

УДК 614.8

*М.А. Шахраманьян д. т. н., Г.М. Нигметов к. т. н. И.В. Сосунов к. т. н.*

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКОВОЙ ОПАСНОСТИ

*Рассматриваются вопросы прогнозирования наводнений с проведением упреждающих мероприятий на основе системного решения задач с использованием ГИС-технологий, в том числе ГИС «Экстремум»*



*М.А. Шахраманьян*



*Г.М. Нигметов*



*И.В. Сосунов*

При угрозе наводнения с затоплением территории основной задачей органов управления РСЧС всех уровней является предотвращение или минимизация ущерба от затопления, а также обеспечение защиты населения и объектов экономики.

Основными направлениями действий указанных органов целесообразно считать:

- анализ обстановки, выявление источников опасности;
- прогнозирование видов (типов), сроков и масштабов возможного затопления;
- планирование и подготовка комплекса мероприятий по предупреждению затопления;
- планирование и подготовка к проведению аварийно-спасательных работ в зонах возможного затопления.

Меры защиты от наводнения подразделяются на оперативные и технические.

Оперативные меры не решают в целом проблему защиты от наводнений и должны осуществляться в комплексе с техническими мерами.

Технические меры носят предупредительный характер и для их осуществления необходимо заблаговременное проектирование и строительство специальных сооружений, предполагающее значительные материальные затраты.

Техническими мерами борьбы с наводнениями являются: регулирование стока в русле реки, отвод паводковых вод, регулирование поверхностного стока на водосборах, обвалование пониженных участков территории, спрямление русел и дноуглубление, строительство берегозащитных сооружений, подсыпка пониженных мест, ограничение (запрещение) строительства в зонах возможных затоплений и др.

На федеральном уровне МЧС России, при активном участии Росгидромета, Минприроды России, Минсельхоза России, Минэнерго России, осуществляет планирование и подготовку мероприятий общегосударственного масштаба, направленных на снижение риска возникновения ЧС, обусловленных возникновением паводковой опасности.

На региональном уровне региональным центрам МЧС России необходимо планировать и осуществлять мероприятия, входящие в их компетенцию. В период возникновения угрозы паводкового наводнения деятельность региональных центров должна осуществляться в режиме «повышенной готовности».

На уровне области, (края, республики) должны планироваться и осуществляться мероприятия, входящие в компетенцию субъектов РФ. При этом большая доля ответственности ложится на территориальные подразделения Росгидромета, Минсельхоза России, Минэнерго России и Минприроды России (бассейновые, водохозяйственные управления, органы водного хозяйства и т. д.). В период угрозы затопления органы управления РСЧС субъектов РФ должны функционировать в режиме «повышенной готовности».

Как правило, на всех указанных уровнях решением руководителей органов исполнительной власти должны создаваться противопаводковые комиссии, представителями которых обычно назначаются первые заместители глав администраций.

Противопаводковые комиссии при угрозе возникновения затопления должны проводить следующие мероприятия:

- организовывать круглосуточный контроль за паводковой обста-

новкой в зоне своей ответственности, используя посты Росгидромета и своих наблюдателей;

- уточнять и корректировать планы противопаводковых мероприятий с учетом складывающейся обстановки;

- уточнять (предусматривать) места (районы) временного отселения пострадавших жителей из подтопленных (разрушенных) домов, организовывать подготовку общественных зданий (школ, клубов и т. п.) или палаточных городков к размещению эвакуируемых;

- поддерживать постоянную связь и обмениваться информацией с комиссиями по ЧС и оперативными дежурными органов управления по делам ГОЧС;

- проводить учения (тренировки) по противопаводковой тематике и организовывать обучение населения правилам поведения и действиям во время наводнений;

- отправлять донесения в вышестоящие органы управления;

- решением глав администраций территорий организовать круглосуточные дежурства спасательных сил и средств;

- предусматривать первоочередное жизнеобеспечение пострадавшего населения всем необходимым;

- согласовывать с местными органами МВД РФ и органами местного самоуправления порядок охраны имущества, оказавшегося в зоне затопления;

- участвовать в организации и оборудовании объездных маршрутов подтопленных участков дорог;

- организовывать (контролировать) укрепление имеющихся сооружений и новых дамб обвалования;

- организовывать и поддерживать взаимодействие с органами управления Минобороны России, МВД России, территориальными управлениями (отделами) Росгидромета, территориальными подразделениями Всероссийской службы медицины катастроф.

При наводнениях любого вида на масштабы потерь населения и величину экономического ущерба безусловно влияют тщательность, регулярность наблюдений за часто и резко меняющейся (особенно это проявляется в последние годы) метеорологической и гидрологической обстановкой в различных районах нашей страны, а также своевременность и качество гидрометеорологических прогнозов. С этой целью необходимо развивать и совершенствовать систему мониторинга гидрометеорологической обстановки одновременно с мониторингом состояния гидротехнических сооружений.

При совершенствовании системы мониторинга и прогнозирования, безусловно, крайне необходимо расширять и развивать сеть гидрометеорологических станций и постов и улучшать их оснащенность.

Совершенствование системы мониторинга должно включать применение и развитие новейших современных геоинформационных технологий (ГИС-технологий), использование для наблюдений современных аэрокосмических средств, развитие методов и способов дешифрирования космических снимков и других достижений науки и техники. Наибольший опыт в этой

области имеет Федеральный центр науки и высоких технологий «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций» МЧС России.

ГИС с точки зрения решения информационных задач – это пространственно-распределенная, координатно-ориентированная база данных, представляющая собой программную систему для обработки картографических (географических) и атрибутивных (семантических) данных об объектах и явлениях окружающего мира. Главным преимуществом ГИС является наиболее «естественное» для человека визуальное представление как пространственной, так и любой другой информации, имеющей отношение к объектам и явлениям, расположенным в пространстве.

Усилиями организаций, входящих в корпорацию ФЦ ВНИИ ГОЧС, с целью аналитического и информационного обеспечения решения задач по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (в том числе и от ЧС, инициированными паводковыми наводнениями), для оценки последствий опасных явлений природного и техногенного характера, подготовки эффективных сценариев реагирования создана и эффективно применяется на практике глобальная (мировая) географическая информационная система «Экстремум».

В основу моделирования ЧС положена причинно-следственная связь двух процессов: воздействия поражающих факторов на объект и сопротивления самого объекта этому воздействию. Принято, что оба процесса носят случайный характер. Сопротивление объектов внешнему воздействию описывается законами разрушения сооружений и поражения людей. Законы разрушения сооружений представляются зависимостями между вероятностями их разрушения и значениями поражающих факторов. Законы поражения людей представляются аналогичными зависимостями.

Для математического обеспечения функционирования ГИС разработаны прогнозные, оптимизационные и оперативные модели. При этом использовались такие классические методы математики как теория вероятности; линейное, нелинейное и динамическое программирование; теория игр и статистических решений; теория графов и т. п.

*Прогнозные модели* дают возможность оценить последствия первичного и вторичного воздействия, включая медицинскую, инженерную, пожарную и химическую обстановку в районе воздействия *i*-го поражающего фактора, а также оценить индивидуальный риск для населения.

*Оптимизационные модели* используются для решения задач по заблаговременному выбору районов дислокации сил и средств, распределению сил и средств на локальном и региональном уровнях, по обоснованию технологии ведения аварийно-спасательных работ. С помощью оптимизационных моделей определяются требуемая численность спасателей, медицинского персонала, личного состава аварийно-

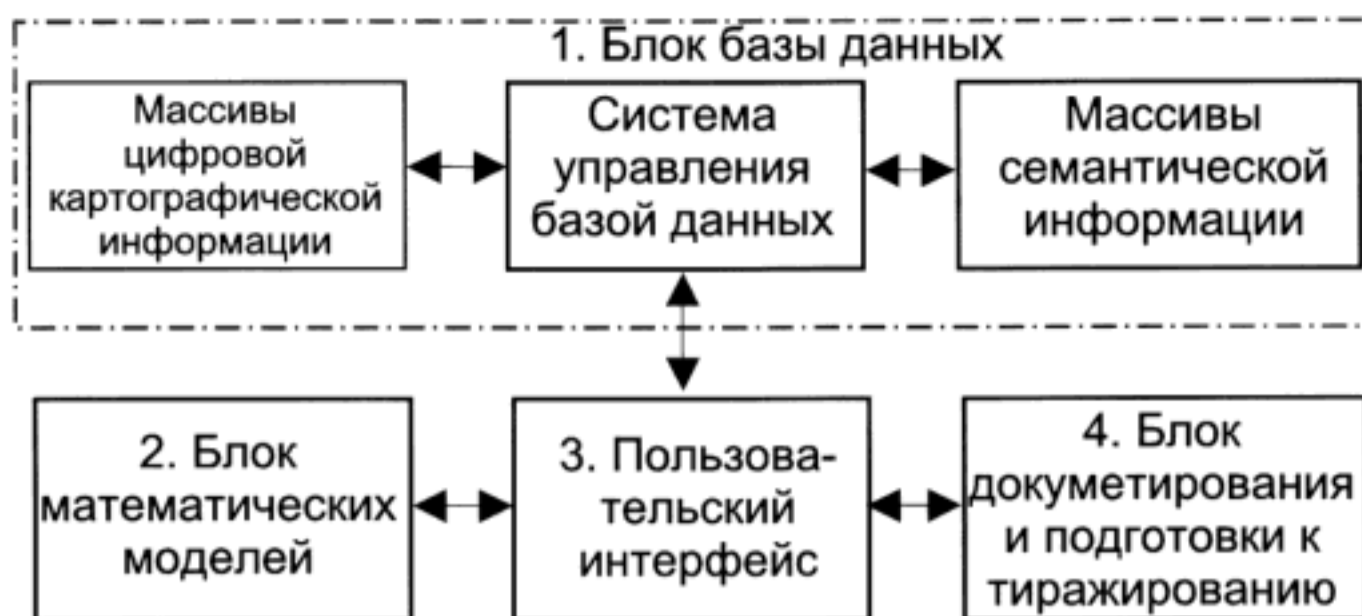


Рис. 1. Структурная схема ГИС «Экстремум»

технических команд, инженерной техники, а также показатели жизнеобеспечения.

Чаще всего входными данными для проведения расчетов являются координаты источников опасности, сила их воздействия, климатические условия, время года и суток. Обобщенная технологическая структура ГИС «Экстремум» включает следующие основные блоки (рис. 1):

- блок базы данных, состоящий из структурированных массивов цифровой картографической и предметно-ориентированной (семантической) информации;
- блок математических моделей;
- пользовательский интерфейс – средство эффективного управления всеми блоками ГИС;
- блок документирования и подготовки тематической и картографической продукции к тиражированию.

*Массивы цифровой картографической информации* ГИС «Экстремум» содержат картографические материалы («электронные карты») четырех уровней детальности:

- обзорные – для всего мира (М1:5 000 000; М1:1 000 000);
- регионов (М1:200 000);
- городов с изображением их структуры и кварталов (М1:100 000);
- объектов с изображением отдельных строений (М1:10 000 и М1: 2000).

Средства, входящие в *блок базы данных*, обеспечивают ввод и редактирование картографической информации; импорт готовых цифровых (векторных и растровых) карт; просмотр и документирование картографической информации, включая выбор территории для ее отображения на экране дисплея произвольно или по адресным признакам; включение-выключение слоев векторной карты; уменьшение-увеличение рассматриваемых карт; вывод на принтер любого рассматриваемого на экране фрагмента; возможность запроса в семантическую базу данных и отображение выбранных из нее объектов; картографическое представление информации, полученной при использовании расчет-

ных моделей. Картографические объекты всех уровней связаны единым координатным пространством (В, L, Н) и единой системой мер.

*Массивы семантической информации* содержат сведения о климатических условиях на всей территории Земли; данные о характеристике застройки и количестве проживающего населения более чем в 2 млн. населенных пунктов; характеристику объектов, являющихся вторичными источниками опасности; сведения о силах и средствах ликвидации ЧС и опыте их применения. Только по территории России массив семантической информации представлен данными о населении и застройке по 89 субъектам РФ, 2800 административным районам, более 300 000 населенным пунктам, сведениями о техногенных опасностях, исходящих от 1800 химически опасных объектов, 1120 взрыво-пожароопасных объектов, 10 атомных электростанций и 30 плотин гидроузлов, магистральных нефте- и газопроводов и др.

Элементы риска, представленные в картографической базе данных контуром, линией или точкой (картографические объекты), имеют ссылку на запись в таблице, содержащей параметры, необходимые для расчета возможных степеней повреждения зданий, количества погибших и раненых, относительного экономического ущерба и т. д.

В ГИС включена следующая информация о застройке, используемая в расчетах:

- «обобщенная» – по региону, с учетом типовых примеров для крупных, малых городов и сельских населенных пунктов;
- «уточненная» по материалам дистанционного зондирования;
- «детальная», полученная на основе данных паспортизации отдельных зданий и сооружений.

Наиболее важными элементами риска являются люди. В ГИС «Экстремум» они, в зависимости от уровня детальности, «закрепляются» за зданиями и сооружениями различного назначения, за кварталами или за территорией в пределах границ населенного пункта.

*Блок математических моделей* содержит процедуры, которые можно разделить на пять групп:

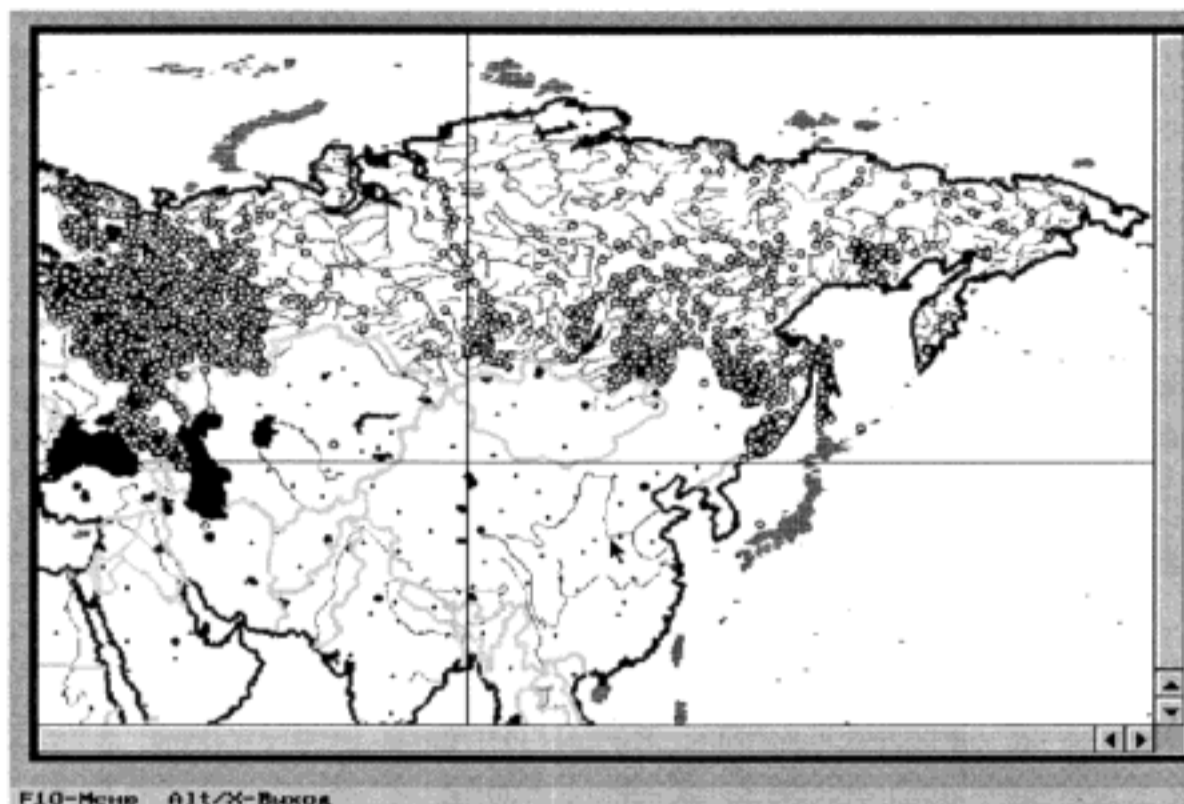


Рис. 2. Сеть водомерных постов наблюдения за паводковой обстановкой на территории РФ

модели воздействия; модели, описывающие сопротивление объектов воздействию; прогнозные; оптимизационные и оперативные модели. Каждая модель дает возможность решать определенные типы задач как до события, так и по факту его возникновения.

Поля поражающих факторов, получаемые в ходе расчетов, представляются сетями (матрицами). Расстояние между узлами сети определяется величиной аномалий поля поражающих факторов. Для отображения минимально значимой аномалии необходимо не менее трех узлов сети. Пространственное наложе-

ние поля поражающих факторов и слоев, содержащих элементы риска, позволяет определить параметры поражающих воздействий на рассматриваемые элементы риска.

Пользовательский интерфейс конфигурирует систему в соответствии с выбранной задачей, делает доступными карты соответствующего содержания и детальности, открывает процедуры ввода необходимых исходных данных, активизирует математические модели и программные модули.

Результаты расчетов в ГИС «Экстремум» оформляются в блоке документирования и подготовки про-

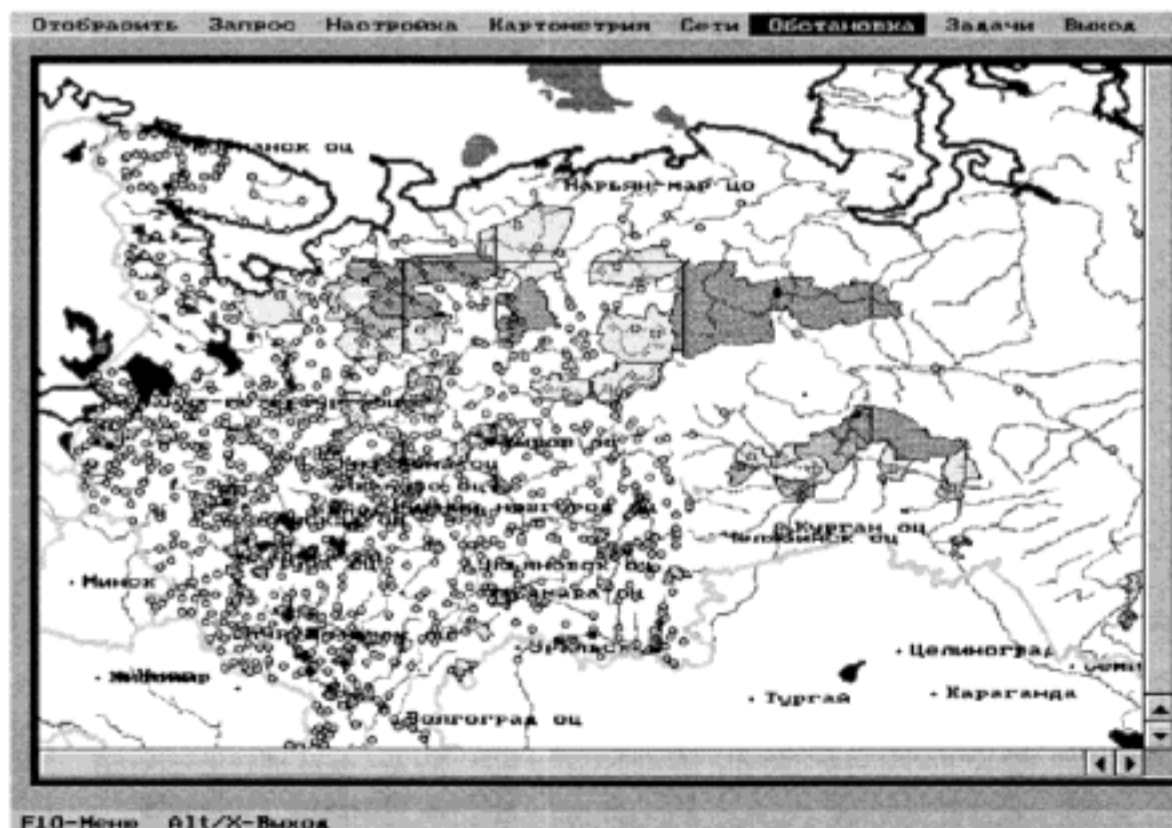


Рис. 3. Картографическое отображение результатов прогнозирования паводковой обстановки

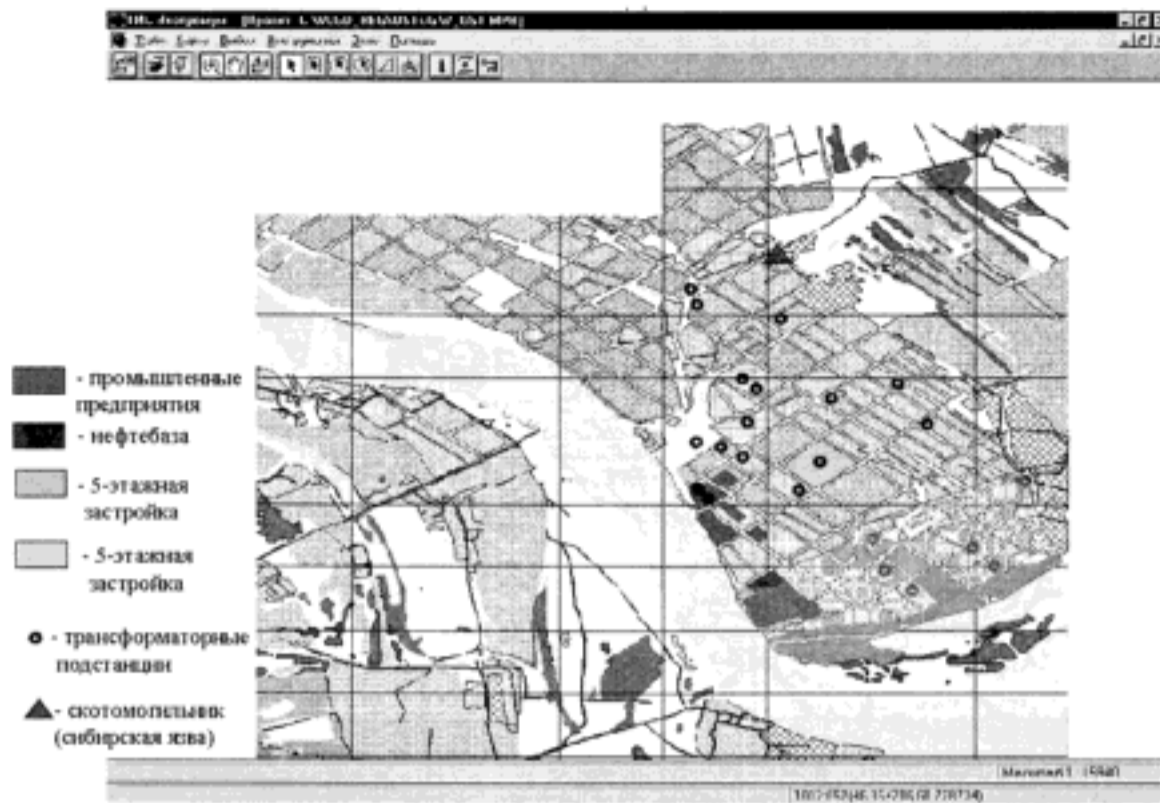


Рис. 4. Идентификация объектов в зонах затопления городской застройки

дукции к тиражированию в виде карт, таблиц, графиков. Выходными данными являются:

- границы возможных зон воздействия поражающих факторов ЧС на население и территории;
- численные оценки последствий ЧС;
- оптимальные маршруты выдвижения сил и средств ликвидации ЧС в зоны чрезвычайных ситуаций, места их дислокации;
- оценки индивидуального и комплексного риска;
- карты распределения объектов на рассматриваемой территории по степени повреждения.

Карты сопровождаются пояснительными записками, где в табличной форме приводятся результаты

расчетов для каждого населенного пункта (квартала или строения), объекта экономики.

Основу прогнозирования затопления территорий РФ с использованием ГИС «Экстремум» составляют данные, поступающие от Федеральной сети водомерных постов наблюдения за паводковой обстановкой (рис. 2).

На основании данных, поступивших от водомерных постов, используя картографическую и семантическую базу данных, а также специализированные математические модели, оператор ГИС «Экстремум» способен осуществить прогноз паводковой обстановки на всей территории России с отображением



Рис. 5. Результаты прогнозирования последствий затопления с помощью ГИС «Экстремум»



Рис. 6. Структура территориально-распределенной системы приема и обработки космической информации ФЦ ВНИИ ГОЧС

результатов прогнозирования на электронной карте (рис. 3).

Кроме того, база данных ГИС «Экстремум», характеристика которой приведена выше, позволяет прогнозировать обстановку на искомым территориях и в их населенных пунктах России, идентифицировать районы, подвергшиеся затоплению, а также определять ожидаемую (а в последующем и фактическую) площадь затопления, количество населения попадающее в зону затопления и подлежащую отселению (эвакуации), вид, количество и месторасположение объектов (зданий, сооружений и др.), подвергшихся подтоплению (рис. 4, 5).

Возможности ГИС «Экстремум» по прогнозированию ЧС природного и техногенного характера (в том числе и паводковых наводнений) были значительно расширены, после того как МЧС России создало на базе ФЦ ВНИИ ГОЧС территориально-распределенную систему приема и обработки космической информации (рис. 6, 7).

Фотоснимки, поступающие со средств дистанционного зондирования поверхности Земли в Региональные пункты приема и обработки космической информации (гг. Москва, Красноярск, Владивосток), проходят предварительную обработку, в дальнейшем направляются для окончательной математической обработки (дешифрирования) в Центр сбора данных космического мониторинга и анализа обстановки (Центр приема и обработки) ФЦ ВНИИ ГОЧС, а результаты дешифрирования представляются в Центр мониторинга и прогнозирования ЧС ФЦ ВНИИ ГОЧС для пополнения базы данных ГИС «Экстремум» и последующего их использования для выявления и дальнейшего прогнозирования развития наводнений (рис. 8).

Неоценимую помощь в быстром, правильном и научно обоснованном принятии решений по борьбе с любыми видами наводнений могут оказать разработки новейших компьютерных программ и алгоритмов, учитывающих все разнообразие условий образования заторов и зажоров, их характеристики, а также учитывающих возможность и целесообразность применения для борьбы с ними тех или иных средств и методов из всего их арсенала, имеющихся к настоящему времени.

Так специалисты ФЦ ВНИИ ГОЧС разработали комплекс прикладных программ для ПЭВМ, позволяющий прогнозировать широкий спектр чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в том числе ЧС, инициированных паводками (рис. 9).

Необходимо отметить, что в настоящее время ФЦ ВНИИ ГОЧС осуществляет разработку программно-аппаратного комплекса (ПАК) принятия решений по смягчения последствий ЧС, инициированных ледовыми заторами на реках РФ. Программное обеспечение ПАК базируется на информационной системе Arc Gis и предназначено



Рис. 7. Схема функционирования системы приема и обработки космической информации ФЦ ВНИИ ГОЧС

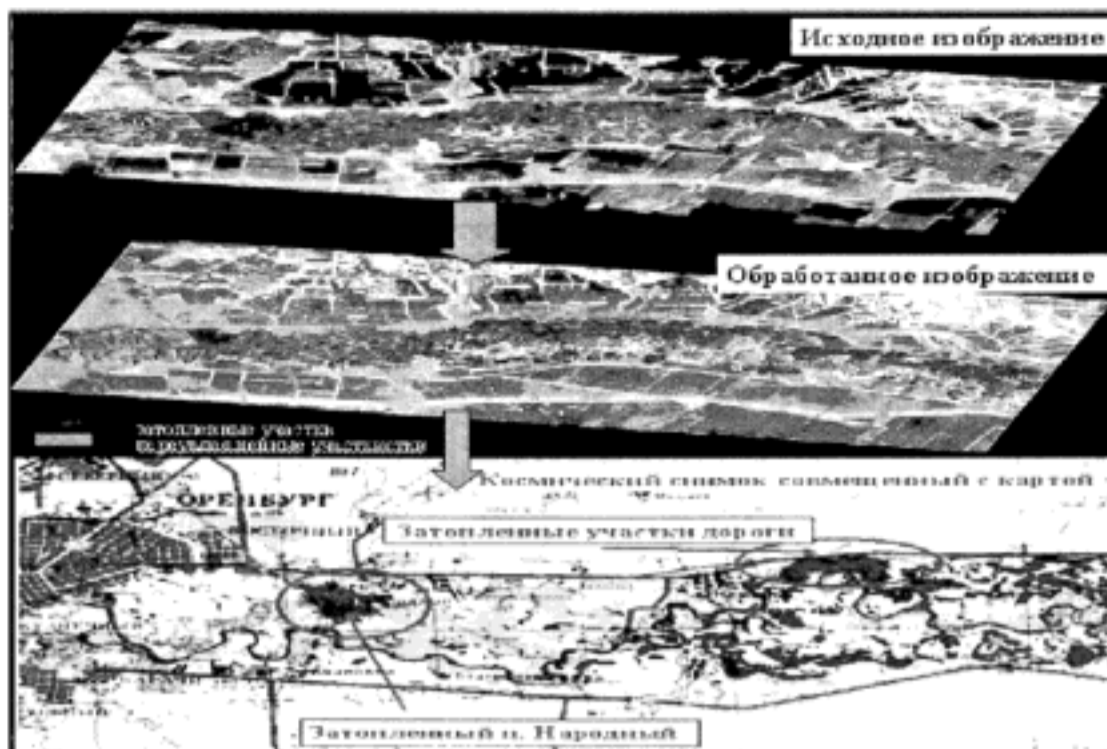


Рис. 8. Технология использования космических снимков

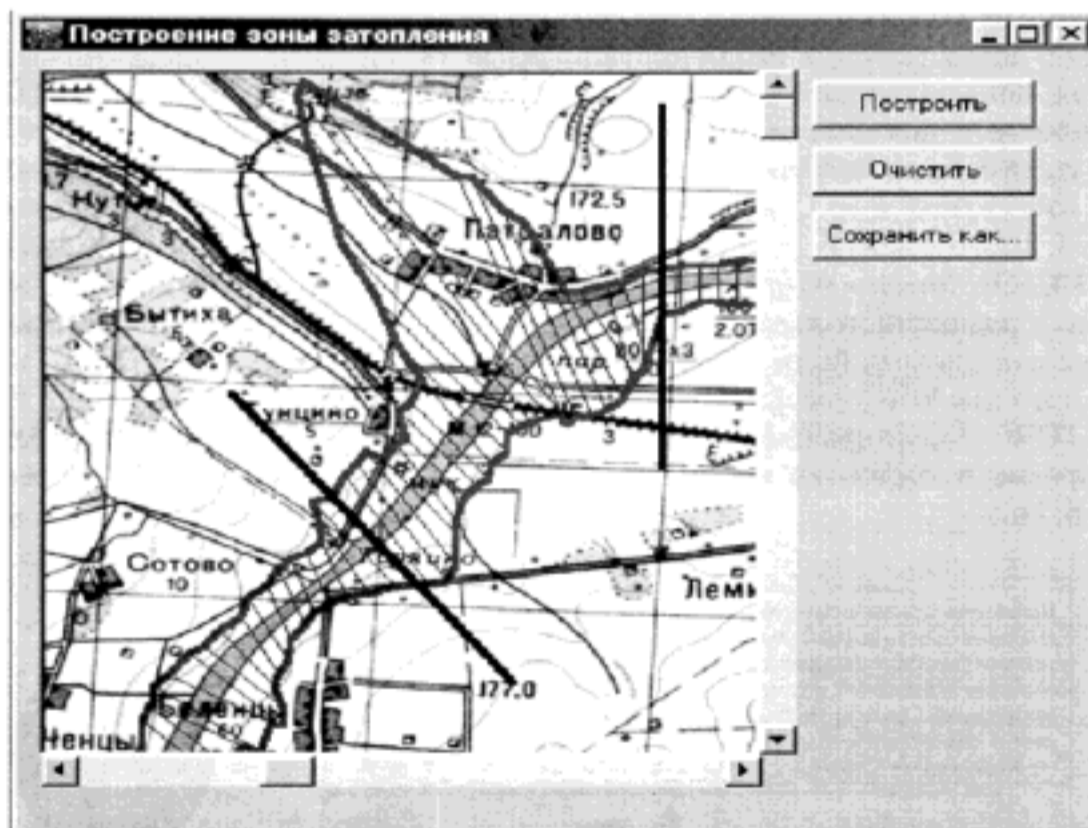


Рис. 9. Пример прогнозирования катастрофического затопления местности при помощи программного продукта «Волна»

для прогнозирования последствий катастрофического затопления местности при ледовых заторах (зажорах), определения требуемого количества сил и средств для спасения и жизнеобеспечения пострадавшего населения, выработки оптимальных сценариев реагирования на данный вид ЧС, моделирования различных сценариев разрушения ледового затора и выбор наиболее целесообразного, оценки обстановки при разрушении ледового затора и динамическом воздействии волны прорыва на здание (сооружение) в нижнем бьефе затора (зажора).

Таким образом, мониторинг и прогнозирование паводковой опасности, является основой решения органами управления РСЧС всех уровней задач по предотвращению или минимизации ущерба от затоплений, а также обеспечению защиты населения и объектов экономики.

Совершенствование системы мониторинга предполагает применение и развитие современных геоинформационных технологий, использование для наблюдений современных аэрокосмических средств, развитие методов и способов дешифрирования космических снимков и других достижений науки и техники.