

ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

В.В. Долженкова, А.В. Звягинцева

Проведен обзор возможности информационных технологий с географически организованной информацией для прогнозирования опасных природных явлений с применением пространственного анализа. Показаны примеры мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений гидрологического характера на водных объектах Воронежской области. В частности, определен риск затопления села Лосево Павловского района Воронежской области на 2014 год с помощью программного обеспечения по построению зон затопления «FloodMap».

Ключевые слова: мониторинг, прогнозирование, опасное природное явление, пространственный анализ, географические информационные системы, прогнозная модель зоны затопления, сервис по построению зон затопления «FloodMap»

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время информатизация коснулась всех сторон жизни общества и трудно назвать какую-либо сферу человеческой деятельности, где не ощущалось бы ее мощное воздействие. В науках о Земле информационные технологии породили географическую информатику и географические информационные системы (ГИС).

Географические информационные системы – это современная компьютерная технология для картографирования и анализа событий объектов реального мира, объединяющая традиционные операции работников с БД с преимуществами полноценной визуализации и пространственного анализа. Информационная система – это база данных, преобразованных в цифровой формат. Базы данных ГИС способны выполнять пять основных задач работы с данными: ввод данных, манипулирование, управление, запрос и анализ, визуализация. В общем случае ГИС позволяют решать в три класса задач: информационно – справочные; сетевой анализ; пространственный анализ и моделирование [1-7].

Получение и обработка данных для ГИС – наиболее важный и трудоемкий этап создания подобных информационных систем. В настоящее время самым перспективным и экономически целесообразным считается метод получения данных об объектах на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и GPS-измерений. В широком смысле ДЗЗ – это получение любыми неконтактными методами информации о поверхности Земли, объектах на ней или в ее недрах. Достоинства метода ДЗЗ заключается в следующем:

1. Актуальность данных на момент съемки (большинство картографических материалов безнадежно устарели);
2. Высокая оперативность получения данных;
3. Высокая точность обработки данных за счет применения GPS – технологий;
4. Высокая информативность (применение спектральной, инфракрасной и радарной съемки позволяет увидеть детали, не различимые на обычных снимках);
5. Экономическая целесообразность (затраты на получение информации посредством ДЗЗ существенно ниже наземных полевых работ);
6. Возможность получение трехмерной модели местности (матрицы рельефа) за счет использования стереорежима или лидарных методов зондирования и, как следствие, возможность проводить трехмерное моделирование участка земной поверхности (системы виртуальной реальности).

Дистанционные методы характеризуются тем, что регистрирующий прибор значительно удален от исследуемого объекта. При таких исследованиях явлений и процессов на земной поверхности расстояния до объектов могут измеряться от единиц до тысяч километров. Это обстоятельство обеспечивает необходимый обзор поверхности и позволяет получать максимально генерализованные изображения.

В настоящее время выделяют следующие виды съемки для получения данных ДЗЗ:

1. Космическая съемка (фотографическая или оптико-электронная):
 - Панхроматическая (чаще в одном широком видимом участке спектра) – простейший пример черно-белая съемка;

- Цветная (съемка в нескольких, чаще реальных цветах на одном носителе);
 - Многозональная (одновременная, но раздельная фиксация изображения в разных зонах спектра);
 - Радарная (радиолокационная);
2. Аэрофотосъемка (фотографическая или оптико-электронная):
- Те же виды ДЗЗ, что и в космической съемке;
 - Лидарная (лазерная).

Космическая съемка (КС), имеет более низкое разрешение (от 30 до 1 м в зависимости от типа съемки и типа КА), но за счет этого охватывает большие пространства. КС используется для съемки больших площадей в целях получения оперативной и актуальной информации о районе предполагаемых геологоразведочных работ, базовой подосновы для создания глобальной ГИС на район разработки полезных ископаемых, экологического мониторинга нефтяных разливов и других аналогичных задач. При этом используется как обычная монохромная (черно-белая съемка), так и спектрзональная. В таблице приведены краткие характеристики основных типов КА ДЗЗ коммерческого использования, применение которых возможно для решения задач по созданию и обновлению ГИС предприятий нефтедобывающего комплекса.

Краткие характеристики КА для получения данных ДЗЗ коммерческого использования

Название КА	Разрешение панхроматическое	Разрешение многозональное	Размер кадра	Страна
QuickBird 2	0,61 м	2,44 м	16 x 16 км	США
Iconos 2	1 м	4 м	11 x 11 км	США
EROS A1	1,8 м	-	12,5 x 12,5 км	США
КВР - 1000	2 м	-	40 x 40 км	Россия
Spot 5	5 м (2,5 м)	10 м	60 x 60 км	Франция
ТК - 350	10 м	-	200 x 300 км	Россия
Landsat 7	15 м	30 м	170 x 185 км	США

Аэрофотосъемка (АФС), позволяет получать изображение более высокого разрешения (от 1-2 м до 5-7 см), примеры фотоснимков различного разрешения представлены на рис. 1. АФС используется для получения высоко детальных материалов для решения задач земельного кадастра применительно к арендуемым участкам добычи полезных ископаемых, учета и управления имуществом. Кроме того, использование АФС на сегодняшний день представляется оптимальным вариантом получения данных для создания ГИС на линейно-протяженные объекты (за счет возможности применения «коридорной» съемки). Следует также отметить, что по оценкам экспертов, в ближайшем будущем данные ДЗЗ станут основным источником информации для ГИС, в то время как традиционные карты будут использоваться только на начальном этапе в качестве источника статичной информации (рельеф, гидрография, основные дороги, населенные пункты, административное деление).

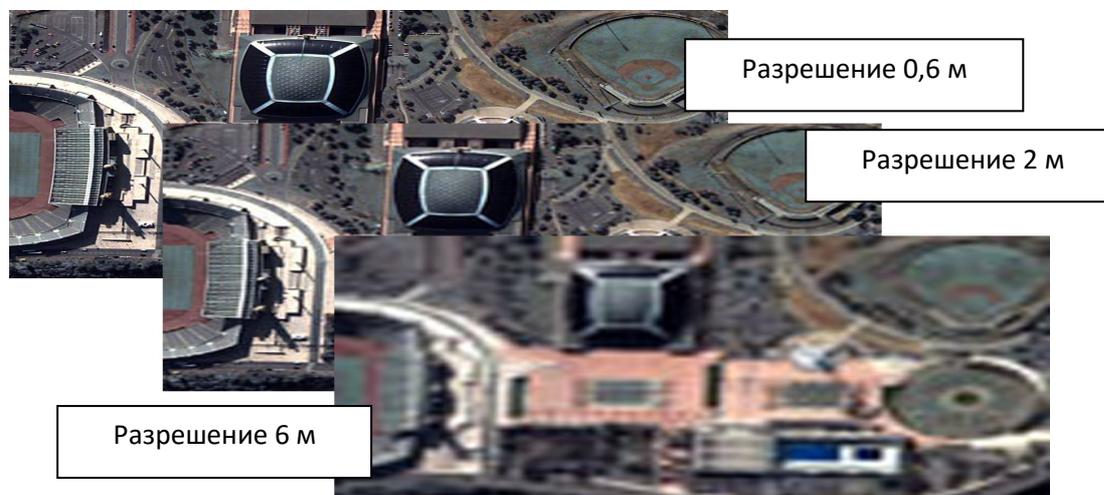


Рис. 1. Пример фотоснимков различного разрешения

В настоящее время наблюдается бурный всплеск применения спутниковых систем, предназначенных для определения параметров пространственного положения объектов. Сегодня применяются две системы второго поколения – американская GPS (Global Positioning System) и российская ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система).

Данные систем глобального спутникового позиционирования (СГСП) применяются в различных (мониторинговые, изыскательские, исследовательские и тому подобные задачи) системах, где требуется жесткая пространственно-временная привязка результатов измерений [6, 7]. Основными достоинствами СГСП являются:

- Глобальность;
- Оперативность;
- Всепогодность;
- Точность;
- Эффективность.

Основные направления применения спутниковых систем глобального позиционирования при географических информационных исследованиях следующие:

- развитие опорных геодезических сетей всех уровней от глобальных до съемочных систем, а также проведение нивелирных работ в целях геодезического обеспечения деятельности предприятий;
- обеспечение добычи полезных ископаемых (открытая разработка, буровые работы и другие аспекты деятельности);
- геодезическое обеспечение строительства, прокладки трубопроводов, кабелей, путепроводов, ЛЭП и другие инженерно-прикладные работы;
- землеустроительные работы;
- спасательно-предупредительные работы (геодезическое обеспечение при бедствиях и катастрофах);
- экологические исследования: координатная привязка разливов нефти, оценка площадей нефтяных пятен и определение направления их движения;
- съемка и картографирование всех видов – топографическая, специальная, тематическая;
- интеграция с ГИС;
- применение в диспетчерских службах;
- навигация всех видов – воздушная, морская, сухопутная.

В глобальных системах позиционирования выделяют три главные подсистемы (рис. 2):

1. наземного контроля и управления (НКУ);
2. созвездия спутников (космических аппаратов – КА);
3. аппаратуры пользователей (АП).



Рис. 2. Компоненты глобальной системы позиционирования

Подсистема НКУ состоит из станций слежения за КА, службы точного времени, главной станции с вычислительным центром и станций загрузки данных на борт КА. Точность определения координат при использовании GPS-приемников может варьироваться в широких пределах от нескольких десятков метров до единиц сантиметров и зависит от способов измерений, которые делятся на:

- Абсолютные способы определения геоцентрических координат (автономные, дифференциальные);
- Относительные способы определения пространственных векторов – базовых линий (статические, кинематические).

Необходимо отметить, что в настоящее время наметилась тенденция к тесной интеграции GPS-технологий и методов получения и обработки данных ДЗЗ, проявляющейся в основном в области

аэрофотосъемки [6, 7]. На рис. 3 представлен пример аэрофотокомплекса, интегрированный с GPS-приемником.



Рис. 3. Аэрофотокомплекс, интегрированный с GPS-приемником

ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

На основе рассмотренных технологий, на территории Воронежской области организован мониторинг чрезвычайных ситуаций гидрологического характера следующими организациями: ФГБУ «Воронежский гидрометеоцентр», отдел водных ресурсов по Воронежской области Донского бассейнового водного управления, Главное управление МЧС России по Воронежской области [1, 5, 8-12]. В этом случае речной бассейн представляет собой динамическую систему, между объектами которой происходит обмен запасом водных ресурсов, рис. 4. Для разработки долгосрочных и сезонных гидрологических прогнозов необходимо построение банка данных содержащего необходимую исходную информацию для составления прогноза [1, 8, 9, 11, 12]. Для этого на основании полученных текущих параметров окружающей среды, с применением разработанных заранее цифровых моделей местности, в среде географической информационной системы строится модель развития обстановки для каждого участка местности где существует угроза затопления населенных пунктов и различных объектов экономики. Строго регламентированных и унифицированных методик прогноза весеннего половодья не существует. В каждом конкретном случае необходимо учитывать специфические особенности рассматриваемого водного объекта (его географические, климатические и другие показатели).

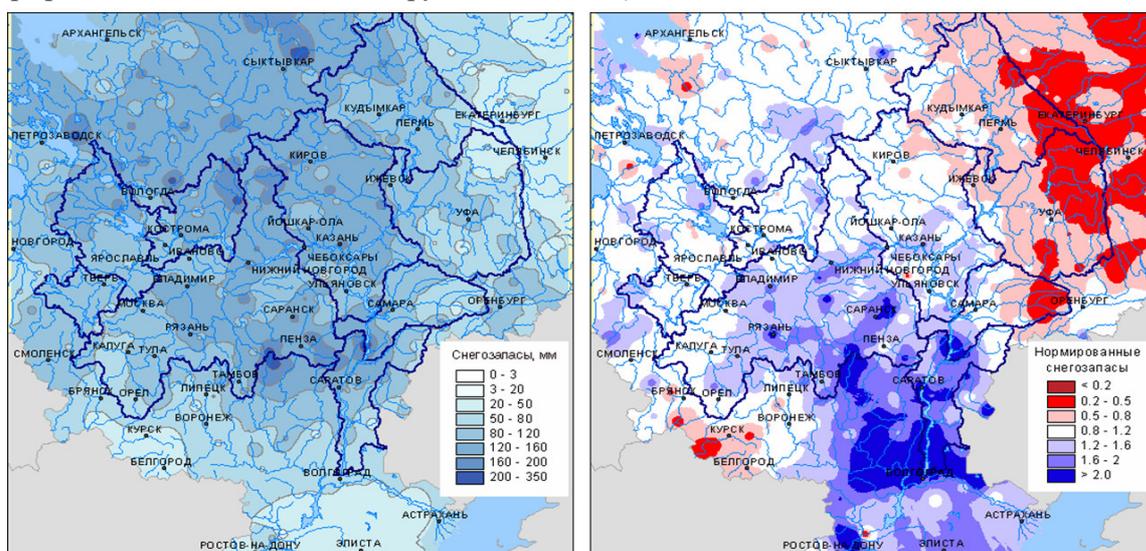


Рис. 4. Запасы воды в снежном покрове (слева) и нормированные снеговые запасы (справа)

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 спланировать 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 позволят более оперативно получать данные мониторинга гидрологической обстановки и повысят качество прогностических оценок.

Цель работы: с помощью программного обеспечения «FloodMap» определить риск затопления села Лосево Павловского района Воронежской области. Актуальность работы обусловлена особенностью затопления территории нижнего течения реки Битюг, что влияет на разработку прогноза гидрологического характера.

По данным гидрологических наблюдений с 1878 по 2005 г. построен график изменения максимального уровня весеннего половодья на реках бассейна Дона различного порядка (рис. 5). Наибольшие уровни весеннего половодья были характерны для 60-70 гг. XX века. При этом для реки Дон максимальный уровень половодья колебался от 930 до 1144 см в зависимости от местоположения водомерного поста и климатических особенностей года. Для рек I порядка (Воронеж, Битюг, Осередь, Черная Калитва, Подгорная, Хопер) уровень максимального половодья изменялся от 401 до 813 см, для рек II порядка (Усмань, Чигла, Россошь, Ворона) – от 259 до 662 см, наименьший уровень весеннего половодья отмечается на реках III порядка (Хава, Балка Озерки) максимальный уровень половодья от 259 до 506 см.

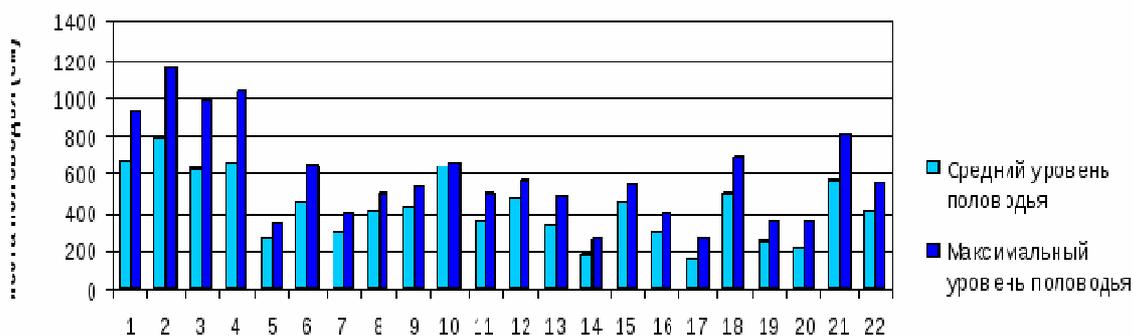


Рис. 5. Уровень максимального весеннего половодья на реках Воронежской области.

Обозначение:	
1	Дон (село Гремячье)
2	Дон (п.г.т. Новоронежский)
3	Дон (город Лиски)
4	Дон (город Павловск)
5	Девица (село Нижнедевицк)
6	Девица (село Девица)
7	Воронеж (п.г.т. Рамонь)
8	Воронеж (село Чертовицкое)
9	Усмань (Бобровый заповедник)
10	Усмань (поселок Боровое)
11	Хава (деревня Ильиновка)
12	Битюг (город Бобров)
13	Чигла (поселок Первомайский)
14	Балка Озерки (деревня Верхняя Орловка)
15	Осередь (город Бутурлиновка)
16	Черная Калитва (п.г.т. Ольховатка)
17	Россошь (п.г.т. Подгоренский)
18	Подгорная (город Калач)
19	Криуша (село Старая Криуша)
20	Хопер (город Поворино)
21	Хопер (город Новохоперск)
22	Ворона (город Борисоглебск)

Историко-географический анализ опасных гидрологических явлений на территории области выявил, что наиболее длинный ряд наблюдений (более 120 лет) за режимом гидрологической системы области характерен для реки Дон на водомерных постах с. Гремячье, г. Лиски, г. Павловск. На рис. 6 графически отражена динамика весеннего половодья за столетний период на реки Дон. Среднестатистический уровень половодья составляет около 713 см, максимальная высота (более 900 см) отмечается один раз за 100 лет.

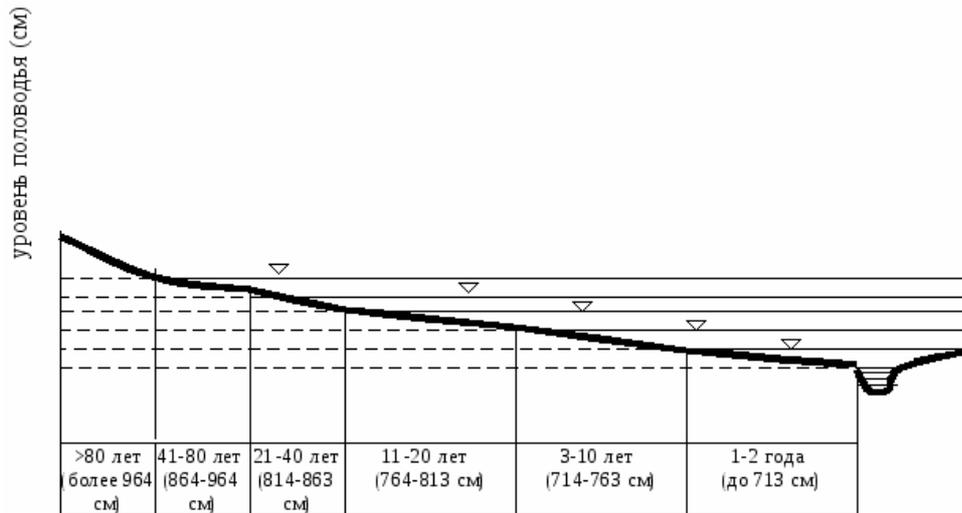


Рис. 6. Повторяемость максимальной высоты половодья на реке Дон (город Павловск)

Изменение уровней сезонных половодий на гидрологических постах Среднего Дона зависит от климатических, геоморфологических и гидрологических условий конкретного поста. На территории области на фоне относительно маловодных лет наблюдаются отдельные годы с максимальными значениями показателей. Интервал между пиками половодья на реке Дон (с. Гремяче) высотой более 700 см составляет 3-4 года. Каждые 7-8 лет уровень половодья достигает более 800 см. На территории области для бассейна Дона одним из главных природных факторов возникновения высоких уровней половодья является сочетание половодий отдельных притоков (Северный Донец, верховье Дона).

Важной характеристикой сезонных половодий является максимальный и минимальный расход воды. На реке Дон за 100 лет в летний период наблюдений максимальный расход воды изменялся от 11200 м³/см³ в 1888 г. до 8060 м³/см³ в 1951 г. Минимальный расход воды изменялся от 370 м³/см³ в 1975 г. до 112 м³/см³ в 1972 г. Средний объем половодья на территории области равен 4,93 км³ (слой стока 89 мм), что составляет 62 % объема годового стока. Наибольший объем половодья 10,7 км³ (слой стока 154 мм) отмечен в 1970 г., наименьший – 10,4 км³ (слой стока 15 мм) в 1972 г.

Нами в работе применялись следующие программные средства: пакет статистического анализа Statistika, сервис по построению зон затопления «Floodmap», по разработке прогноза затопления территории в бассейне реки Битюг на основе пространственного анализа с применением ГИС-технологий [2, 5, 10, 12]. С помощью программного обеспечения «FloodMap» можно определить риск затопления любой точки земного шара, рис. 7. Например: затопление села Лосево Павловского района Воронежской области (рис. 8, 9) начнется с подъема воды от отметки 80 метров от текущего уровня и, соответственно, при подъеме на 81 метр, эта местность будет на 1 метр под водой.

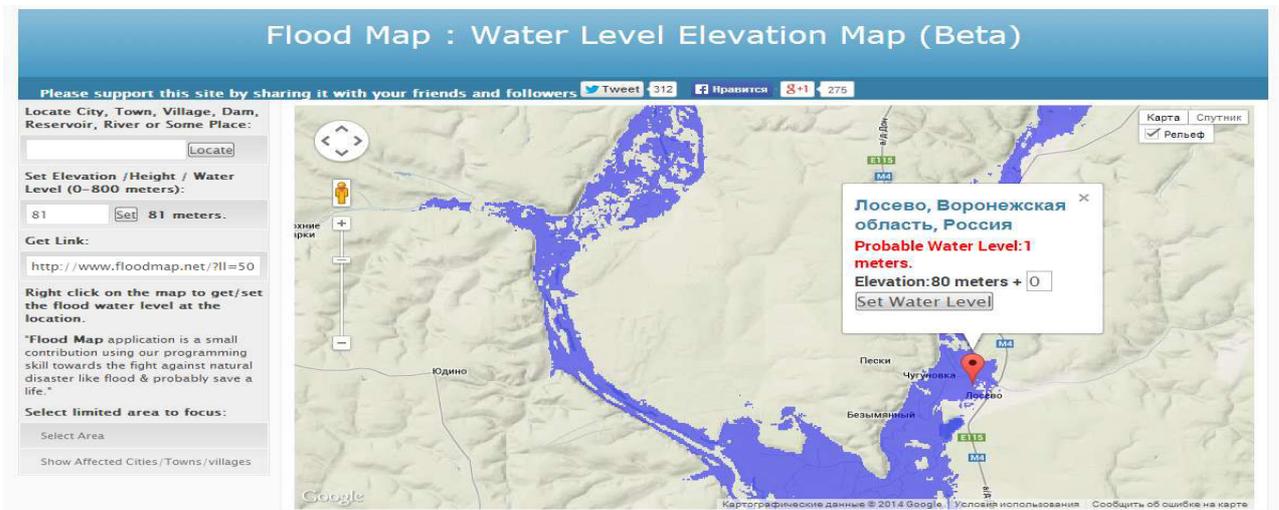


Рис. 7. Затопление Воронежской области при подъеме уровня воды на 1 метр

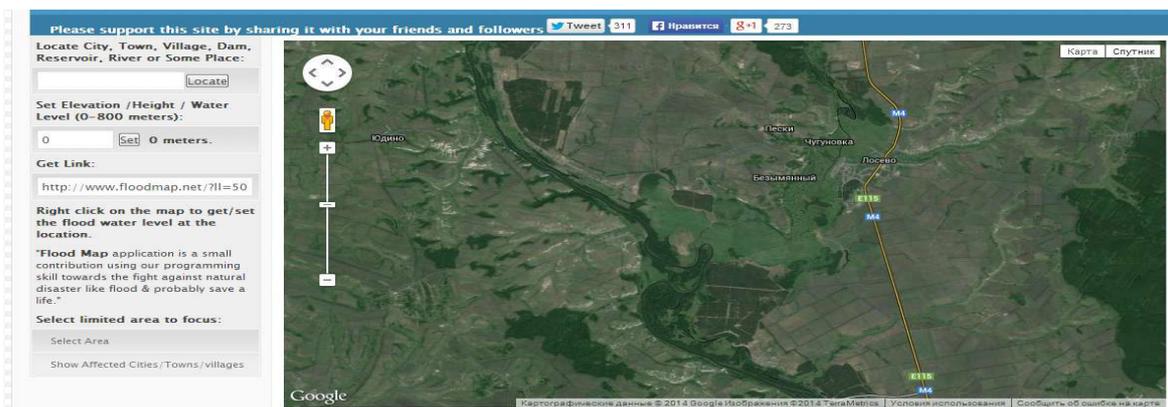


Рис. 8. Карта течения реки Битюг в районе села Лосево при отсутствии затопления

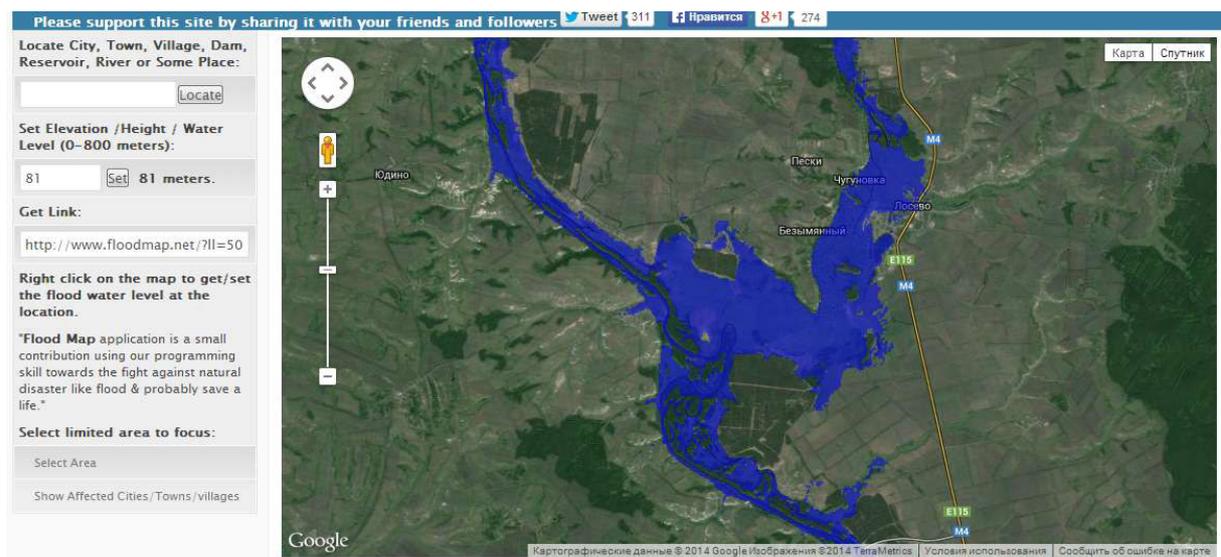


Рис. 9. Подъем уровня воды в реке Битюг в районе села Лосево до отметки 81 м

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в случае затопления (подтопления) территории для планирования применения сил и средств по защите населения и территории и детальной оценки обстановки необходимо применение данных дистанционного зондирования земли и аэрофотосъемка. Сведения о текущем состоянии объектов позволяют более детально и точно спланировать действия направленные на защиту жизни и здоровья населения, а также имущество граждан и различных организация. На основании полученных данных вести построение модели затопления территории по текущим уровням затопления территории с учетом прогноза подъема уровня воды. В частности определен риск затопление села Лосево Павловского района Воронежской области на 2014 год.

POSSIBILITIES OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR FORECASTING THE DANGEROUS NATURAL PHENOMENA

V.V. Dolzhenkova, A.V. Zvyagintseva

With geographically organized information the review of a possibility of information technologies is made for forecasting the dangerous natural phenomena with application of the spatial analysis. Examples of monitoring and forecasting of the dangerous natural phenomena of hydrological character on water objects of the Voronezh area are shown. In particular, using the software «FloodMap», having calculated zones of flooding, the risk of flooding of village Losevo of Pavlovsk area of the Voronezh area in 2014 are established.

Keywords: monitoring, forecasting, the dangerous natural phenomenon, the spatial analysis, geographical information systems, model of forecasts of a zone of flooding, service of construction of zones of flooding «FloodMap»

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев Д.В., Звягинцева А.В. Построение межотраслевой комплексной геоинформационной системы Воронежской области. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара. Изд-во: Самарского научного центра РАН. с. 81-85.
2. Звягинцева А.В. Долженкова В.В. Мониторинг и прогнозирование гидрологической обстановки на водных объектах Воронежской области Российской Федерации. Международный журнал экспериментального образования. Москва, 2012, №9. с. 58-59.
3. Ian N. Gregory and Paul S. Ell. HISTORICAL GIS: Technologies, Methodologies and Scholarship / Ian N. Gregory, Paul S. Ell. UK: Cambridge University Press, 2007. 241 p.
4. Murgante B., Borruso G., Lapucci A. Geocomputa-tion and Urban Planning / BeniaminoMurgante, Giuseppe Borruso, Alessandra Lapucci (Eds.). Studies in Computa-tional Intelligence, Volume 176. Springer: Verlag Berlin Heidelberg, 2009. 381 p.
5. А.В. Звягинцева, Ю.П. Аржаных, В.В. Долженкова. Прогнозирование гидрологической обстановки в период половодья на водных объектах Воронежской области с применением географических информационных систем. Гелиогеофизические исследования /Heliogeophysical Research. Электронный научный журнал. Выпуск 9, 89 – 98 , 2014. Результаты исследований геофизических рисков. 9, 89 – 98 , 2014 vestnik@ipg.geospace.ru
6. Методологический центр ЭКОЛАЙН <http://www.cci.glasnet.ru/books>
7. Глобальная сеть Internet <http://www.ecos.ru> - Методика организации мониторинговых наблюдений.
8. Курдов А.Г. Водные ресурсы Воронежской области: формирование антропогенное воздействие, охрана и расчеты /А.Г. Курдов. Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1995. 224 с.
9. Памятка «Защита и действия населения при стихийных бедствиях гидрологического характера и гидродинамических авариях» /Преподавательский состав УМЦ ГОЧС области, под ред. В.П. Котова. Учебно-методический центр ГОЧС Воронежской области. Воронеж, 2008. 13 с.
10. Прогноз природных, техногенных, биологических и социальных чрезвычайных ситуаций на территории Воронежской области на 2011 год /Главное управление МЧС России по Воронежской области.
11. Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Киреев Д.О. Перспективы пространственного анализа в ГИС системах для прогнозирования риска наводнений /«Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы»: Материалы четырнадцатого международного научно-практического семинара. г. Донецк. В 3-х томах. Т.2. – Донецк: ДонНТУ, 2013. С. 36-42.
12. Водный реестр. Электронные данные. Режим доступа: <http://textual.ru/gvr/>.
13. Соколова Ю.П. Прогнозирование опасных метеорологических явлений при определении характера и масштабов стихийных бедствий: монография /Ю.П. Соколова, А.В. Звягинцева, И.П. Расторгуев. Воронеж: ГОУ ВПО “Воронежский государственный технический университет”, 2009 г. 215 с.