить их площади. Важным условием при определении площадей затопления является учет прибрежных озер.

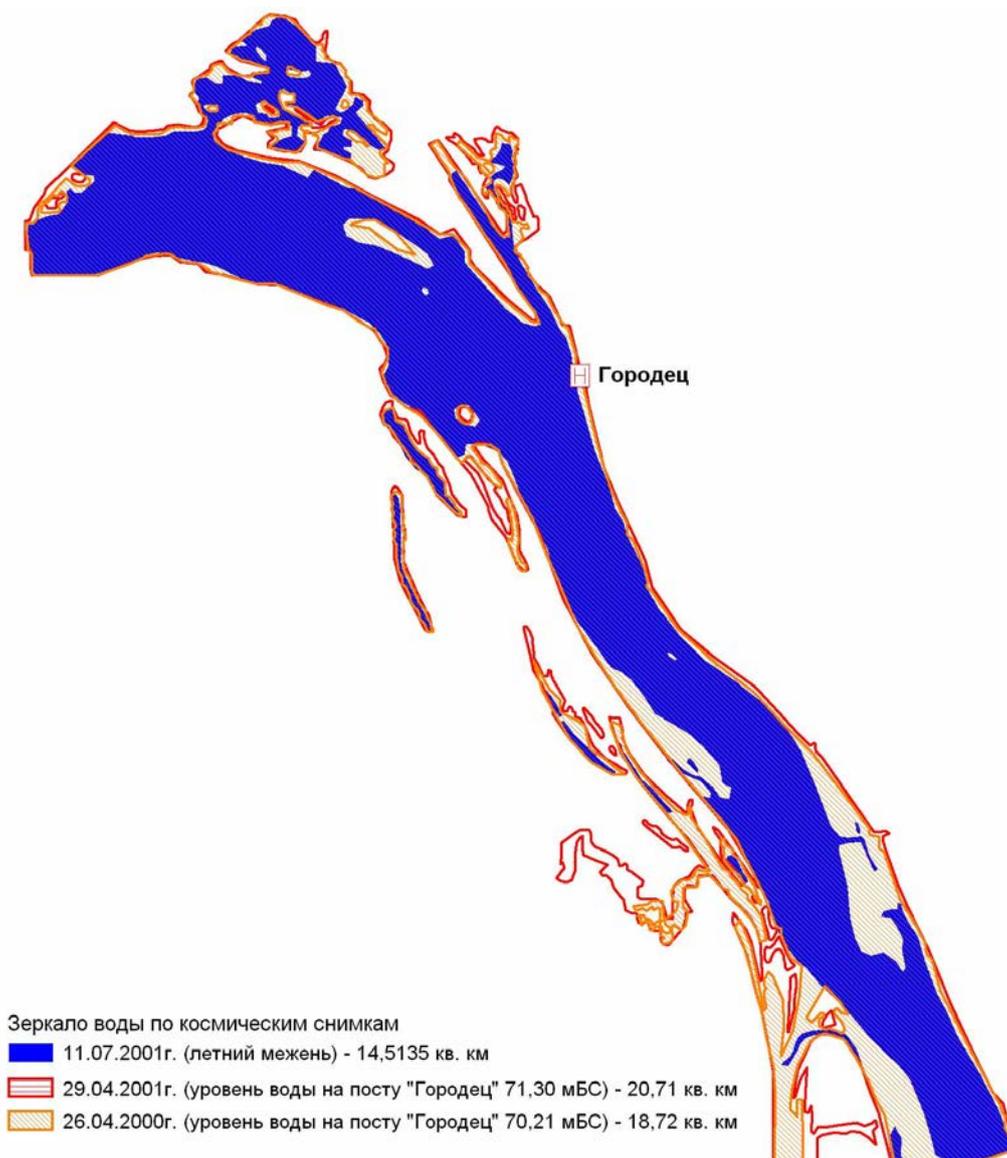


Рис. 2. Совмещение зеркал воды на участке V1

Геоинформационная база данных затопления территорий, полученная по космическим снимкам, обладает преимуществами: объективностью и достоверностью; имеет и значительный недостаток – ограниченное число моделей затопления, которое зависит от наличия космических снимков на территорию при различных уровнях воды. Для преодоления названного недостатка возможно применение методов интерполяции между имеющимися урезами воды и экстраполяции за их пределы с использованием цифровой модели рельефа. Модель рельефа в этом случае лучше всего иметь в виде грида. Для данного исследования использовался грид, полученный в результате обработки матрицы высот, предоставленной для исследования Главным управлением МЧС России по Нижегородской области. На рис. 3 показано совмещение урезов воды и изображения рельефа, полученного по гриду.

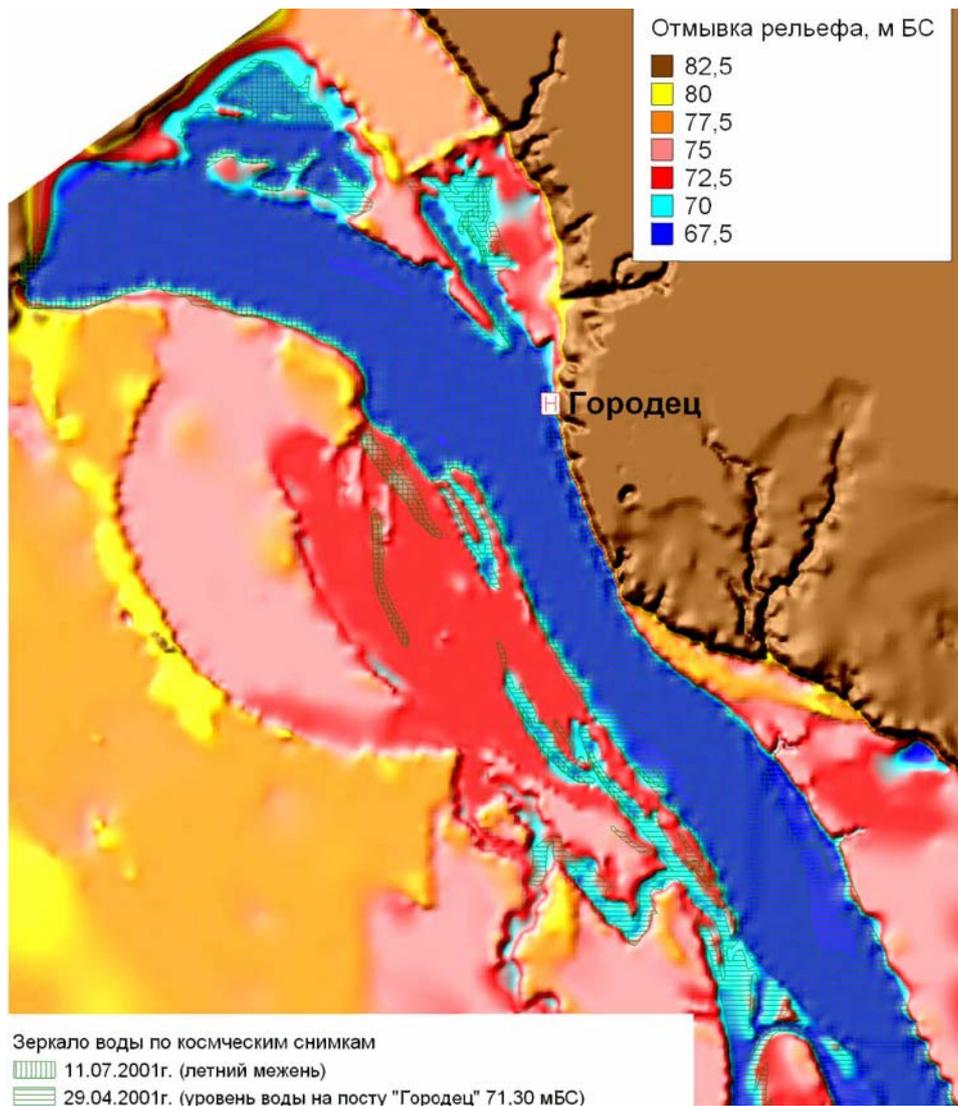


Рис.3. Сочетание зеркал воды с изображением рельефа по способу ступеней высот. Красным цветом показана территория, затапливаемая при превышении уровня воды обеспеченностью 50 % на 2,5 метра. Данные, полученные методом экстраполяции, в этом случае имеют справочный характер и зависят от актуальности и точности модели рельефа.

Таким образом, используя ЦМР для тестовых участков V1 и V2, были смоделированы зоны затопления при обеспеченности уровня воды 25% и 10%. После чего получены их геоинформационные модели в ГИС MapInfo Professional.

Для оценки опасности затопления территории предлагается использовать приведенную ширину разлива на участке ($B^{прив}$). В случае если исследуемой территорией является левобережная или правобережная часть участка реки, то приведенная ширина разлива на участке будет равна отношению площади затапливаемой территории к длине участка реки:

$$B^{прив} = S_{зТ} / L, \quad (2)$$

где S_{3T} – площадь затапливаемой территории (для правобережной или левобережной части);

L – длина участка реки.

На рис. 4 можно увидеть сравнение ширины разлива для участков V1 и V2 при уровнях воды различной обеспеченности.

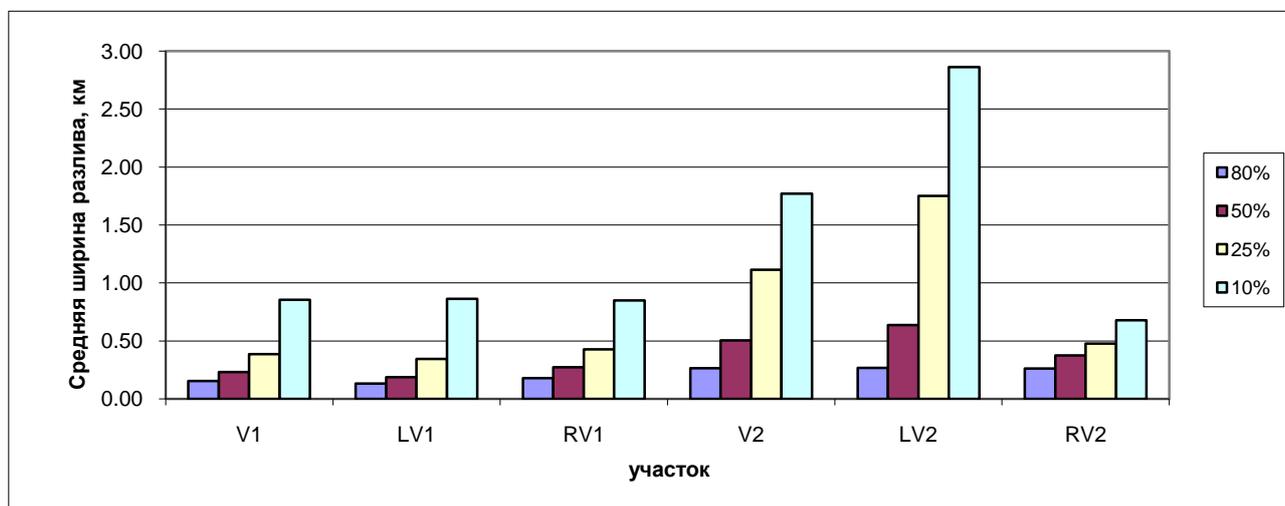


Рис. 4. Сравнение ширины разлива при уровнях воды различной обеспеченности

Третья глава посвящена оперативному мониторингу весенних половодий на основе космических снимков среднего пространственного разрешения.

Одно из свойств космической информации - ее оперативность. Это свойство незаменимо при контроле за половодьями, паводками и особенно катастрофическими наводнениями. Оперативный космический мониторинг наводнений позволяет предотвратить ущерб и бороться с последствиями наводнений. Для оперативного мониторинга развития паводков лучше всего могут подойти данные ДЗЗ среднего разрешения, т.е. 150 - 250 метров, с шириной обзора более 500 км и частотой повторной съемки 1-3 дня. Этим требованиям удовлетворяет сенсор Modis, имеющий полосу обзора 2330 км и пространственное разрешение от 250 метров и сенсор МСУ-СК, обеспечивающий пространственное разрешение 137 метров и полосу захвата 600 км.

В 2005-2008гг. автором были проведены экспериментальные исследования по оперативному космическому мониторингу развития половодий на данных сенсора Modis, установленного на космическом аппарате Тегга. Оперативный прием данных осуществлялся посредством персональной станции приема космической информации, поставленной Инженерно-технологическим Центром «СКАНЭКС» в ННГАСУ. После приема первичная информация со спутника представляет собой данные MODIS уровня Level0. Дальнейшая подготовка космической информации проводится в приложении ScanViewer и в программном продукте IMAPP, а обработка в программе

ScanEx Image Processor. Для подготовки итогового RGB изображения используются только два канала с пространственным разрешением 250 метров, в комбинации 2:2:1.

По материалам мониторинга паводковой ситуации в 2006 году были созданы модели развития паводка на реках Волга и Ока в пределах Нижегородской области и произведено сопоставление уровней воды и площадей затопления на выделенных участках. Результат для одного из участков приведен на рис. 5. Сопоставление изменений площадей для выделенных участков на реках Волга и Ока и уровней, регистрируемых на соответствующем гидропосту, как и ожидалось, показало наличие прямой нелинейной зависимости между уровнем воды и площадью затопления. Вместе с тем пространственное разрешение данных MODIS не позволяет достоверно дешифровать урез воды и приводит к ошибкам. Особенно ситуация осложняется, когда развитие и пик весеннего половодья приходится на время, когда еще незакончен ледоход, как было в 2007 году, что приводит к невозможности создания корректных моделей затопления территорий.

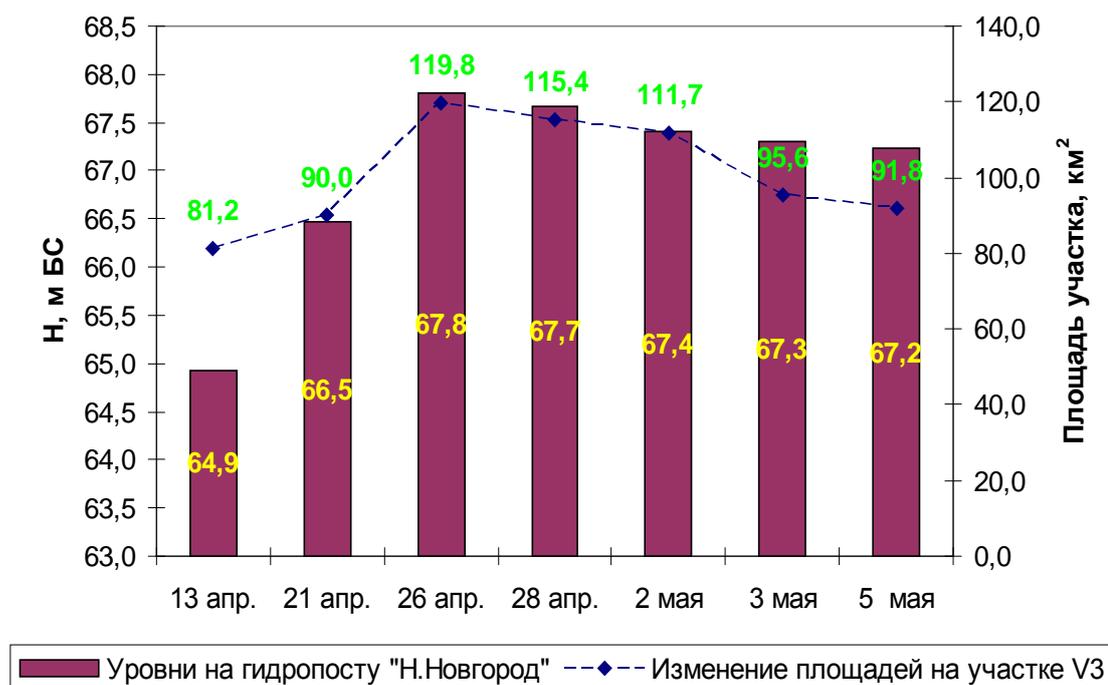


Рис. 5. Сопоставление изменений площади участка V3 и уровней, регистрируемых на гидропосту «Н.Новгород»

Проведенная работа показала взаимодополняемость данных, получаемых с гидропостов и данных космической съемки. Наблюдатели, следящие за ледовой обстановкой с гидропостов, не могут дать информацию для территорий между гидропостами, в тоже время данные космической съемки менее информативны с точки зрения классификации ледовых явлений.

Оперативные космические снимки, пригодные для анализа паводковой ситуации на территории Нижегородской области, возможно получать с КА Terra один раз в три-четыре дня с облачностью порядка 15%.

Таким образом, основные недостатки дистанционного зондирования связаны с ограничениями частоты повторения спутниковой съемки конкретных затопляемых территорий и наличием облачности. Поэтому при наблюдениях половодий целесообразно использовать информацию, полученную различными отечественными и зарубежными космическими системами.

Система оперативного космического мониторинга весенних половодий может являться специализированной системой, входящей в состав всероссийской системы космического мониторинга. Исходя из технических возможностей и экономической целесообразности, она должна состоять из 5-7 крупных центров приема обработки, архивации и распространения спутниковых данных и специализированных региональных центров.

В **четвертой главе** описана предлагаемая методика оценки риска затопления территории и результаты ее апробации.

Последовательность действий при оценке риска и предотвращения ущерба от затопления территорий в периоды весенних половодий, предлагаемая в качестве методики, представлена на рис. 6.

В целях снижения риска и предотвращения ущерба от затоплений необходимо осуществлять прогнозирование их социально-экономических последствий, для чего необходимо иметь данные по границам затопления при различных уровнях воды (опасность затопления) и данные о степени хозяйственного освоения, характеризующие уязвимость исследуемой территории. Для совместного анализа этих пространственно-распределенных данных необходимо применение геоинформационных систем.

В зависимости от вероятности затопления (P) территорию можно разделить на три категории:

- низкая ($P < 10\%$);
- средняя ($10\% > P > 25\%$);
- высокая ($P > 25\%$).

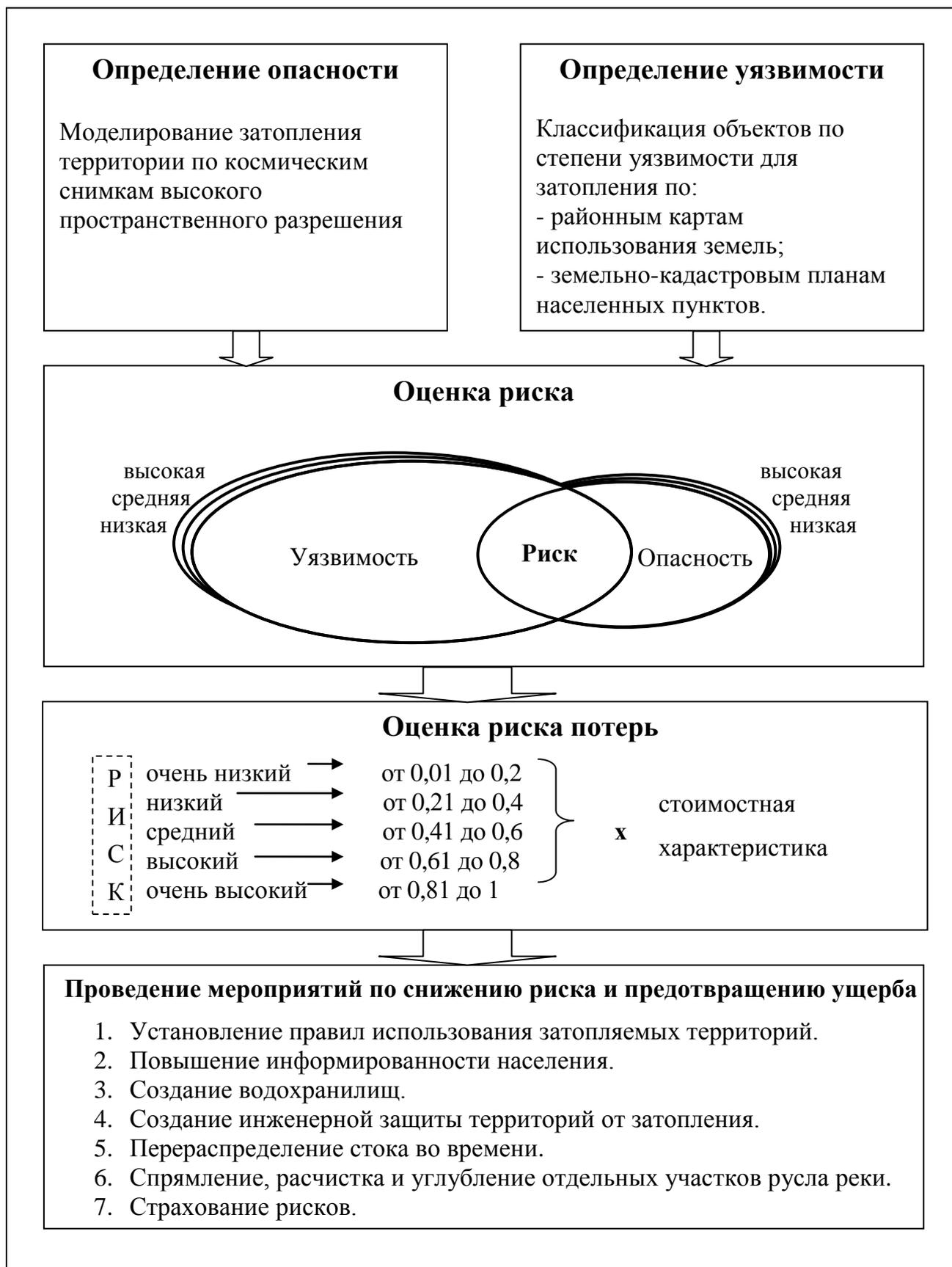


Рис.6. Методика оценки риска и предотвращения ущерба от затопления территорий в периоды половодий

Величина уязвимости тесно связана со степенью хозяйственного освоения затопляемых территорий в зонах различной обеспеченности и зависит от наличия объектов восприимчивых к затоплению, в результате затопления которых может возникнуть ущерб для объекта. Уязвимость можно подразделить на экономическую, социальную и экологическую. При этом можно выделить объекты с высокой уязвимостью - объекты, в результате затопления которых безвозвратно утрачивается способность к выполнению своих естественных или заданных функций и может возникнуть неприемлемый ущерб для объекта; объекты со средней уязвимостью - объекты, в результате затопления которых частично утрачиваются способности к выполнению своих естественных или заданных функций и может возникнуть значительный ущерб для объекта; объекты с низкой уязвимостью - объекты мало восприимчивые к затоплению, в результате их затопления может возникнуть не существенный ущерб для объекта; объекты не восприимчивые к затоплению, значение уязвимости для них равно нулю. Топология объектов и степень их экономической уязвимости для затопления приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Топология объектов и степень их уязвимости для затопления

Объект затопления	Экономическая уязвимость
Жилые дома	средняя
ИЖС	высокая
Административные здания	средняя
Промышленные объекты	средняя
Трубопроводы	низкая
ЛЭП	низкая
Железные дороги	низкая
Автомобильные магистрали	низкая
Грунтовые дороги	0
Полевые дороги	0
Сады	высокая
С/х угодья (пашня)	0
С/х угодья (многол. травы)	средняя
Леса и кустарники	0
Болото	0
Песок	0
Свалки	низкая
Скотомогильники	высокая

Определение уязвимости можно производить по земельно-кадастровым районным картам использования земель. Они лучше чем топографические карты подойдут для анализа территории, так как на них отображаются виды с/х угодий и землепользования.

Выделив три уровня для уязвимости и опасности затопления территории, используя матрицу оценки риска (рис. 7), получим пять уровней риска затопления, для которых можно условно установить процент потерь:

- очень низкий (2) - от 1 до 20 %;
- низкий (3) - от 21 до 40 %;
- средний (4) - от 41 до 60 %;
- высокий (5) - от 61 до 80 %;
- очень высокий (6) - от 81 до 100 %

Уязвимость	выс. (3)	4	5	6
	ср. (2)	3	4	5
	низ. (1)	2	3	4
		низ. (1)	ср. (2)	выс. (3)
		Опасность		

Рис.7 – Матрица оценки риска

Величина ущерба от затопления зависит также от ценности объекта. Поэтому, когда мы хотим оценить возможный экономический ущерб при наступлении определенного события, следует использовать понятие риска потерь. Риск потерь от затопления учитывает также стоимостную характеристику объектов. Риск потерь (R_D) от затопления территории можно определить по формуле:

$$R_D = R \times D, \quad (3)$$

где R - риск затопления территории; D - стоимостная характеристика объекта.

Для определения экономического риска потерь в качестве стоимостной характеристики объекта недвижимости может быть использована кадастровая стоимость объекта.

Далее в зависимости от величины риска потерь с учетом принципов устойчивого развития территории производится выбор мероприятий по снижению риска и предотвращению ущерба от затопления территории.

Используя модель зоны затопления полученную по космическому снимку за 29.04.2001г. с КА Тегга (сенсор Aster), проведен анализ ущерба от затопления

территории Павловского района Нижегородской области при обеспеченности уровня воды 30%. Используя возможности ГИС, вычислена площадь затопления территории Павловского района при уровне воды на гидропосту «Горбатов» 74,52 м. Она составила 102,69 км² или 7,2 % от общей площади района, при этом затоплено 12,72 км асфальтированных и грунтовых дорог.

На рис. 8 и 9 представлен топологический анализ объектов затопления Балахнинского района Нижегородской области, затапливаемых при обеспеченности уровня воды 10 %.

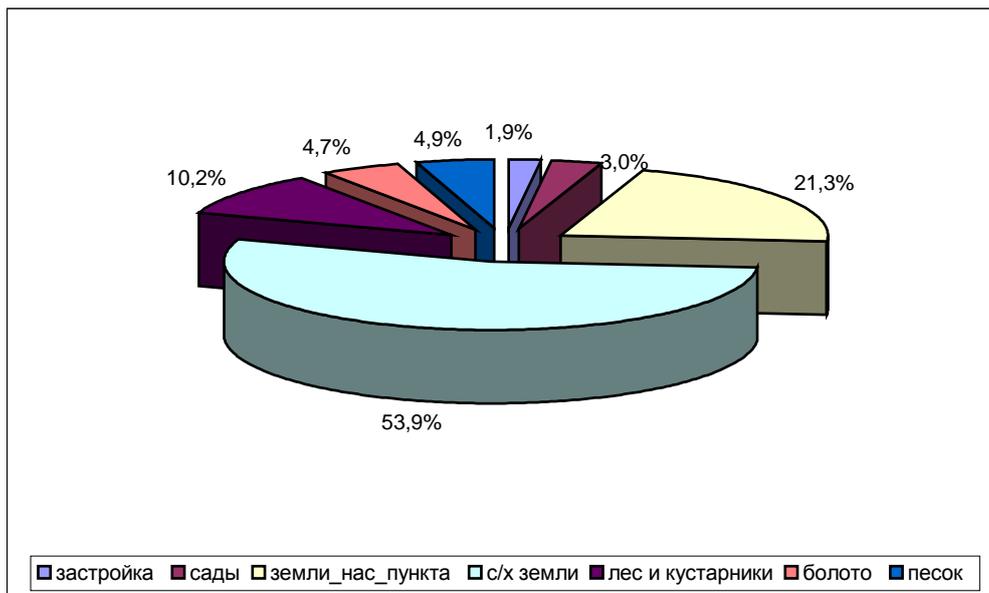


Рис. 8. Анализ состава земель Балахнинского района Нижегородской области, затапливаемых при обеспеченности уровня воды 10 %

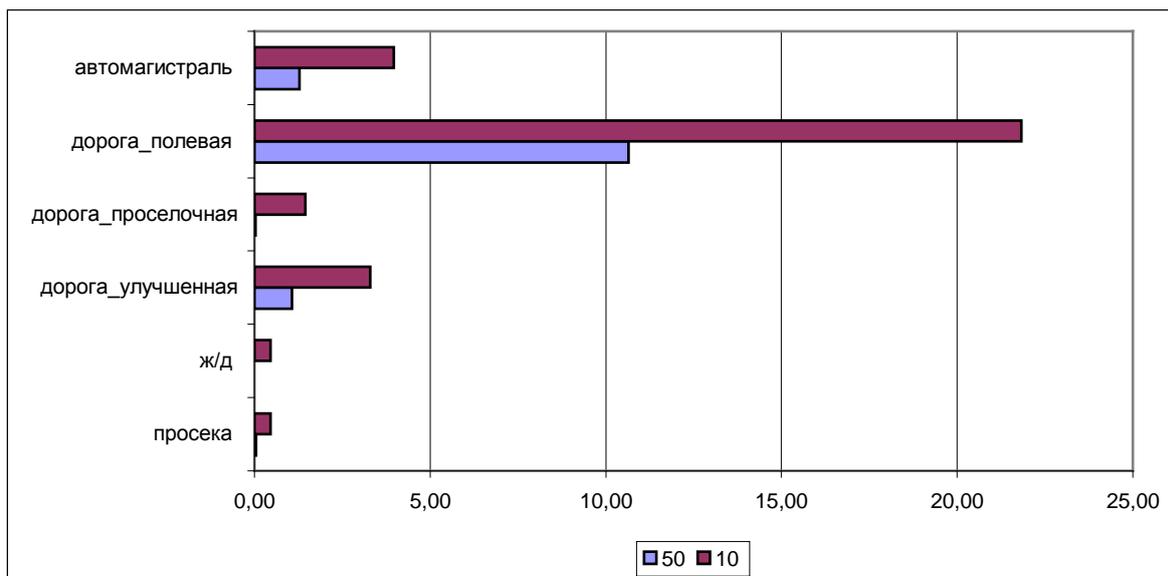


Рис. 9. Анализ затопления дорожной сети Балахнинского района Нижегородской области, при обеспеченности уровня воды 10 % и 50 %.

Для оценки и прогнозирования ущерба от затопления территорий, вызванных весенними половодьями, и разработки управленческих решений для снижения рисков и предотвращения ущерба необходимо вести региональную информационную систему (РИС) мониторинга половодий.

Можно выделить четыре основных требования к РИС мониторинга половодий: единая система координат, позиционная точность пространственных объектов, единый обменный формат данных, единый классификатор данных.

Работу РИС мониторинга весенних половодий целесообразно развернуть на базе региональных центров мониторинга и прогнозирования ЧС при главных управлениях МЧС по субъектам РФ.

РИС мониторинга весенних половодий позволит установить особый режим хозяйственной деятельности на территориях, подверженных наводнениям, то есть исключить объекты высокой уязвимости из зон, имеющих высокую опасность затопления. Наличие такой информации приведет также к повышению роли страхования в возмещении ущерба от наводнений и тем самым снизит социально-экономическую уязвимость населения и хозяйствующих субъектов.

В настоящее время в роли документов, регулирующих застройку, выступают Схемы территориального планирования муниципальных районов. При разработке Схем территориального планирования учитываются, как правило, зоны с обеспеченностью уровня воды 1 % сведения о которых имеют приблизительный характер. Вместе с тем для эффективного планирования развития территорий необходимы сведения о зонах затопления с меньшей повторяемостью.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана методика моделирования затопления прирусловых территорий крупных и средних рек по космическим снимкам высокого пространственного разрешения в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах, позволяющая оперативно оценить общую геоэкологическую обстановку, связанную с инженерно-гидрологическими особенностями урбанизированных территорий.
2. Разработана методика оценки риска затопления территории в периоды половодий, позволяющая оценивать (прогнозировать) экономический ущерб на основе данных об уровнях воды на гидропостах.
3. Произведена апробация разработанных методик:

– при разработке «Схемы территориального планирования Балахнинского района Нижегородской области», что дало возможность определить границы зон затопления при максимальных уровнях воды расчетных обеспеченностей – 50%, 25%, 10% и 5%;

– составлены карты опасности, экономической уязвимости и экономического риска затопления поймы реки Волга в границах Балахнинского района Нижегородской области в периоды половодий;

– произведена верификация гидродинамической модели участка реки Волги, разработанной в рамках российско-германского проекта «Волга-Рейн».

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. **Тарарин, А.М.** Учет факторов сезонного затопления земель при экономической оценке земель поселений / А.М. Тарарин // Сб. матер, квалификационных и научных работ студентов и магистрантов вузов России и стран СНГ, отмеченных на международных, всероссийских и региональных конкурсах по разделу «Строительство и архитектура» Вып. 7. - Н.Новгород : ННГАСУ, 2005.-С. 81 -83.

2. **Исаев, Д.Ю.** Прогнозирование зон затопления методом дистанционного зондирования Земли / Д.Ю.Исаев, Е.К. Никольский, А.М. Тарарин // Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. V научно-практическая конференция. 15-16 ноября 2005 года : Сб. матер. - М. : Центр "Антистихия", 2005.

3. **Тарарин, А.М.** Пространственное разрешение космических снимков и их применение в целях кадастра / А.М. Тарарин // VIII Российские Чтения- конкурс памяти С.А. Каплана 22-25 апреля 2005 года (сб. матер.). - Н.Новгород, Поволжский центр аэрокосмического образования, 2006.-С. 21 -22.

4. Применение геоинформационных технологий на основе данных дистанционного зондирования Земли по оценке и снижению рисков ущерба в период весенних половодий // Нижегород. гос. архит.-строит, ун.; рук. работ А.М. Тарарин ; науч. рук. Е. К. Никольский. - № ГР 0120060606565. -Инв. № 0220604139. -Н.Новгород, 2005.-41 с.

5. **Тарарин, А.М.** Полуавтоматическое определение границ зеркала воды по материалам дистанционного зондирования высокого разрешения / А.М. Тарарин // Архитектура, геоэкология, экономика : Сб. тр. аспирантов и магистрантов. - Н.Новгород : ННГАСУ, 2006. - С. 371 - 374.

6. **Аминов, М.Х.** Мониторинг оползневых склонов Волги методами ДЗЗ с использованием ГИС-технологий / М.Х. Аминов, А.М. Тарарин // Великие реки 2006 : тез.докл. научн.-техн. конф. - Н.Новгород, 2006. - С. 342 - 343.

7. **Тарарин, А.М.** Космический мониторинг весенних половодий на территории Нижегородской области / А.М. Тарарин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: тез. докл. Четвертой открытой всерос. конф. - М., ИКИ, 2006.

8. **Никольский, Е.К.** Мониторинг весенних половодий и методика прогноза затопления территорий на основе данных дистанционного зондирования / Е.К. Никольский, А.М. Тарарин // Сб. статей профессорско-преподавательского состава института архитектуры и градостроительства. - Н.Новгород : ННГАСУ, 2007. - С. 145 - 151.

9. **Тарарин, А.М.** Опыт применения изображений Земли из космоса и ГИС-технологий для мониторинга паводков и наводнений в России / А.М. Тарарин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : матер. Четвертой открытой всерос. конф. - М., ИКИ, 2007. - С. 340-344.

10. **Ерискина, Т.О.** Проблема уязвимости Нижегородской области от природных катастроф / А.М. Тарарин, Т.О. Ерискина // XII Нижегородская сессия молодых ученых (технические науки): сб. тезис, докладов. - Н.Новгород, 2007. - С. 84.

11. **Сухомлин, В.П.** Геоинформационное обеспечение управления и распоряжения государственной собственностью Нижегородской области: проблемы и пути их решения / А.М. Тарарин, В.П. Сухомлин // Новые информационные технологии - инструмент повышения эффективности управления : матер. VI межрегион, науч.-практ. конф. - Н.Новгород, 2007. - С. 105-109.

12. **Тарарин, А.М.** Разработка геоинформационной системы для проведения экономической оценки города Балахна с учетом факторов сезонного затопления / Д.Н. Хайрулина, А.М. Тарарин // Будущие технической науки : сб. матер. VI междунар. молодежной научн.-техн. конф. - НГТУ, 2007.-С. 51-52.

13. **Крылов, С.И.** Мониторинг развития Нижегородской агломерации методами дистанционного зондирования Земли из космоса / С.И. Крылов, А.М. Тарарин // Будущие технической науки : сб. матер. VI междунар. молодежной научн.-техн. конф. - НГТУ, 2007. - С. 50-51.

14. **Никольский, Е.К.** Методология мониторинга весеннего половодья с использованием дистанционных и контактных методов / Е.К. Никольский, А.М. Тарарин // Великие реки 2007 : тез. докл. научн.-техн. конф. - Н.Новгород, 2007.

15. **Тарарин, А.М.** Создание геоинформационной базы данных уязвимости территории Нижегородской области для весенних половодий на основе космических снимков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : тез. докл. Пятой открытой всерос. конф. - М, ИКИ, 2007.

16. **Gavrilov, A.** Problems and prospects of effective use of aerospace imagery for land resources management at a regional level / A. Tararin, A. Gavrilov // Земля из космоса – наиболее эффективные решения : сб. тез. Третьей междунар. конф. – М., ИТЦ «СканЭкс», ООО «Изд-во БИНОМ», 2007. – С. 258-259.

17. **Никольский, Е.К.** Оценка риска потерь от затопления территории Нижегородской области в период весенних половодий с использованием данных ДЗЗ из космоса / Е.К. Никольский, А.М. Тарарин // Великие реки 2008 : тез. докл. научн.-техн. конф. - Н.Новгород, 2008. - С. 114-115.

18. **Красильников, В.М.** Верификация гидродинамической модели на участке реки Волги, с применением материалов дистанционного зондирования Земли из космоса / В.М. Красильников, А.М. Тарарин // Приволжский научный журнал. - Н.Новгород, 2008. - №4. - С. 94 - 98, 2 л. цв. вклеек.

19. **Никольский, Е.К.** К вопросу об оценке ущерба от весенних половодий / Е.К. Никольский, А.М. Тарарин // Вестник Воронежского гос. ун.: Серия География. Геоэкология. -Воронеж, 2009.-№1.-С. 31-35.

20. **Тарарин, А.М.** Методика моделирования затопления территории по данным дистанционного зондирования Земли из космоса / А.М. Тарарин // Геодезия и картография. - М. : Картгеоцентр, 2009. - №1. - С. 46-49.

21. **Костылев, А.С.** Геоинформационная система мониторинга весенних половодий / А.С. Костылев, А.М. Тарарин // Будущие технической науки : сб. матер. VIII междунар. молодежной научн.-техн. конф. - НГТУ, 2009.

22. **Тарарин, А.М.** Мероприятия по снижению риска и предотвращению ущерба от затопления территорий: инженерная защита / А.М. Тарарин // Архитектура, экология : Сб. тр. аспирантов и магистрантов. - Н.Новгород : ННГАСУ, 2009. - С. 193-197.

23. **Тарарин, А.М.** Опасность и риск затопления территории в период весенних половодий: теоретический аспект / А.М. Тарарин // Матер. отчетной науч. конф. ин-та. арх. и градостроит-ва. - Н.Новгород : ННГАСУ, 2009. - С. 168-172.

Подписано печать 10.03.2010. Формат 60x90 1/16

Объем 1 печ.л. Тираж 100 экз. Заказ №

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
603950, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

