

УДК 528.946/504.453

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ FLOODMAP ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА ЗАТОПЛЕНИЯ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2015 В.В. Долженкова, А.В. Звягинцева

Воронежский государственный технический университет

Поступила в редакцию 03.06.2016

Рассматриваются некоторые вопросы организации системы мониторинга и прогнозирования развития половодья с применением информационных систем. Проводится анализ влияния гидрологической обстановки 2011 г. на протекание весеннего половодья в 2012 г. на территории Воронежской области. Показана взаимосвязь пространственного анализа и географических систем на конкретном водном объекте одной территории. На основе пространственного анализа с применением ГИС-технологий FloodMap рассмотрены вопросы мониторинга и прогнозирования зон затопления территории, обусловленных весенним половодьем, на примере нижнего течения р. Битюг в Воронежской области.

Ключевые слова: гидрологические характеристики, мониторинг, прогнозирование, пространственный анализ, географические информационные системы, безопасность, информационно-аналитическая система, весеннее половодье, зона затопления

ГИС как инструмент подходит для хранения и управления большими объемами пространственной информации. Для исследователя важно, чтобы ее можно было бы использовать в различных целях для мониторинга и прогнозирования опасных техногенных и природных явлений. ГИС – это технология, базирующаяся на математической основе (как в виде картографических источников, так и языка программирования, кодирующего вводимую информацию). Это накладывает ограничения для «качественного» анализа ряда явлений, особенно их физической сущности. Геометрические отображения и особенности ввода атрибутивной информации в ГИС обуславливают в большей степени количественный анализ. Традиционно ГИС сосредотачивается на обработке статистических данных. Однако ошибочно думать, что количественный пространственный анализ может быть использован только для количественных исследований статистического плана. В настоящее время многие исследователи ГИС и пространственный анализ связывают воедино. Однако необходимо отметить, что пространственный анализ на практике предшествует созданию ГИС. Прежде, чем использование ГИС стало столь распространено во многих областях исследования, пространственный анализ включал в себя три направления:

2) Изучение пространственно-временных закономерностей;

3) Пространственный прогноз, который предлагает варианты развития ситуации.

К определению пространственного анализа можно подходить с разных сторон. В узком смысле данный термин в нашем случае – это набор процедур и методов анализа данных объектов, локализованных в пространстве. В широком понимании, пространственный анализ определяют, как подход исследования пространственных закономерностей объектов, пространственно-временное развитие сложных пространственных систем. В зарубежной литературе [1, 2] разные подходы к пониманию пространственного анализа нашли отражение в изучении его в двухуровневом формате. На более низком уровне его ассоциируют с пространственным статистическим анализом, который состоит из методов статистической обработки данных в координатном пространстве. Он является частью более обширной области собственно пространственного анализа, который заинтересован в получении сведений о пространственных и пространственно-временных явлениях или процессах при использовании количественных методов оценки.

Главная цель пространственного анализа – лучшее понимание пространственных скоплений явлений и их пространственных отношений. Пространственные статистические исследования – это подходы, которые используют статистические методы, для сопоставления реальных статистических данных события со статистической моделью [3]. Можно было бы предположить, что любой статистический анализ, выполненный географами, будет представлять собой пространственный

Долженкова Виолетта Владимировна, аспирантка
Звягинцева Алла Витальевна, кандидат технических наук, доцент кафедры химии. E-mail: zvygincevaav@mail.ru

1) Исследование изменений объектов в пространстве;

анализ [3, 4]. Однако это серьезное заблуждение. Большинство статистических методов сосредотачиваются на данных, но игнорируют их местоположение, в результате чего не могут быть использованы в ГИС по ряду причин. Во-первых, значительная часть методов производит глобальную оценку данных области исследования. В результате появляется такое явление, как пространственная однородность, что не всегда оправдано. Пространственный анализ как раз должен учитывать возможные изменения процессов и явлений. Из-за этой необходимости появилась новая группа методов, которая принимает во внимание характер местоположения объектов, исследуя, таким образом, пространственную неоднородность. Во-вторых, на практическом уровне природа большей части самих данных зачастую не подходит для стандартных вариантов статистического анализа. И для этого есть три причины: пространственные зависимости, проблема изменения результатов при изменении масштаба рассмотрения проблемы, экологическая ошибка.

Многие статистические методы предполагают, что наблюдения при исследовании независимы случайны, другими словами, что каждое наблюдение не будет затрагивать или затрагиваться любым другим наблюдением. Использование этих методов по отношению к географическим данным недопустимо. Это – и проблема и возможность одновременно. Проблема, потому что это лишает законной силы многие распространенные статистические методы. А возможность, потому что влияние, которое одно место оказывает на соседние, является вопросом, которым как раз и интересуются люди, использующие ГИС. Эти методы обычно проверяются посредством пространственной автокорреляции, то есть степени, до которой наблюдения в наборе данных коррелируют с другими наблюдениями в том же самом наборе данных [1-4].

Основанный на ГИС пространственный анализ открывает новые подходы к пониманию пространственной неоднородности и пространственным зависимостям, которые могут сделать пространственный анализ намного более ценным источником информации. Рассмотренные эффект масштаба и экологическая ошибка кажутся, на первый взгляд, довольно трудными в плане преодоления, но они должны расцениваться как фундаментальные ограничения исходных данных, которые требуют качественной интерпретации, а не количественных подсчетов [1]. В зарубежной литературе [1, 2] можно встретить несколько основных направлений пространственного анализа, сопряженных с геометрической формой отображения реалий: анализ изменений точечных объектов, полигонов и линейных структур. Далее мы попытаемся кратко рассмотреть возможные варианты

исследования в рамках этих направлений на примере одной территории.

В настоящее время информация о гидрологическом режиме рек и водоемов, необходимая для анализа риска развития половодья и прогноза основных его характеристик, имеется в основном, только для небольшой части речной сети, где сохранилась явно недостаточная сеть гидрометеорологических станций и постов, измерения на которых производятся с применением в основном устаревших методов и измерительных приборов. Особое значение в вопросе повышения качества, как входной гидрометеорологической информации, так и получаемых прогнозов, играет не только усовершенствование способов измерения (определения) [3-9], но совершенствование методологии мониторинга гидрологических характеристик.

Существует достаточно много технических решений, позволяющих создать в необходимом объеме автоматизированную сеть, включающую в себя группу модулей сбора данных (приборы, датчики), размещенных на интересующих участках гидрологической сети, каналы связи и центр обработки получаемой информации, где применяется специализированное программное обеспечение, обрабатывающее поступающие с модулей сбора данных сигналы о наблюдаемых гидрометрических характеристиках. Принципиальная функциональная схема системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик и оперативного прогнозирования наводнений и паводков [6, 7], предлагаемая ООО «НПП «Энергетические и информационные технологии» БелГУ, представлена на рис. 1.

В рассматриваемой функциональной схеме средствами прикладного программного обеспечения автоматизированного рабочего места (АРМ) должна обеспечиваться реализация следующих сервисов: фильтрация входных данных концентратора, построение векторов параметров входных данных с объектов расположения измерительно-вычислительных комплексов (ИВК), построение прогнозов развития опасных гидрологических явлений на основе сформированных векторов входных параметров. Выходные данные программного обеспечения АРМ, представляют собой текущие и прогнозируемые уровни поверхности воды в зоне влияния на исследуемый объект водопользования, должны отображаться в виде векторных объектов на цифровой карте-схеме прилегающей местности. На основании прогноза развития наводнения либо паводка принимается решение по заблаговременному оповещению населения, проживающего в районе возможного затопления и руководителей предприятий, попадающих в зону риска, рассмотренные в ряде работ [4, 9]. В данной работе показана взаимосвязь пространственного анализа и географических систем на конкретном объекте одной территории.



Рис. 1. Функциональная схема системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик и оперативного прогнозирования наводнений и паводков [6]

Анализ состояния гидрологических постов в Воронежской области. В соответствии с ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» (далее – ФЦП) одним из основных факторов, влияющих на качество гидрологических прогнозов, является обеспеченность данными наблюдений за гидрометеорологическими характеристиками окружающей среды. В соответствии с ФЦП одним из основных факторов, влияющих на качество гидрологических прогнозов, является обеспеченность данными наблюдений за гидрометеорологическими характеристиками окружающей среды [8, 10]. По состоянию на конец 2010 г. общее количество пунктов гидрологических наблюдений (далее – ПГН) государственной наблюдательной сети Росгидромета составляло около 3150 единиц [10]. В разное время на территории Воронежской области действовало разное количество гидропостов, например, при разработке материалов паспортизации населенных пунктов и объектов хозяйствования по предупреждению чрезвычайных ситуаций от затопления и подтопления (1994 г.) использовались данные по 30 ПГН Воронежского гидрометеоцентра. В настоящее время на территории области действует 13 ПГН (на реках и водохранилищах), из которых 3 пункта – неинформационные. В соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации для обеспечения качественных гидрологических прогнозов плотность ПГН должна превышать сложившуюся в Российской Федерации в 3 раза, однако с учетом неравномерности социально-экономической освоенности территории минимальное количество ПГН для нашей страны, по оценкам специалистов, составляет около 4300 – 4400 единиц [10]. Следуя логике для территории Воронежской области количество ПГН должно быть увеличено с 13 до 39 или с учетом неравномерности социально-экономической

освоенности территории до 18. В рамках ФЦП предполагается открытие 2 ПГН, таким образом, на момент окончания реализации ФЦП на территории Воронежской области будет действовать 15 ПГН Росгидромета (на реках и водохранилищах). Кроме этого в соответствии с распоряжением правительства Воронежской области от 06.11.2013 №939-р «О выделении денежных средств на устройство водомерных постов», на территории Воронежской области будет создано еще дополнительно 7 водомерных постов, которые будут работать в период весеннего половодья [11]. Конечно, по уровню точности и систематизации проводимых наблюдений, данные посты не заменят посты Росгидромета. Таким образом, можно расширить сеть ПГН, ведь как отмечалось выше их плотность и наличие влияет на качество гидрологических прогнозов, а, соответственно, и на прогноз возможных ЧС в период весеннего половодья. За счет организации предоставления данных со всех развернутых водомерных и гидрологических постов (69 постов) согласно проведенному анализу получается следующая обстановка с гидрологическими постами (табл. 1, рис. 2).

На территории Воронежской области источником чрезвычайной ситуации гидрологического типа могут быть высокие уровни воды (половодье (при интенсивном таянии снега весной и других сопутствующих факторах), дождевые паводки, заторы льда). Сведения о текущем состоянии объектов позволяют более детально и точно планировать действия направленные на защиту жизни и здоровья населения, а также имущества граждан и различных организаций. На основании полученных данных можно вести построение модели затопления (подтопления) территории по текущим уровням затопления территории с учетом прогноза подъема уровня воды. Применение географических информационных систем позволит более

оперативно получать данные мониторинга гидрологической обстановки и повысит качество прогностических оценок.

Цель работы: разработка прогноза затопления территории при разливе р. Битюг в нижнем течении на основе пространственного анализа с применением ГИС-технологий.

Методы исследования: математическое моделирование, пространственный анализ. Программное обеспечение: пакет статистического анализа Statistika, географические информационные системы, сервис по построению зон затопления FloodMap, географическая информационная система ArcGIS по разработке прогноза затопления территории в нижнем течении реки Битюг на основе пространственного анализа.

Актуальность работы обусловлена особенностью затопления территории нижнего течения р. Битюг, что влияет на разработку прогноза опасных природных явлений гидрологического характера и должно быть учтено при планировании мероприятий по предупреждению и ликвидации их последствий [8, 12].

В нижнем течении р. Битюг находятся следующие населенные пункты: х. Ступино, с. Лосево, х. Безымянный, х. Чугуновка, х. Антиповка, х. Серов, с. Шестаково, пос. Малый Кисляй, с. Мечетка – при соответствующих подъемах уровней

воды в р. Битюг возможно попадание некоторых населенных пунктов в зону затопления (рис. 3).

Для Битюга характерны три участка – верхний, средний и нижний участок реки. Верхний участок длиной 150 км простирается от истока до устья р. Эртиль. Исток Битюга находится близ села Лужки Тамбовской области. В начале участка долина реки узкая. Берега русла высотой 1-3 м слабо рассечены оврагами и балками. В конце участка русло образует петли и спрямляющие их протоки, которые далее становятся главным руслом. Пойма многорукавная. На верхнем участке Битюг принимает воды рек Пласкуша, Чемлык, Гнилуша, Самовочка, Матреночка. В засушливом 1972 году река Битюг в верхнем участке почти пересыхала, годовая амплитуда колебания уровней воды лишь немногим превысила 1 м (103 см). Средняя же величина амплитуды, колебания уровней воды почти в 4 раза выше (378 см).

Самая большая водность реки весной. В апреле 1957 г. было зарегистрировано очень высокое половодье (максимальный расход 410 м³/с), в 1972 г. – катастрофически низкое (расход доходил лишь до 6,22 м³/с). Весенний ледоход, который обычно начинается 4 апреля и продолжается 4 дня, в некоторые годы отсутствует. Продолжительность периода с ледовыми явлениями (от осенних заберегов до весеннего редкого ледохода) составляет 5 месяцев.

Таблица 1. Обстановка по наличию и планированию размещения ПГН

Река	Наличие постов Росгидромета, используемых для контроля пропуска половодья	Наличие иных постов
Воронежское водохранилище	+	+
р. Дон	+	+
р. Битюг	+	+
р. Хопер	+	+
р. Ворона	+	+
р. Подгорная	+	-
р. Девица	+	+
р. Воронеж	+	+
р. Россошь	+	-
р. Чигла	+	+
р. Усманка	-	+
р. Икорец	-	+
р. Савала	-	+
р. Черная Калитва	-	+
р. Токай	-	+
р. Хава	-	+
р. Елань	-	+
р. Тихая Сосна	-	+
Создаваемые в рамках выделения денежных средств правительством Воронежской области и в рамках ФЦП		
р. Толучеевка	-	+
р. Криуша	-	+
р. Ведуга	-	+

Примечание: «+» – отсутствует ПГН «-» – имеется ПГН.

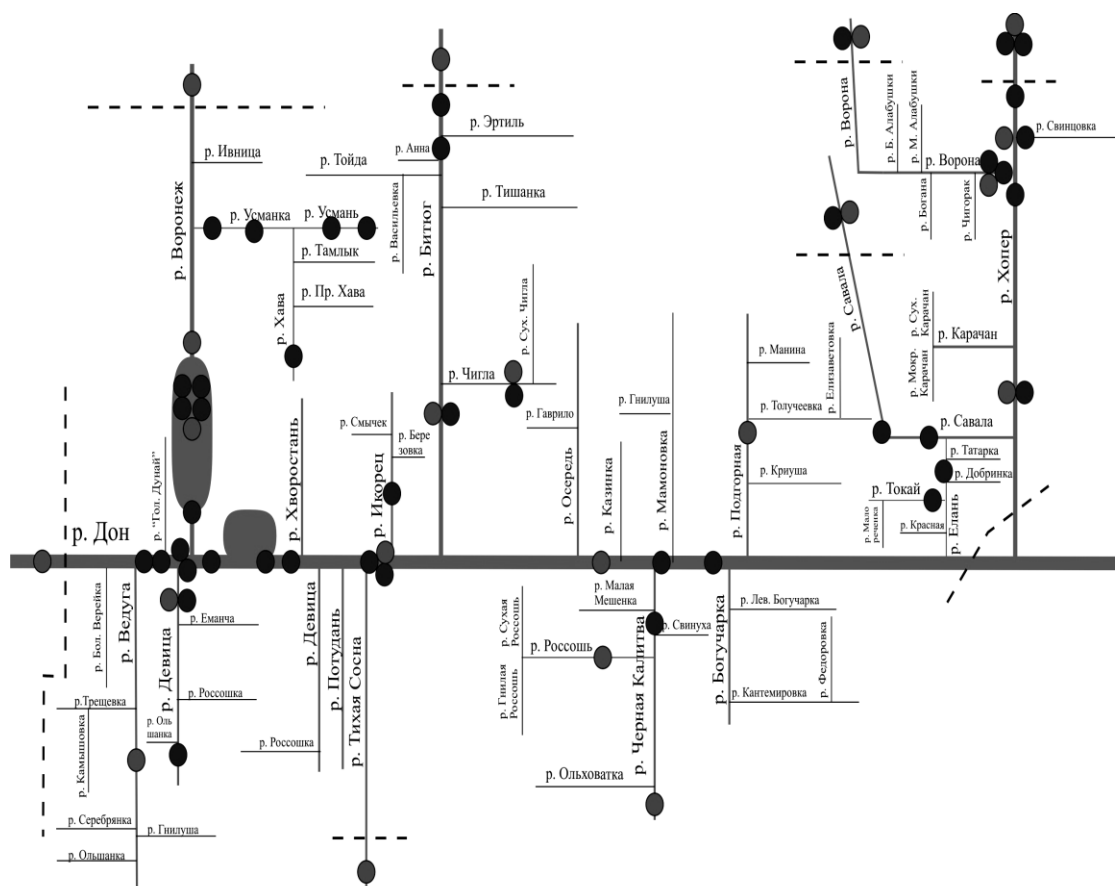


Рис. 2. Обстановка по наличию и планированию размещения ПГН.

Светлый серый цвет – существующие и планируемые к открытию посты Росгидромета, темный серый цвет – иные существующие и планируемые к открытию посты

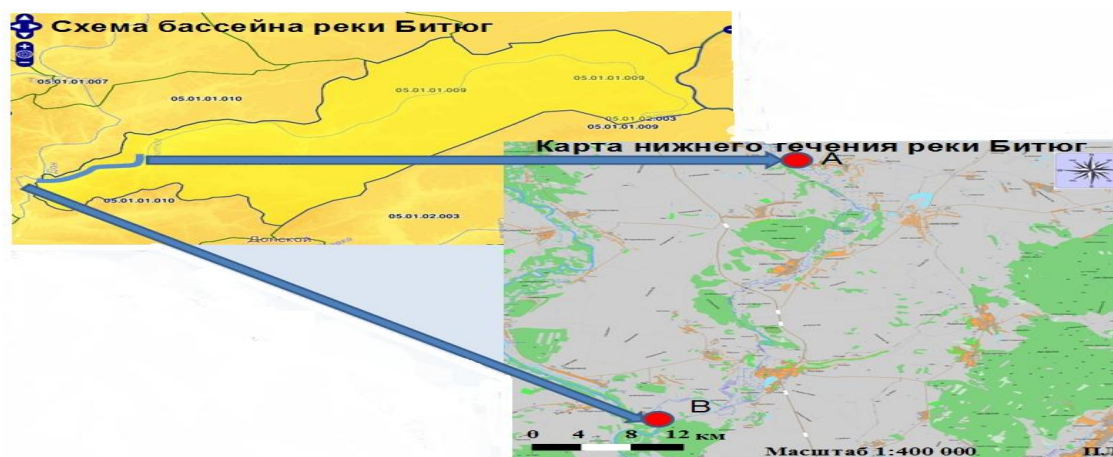


Рис. 3. Схема бассейна р. Битюг и карта нижнего течения р. Битюг:

точка А – р. Битюг у с. Мечетка, точка В – место впадения р. Битюг у с. Шестаково

Средний участок Битюга длиной 179 км заканчивается у села Мечетка. Для него характерна широкая долина, у города Бобров до 15 км. Правый берег крутой, около 40 м высоты, левый берег пологий, его высота составляет всего 10-20 м, но у станции Хреновая достигает 37 м. Пойма имеет ширину от 2 до 5 км и высоту над урезом воды 0,5-3,5 м. Она покрыта кустарником и лесом, озерами и редко - болотами. Ее поверхность отличается сложным микрорельефом с гривами старых

береговых валов и старицами - остатками отчленившихся от реки петель русла. Есть и озера старинного происхождения. Наиболее крупное озеро - Дугиновское. Пойма заполняется водой в высокое половодье. На участке Анна - Бобров много озерных расширений русла. В местах русловых сужений берега в основном высокие, чередующиеся с небольшими пляжами. К воде во многих местах подступает лес. Благодаря обширным озеровидным

расширениям русла, где оседают взвешенные наносы, что влияет на прозрачность воды.

Гидрологический режим среднего участка Битюга характеризуют данные наблюдений водомерного поста у г. Бобров. Уровневый режим реки здесь отличается повышенным подъемом воды в весеннее половодье и низкой летней и зимней меженью. Ледовые образования на реке можно наблюдать с 20 ноября. Осенний ледоход почти отсутствует. В середине декабря наступает ледостав; самые ранние и поздние сроки его наступления сдвигаются примерно на месяц. Продолжительность ледостава 3,5 месяца. Река вскрывается примерно 30 марта. Спустя 3 дня он очищается ото льда. Общая продолжительность периода с ледовыми явлениями у г. Бобров составляет 4,5 месяца.

Основные притоки Битюга на среднем участке – реки Эртиль, Курлак, Тишанка, Тойда, Чигла. В бассейнах этих притоков и в бассейне Матренички, которая впадает в Битюг в верховье, развито прудовое хозяйство. Все реки в основном используются как источники орошения, поскольку водные ресурсы речной сети бассейна незначительны.

В нижнем течении (пойме) р. Битюг (рис. 3) сосредоточены основные площади болот. От села

Лосево до устья многорукавная пойма представляет собой сплошное болото с группой озер. Заболоченное русло заросло камышом. На водный режим нижнего Битюга оказывает влияние и подпор воды реки Дон: в устье Битюга уровень воды резко повышается при высоком половодье на Дону, донская вода разливается по пойме Битюга вверх на 30-40 км (можно видеть обратное течение и медленное движение льдин вверх, на север), (рис. 4) [12]. т.к. югу от с. Мечетка, в отложениях меловой системы, часто встречаются родники. Выходы подземных вод имеются и у с. Колодежного, недалеко от устья Битюга. На восточной окраине с. Нижний Кисляй действует мощный родник. Воды его выходят по трещинам меловой толщи из подножья балки. Они собираются в озерко и дают начало незамерзающему левому притоку Битюга – р. Кисляй. В нижнем течении река Битюг протекает по территории двух муниципальных районов – Бобровскому и Павловскому. Таким образом, на прогнозирование гидрологических явлений в нижнем течении реки Битюг оказывают влияния не только показатели по бассейну реки, но и показатели подъема уровня воды в р. Дон.

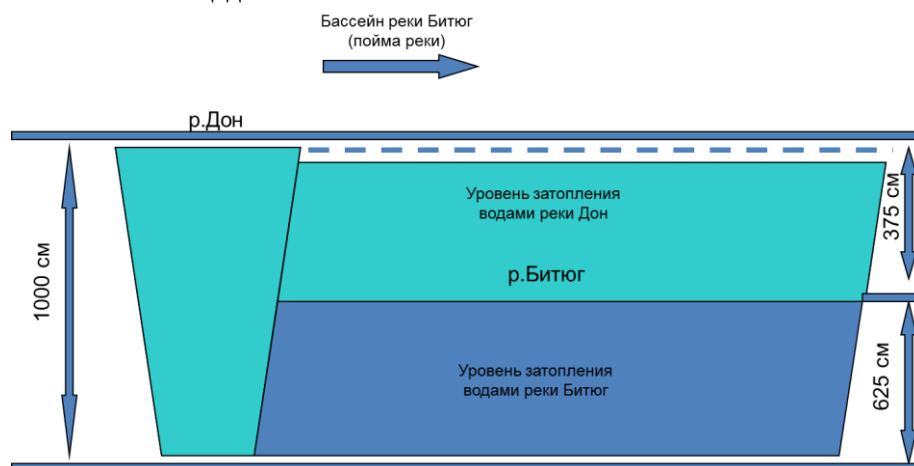


Рис. 4. Особенности затопления территории в нижнем течении р. Битюг (схематичное отображение створа впадения р. Битюг в р. Дон)

Анализ прохождения весеннего половодья в 2011-2012 году с применением сервиса по построению зон затопления FloodMap и ГИС ArcGIS (на примере с. Мечетка и с. Шестаково Бобровского района Воронежской области). ЧС, обусловленные весенним половодьем, имеют редкую повторяемость для территории Воронежской области. Наибольшему риску возникновения таких опасных природных явлений гидрологического характера подвержены следующие территории: Бобровский, Калачеевский, Петропавловский и Подгоренский муниципальные районы. Долгосрочный прогноз циклических ЧС, обусловленных весенним снеготаянием,

готовится после подготовки данных Ростгидрометом. Ежегодная вероятность возникновения природных ЧС регионального уровня, связанных с половодьем, на территории Воронежской области составляет 0,2 [8].

Основные этапы методики прогнозирования представлены на рис. 5. Заключительным этапом прогнозирования является выработка рекомендаций для оптимизации решений на основе сопоставления прогностических моделей. Для решения задач прогнозирования гидрологической обстановки в период половодья применяются географические информационные системы и предложено построить систему мониторинга и

прогнозирования, в основу которой будет положена схема информационного взаимодействия, представленная на рис. 6. Использована созданная база географических данных о зонах затопления, содержащая различные общеографические слои, специальные слои, содержащие сведения гидрологического характера, и растровые данные в виде космических снимков которые в данной работе не приводятся.

Для составления прогнозов уровней воды в бассейне нижнего течения р. Битюг проведена обработка статистической информации: это сведения об уровнях воды различной обеспеченности, сведения о расходах воды половодья в долях от максимального расхода для наибольших наблю-

даемых половодий [12-15]. Расчетные гидрологические данные и характеристики с гидропостов (такие как, уровни воды различной обеспеченности, в см; характеристика годового стока (л/сек·км²) различной обеспеченности, %; расход воды половодья в долях от максимального расхода для наибольших наблюдаемых половодий и другие, используемые при построении зон затопления) в данной работе не приводятся. Для составления прогнозов уровней воды в бассейне нижнего течения р. Битюг проведена обработка статистической информации: это сведения об уровнях воды различной обеспеченности, сведения о расходах воды половодья в долях от максимального расхода для наибольших наблюдаемых половодий.

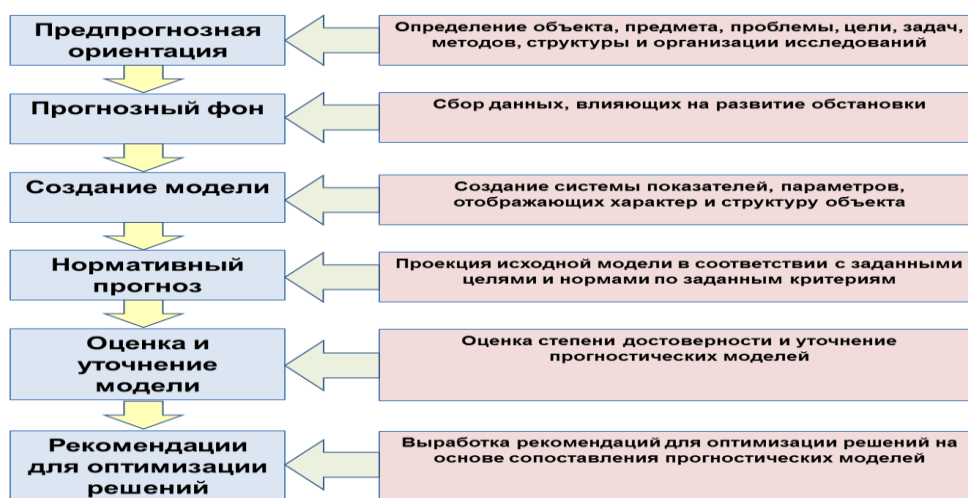


Рис. 5. Основные этапы методики прогнозирования гидрологической обстановки (в период половодья)

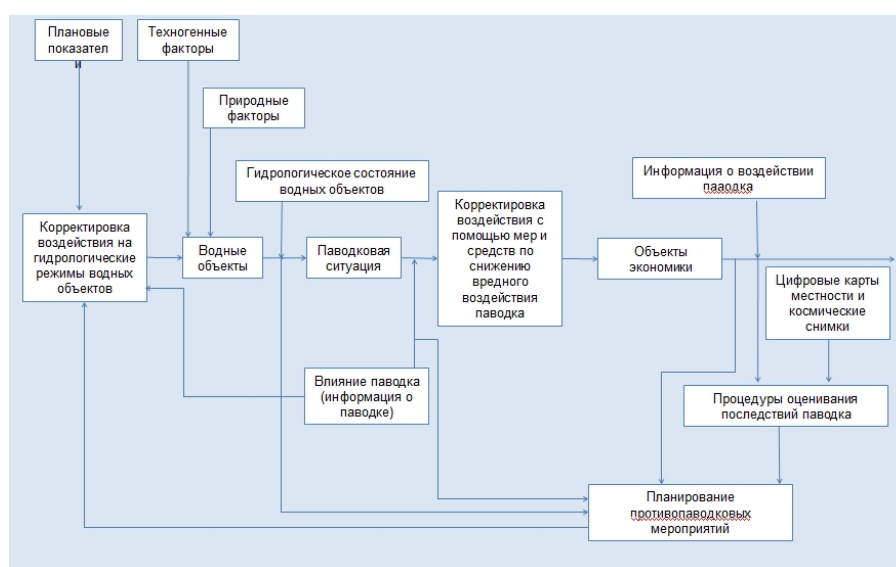


Рис. 6. Пространственная информация о зоне затопления и объектах попавших в зону затопления

При осуществлении разработки краткосрочных и оперативных прогнозов развития обстановки необходимо использовать текущие данные об уровнях воды на гидропостах [13-15].

При построении зон возможного затопления исследуемых населенных пунктов использованы текущие гидрологические характеристики гидрографа об уровнях воды на гидропосту г. Бобров за

период 2011-2012 гг., кроме этого использована архивная выборка за предыдущие годы (не менее 5 лет). Графики хода уровней воды на гидропосту г.Бобров за период 2011-2012 гг. в сравнении со

среднемноголетними значениями представлены на рис. 7. Сведения по среднемноголетним характеристика половодья по реке Битюг представлены в табл. 2-4.

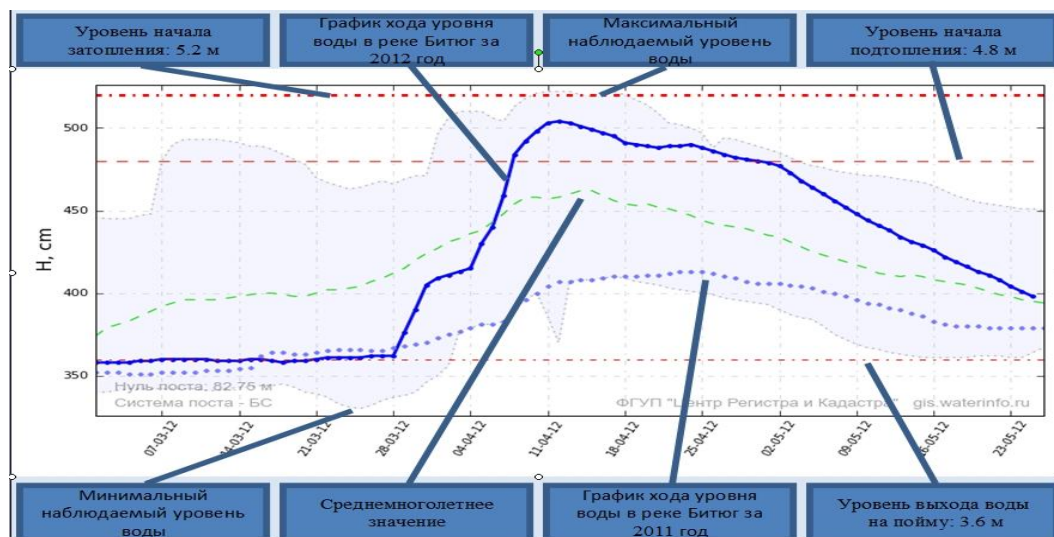


Рис. 7. График хода уровня воды в реке Битюг за 2011-2012 гг. в сравнении со среднемноголетними значениями

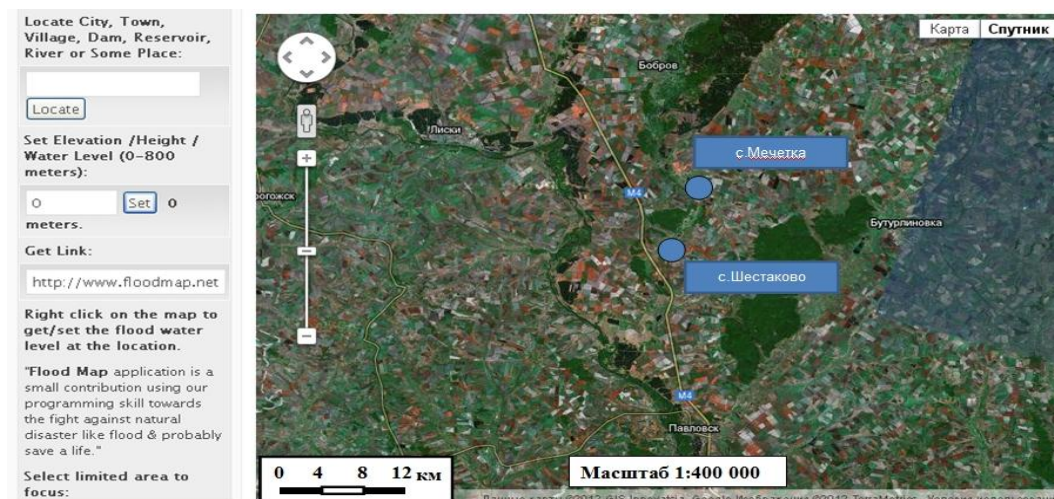


Таблица 2. Сроки вскрытия реки Битюг

Река	Пункт	Средняя многолетняя величина
Битюг	Бобров	25.03

Таблица 3. Прогноз наивысших уровней воды весеннего половодья (в см над нулем поста)

Река	Пункт	Средняя многолетняя величина
Битюг	Бобров	476

Таблица 4. Среднемноголетний срок наступления наивысших уровней воды

Река	Пункт	Средняя многолетняя величина
Битюг	Бобров	4.04

Определение расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений достаточной продолжительности осуществляют путем применения аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения - кривых обеспеченностей. Продолжительность периода наблюдений считают достаточной, если рассматриваемый период репрезентативен (представителен), а относительная

средняя квадратическая погрешность расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 10 % для годового и сезонного стоков и 20 % - для максимального и минимального стоков. Если относительные средние квадратические погрешности превышают указанные пределы и период наблюдений нерепрезентативен, необходимо осуществить приведение рассматриваемой гидрологической характеристики к многолетнему периоду. Средние квадратические погрешности расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики устанавливают по методике определения обеспеченности [8, 12]

или по специальным таблицам, полученным методом статистических испытаний. Эмпирическую ежегодную вероятность превышения P_t , % гидрологических характеристик определяли по формуле:

$$P_{m\%} = \frac{m}{n+1} \cdot 100, \quad (1)$$

где t - порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики, расположенных в убывающем порядке; n - общее число членов ряда.

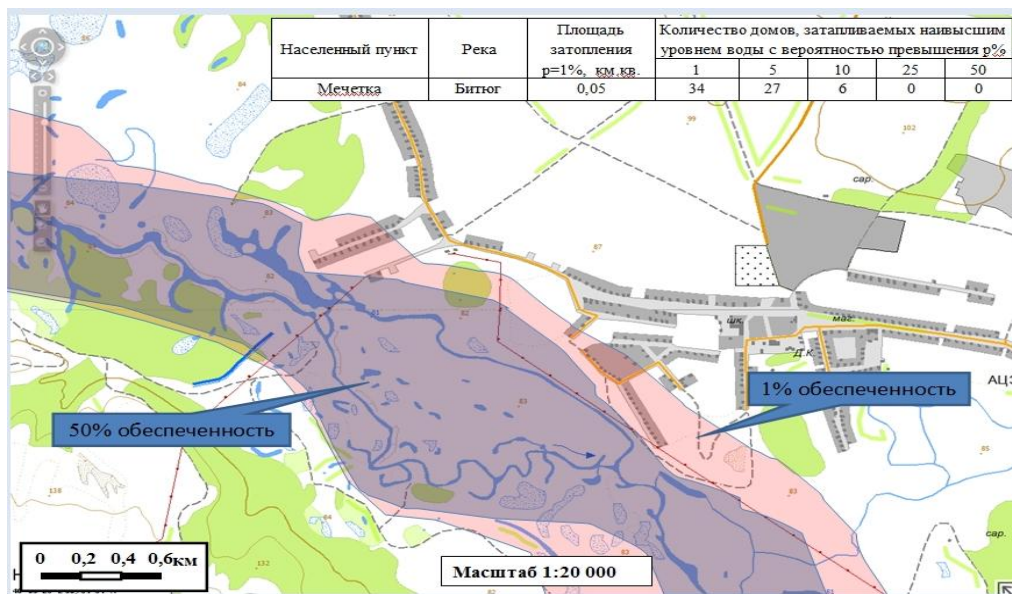


Рис. 9. Затопление с. Мечетка при подъеме уровня воды 50 % и 1 % обеспеченности половодья

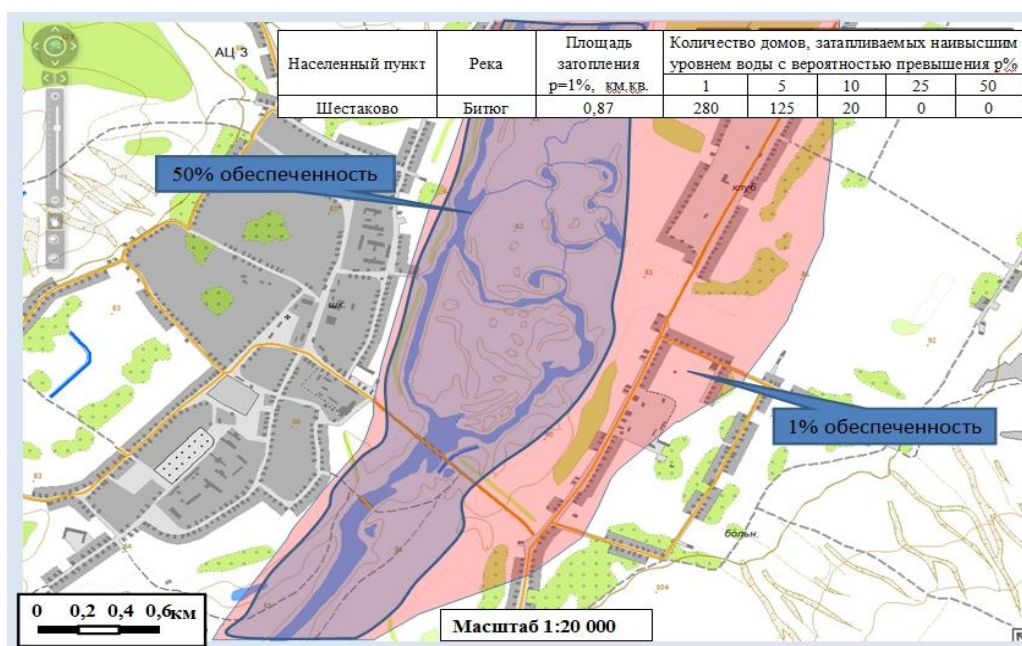


Рис. 10. Затопление с. Шестаково при подъеме уровня воды 50% и 1% обеспеченности половодья

На рис. 8. показана карта нижнего течения р. Битюг при отсутствии затопления, на ней точками

обозначены р. Битюг у с. Мечетка и место впадения р. Битюг у с. Шестаково. Карта зоны затопления

нижнего течения р. Битюг показаны при отметке 80 м по Балтийской системе высот. Модель затопления территории нижнего течения р. Битюг представлена на рис. 9, 10 (границы зон затопления). Согласно разработанной модели в зону затопления территории нижнего течения р. Битюг попадают два населенных пункта – с. Мечетка и с. Шестаково. На рис. 9 представлена модель затопления с. Мечетка, на рис. 10 – с. Шестаково. Количество жилых построек населенных пунктов Мечетка и Шестаково, попадающих в зону затопления при различной площади разлива р. Битюг, определяемой уровнем подъема воды (различной обеспеченности половодья), представлено в табл. 5 и 6. При затоплении с. Мечетка (табл. 5) при 1% обеспеченности половодья может оказаться 98 человек (в том числе 12 детей), 34 жилых дома, 102 хозяйственных постройки, 3 км сетей газоснабжения, 4,5 км электросетей, 20 колодцев, 3 км авто-

дорог, 0,005 км² сельхозугодий. При затоплении с.Шестаково (табл. 6) при 1% обеспеченности половодья может оказаться 800 человек (в том числе 130 детей), 280 жилых дома, 920 хозяйственных постройки, 27 км сетей газоснабжения, 45 км электросетей, 100 колодцев, 5 км водопроводной сети, 54 км автодорог, 0,42 км² сельхозугодий.

Вариант представления оперативной информации о поднятии уровня воды в районе исследуемых объектов в нижнем течении р. Битюг можно осуществлять по данным космических снимков в динамике. На рис. 11, 12 показаны карты зоны затопления территории нижнего течения р. Битюг при отметке 80 и 84 м (Балтийская система высот) по данным космических снимков с применением сервиса по построению зон затопления FloodMap. Из рис. 10, 11 следует, что в зоне затопления находятся два населенных пункта – с. Мечетка и с. Шестаково.

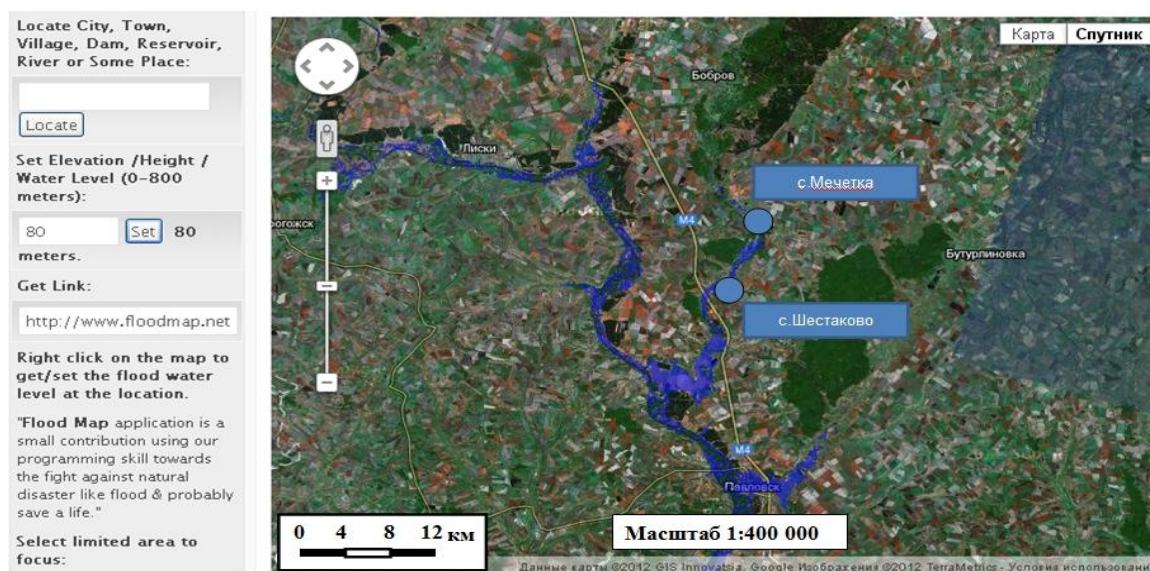


Рис. 11. Модель затопления территории нижнего течения р. Битюг при подъеме уровня воды до отметки 80 м (50% обеспеченность половодья)

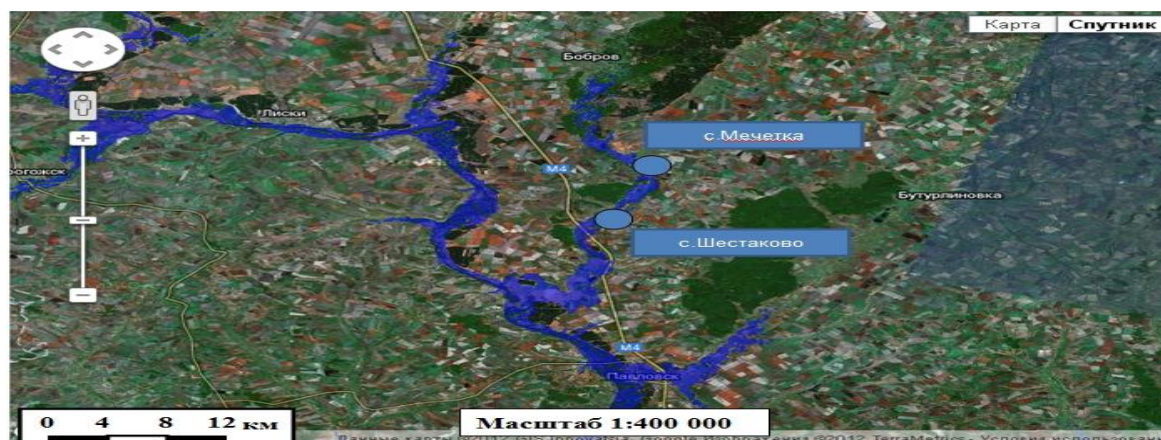


Рис. 12. Модель затопления территории нижнего течения реки Битюг при подъеме уровня воды до отметки 84 м (1 % обеспеченность половодья)

Таблица 5. Оценка обстановки в районе зоны затопления с. Мечетка

Наименование элемента оценки обстановки	Основные характеристики	Оценка возможных последствий затоплений
Количество населения в зоне затопления (из них детей)	По возрастная численность населения оказавшегося в зоне затопления	98 человек (в том числе 12 детей)
Количество жилых участков в зоне затопления	Количество жилых домов и хозяйственных построек в зоне затопления	34 жилых дома, 102 хозяйственных постройки
Количество объектов промышленности в зоне затопления	Количество различных промышленных объектов, в том числе потенциально опасных, характер их работы	Не попадают
Количество социально-значимых объектов в зоне затопления	Количество школ, больниц, детских садов, мест постоянного проживания населения	Не попадают
Количество объектов жизнеобеспечения в зоне затопления	Объекты электро-, газо-, тепло-, водоснабжения, а также канализационные системы	3 км сетей газоснабжения, 4,5 км электросетей, 20 колодцев
Количество объектов транспортной инфраструктуры в зоне затопления	Количество затопленных участков дорог и мостовых сооружений	3 км автодорог
Количество объектов утилизации и размещения отходов	Количество свалок ТБО, мест захоронения животных	Не попадают
Иные объекты	Сельхозугодия т.д.	0,005 км.кв.

Таблица 6. Оценка обстановки в районе зоны затопления с. Шестаково

Наименование элемента оценки обстановки	Основные характеристики	Оценка возможных последствий затоплений
Количество населения в зоне затопления (из них детей)	По возрастная численность населения оказавшегося в зоне затопления	800 человек (в том числе 130 детей)
Количество жилых участков в зоне затопления	Количество жилых домов и хозяйственных построек в зоне затопления	280 жилых дома, 920 хозяйственных постройки
Количество объектов промышленности в зоне затопления	Количество различных промышленных объектов, в том числе потенциально опасных, характер их работы	Не попадают
Количество социально-значимых объектов в зоне затопления	Количество школ, больниц, детских садов, мест постоянного проживания населения	Не попадают
Количество объектов жизнеобеспечения в зоне затопления	Объекты электро-, газо-, тепло-, водоснабжения, а также канализационные системы	27 км сетей газоснабжения, 45 км электросетей, 100 колодцев, 5 км водопроводной сети
Количество объектов транспортной инфраструктуры в зоне затопления	Количество затопленных участков дорог и мостовых сооружений	54 км автодорог
Количество объектов утилизации и размещения отходов	Количество свалок ТБО, мест захоронения животных	Не попадают
Иные объекты	Сельхозугодия т.д.	0,42 км.кв.

Выводы: показана взаимосвязь пространственного анализа и географических систем на конкретном объекте одной территории. Получена прогнозная модель с возможностью визуальной и расчетной оценки площадей и объектов, подтопляемых при прохождении половодий низкой обеспеченности, а также извлечена информация о предприятиях, домах и кварталах, попадающих в рассчитанные зоны затопления. На основе пространственного анализа с применением ГИС-технологий FloodMap дан прогноз затопления территории в нижнем течении р. Битюг, конкретно населенных пунктов с. Мечетка и Шестаково Бобровского района. При прогнозировании гидрологического характера в нижнем течении р. Битюг построены модели зон затопления с. Мечетка и Шестаково при 1 и 50% обеспеченности половодья.

Процесс построения зон затопления рассмотрен в динамическом развитии, что является преимуществом ГИС-технологий FloodMap. Определено что, при 1% обеспеченности половодья в зону затопления попадают: в с. Мечетка 98 человек (в том числе 12 детей), проживающие в 34 жилых домах, а в с. Шестаково 800 человек (в том числе 130 детей), проживающие в 280 жилых домах.

В качестве примера пространственно-временных изменений площадных объектов нами было выбрано затопление определенной территории Воронежской области. Переведя все имеющиеся растровые картографические источники в цифровую форму, мы смогли посчитать с помощью ГИС интересующие нас количественные показатели, такие, как уровень поднятия воды в реке над уровнем моря, показатели площади земли и

числа домов, попадающих в зону затопления, процентное соотношение изменений этих площадей за интересующий нас отрезок времени. Но, как уже упоминалось выше, без дополнительных источников данных все равно не обойтись. Так, статистические показатели площадей позволяют уточнить и скорректировать результаты карты, а описания территории дадут более полноценные ответы на вопросы о причинах тех или иных изменений объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gregory, I.N. HISTORICAL GIS: Technologies, Methodologies and Scholarship / I.N. Gregory, P.S. Ell. – UK: Cambridge University Press, 2007. 241 p.
2. Murgante, B. Geocomputation and Urban Planning / B. Murgante, G. Boruso, A. Lapucci (Eds.). Studies in Computational Intelligence, Vol.176. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 2009. 381 p.
3. Соколова, Ю.П. Прогнозирование опасных метеорологических явлений при определении характера и масштабов стихийных бедствий: монография / Ю.П. Соколова, А.В. Звягинцева, И.П. Распорзуев. – Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2009. 215 с.
4. Соколова, Ю.П. Прогнозирование опасных гидрологических явлений с помощью ГИС технологий / Ю.П. Соколова, А.В. Звягинцева // Информация и безопасность: Региональный научно-технический журнал. Воронеж, 2011, вып.4. С. 545-552.
5. Зидишлаг, С. ОТТ ADC – современный способ измерения скорости потока, используемый при измерении расхода воды стандартным методом // Метеорология и гидрология. 2008. № 10. С. 100–104.
6. Кунгурцев, С.А. Автоматизированная система оперативного оповещения о разливах рек / С.А. Кунгурцев, С.А. Жуков, В.И. Соловьев и др. // Экологические системы и приборы. 2012. №4. С. 48–51.
7. Звягинцева, А.В. Мониторинг стихийных бедствий конвективного происхождения по данным дистанционного зондирования с метеорологических космических аппаратов: монография / А.В. Звягинцева, А.Н. Нешмак, И.П. Распорзуев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 162 с.
8. Прогноз природных, техногенных, биологических и социальных чрезвычайных ситуаций на территории Воронежской области на 2011 год / Главное управление МЧС России по Воронежской области.
9. Аржаных, Ю.П. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объектах Воронежской области с применением географических информационных систем. Гелиогеофизические исследования / Ю.П. Аржаных, В.В. Долженкова, А.В. Звягинцева // Heliogeophysical Research. Электронный научный журнал. 2014. Вып. 9, С. 89-98. vestnik@ipg.geospace.ru
10. Постановление Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. №350 «О федеральной целевой программе «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах».
11. Распоряжение правительства Воронежской области от 06.11.2013 №939-р «О выделении денежных средств на устройство водомерных постов».
12. Курдов, А.Г. Водные ресурсы Воронежской области: формирование антропогенное воздействие, охрана и расчеты. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1995. 224 с.
13. Портал правительства Воронежской области. Электронные данные. Режим доступа: <http://www.govvrn.ru/wps/portal/AVO>.
14. Водный реестр. Электронные данные. Режим доступа: <http://textual.ru/gvr/>.
15. Водный регистр и кадастр. Электронные данные. Режим доступа: <http://www.waterinfo.ru/>.

PROSPECTS OF APPLICATION THE FLOODMAP GIS TECHNOLOGIES TO PREDICT THE RISK OF FLOODING ON WATER BODIES IN VORONEZH OBLAST

© 2015 V.V. Dolzhenkova, A.V. Zvyagintseva

Voronezh State Technical University

Some questions of the organization the monitoring and prediction of floods using information system was considered. The analysis of the impact of hydrological conditions in 2011 the passage of spring floods in 2012 in the Voronezh region are made. It was shown the relationship of spatial analysis and geographic systems on a specific water body area. On the basis of spatial analysis using FloodMap GIS technology the questions about monitoring and forecasting the flood zone due to spring flood, on the example of lower reaches of the river Bitug in Voronezh oblast.

Key words: hydrological characteristics, monitoring, forecasting, spatial analysis, geographic information systems, safety, information and analytical system, spring floods, flood zone

Violetta Dolzhenkova, Post-graduate Student
Alla Zvyagintseva, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Chemistry Department
E-mail: zvyagincevaav@mail.ru