

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» БЕЛГОРОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»

УДК 627.512

№ государственной регистрации 01201172901

Инв. № 004-2011(4)



УТВЕРЖДАЮ

Директор

ООО «НПП «ЭИТ» БелГУ»

С.С. Ядрышников

«27» сентября 2012 г.

МП

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка технологии построения системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах в составе системы оперативного прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации

по теме:

ОБОБЩЕНИЕ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

(заключительный)

2011-1.5-515-020-033

Руководитель НИР, д. т. н., проф.

Г.А.Травин

«26» сентября 2012 г.

Белгород 2012

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

Старший научный
сотрудник «НПП «ЭИТ»
БелГУ», д.т.н., профессор
БелГУ



подпись, 26.09.12

Г.А.Травин

(Введение,
Раздел 1)

Исполнители темы:

Начальник научного
отдела «НПП «ЭИТ»
БелГУ», заместитель
руководителя темы

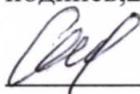


подпись, 26.09.12

С. А. Кунгурцев

(Раздел 2, 3,
Заключение)

Главный конструктор
«НПП «ЭИТ» БелГУ»



подпись, 26.09.12

С.А.Жуков

(Раздел 5)

Ведущий инженер «НПП
«ЭИТ» БелГУ», к. ф.-м.
наук

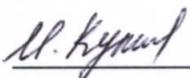


подпись, 26.09.12

Л.В. Мигаль

(Раздел 2)

Профессор Курского госу-
дарственного универси-
тета, доктор с/х.наук

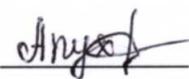


подпись, 26.09.12

М.В. Кумани

(Раздел 4)

Старший преподаватель
кафедры физической гео-
графии и геоэкологии Кур-
ского государственного
университета



подпись, 26.09.12

А.Н. Апухтин

(Раздел 4)

Инженер «НПП «ЭИТ»
БелГУ»



подпись, 26.09.12

М.В. Белоус

(Раздел 1)

Инженер «НПП «ЭИТ»
БелГУ», магистр физики

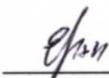


подпись, 26.09.12

Д.П. Кузнецов

(Раздел 3)

Техник «НПП «ЭИТ»
БелГУ»



подпись, 26.09.12

Е.С. Кунгурцев

(Раздел 3)

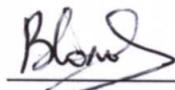
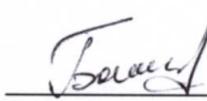
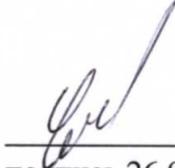
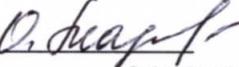
Инженер «НПП «ЭИТ»
БелГУ»



подпись, 26.09.12

М.С. Кунгурцев

(Раздел 3)

<p>Ведущий инженер– программист «НПП «ЭИТ» БелГУ», к. г. н.</p>	 <hr/> подпись, 26.09.12	<p>В.И. Соловьев</p>	<p>(Раздел 5)</p>
<p>Научный сотрудник «НПП «ЭИТ» БелГУ», к.ф.–м. н.</p>	 <hr/> подпись, 26.09.12	<p>И.С. Никулин</p>	<p>(Раздел 5)</p>
<p>Научный сотрудник НИУ «БелГУ», к. г. н.</p>	 <hr/> подпись, 26.09.12	<p>М.Е. Родионова</p>	<p>(Раздел 6)</p>
<p>Ассистент кафедры информационно- телекоммуникационных систем и технологий НИУ «БелГУ»</p>	 <hr/> подпись, 26.09.12	<p>А.Н. Заливин</p>	<p>(Раздел 6)</p>
<p>Доцент кафедры прикладной информатики НИУ «БелГУ», к.т.н.</p>	 <hr/> подпись, 26.09.12	<p>В.В. Муромцев</p>	<p>(Раздел 6)</p>
<p>Доцент кафедры прикладной информатики НИУ «БелГУ», к.т.н.</p>	 <hr/> подпись, 26.09.12	<p>П.Г. Гончаренко</p>	<p>(Раздел 6)</p>
<p>Доцент кафедры вычислительной математики и компьютерного моделирования НИУ «БелГУ»</p>	 <hr/> подпись, 26.09.12	<p>А.А. Черноморец</p>	<p>(Раздел 6)</p>
<p>Нормоконтролер</p>	 <hr/> подпись, 26.09.12	<p>О.А. Маринина</p>	

РЕФЕРАТ

Отчет 104 с., 1 ч., 13 рис., 22 табл., 5 источников, 1 прил.

МОНИТОРИНГ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАВОДКОВ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗЛИВОВ РЕК

«Проведение проблемно–ориентированных прикладных исследований и разработка новых технических решений для прогнозирования и снижения риска опасных разливов на реках и внутренних водоемах Российской Федерации». Работа выполняется в соответствии с госконтрактом № 16.515.11.5005 от 29 апреля 2011 г.

Объектом исследования являются опасные разливы на реках и внутренних водоемах Российской Федерации.

Цель работы — проведение теоретического исследования и прогнозирования риска опасных разливов на реках и внутренних водоемах Российской Федерации и проведение прогнозирования максимальных уровней воды и затопления территории на основе полученных оперативных данных о гидрологических характеристиках в период весеннего половодья.

На этапе разработана технология мониторинга гидрологических данных на реках и внутренних водоемах. Проведена оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем. Проведена оценка полноты решения задач и достижения поставленных целей НИР. Разработаны рекомендации и предложения по использованию результатов проведенных НИР в реальном секторе экономики. Разработан проект технического задания на проведение ОКР по теме "Разработка системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах в составе системы прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации". Проведена технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов.

В результате выполнения НИР проведен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы,

затрагивающей научно-техническую проблему. Выполнено исследование, обоснование и выбор методов и средств, направлений исследований и способов решения поставленных задач. Проведена сравнительная оценка вариантов возможных решений исследуемой проблемы с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичной тематике. Выполнен патентный поиск по теме НИР. Проведены исследования трех гидрологических объектов, имеющих различные особенности формирования наводнений, исследованы основные гидрометеорологические параметры среды, влияющие или предшествующих разливам рек, разработаны алгоритмы имитационно-математической Модели разлива реки с учетом различных генезисов события, проведены обоснования и выбор технических решений составных частей Макета Системы, разработаны цифровые карты-схемы исследуемых участков местности с отметками высот, разработан вариант структурной схемы макета системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах. Разработан действующий Макет Систем. Разработаны программы и методики исследовательских испытаний Макета Системы. Проведены исследовательские испытания разработанного Макета Системы. Сопоставлены результаты теоретических и экспериментальных исследований. Разработана технология мониторинга гидрологических данных на реках и внутренних водоемах. Проведена оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем. Проведена оценка полноты решения задач и достижения поставленных целей НИР. Разработаны рекомендации и предложения по использованию результатов проведенных НИР в реальном секторе экономики. Разработан проект технического задания на проведение ОКР по теме "Разработка системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах в составе системы прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации". Проведена технико-

экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов.
Проведены дополнительные патентные исследования.

Степень внедрения по этапу – полная.

СОДЕРЖАНИЕ	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	9
1 Разработка технологии мониторинга гидрологических данных на реках и внутренних водоемах	10
2 Проведение оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем	16
2.1 Проведение оценки эффективности полученных результатов по долгосрочному и среднесрочному прогнозированию максимальных расходов и уровней воды для г/п р. Сейм - пос. Рышково	16
2.1.1 Прогнозирование максимальных расходов и уровней воды для гидропоста на р. Тускарь, г.Курск	16
2.1.2 Прогнозирование максимальных расходов и уровней воды для г/п р. Сейм-с. Лебязье	18
2.1.3 Прогнозирование максимальных расходов и уровней воды для г/п р. Сейм - пос. Рышково	20
2.1.4 Проведение оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем в результате использования разработанных методик по долгосрочному и среднесрочному прогнозированию максимальных расходов и уровней воды	21
2.2 Проведение оценки эффективности полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней	29
2.2.1 Проведение оценки эффективности полученных результатов по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней воды р. Оскол — р.п. Раздолье	29
2.2.2 Проведение оценки эффективности полученных результатов по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней воды р. Сейм-пос. Рышково	35
2.2.3 Проведение оценки эффективности полученных результатов исследований по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней воды реки Оскол в г. Старый Оскол	45
2.3 Проведение оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем	51
3 Проведение оценки полноты решения задач и достижения поставленных целей НИР	55
4 Разработка рекомендаций и предложений по использованию результатов проведенных нир в реальном секторе экономики	58
5 Разработка проекта технического задания на проведение ОКР по	62

теме "Разработка системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах в составе системы прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации"	
6 Проведение технико-экономической оценки рыночного потенциала полученных результатов	64
6.1 Оценка современной мировой ситуации в области чрезвычайных происшествий, связанных с наводнениями	64
6.2 Оценка объемов финансирования на обновление приборной гидрометеорологической базы РФ	69
6.3 Основные предприятия на рынке гидрологического оборудования, работающие в России	69
6.4 Определение ближайших аналогов Системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах и оценка их продвижения на рынке	71
6.5 Оценка стоимости Системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах при серийном производстве	75
6.6 Проведение сравнительной оценки стоимости Системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах с ближайшим аналогом на рынке	77
6.7 Имеющиеся и потенциальные партнеры	78
6.8 Прогноз объемов спроса и реализации продукции до 2015 года	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	83
ПРИЛОЖЕНИЕ А	84

ВВЕДЕНИЕ

В предыдущих частях отчета были разработаны теоретические основы и технология построения системы автоматизированного мониторинга опасных гидрологических процессов на реках. Разработана методика поэтапного мониторинга развития половодья, прогнозных схем и уравнений для расчета максимальных уровней воды и времени их наступления для частных водосборов. Разработан необходимый для оперативного мониторинга и прогноза опасных разливов рек ряд технических решений, включающих как конструкторские, так и программные элементы.

В период половодья 2012 г. были организованы пункты оперативного контроля гидрологических характеристик, проведены измерения и по их результатам выполнены прогнозы развития половодья в контрольных створах и расчеты по оценке точности и надежности выдаваемых прогнозов.

Обобщение и оценка результатов проведенных исследований представлены в настоящей части отчета о выполнении государственного контракта.

1 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА РЕКАХ И ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ

Потребность в прогнозировании формирования максимального стока проявляется во многих сферах современного общества. Являясь фактором, ограничивающим ведение хозяйственной деятельности и создающим угрозу для населения, промышленных предприятий, систем коммуникации и жизнеобеспечения, проблема прогнозирования затопления территории во время весеннего снеготаяния, ливневых паводков, аварийных или катастрофических сбросов из водохранилищ требует детального рассмотрения.

Существует множество подходов к решению данной проблемы. Высказываются различные мнения по целесообразности использования тех или иных методов и подходов, чему был посвящен 1 этап проделанной работы. Тем не менее, очевидным фактом является необходимость создания целостной системы мониторинга развития половодья или иного источника максимальных расходов и уровней воды, оценки риска для населения и территории и оповещения заинтересованных субъектов об опасности их проявления.

В первой части исследований нами была предложена принципиальная схема мониторинга развития половодья, являющаяся многоуровневой системой, позволяющей оценивать риск затопления территории с различной заблаговременностью, что позволило максимально полно контролировать процесс развития разливов рек и заблаговременно оценивать риск для населения и территории и соответственно, принимать превентивные меры по недопущению, либо минимизации ущерба.

Ниже представлены этапы реализованной нами в проведенном исследовании схемы мониторинга и прогнозирования наступления максимальных расходов и уровней воды.

1 этап. Расчет риска развития опасных явлений различного генезиса.

Гидрометеорологическая характеристика территории, анализ риска затопления территории, и объектов.

2 этап. Долгосрочный прогноз водности предстоящего половодья.

Оценка риска проявления опасных разливов в конкретный год.

3 этап. Прогнозный заблаговременный расчет максимальных расходов и уровней. Оценка риска развития неблагоприятных и опасных явлений в условиях конкретного сезона.

4 этап. Краткосрочный прогноз максимальных уровней и зон затопления. Расчет движения волн половодья по руслам и поймам рек, их сочетания, трансформации и времени наступления на базе оперативной гидрометеорологической информации.

В различных физико-географических, гидрометеорологических и хозяйственных условиях процесс формирования максимального стока и затопления территории имеет свои особенности. Для разных водосборов характерны свои, индивидуальные особенности естественного и антропогенного характера, значительно влияющие на формирование максимального стока. Применение одной, даже самой сложной модели для всех вариантов развития события затопления видится практически невозможным: либо точность составляемых прогнозов будет неудовлетворительной, либо затраты на ее создание и сбор необходимых данных будут экономически необоснованными.

В связи с этим, возникает необходимость реализации в рамках комплексной многоуровневой системы мониторинга и прогнозирования опасных разливов на реках и внутренних водоемах с одной стороны достаточно простого, а с другой максимально точного алгоритма имитационно-математической модели разлива реки с учетом различных генезисов события.

При этом, под различным генезисом события мы предлагаем понимать не источник формирования максимальной водоотдачи с

поверхности водосбора – таяние снега, льда, выпадение интенсивных ливневых осадков и последующее формирование волны половодья и ее трансформация в русловой сети. Для прогностических зависимостей и разрабатываемой системы оповещения в принципе не существенна первопричина формирования максимальных расходов воды и связанного с ними затопления территории.

Более существенным является изучение и последующее моделирование движения максимальных объемов стока по русловой сети. Причина этого в первую очередь в том, что водоотдача с поверхности водосбора и ее связь с максимальными расходами имеет прогностическое значение только для малых водосборов. Но совершенно очевидно, что опасность затопления на малых водосборах минимальна, подъемы уровня в верхних звеньях русловой сети возможны максимум в пределах 1 метра, очень редко до 2 м. Очевидно, что ни формирующиеся объемы стока, ни максимальные уровни существенной угрозы хозяйственным объектам не несут. Размывы русла или разрушение мостков через ручьи – не являются государственной проблемой.

Корень проблемы – на крупных и некоторых средних реках, где подъем максимального уровня над меженным может достигать 5-10 и более метров. Где в зоне затопления оказываются важные хозяйственные объекты, риск затопления или разрушения которых наносит огромный ущерб. Но здесь уже акцент прогностических зависимостей смещается от анализа бассейновой водоотдачи к анализу формирования, движения и трансформации волны половодья в русловой сети высоких порядков (6 и выше).

Поэтому для дальнейшего анализа мы выбрали участки рек, критические створы, с тремя вариантами (генезисами, механизмами) формирования условий затопления:

1) Относительно простой вариант, когда волна весеннего половодья между створом предиктором и створом, для которого строится прогноз (в

дальнейшем для краткости будем называть его прогнозным) формируется на расположенной выше по течению части речного бассейна, а боковой приток менее 20-30 % не влияет существенно на прохождение максимальных расходов.

2) Более сложный вариант, когда волна половодья в прогностическом створе зависит от характера половодья двух основных притоков, половодье на которых в разные годы формируется не одновременно, ни при этом условия затопления зависят в равной степени от обоих притоков.

3) Вариант, когда максимальные расходы и условия затопления формируются в результате водохозяйственной деятельности, то есть, возможно формирование волны затопления в нижнем бьефе крупного водохранилища при катастрофическом разрушении гидротехнических сооружений или при неадекватном режиме попусков неквалифицированного персонала, когда резкий сброс максимальных расходов воды из водохранилища совпадает с прохождением максимальных бытовых расходов воды через водохранилище (как это было на водохранилище на р. Белой в Краснодарском крае, например).

Кроме теоретического подхода к реализации гидрологических прогнозов была проработана и техническая сторона мониторинга. Разработаны адекватные поставленной задаче приборы и оборудование.

Организацию мониторинга гидрологических данных на реках и внутренних водоемах с помощью Системы автоматизированного мониторинга предполагается проводить следующим образом:

1) Производится сбор многолетних данных о прохождении разливов для выбранного участка водного объекта в точке нахождения населенного пункта.

2) Определяются формулы для прогностических расчетов разлива водного объекта.

3) Создается динамическая библиотека в виде модуля с расширением .dll, содержащая полученные формулы, и подключается к ПО АРМ.

4) С использованием космофотоснимков и других имеемых картографических материалов создается растровая карта территории в масштабе 1:10000, привязанная к координатной системе Гаусса-Крюгера, datum Красовского, Пулково, 1942. Конечная растровая карта векторизуется и актуализируется с помощью картографического редактора «Карта 2011» и записывается в формате .map.

5) С помощью картографического редактора «Карта 2011» создается цифровая модель рельефа по данным радиолокационного зондирования (ЦМП) или методом оцифровки картографического материала высокого разрешения, при этом расстояния между изолиниями рельефа должны быть интерполированы до 1 м.

6) Векторная карта в формате .map и ЦМР в формате .mtw подключаются к ПО АРМ.

7) В ПО АРМ вводятся номера сотовых телефонов для оповещения о наступлении опасного периода и номер модема сигнального устройства, оповещающего жителей.

8) Готовится к установке оборудование береговых постов. В ИВК записывается файл инициализации, содержащий идентификационный номер и параметры работы.

9) На берегу реки вблизи населенного пункта оборудуется автоматический пост (расчетный створ) измерения параметров водного потока и передачи данных. Для этого на расстоянии 2 – 3 м от береговой черты устанавливается ИВК на глубине 1 – 2 м с помощью установочного устройства. Кабель от ИВК выводится на берег. На берегу, в 5 – 10 м от уреза воды устанавливается стальная труба высотой не менее 2 м с укрепленным на ней контейнером в противовандальном исполнении. Контейнер содержит аккумулятор и модем сотовой связи с антенной. При установке кабель от ИВК проводится через трубу и подключается к модему и аккумулятору, при этом ИВК начинает работу в автоматическом режиме. Кабель на берегу прикапывается. Для привязки отсчетов уровня воды к балтийской системе

высот с помощью геодезического двухчастотного приемника GPS/ГЛОНАСС производится измерение координат точки установки поста на берегу и высоты уреза воды. Если измерения проводились с помощью GPS, проводится пересчет координат от WGS84 к Пулково 42 с помощью геодезического калькулятора. В дальнейшем, относительный уровень воды, переданный ИВК во время измерения координат, приводится к абсолютному значению в балтийской системе высот.

10) Такой же пост (контрольный створ) оборудуется выше по течению на расстоянии 30 – 50 км от контрольного створа.

11) Непосредственно в населенном пункте, например, в помещении администрации, оборудуется пост устройства управления оповещением (УУО), в состав которого входит модем сотовой связи и исполнительное устройство, к выходу которого подключено устройство громкого оповещения.

12) В районном или областном центре МЧС выделяется помещение для оборудования АРМ оператора Системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах, где происходит управление работой системы, непрерывно отображается уровень воды в контрольных створах наблюдаемых участков рек, моделируется и прогнозируется ситуация прохождения наводнений. После пусконаладочных работ и проведения опытной эксплуатации Система автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик может быть введена в состав системы оперативного прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации.

2 ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ В СРАВНЕНИИ С СОВРЕМЕННЫМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ УРОВНЕМ

Оценка эффективности полученных результатов проводилась отдельно для выделенных этапов исследования. Для каждого этапа оценивалась надежность и достоверность полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем.

2.1 Проведение оценки эффективности полученных результатов по долгосрочному и среднесрочному прогнозированию максимальных расходов и уровней воды для г/п р. Сейм - пос. Рышково

Оценка эффективности полученных результатов проводилась на базе фактических наблюдений за выбранными гидрологическими объектами весной 2012 г. в период формирования половодья на реках региона.

2.1.1 Прогнозирование максимальных расходов и уровней воды для гидропоста на р. Тускарь, г.Курск

По данным Курского ЦГМС-Р, на территории бассейна р. Сейм основные стокоформирующие факторы весеннего половодья сложились к 05 марта 2012 г. Данные для долгосрочного прогноза максимальных уровней воды представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения основных стокоформирующих факторов (параметров принятой прогностической модели), сложившихся на 05 марта 2012 г. в пределах бассейна р. Тускарь

	Курск	Фатеж	Поныри	Среднее
S_{max}	40	38	84	54
L	61	77	59	65,7
W	74	74	60	69,47
$X1$ (норма)				4
$X2$ (норма)				16,8
$X3$ (норма)				21,7

По полученным данным о сложившихся стокоформирующих факторах был произведен расчет слоя стока половодья [1]:

$$Y = 0,22 * S_{max} - 0,245 * X1 + 0,21 * X2 + 0,13 * X3 + 0,67 * L - 0,215 * W + 12,05 = 0,22 * 54 - 0,245 * 4 + 0,21 * 16,8 + 0,13 * 21,7 + 0,67 * L - 0,215 * 69,4 + 12,05 = 47,4 \text{ мм}$$

где:

S_{max} - величина максимального запаса воды в снежном покрове и ледяной корке с поправкой на повышенное снегонакопление в овражно-балочной сети;

W - косвенная характеристика предвесеннего увлажнения почвогрунтов (рассчитанная по методике ГМЦ);

L - Глубина промерзания почвогрунтов;

Осадки за несколько временных интервалов:

$X1$ - от момента определения максимальных запасов воды в снеге до начала снеготаяния;

$X2$ - от начала снеготаяния до схода снежного покрова;

$X3$ - от схода снежного покрова до окончания половодья.

При долгосрочном прогнозировании максимального расхода (Q_{max}) нами используется осредненная зависимость $Q_{max} = f(Y)$.

$$Q_{max} = 2,51Y_{(p.Тускарь-г. Курск)} - 12,47 = 2,51*47,4 - 12,47 = 106,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Уровень воды рассчитывается следующим образом:

$$H_{max} = 121,08 * \ln(Q_{max}) + 3,1331 = 121,08 * \ln(106,6) + 3,1331 = 568,4 \text{ см.}$$

В весенний период наблюдалось достаточно длительное колебание температур воздуха около 0°C , что обуславливает формирование пологого гидрографа стока, а, следовательно, нами при среднесрочном прогнозировании стока максимальный расход воды рассчитывается следующим образом:

$$Q_{max (p.Тускарь-г. Курск)} = 1,24 * Y_{(p.Тускарь-г. Курск)} - 6,5 = 1,24 * 47,4 - 6,5 = 52,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

Максимальные уровни воды, соответственно, равны:

$$H_{max} = 121,08 * \ln(Q_{max}) + 3,1331 = 121,08 * \ln(52,3) + 3,1331 = 482,2 \text{ см.}$$

Фактический максимальный уровень воды по г/п р. Тускарь – г. Курск наблюдался 28 марта в 6:00 и составил 399 см. Абсолютная ошибка долгосрочного прогноза уровня воды составил 169,4 см, среднесрочного 83,2 см.

2.1.2 Прогнозирование максимальных расходов и уровней воды для гидропоста р. Сейм-с. Лебяжье

Данные для долгосрочного прогноза максимальных уровней воды представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения основных стокоформирующих факторов, сложившихся на 05 марта 2012 г. в пределах бассейна р. Сейм до с. Лебяжье

	Курск	Обоянь	Среднее
Smax	40	15	27,5
L	61	53	57

W	74	95	84,5
X1 (норма)			4
X2(норма)			16,8
X3(норма)			21,7

Расчет слоя стока весеннего половодья проводился следующим образом:

$$\begin{aligned}
 Y &= 0,22 * S_{max} - 0,52 * X1 + 0,54 * X2 + 0,625 * X3 + 0,16 * W + 0,70 * L - 54,4 \\
 &= 0,22 * 27,5 - 0,52 * 4 + 0,54 * 16,8 + 0,625 * 21,7 + 0,16 * 84,5 + 0,70 * 57 - 54,4 = \\
 &= 0,22 * 27,5 - 0,52 * 4 + 0,54 * 16,8 + 0,625 * 21,7 + 0,16 * 84,5 + 0,70 * 57 - 54,4 = 25,3 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Определение максимального расхода при долгосрочном прогнозировании проводилось при помощи осредненной зависимости слоя стока и максимального расхода:

$$Q_{(Сейм-Лебяжье)} = 5,06 * Y_{(Сейм-Лебяжье)} - 38 = 5,06 * 25,3 - 38 = 90 \text{ м}^3/\text{с}$$

Отсюда, максимальный уровень воды равен:

$$\begin{aligned}
 H_{(Сейм-Лебяжье)} &= 145,03 * \ln(Q_{(Сейм-Лебяжье)}) - 414,36 = 145,03 * \ln(164,9) - \\
 &414,36 = 238,4 \text{ см}
 \end{aligned}$$

Уточнение расчетных значений на этапе среднесрочного прогноза позволило получить следующие значения максимальных расходов и уровней воды:

$$Q_{(Сейм-Лебяжье)} = 1,9 * Y_{Сейм-Лебяжье} - 2,01 = 1,9 * 25,3 - 2,01 = 46 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\begin{aligned}
 H_{(Сейм-Лебяжье)} &= 145,03 * \ln(Q_{(Сейм-Лебяжье)}) - 414,36 = 145,03 * \ln(46) - \\
 &414,36 = 140,9 \text{ см}
 \end{aligned}$$

Измеренный максимальный уровень воды весеннего половодья по г/п р. Сейм – с. Лебяжье наблюдался 29.марта 2012 в 18:00 и составил 142 см над «0» графика поста. Абсолютная ошибка определения максимального уровня воды при долгосрочном прогнозировании составила 96,4 см, а при среднесрочном – 1,1 см.

Сразу поясним, что сильное завышение уровней воды при долгосрочном прогнозировании связано с использованием в расчетах в

качестве прогнозных средних многолетних слоев осадков за разные фазы половодья. В реальности эти слои были меньше средних многолетних значений, что и привело к завышению прогнозных величин по сравнению с фактическими. Кроме того, расчетная формула для долгосрочного прогноза получена для более «дружного» формирования слоя стока и максимальных расходов половодья, чем наблюдалось фактически. Но специфика долгосрочного прогнозирования предполагает принцип «лучше завысить, чем занижить прогностическое значение».

На среднесрочном этапе сходимость результатов намного лучше, как и предполагалось, за счет более полного учета фактически на водосборах сложившейся ситуации. Но и здесь небольшая перестраховка в сторону завышения имеет место и смысл. Фактические уровни были ниже расчетных за счет упомянутых выше условий формирования половодья – поздним (по отношению к пику снеготаяния) выпадением локальных дождевых осадков и отсутствием единой волны дружного половодья. Но главное, что прогноз того, что половодье не выйдет на пойму был выдан заранее и полностью подтвердился.

2.1.3 Прогнозирование максимальных расходов и уровней воды для гидропоста р. Сейм - пос. Рышково

Максимальные расходы воды по г/п р. Сейм – пос. Рышково определяются как сумма расходов в створах выше расположенных гидрологических постов:

Долгосрочный прогноз. Расходы и уровни воды рассчитывались следующим образом:

$$Q_{(Сейм - Рышково)} = Q_{(Сейм - Лебяжье)} + Q_{(Тускарь-Курск)} = 106,6 + 90 = 196,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$H_{(Сейм - Рышково)} = 120,93 * \ln(Q_{(Сейм - Рышково)}) - 303,2 = 120,93 * \ln(196,6) - 303,2 = 335,5 \text{ см}$$

Среднесрочный прогноз. Расходы и уровни воды рассчитывались следующим образом:

$$Q_{(Сейм - Рышково)} = Q_{(Сейм - Лебяжье)} + Q_{(Тускарь-Курск)} = 46 + 52,3 = 98,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$H_{(Сейм - Рышково)} = 120,93 * \ln(Q_{(Сейм - Рышково)}) - 303,2 = 120,93 * \ln(98,3) - 303,2 = 251,6 \text{ см}$$

Фактическое прохождение максимальных расходов и уровней воды наблюдалось в 2 пика. Первый 29 марта в 12:00, при этом, уровень воды составил 311 см, второй наблюдался 05 апреля в 12:00 и составил 309 см. Абсолютная ошибка долгосрочного прогноза уровня воды составила 24,5 см, среднесрочного 59,4 см.

Максимальный уровень воды 311 см над «0» гидрологического поста р. Сейм - пос. Рышково имеет обеспеченность 87%, что ниже среднемноголетних значений (норма составляет 510 см). Выход воды на пойму происходит при уровнях выше 561 см, то есть половодье прошло в русле реки и выхода на пойму не наблюдалось. При наблюдаемых уровнях воды не происходит затопления территории и объектов, поэтому в случае реализации предлагаемых прогнозных схем в условиях реального фактического половодья, продолжение работы по мониторингу и прогнозированию максимальных уровней воды и расходов считалось бы нецелесообразным.

2.1.4 Проведение оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем в результате использования разработанных методик по долгосрочному и среднесрочному прогнозированию максимальных расходов и уровней воды

Оценка точности предложенных методов прогнозов производилась по величине отношения среднего квадратического отклонения эмпирических

точек от установленной зависимости, т.е. средней квадратической погрешности проверочных прогнозов (S) и среднего квадратического отклонения предсказываемой величины (σ):

$$\frac{S}{\sigma},$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

где y_i – значение прогнозируемой величины; \bar{y} – её среднее значение;
 n – число членов ряда.

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(y_B - y_H)^2}{n - m}}$$

где y_B и y_H – соответственно предсказанная и наблюдаемая величины,
 n – число проверочных прогнозов; n – число членов ряда; m – число степеней свободы, равное числу постоянных в прогностическом уравнении [2, 3].

Точность методики определяется исходя из критериев, приведенный в табл. 3:

Таблица 3 – Критерии точности методики прогноза

S/σ	Точность методики
0,5 (и меньше)	Хорошая
0,51-0,80	Удовлетворительная

Для оценки точности предложенных методик был проведен расчет максимальных уровней по сложившимся на водосборе стокоформирующим факторам, при этом учитывались нормы осадков. Результаты долгосрочных прогнозов максимальных уровней воды представлены в таблицах 4, 5 и 6.

Результаты расчетов показывают, что качество долгосрочных прогнозов максимальных уровней воды периода половодья для всех трех створов, в том числе для основного замыкающего створа, оценивается как удовлетворительное.

Таблица 4 – Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований по долгосрочному прогнозированию максимальных уровней воды для р. Тускарь – г. Курск

Годы	Характеристики водосбора			Расчетные элементы половодья			Н факт	Абсолютная ошибка
	S max	L	W	Y	Qmax	H		
1989	87	29	79	39,1	85,6	542,0	480,0	62,0
1990	49	42	192	15,1	25,4	395,0	555,0	160,0
1991	57	59	160	35,1	75,6	526,8	551,0	24,2
1992	55	39	125	28,9	60,0	499,0	413,0	86,0
1993	39	77	188	37,1	80,6	534,7	600,0	65,3
1994	135	47	157	44,9	100,3	561,1	678,0	116,9
1995	113	37	95	46,5	104,3	565,8	537,0	28,8
1996	81	78	118	61,9	142,8	603,9	616,0	12,1
1997	47	47	116	33,9	72,7	522,1	444,0	78,1
1998	52	63	140	41,1	90,8	549,1	533,0	16,1
1999	103	19	127	25,7	51,9	481,4	453,0	28,4
2000	45	26	95	24,4	48,8	473,9	490,0	16,1
2001	54	32	92	31,1	65,5	509,5	459,0	50,5
2002	54	26	120	20,6	39,3	447,5	411,0	36,5
2003	91	80	158	57,3	131,3	593,7	649,0	55,3
2004	70	22	94	27,3	55,9	490,4	406,0	84,4
2005	62	27	134	19,9	37,5	442,0	494,0	52,0
2006	143	67	95	73,5	172,0	626,4	579,0	47,4
2007	29	39	166	14,4	23,7	386,4	512,0	125,6
2008	43	66	96	50,5	114,2	576,8	577,0	0,2
2009	62	35	95	34,2	73,5	523,4	518,0	5,4
2010	96	58	110	53,8	122,5	585,3	616,0	30,7
2011	76	25	90	31,4	66,3	510,9	368,0	142,9
2012	54	66	120	47,4	106,6	568,4	399	169,4

σ	83,6
S	46,8
S/ σ	0,62

Таблица 5 – Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований по долгосрочному прогнозированию максимальных уровней воды для р. Сейм – с. Лебяжье

Годы	Характеристики водосбора			Расчетные элементы половодья			Н факт	Абсолютная ошибка
	S max	L	W	Y	Qmax	H		
1989	57	69	48	34,4	135,9	298,0	201,0	97,0
1990	54	180	39	110,0	518,4	492,2	279,0	213,2
1991	54	137	63	83,7	385,5	449,2	315,0	134,2
1992	43	98	44	50,9	219,8	367,7	60,0	307,7
1993	38	200	67	124,9	594,1	512,0	328,0	184,0
1994	122	115	65	83,6	384,9	449,0	412,0	37,0
1995	102	84	41	53,6	233,4	376,5	281,0	95,5
1996	102	124	72	86,6	400,2	454,7	382,0	72,7
1997	46	110	62	62,9	280,2	403,0	135,0	268,0
1998	60	129	57	78,5	359,0	438,9	305,0	133,9
1999	92	115	34	72,0	326,4	425,1	191,0	234,1
2000	59	90	23	45,5	192,3	348,3	146,0	202,3
2001	37	81	27	35,0	139,1	301,4	145,0	156,4
2002	43	107	42	56,9	250,0	386,4	121,0	265,4
2003	87	126	83	86,5	399,5	454,4	361,0	93,4
2004	63	16	131	11,5	20,2	21,9	89,0	67,1
2005	56	39	109	22,9	78,0	217,4	269,0	51,6
2006	124	71	125	62,4	277,8	401,7	378,0	23,7
2007	29	49	92	20,8	67,1	195,6	221,0	25,4
2008	40	67	83	34,6	136,9	299,0	327,0	28,0
2009	50	37	83	16,2	43,7	133,6	325,0	191,4
2010	65	51	113	33,9	133,4	295,3	147,0	148,3
2011	73	39	115	27,3	100,3	254,0	357,0	103,0
2012	28	57	85	25,3	90,1	238,4	142	96,4

σ	106,2
S	82,9
S/σ	0,78

Таблица 6 – Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований по долгосрочному прогнозированию максимальных уровней воды для р. Сейм – пос. Рышково

Годы	Расчетные элементы половодья		Н факт	Абсолютная ошибка
	Q max	Н		
1989	221,5	349,9	319,0	30,9
1990	543,9	458,5	377,0	81,5
1991	461,1	438,5	389,0	49,5
1992	279,8	378,1	269,0	109,1
1993	674,8	484,6	414,0	70,6
1994	485,3	444,7	644,0	199,3
1995	337,7	400,9	372,0	28,9
1996	543,0	458,3	570,0	111,7
1997	352,9	406,2	279,0	127,2
1998	449,8	435,5	363,0	72,5
1999	378,4	414,6	297,0	117,6
2000	241,1	360,1	293,0	67,1
2001	204,6	340,3	299,0	41,3
2002	289,3	382,2	330,0	52,2
2003	530,8	455,6	508,0	52,4
2004	76,2	220,8	328,0	107,2
2005	115,5	271,1	372,0	100,9
2006	449,9	435,6	486,0	50,4
2007	90,8	242,0	358,0	116,0
2008	251,0	365,0	401,0	36,0
2009	117,2	272,9	357,0	84,1
2010	255,9	367,4	399,0	31,6
2011	166,6	315,4	355,0	39,6
2012	196,7	335,5	311	24,5

σ	92,2
S	61,9
S/σ	0,65

Для оценки точности предложенных методик среднесрочного прогнозирования максимальных уровней воды, после окончания половодья был проведен расчет по фактически сложившимся на водосборе характеристикам стокоформирующих факторов, включая сумму осадков за

фазы половодья и с учетом температурных характеристик весны. Результаты расчетов максимальных уровней воды представлены в таблицах 7, 8 и 9.

Таблица 7 – Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований по среднесрочному прогнозированию максимальных уровней воды для р. Тускарь – г. Курск

Годы	Характеристики водосбора			Расчетные элементы половодья			Н факт	Абсолютная ошибка
	S max	L	W	Y	Qmax	H		
1989	87	29	79	33,7	72,0	521,0	480,0	41,0
1990	49	42	192	13,3	35,2	434,3	555,0	120,7
1991	57	59	160	31,9	67,5	513,2	551,0	37,8
1992	55	39	125	27,8	27,9	406,4	413,0	6,6
1993	39	77	188	35,0	94,2	553,5	600,0	46,5
1994	135	47	157	46,4	125,3	588,1	678,0	89,9
1995	113	37	95	47,6	107,0	568,9	537,0	31,9
1996	81	78	118	60,5	139,4	600,9	616,0	15,1
1997	47	47	116	32,9	70,1	517,6	444,0	73,6
1998	52	63	140	42,3	93,7	552,9	533,0	19,9
1999	103	19	127	35,9	38,1	443,8	453,0	9,2
2000	45	26	95	23,5	46,6	468,3	490,0	21,7
2001	54	32	92	29,8	30,5	417,0	459,0	42,0
2002	54	26	120	17,0	30,3	416,2	411,0	5,2
2003	91	80	158	64,0	148,2	608,4	649,0	40,6
2004	70	22	94	30,7	31,6	421,3	406,0	15,3
2005	62	27	134	17,2	45,9	466,4	494,0	27,6
2006	143	67	95	74,5	174,5	628,1	579,0	49,1
2007	29	39	166	13,9	36,8	439,6	512,0	72,4
2008	43	66	96	50,5	114,2	576,8	577,0	0,2
2009	62	35	95	34,2	73,5	523,4	518,0	5,4
2010	96	58	110	53,8	122,5	585,3	616,0	30,7
2011	76	25	90	31,4	32,4	424,2	368,0	56,2
2012	54	66	120	47,4	52,3	482,3	399	83,2

σ	83,6
S	29,5
S/σ	0,35

Таблица 8 – Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований по среднесрочному прогнозированию максимальных уровней воды для р. Сейм - с. Лебяжье

Годы	Характеристики водосбора			Расчетные элементы половодья			Н факт	Абсолютная ошибка
	S max	L	W	Y	Qmax	H		
1989	57	69	48	24,7	86,9	233,2	201,0	32,2
1990	54	180	39	102,2	192,2	348,3	279,0	69,3
1991	54	137	63	68,9	128,9	290,4	315,0	24,6
1992	43	98	44	44,4	82,3	225,3	60,0	165,3
1993	38	200	67	121,6	229,1	373,7	328,0	45,7
1994	122	115	65	84,5	389,3	450,7	412,0	38,7
1995	102	84	41	48,6	208,0	359,8	281,0	78,8
1996	102	124	72	79,6	365,0	441,3	382,0	59,3
1997	46	110	62	51,9	96,6	248,4	135,0	113,4
1998	60	129	57	105,0	197,6	352,3	305,0	47,3
1999	92	115	34	84,7	159,0	320,8	191,0	129,8
2000	59	90	23	54,5	101,5	255,6	146,0	109,6
2001	37	81	27	53,1	98,9	251,9	145,0	106,9
2002	43	107	42	59,3	110,7	268,3	121,0	147,3
2003	87	126	83	88,2	165,5	326,6	361,0	34,4
2004	63	16	131	11,5	20,2	21,9	89,0	67,1
2005	56	39	109	22,9	78,0	217,4	269,0	51,6
2006	124	71	125	62,4	277,8	401,7	378,0	23,7
2007	29	49	92	20,8	67,1	195,6	221,0	25,4
2008	40	67	83	34,6	136,9	299,0	327,0	28,0
2009	50	37	83	16,2	43,7	133,6	325,0	191,4
2010	65	51	113	33,9	62,4	185,0	147,0	38,0
2011	73	39	115	27,3	100,3	254,0	357,0	103,0
2012	28	57	85	25,3	46,1	141,2	142	1,1

σ	106,2
S	49
S/ σ	0,46

Таблица 9 – Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований по среднесрочному прогнозированию максимальных уровней воды для р. Сейм – пос. Рышково

Годы	Расчетные элементы половодья		Н факт	Абсолютная ошибка
	Q max	Н		
1989	159,0	309,7	319,0	9,3
1990	227,4	353,1	377,0	23,9
1991	196,4	335,4	389,0	53,6
1992	110,2	265,5	269,0	3,5
1993	323,2	395,6	414,0	18,4
1994	514,7	451,8	644,0	192,2
1995	315,0	392,5	372,0	20,5
1996	504,4	449,4	570,0	120,6
1997	166,6	315,4	279,0	36,4
1998	291,3	383,0	363,0	20,0
1999	197,0	335,7	297,0	38,7
2000	148,1	301,2	293,0	8,2
2001	129,4	284,9	299,0	14,1
2002	141,0	295,3	330,0	34,7
2003	313,7	392,0	508,0	116,0
2004	51,9	174,3	328,0	153,7
2005	123,8	279,6	372,0	92,4
2006	452,3	436,2	486,0	49,8
2007	103,9	258,3	358,0	99,7
2008	251,0	365,0	401,0	36,0
2009	117,2	272,9	357,0	84,1
2010	184,9	328,0	399,0	71,0
2011	132,7	287,9	355,0	67,1
2012	98,4	251,8	311	59,4

σ	92,2
S	49,3
S/σ	0,53

Таким образом, качество среднесрочных прогнозов максимальных уровней воды периода половодья оценивается как хорошее и удовлетворительное.

2.2. Проведение оценки эффективности полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней

2.2.1. Проведение оценки эффективности полученных результатов по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней воды р. Оскол — р.п. Раздолье

В период наблюдений за уровнем воды на р. Оскол не наблюдалось высоких подъемов, превышающих уровень допустимого риска. В отдельные периоды в замыкающем створе наблюдались повышения уровня воды, вызванные боковым притоком с водосбора р. Валуй, которые в условиях малой водности половодья вносили ошибки в прогнозные значения уровней воды и времени их наступления. Возможность данных ошибок была описана выше во второй части настоящего отчета по выполняемому государственному контракту.

Тем не менее, для случая, когда подъем уровня воды в замыкающем створе был обусловлен в первую очередь движением волны половодья по основному руслу реки, нами были получен расчетный гидрограф стока. Совмещенные фактические и расчетные уровни воды в замыкающем створе представлены на рисунке рис. 3.

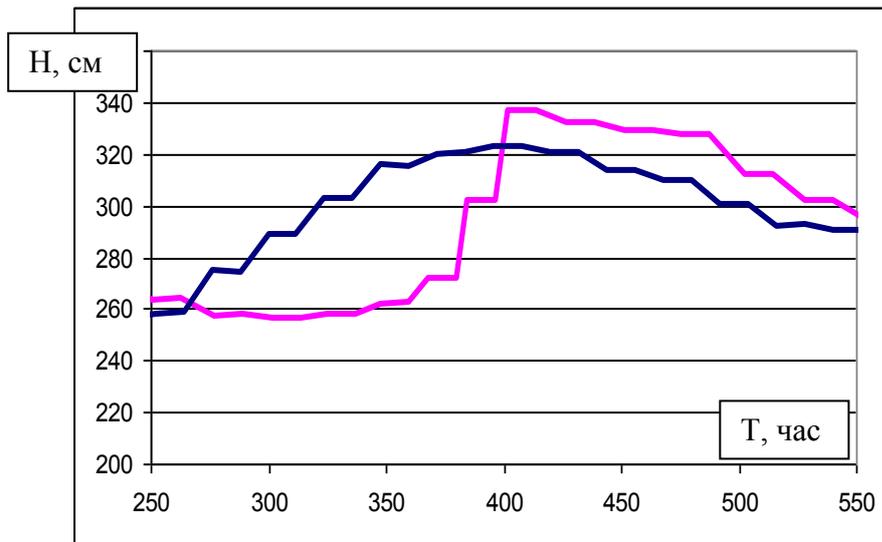


Рисунок 3 - Совмещенные фактические и прогнозные гидрографы по г/п р. Оскол - р.п. Раздолье

Таблица 10

Проведение оценки эффективности полученных результатов по расчету максимальных уровней воды и времени их наступления в период половодья 2012 г.
для г/п р. Оскол – р.п. Раздолье

№ изме- ре- ния	Дата/время	Время выпуска прогноза, час	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Ниновка, см	Фактический уро- вень воды, относи- тельно "0", р.п. Раздолье см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Раздолье, см	Прогнозируемое время наступления максимального уровня воды р.п. Раздолье, час.
1	20.03.12 12:00	0	57	238	233	109
2	21.03.12 0:00	12	80	256	256	110
3	21.03.12 12:00	24	80	257	256	122
4	22.03.12 0:00	36	98	287	274	128
5	22.03.12 12:00	48	98	287	274	140
6	23.03.12 0:00	60	100	304	276	151
7	23.03.12 12:00	72	100	305	276	163
8	24.03.12 0:00	84	100	302	276	175
9	24.03.12 12:00	96	100	302	276	187
10	25.03.12 0:00	108	98	283	274	200
11	25.03.12 12:00	120	98	283	274	212
12	26.03.12 0:00	132	94	275	270	225
13	26.03.12 12:00	144	94	276	270	237
14	27.03.12 0:00	156	88	269	264	251
15	27.03.12 12:00	168	88	270	264	263
16	28.03.12 0:00	180	81	264	257	277
17	28.03.12 12:00	192	82	265	258	289
18	29.03.12 0:00	204	80	262	256	302

№ изме- ре- ния	Дата/время	Время выпуска прогноза, час	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Ниновка, см	Фактический уро- вень воды, относи- тельно "0", р.п. Раздолье см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Раздолье, см	Прогнозируемое время наступления максимального уровня воды р.п. Раздолье, час.
19	29.03.12 12:00	216	80	262	256	314
20	30.03.12 0:00	228	82	257	258	325
21	30.03.12 12:00	240	82	257	258	337
22	31.03.12 0:00	252	86	258	262	347
23	31.03.12 12:00	264	86	259	262	359
24	01.04.12 0:00	276	96	275	272	368
25	01.04.12 12:00	288	96	275	272	380
26	02.04.12 0:00	300	126	289	302	385
27	02.04.12 12:00	312	126	289	302	397
28	03.04.12 0:00	324	161	303	337	402
29	03.04.12 12:00	336	161	303	337	414
30	04.04.12 0:00	348	156	316	332	427
31	04.04.12 12:00	360	156	316	333	439
32	05.04.12 0:00	372	153	320	329	451
33	05.04.12 12:00	384	153	321	329	463
34	06.04.12 0:00	396	151	323	328	476
35	06.04.12 12:00	408	151	323	327	488
36	07.04.12 0:00	420	136	320	312	503
37	07.04.12 12:00	432	136	320	312	515
38	08.04.12 0:00	444	126	313	302	528
39	08.04.12 12:00	456	126	314	302	541
40	09.04.12 0:00	468	118	309	294	554
41	09.04.12 12:00	480	118	310	294	566
42	10.04.12 0:00	492	116	300	293	579
43	10.04.12 12:00	504	116	301	292	591

№ изме- ре- ния	Дата/время	Время выпуска прогноза, час	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Ниновка, см	Фактический уро- вень воды, относи- тельно "0", р.п. Раздолье см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Раздолье, см	Прогнозируемое время наступления максимального уровня воды р.п. Раздолье, час.
44	11.04.12 0:00	516	116	292	292	603
45	11.04.12 12:00	528	116	293	292	615
46	12.04.12 0:00	540	108	291	284	629
47	12.04.12 12:00	552	108	291	284	641
48	13.04.12 0:00	564	113	304	289	651
49	13.04.12 12:00	576	113	304	289	663
50	14.04.12 0:00	588	121	323	297	674
51	14.04.12 12:00	600	121	324	297	686
52	15.04.12 0:00	612	124	337	300	697
53	15.04.12 12:00	624	124	337	300	709
54	16.04.12 0:00	636	126	341	302	721
55	16.04.12 12:00	648	126	342	302	732
56	17.04.12 0:00	660	121	332	297	746
57	17.04.12 12:00	672	121	333	297	758

Таким образом, фактический максимальный уровень воды в р.п. Раздолье наблюдался 06.04.2012 в 00:00 и составил 322,7 см. По уровням воды, наблюдавшимся 03.04.2012 в 00:00 на г.п. р. Оскол - д. Ниновка, который составил 160,7 см над «0» графика уровня поста был спрогнозирован максимальный уровень воды по г/п р.Оскол - д. Ниновка. Ошибка прогнозирования уровня воды составила 14 см, ошибка прогнозирования времени наступления максимального уровня – 6 часов.

Оценка качества прогноза проводилась путем сравнения средних квадратических отклонений ошибки прогноза и исследуемой величины. Она показала, что предлагаемая методика относится к категории удовлетворительных (см. таблицу 3):

σ	25,9
S	11,7
S/σ	0,45

Для иллюстрации применимости представленных прогнозных формул в условиях формирования высокой волны половодья был произведен расчет гидрографа стока на независимом материале 1980 и 1986 гг. по наблюдениям Росгидромета (рис. 4 и 5).

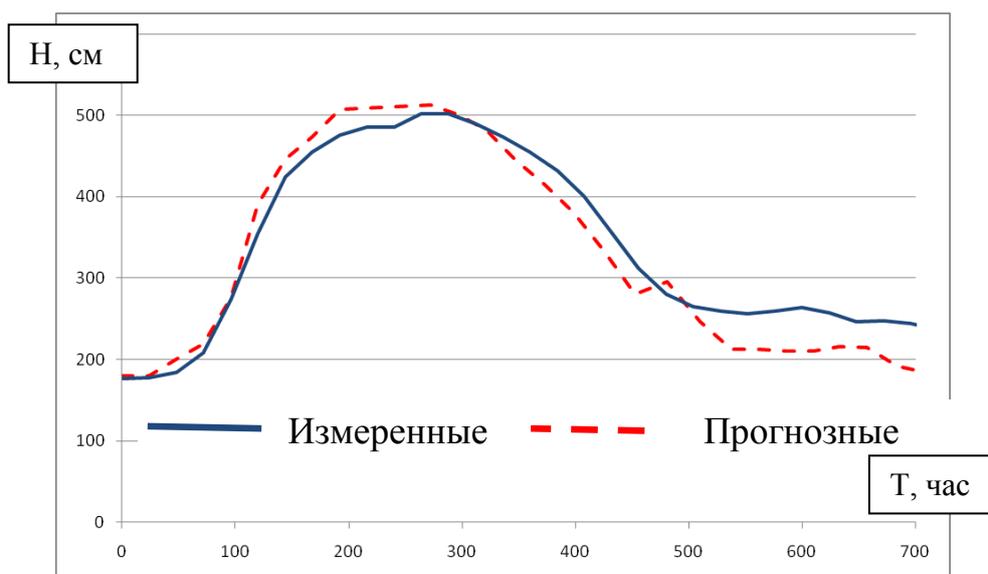


Рисунок 4 - Результат расчета гидрографа стока бассейна р. Оскол за 1980 г.

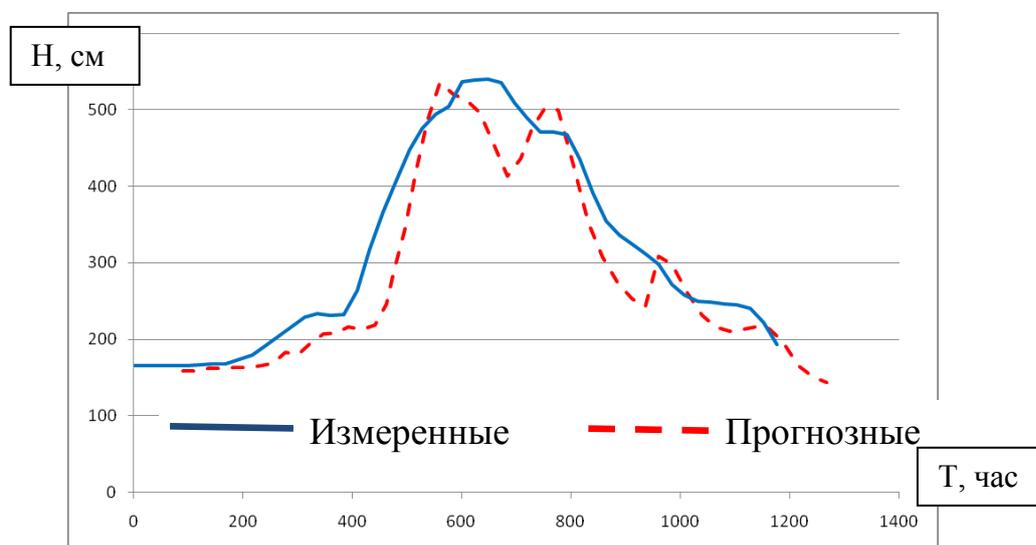


Рисунок 5 - Результат расчета гидрографа стока бассейна р. Оскол за 1986г.

2.2.2 Проведение оценки эффективности полученных результатов по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней воды р. Сейм-пос. Рышково

В 2012 г. весеннее половодье в пределах бассейна р. Сейм характеризовалось низкой водностью. Максимальные уровни воды были много ниже среднемноголетних значений. При этом наблюдались локальные ливневые осадки, что в значительной степени повлияло на формирование максимумов уровней и расходов воды в русловой сети и времени их наступления [4].

Тем не менее, в период половодья были проведены наблюдения за гидрологическими характеристиками и проведены расчеты максимальных уровней и времени их наступления в замыкающем створе.

Совмещенные фактические и расчетные уровни воды в створах р. Тускарь - г. Курск, р. Сейм – с. Лебяжье и р. Сейм – пос. Рышково представлены на рис.6,7 и 8.



Рисунок 6 – Совмещенные фактические и прогнозные гидрографы по г/п Тускарь-г. Курск

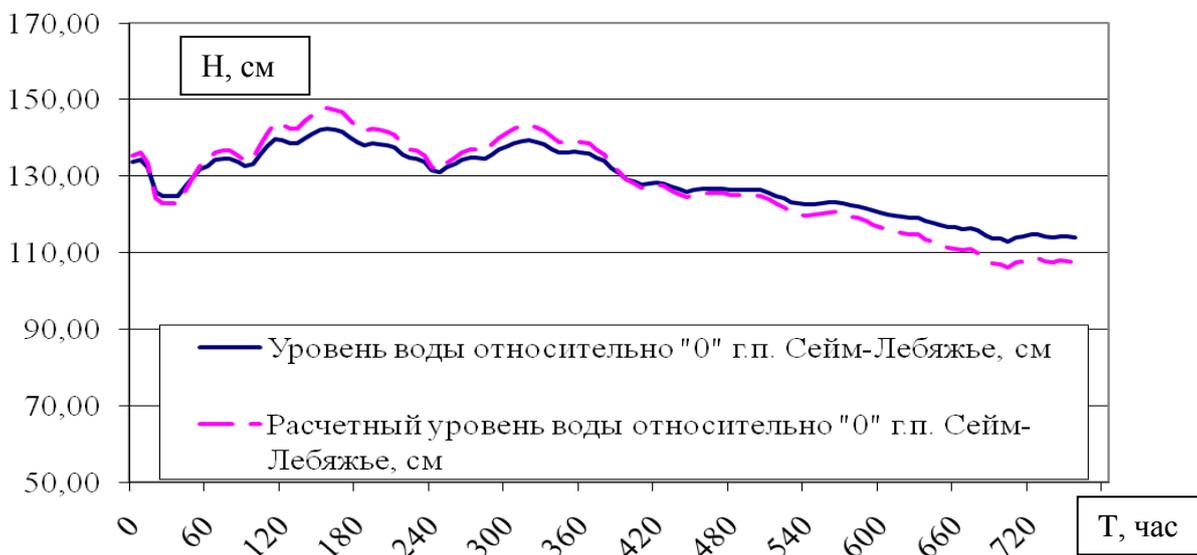


Рисунок 7 – Совмещенные фактические и прогнозные гидрографы по г/п р. Сейм-с. Лебяжье

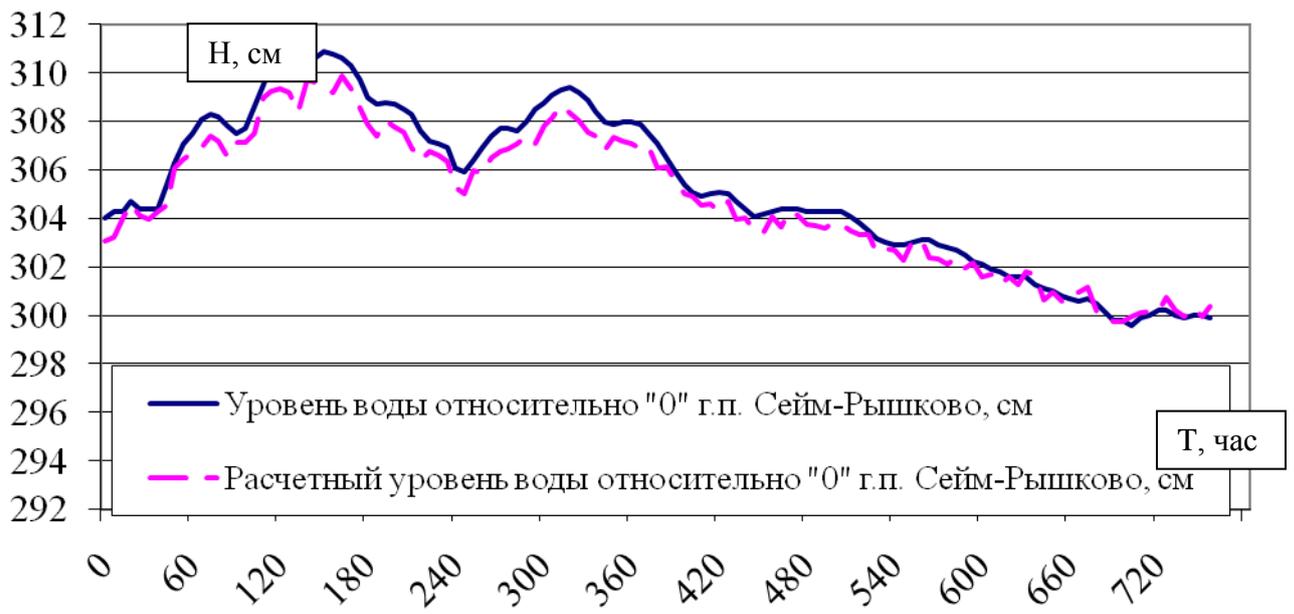


Рис. 8 – Совмещенные фактические и прогнозные гидрографы по г/п р. Сейм-пос. Рышково

Таблица 11 – Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований по расчету максимальных уровней воды и времени их наступления для г/п р. Сейм – пос. Рышково

№ Изм	Дата	Время	Уровень воды относительно "0" г.п. Снова-Щурово, см	Уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Зуевка, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см
1	23.03.2012	6:00:00	122,46	503,78	370,8	371,90	135,3335	133,63	287,72	304
2	23.03.2012	12:00:00	123,51	503,99	371,7	373,20	136,0716	134,15	287,99	304,3
3	23.03.2012	18:00:00	128,50	503,26	376	377,40	133,4607	132,32	288,08	304,3
4	24.03.2012	0:00:00	146,30	500,72	391,6	392,80	124,2527	125,83	288,80	304,7
5	24.03.2012	6:00:00	146,30	500,36	391,6	392,50	122,8972	124,88	288,55	304,4
6	24.03.2012	12:00:00	146,30	500,36	391,6	392,19	122,8972	124,88	288,55	304,4
7	24.03.2012	18:00:00	146,30	500,36	391,6	393,50	122,8972	124,88	288,55	304,4
8	25.03.2012	0:00:00	147,54	501,34	392,7	393,80	126,5189	127,43	289,42	305,4
9	25.03.2012	6:00:00	148,67	502,21	393,7	395,20	129,6999	129,67	290,21	306,3
10	25.03.2012	12:00:00	149,45	503,02	394,4	395,80	132,6196	131,72	290,91	307,1
11	25.03.2012	18:00:00	149,90	503,41	394,8	396,00	134,0215	132,71	291,26	307,5
12	26.03.2012	0:00:00	150,57	504,00	395,4	396,30	136,1011	134,17	291,79	308,1
13	26.03.2012	6:00:00	150,91	504,18	395,7	396,29	136,7116	134,60	291,97	308,3
14	26.03.2012	12:00:00	150,46	504,14	395,3	397,20	136,5982	134,52	291,87	308,2
15	26.03.2012	18:00:00	149,90	503,77	394,8	395,90	135,295	133,61	291,52	307,8
16	27.03.2012	0:00:00	149,90	503,41	394,8	396,30	134,0215	132,71	291,26	307,5
17	27.03.2012	6:00:00	150,01	503,63	394,9	396,30	134,7947	133,25	291,43	307,7
18	27.03.2012	12:00:00	150,80	504,56	395,6	396,80	138,0421	135,54	292,23	308,6
19	27.03.2012	18:00:00	151,81	505,43	396,5	397,40	141,0758	137,67	293,03	309,5

№ Изм	Дата	Время	Уровень воды относительно "0" г.п. Снова-Щурово, см	Уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Зуевка, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см
20	28.03.2012	0:00:00	152,70	506,33	397,3	397,89	144,1262	139,82	293,83	310,4
21	28.03.2012	6:00:00	92,45	506,15	397	398,90	143,545	139,41	293,65	310,2
22	28.03.2012	12:00:00	92,11	505,81	396,4	397,50	142,3745	138,59	293,29	309,8
23	28.03.2012	18:00:00	92,00	505,85	396,2	397,70	142,5241	138,69	293,28	309,8
24	29.03.2012	0:00:00	92,05	506,43	396,3	397,70	144,4685	140,06	293,72	310,3
25	29.03.2012	6:00:00	91,83	506,87	395,9	397,10	135,3	141,11	293,98	310,6
26	29.03.2012	12:00:00	91,49	507,35	395,3	396,20	136,1	142,25	294,23	310,9
27	29.03.2012	18:00:00	91,10	507,38	394,6	395,19	133,5	142,33	294,13	310,8
28	30.03.2012	0:00:00	90,82	507,25	394,1	396,00	124,3	142,02	293,94	310,6
29	30.03.2012	6:00:00	90,38	507,07	393,3	394,40	122,9	141,58	293,66	310,3
30	30.03.2012	12:00:00	89,99	506,51	392,6	394,10	122,9	140,25	293,12	309,7
31	30.03.2012	18:00:00	89,44	505,88	391,6	393,00	122,9	138,76	292,48	309
32	31.03.2012	0:00:00	89,17	505,63	391,1	392,30	126,5	138,15	292,21	308,7
33	31.03.2012	6:00:00	89,06	505,79	390,9	391,80	129,7	138,54	292,29	308,8
34	31.03.2012	12:00:00	88,89	505,73	390,6	391,19	132,6	138,40	292,20	308,7
35	31.03.2012	18:00:00	88,73	505,56	390,3	392,20	134,0	137,98	292,02	308,5
36	01.04.2012	0:00:00	88,73	505,32	390,3	391,40	136,1	137,40	291,84	308,3
37	01.04.2012	6:00:00	88,40	504,61	389,7	391,20	136,7	135,66	291,22	307,6
38	01.04.2012	12:00:00	88,13	504,23	389,2	390,60	136,6	134,74	290,86	307,2
39	01.04.2012	18:00:00	88,02	504,15	389	390,20	135,3	134,54	290,77	307,1
40	02.04.2012	0:00:00	88,35	503,79	389,6	390,50	134,0	133,65	290,61	306,9
41	02.04.2012	6:00:00	88,08	502,93	389,1	389,69	134,8	131,50	289,92	306,1
42	02.04.2012	12:00:00	88,02	502,71	389	390,90	138,0	130,95	289,75	305,9

№ Изм	Дата	Время	Уровень воды относительно "0" г.п. Снова-Щурово, см	Уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Зуевка, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см
43	02.04.2012	18:00:00	88,24	503,23	389,4	390,50	141,1	132,26	290,18	306,4
44	03.04.2012	0:00:00	88,73	503,65	390,3	391,80	144,1	133,29	290,63	306,9
45	03.04.2012	6:00:00	89,33	504,02	391,4	392,80	143,5	134,21	291,09	307,4
46	03.04.2012	12:00:00	89,61	504,27	391,9	393,10	142,4	134,84	291,36	307,7
47	03.04.2012	18:00:00	89,66	504,25	392	392,90	142,5	134,79	291,36	307,7
48	04.04.2012	0:00:00	89,61	504,15	391,9	392,49	144,5	134,54	291,27	307,6
49	04.04.2012	6:00:00	89,66	504,61	392	393,90	146,0	135,67	291,62	308
50	04.04.2012	12:00:00	89,83	505,14	392,3	393,40	147,6	136,97	292,06	308,5
51	04.04.2012	18:00:00	89,83	505,50	392,3	393,80	147,7	137,84	292,32	308,8
52	05.04.2012	0:00:00	89,88	505,84	392,4	393,80	147,3	138,65	303,07	309,1
53	05.04.2012	6:00:00	89,99	506,03	392,6	393,80	146,6	139,12	303,22	309,3
54	05.04.2012	12:00:00	90,05	506,13	392,7	393,60	144,7	139,35	304,00	309,4
55	05.04.2012	18:00:00	89,94	505,93	392,5	393,09	142,6	138,88	304,60	309,2
56	06.04.2012	0:00:00	89,66	505,68	392	393,90	141,8	138,28	304,12	308,9
57	06.04.2012	6:00:00	89,44	505,17	391,6	392,70	142,3	137,04	303,98	308,4
58	06.04.2012	12:00:00	89,17	504,80	391,1	392,60	142,1	136,13	304,27	308
59	06.04.2012	18:00:00	88,95	504,76	390,7	392,10	141,5	136,04	304,53	307,9
60	07.04.2012	0:00:00	88,89	504,90	390,6	391,80	140,7	136,38	306,07	308
61	07.04.2012	6:00:00	89,11	504,82	391	391,90	138,2	136,18	306,47	308
62	07.04.2012	12:00:00	89,11	504,70	391	391,59	136,9	135,89	306,73	307,9
63	07.04.2012	18:00:00	88,95	504,28	390,7	392,60	136,6	134,87	306,91	307,5
64	08.04.2012	0:00:00	88,73	503,89	390,3	391,40	135,4	133,89	307,39	307,1
65	08.04.2012	6:00:00	88,62	503,21	390,1	391,60	132,3	132,20	307,20	306,5

№ Изм	Дата	Время	Уровень воды относительно "0" г.п. Снова-Щурово, см	Уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Зуевка, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см
66	08.04.2012	12:00:00	88,35	502,59	389,6	391,00	131,5	130,64	306,53	305,9
67	08.04.2012	18:00:00	88,19	502,05	389,3	390,50	133,4	129,26	307,12	305,4
68	09.04.2012	0:00:00	88,02	501,75	389	389,90	134,8	128,49	307,15	305,1
69	09.04.2012	6:00:00	88,08	501,49	389,1	389,69	136,2	127,82	307,51	304,9
70	09.04.2012	12:00:00	88,08	501,61	389,1	391,00	137,0	128,13	309,00	305
71	09.04.2012	18:00:00	88,19	501,69	389,3	390,40	137,0	128,33	309,26	305,1
72	10.04.2012	0:00:00	88,08	501,61	389,1	390,60	136,6	128,13	309,35	305
73	10.04.2012	6:00:00	88,02	501,26	389	390,40	138,2	127,24	309,19	304,7
74	10.04.2012	12:00:00	87,75	501,00	388,5	389,70	140,1	126,57	308,41	304,4
75	10.04.2012	18:00:00	87,43	500,76	387,9	388,80	141,3	125,94	309,71	304,1
76	11.04.2012	0:00:00	87,27	500,94	387,6	388,19	142,5	126,41	309,64	304,2
77	11.04.2012	6:00:00	87,43	501,00	387,9	389,80	143,1	126,57	309,33	304,3
78	11.04.2012	12:00:00	87,54	501,08	388,1	389,20	143,5	126,78	309,19	304,4
79	11.04.2012	18:00:00	87,59	501,06	388,2	389,70	142,8	126,73	309,91	304,4
80	12.04.2012	0:00:00	87,59	501,06	388,2	389,60	141,9	126,73	309,35	304,4
81	12.04.2012	6:00:00	87,64	500,92	388,3	389,50	140,2	126,36	308,57	304,3
82	12.04.2012	12:00:00	87,64	500,92	388,3	389,20	138,9	126,36	307,90	304,3
83	12.04.2012	18:00:00	87,64	500,92	388,3	388,89	138,8	126,36	307,42	304,3
84	13.04.2012	0:00:00	87,64	500,92	388,3	390,20	139,2	126,36	308,02	304,3
85	13.04.2012	6:00:00	87,70	500,90	388,4	389,50	139,0	126,31	307,75	304,3
86	13.04.2012	12:00:00	87,70	500,66	388,4	389,90	138,5	125,67	307,53	304,1
87	13.04.2012	18:00:00	87,54	500,36	388,1	389,50	137,1	124,88	306,94	303,8
88	14.04.2012	0:00:00	87,32	500,07	387,7	388,90	135,7	124,13	306,41	303,5

№ Изм	Дата	Время	Уровень воды относительно "0" г.п. Снова-Щурово, см	Уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Зуевка, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см
89	14.04.2012	6:00:00	87,21	499,75	387,5	388,40	133,3	123,27	306,79	303,2
90	14.04.2012	12:00:00	87,05	499,56	387,2	387,79	131,1	122,78	306,59	303
91	14.04.2012	18:00:00	86,89	499,50	386,9	388,80	129,1	122,62	306,35	302,9
92	15.04.2012	0:00:00	86,78	499,54	386,7	387,80	128,0	122,73	305,27	302,9
93	15.04.2012	6:00:00	86,94	499,61	387	388,50	127,1	122,89	305,01	303
94	15.04.2012	12:00:00	87,00	499,71	387,1	388,50	127,5	123,16	306,00	303,1
95	15.04.2012	18:00:00	86,89	499,75	386,9	388,10	127,8	123,27	305,85	303,1
96	16.04.2012	0:00:00	86,67	499,58	386,5	387,40	127,5	122,84	306,49	302,9
97	16.04.2012	6:00:00	86,78	499,42	386,7	387,29	126,3	122,40	306,78	302,8
98	16.04.2012	12:00:00	86,67	499,34	386,5	388,40	125,3	122,18	306,87	302,7
99	16.04.2012	18:00:00	86,62	499,12	386,4	387,50	124,4	121,58	307,10	302,5
100	17.04.2012	0:00:00	86,35	498,85	385,9	387,40	125,1	120,87	307,41	302,2
101	17.04.2012	6:00:00	86,35	498,73	385,9	387,30	125,3	120,54	307,09	302,1
102	17.04.2012	12:00:00	86,30	498,50	385,8	387,00	125,6	119,93	307,84	301,9
103	17.04.2012	18:00:00	86,19	498,42	385,6	386,50	125,5	119,70	308,17	301,8
104	18.04.2012	0:00:00	85,98	498,25	385,2	385,79	125,5	119,25	308,68	301,6
105	18.04.2012	6:00:00	86,14	498,19	385,5	387,40	125,0	119,09	308,34	301,6
106	18.04.2012	12:00:00	86,14	498,19	385,5	386,60	125,0	119,09	308,01	301,6
107	18.04.2012	18:00:00	86,03	497,87	385,3	386,80	125,0	118,19	307,58	301,3
108	19.04.2012	0:00:00	85,82	497,70	384,9	386,30	125,0	117,73	307,39	301,1
109	19.04.2012	6:00:00	85,93	497,54	385,1	386,30	124,9	117,28	306,84	301
110	19.04.2012	12:00:00	85,82	497,33	384,9	385,80	124,0	116,71	307,37	300,8
111	19.04.2012	18:00:00	85,66	497,27	384,6	385,19	122,9	116,54	307,19	300,7

№ Изм	Дата	Время	Уровень воды относительно "0" г.п. Снова-Щурово, см	Уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Зуевка, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Тускарь-Курск, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Лебяжье, см	Расчетный уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см	Фактический уровень воды относительно "0" г.п. Сейм-Рышково, см
112	20.04.2012	0:00:00	85,61	497,16	384,5	386,40	121,8	116,25	307,07	300,6
113	20.04.2012	6:00:00	85,71	497,25	384,7	385,80	120,6	116,48	306,90	300,7
114	20.04.2012	12:00:00	85,71	497,00	384,7	386,20	119,9	115,80	306,99	300,5
115	20.04.2012	18:00:00	85,66	496,53	384,6	386,00	119,7	114,47	306,06	300,1
116	21.04.2012	0:00:00	85,39	496,26	384,1	385,30	119,8	113,70	306,14	299,8
117	21.04.2012	6:00:00	85,45	496,24	384,2	385,10	120,1	113,65	305,58	299,8
118	21.04.2012	12:00:00	85,39	496,01	384,1	384,69	120,5	113,00	305,00	299,6
119	21.04.2012	18:00:00	85,50	496,34	384,3	386,20	120,6	113,94	304,92	299,9
120	22.04.2012	0:00:00	85,61	496,42	384,5	385,60	120,0	114,18	304,54	300
121	22.04.2012	6:00:00	85,71	496,63	384,7	386,20	119,4	114,76	304,59	300,2
122	22.04.2012	12:00:00	85,77	496,61	384,8	386,20	119,1	114,70	304,30	300,2
123	22.04.2012	18:00:00	85,66	496,40	384,6	385,80	118,2	114,12	304,73	300
124	23.04.2012	0:00:00	85,50	496,34	384,3	385,20	117,2	113,94	303,96	299,9
125	24.04.2012	6:00:00	85,45	496,48	384,2	384,79	116,7	114,35	304,03	300
126	24.04.2012	12:00:00	85,55	496,44	384,4	386,30	115,9	114,23	303,55	300
127	24.04.2012	18:00:00	85,50	496,34	384,3	384,89	115,6	113,94	303,39	299,9

Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований и оценка качества предлагаемых методик проводилось путем сопоставления ошибок (отклонений теоретических значений от экспериментальных, фактических S) со значениям амплитуды колебаний измеренных величин, выраженных средними квадратическими отклонениями σ . Результаты сопоставления представлены в табл. 12:

Таблица 12 - Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований и оценка качества методик краткосрочного прогноза уровней воды периода половодья бассейна р. Сейм

Гидрологический объект	S , м	σ , м	S/σ	Оценка качества методики
р. Тускарь-г. Курск	0,4	4,4	0,1	хорошая
р. Сейм – с. Лебяжье	1,7	8,4	0,2	хорошая
р. Сейм – пос. Рышково	0,4	3,2	0,1	хорошая

Для проверки методик краткосрочного прогнозирования максимальных уровней воды р. Сейм у пос. Рышково был также проведен расчет на независимом материале максимальных половодий прошлых лет. Результаты расчета представлены на рис. 9 и 10.

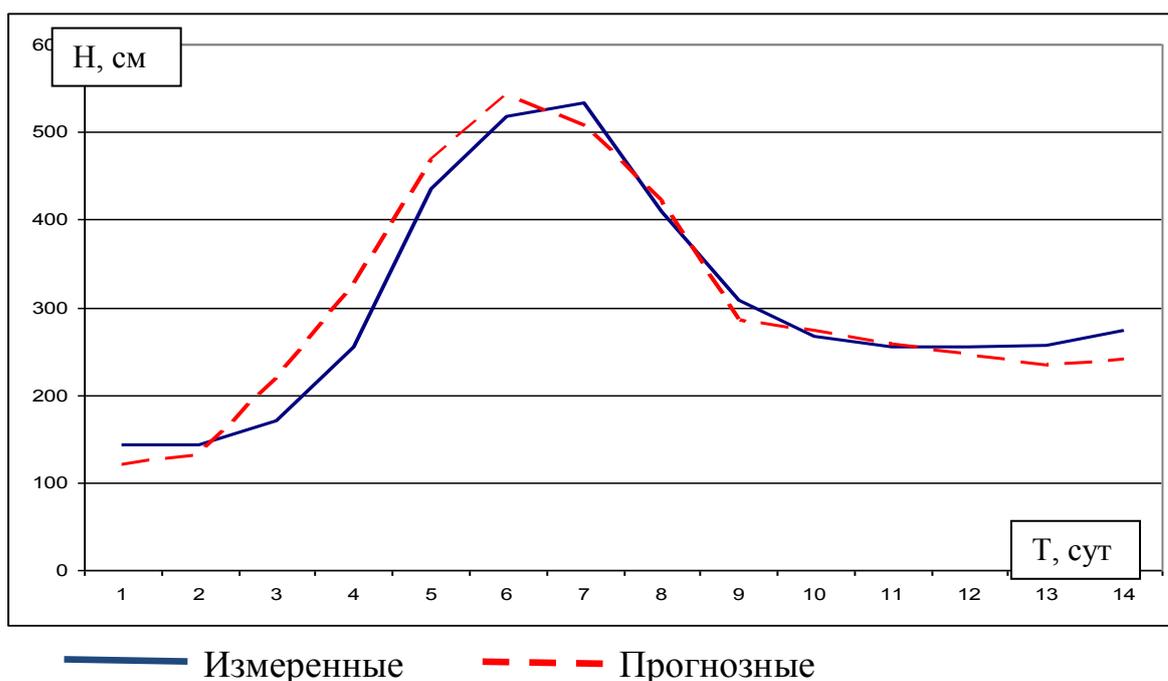


Рисунок – 9 - Результат расчета гидрографа стока бассейна р. Сейм за 1971г.

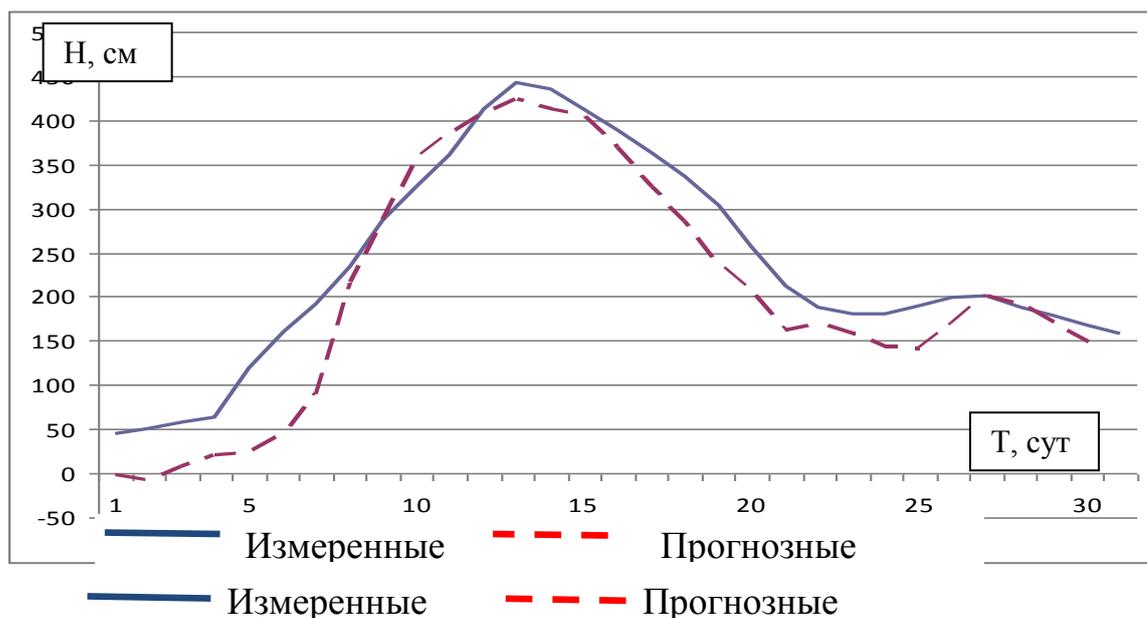


Рис. 10 - Результат расчета гидрографа стока бассейна р. Сейм за 1987г.

2.2.3 Проведение оценки эффективности полученных результатов исследований по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней воды реки Оскол в г. Старый Оскол

Третий рассмотренный нами объект формирования весеннего половодья характеризуется тем, что он подвержен значительным антропогенным преобразованиям стока. В качестве такого объекта рассмотрен участок р. Оскол до города Старый Оскол, формирование максимальных уровней которого обусловлено режимом попусков воды из Старооскольского водохранилища.

В 2012 г. в бассейне р. Оскол, как и остальных рек изученного региона, не наблюдалось высокого половодья. Расходы воды рек, питающих Старооскольское водохранилище, были не намного выше меженных расходов. Водохранилище в период половодья работало на аккумуляцию стока.

Тем не менее, были проведены измерения и расчеты уровней воды в замыкающем створе, которым является гидрологический пост реки Оскол в г. Старый Оскол. Измеренные в результате проведения натуральных наблюдений гидрологические характеристики стока рек, влияющих на уровеньный режим в замыкающем створе, представлены в таблицах 13, 14 и 15.

Таблица 13 – Измененные характеристики стока р. Герасим

Дата/время	Глубина реки, в месте установки датчика, м	Скорость течения, м/с	Площадь сечения в месте установки датчика, м ²	Расчетный расход в сечении, м ³ /с
25.03.12 12:00	1,11	0,21	5,534	1,162
26.03.12 12:00	1,09	0,18	5,377	0,968
27.03.12 12:00	1,06	0,21	5,143	1,080
28.03.12 12:00	1,07	0,18	5,220	0,940
29.03.12 12:00	1,05	0,19	5,066	0,962
30.03.12 12:00	0,98	0,25	4,539	1,135
31.03.12 12:00	0,96	0,19	4,392	0,834
01.04.12 12:00	0,87	0,18	3,756	0,676
02.04.12 12:00	0,85	0,17	3,620	0,615
03.04.12 12:00	0,79	0,18	3,223	0,580
04.04.12 12:00	0,82	0,18	3,419	0,615
05.04.12 12:00	0,94	0,19	4,247	0,807
06.04.12 12:00	1,27	0,2	6,855	1,371
07.04.12 12:00	1,37	0,25	7,729	1,932
08.04.12 12:00	1,41	0,25	8,088	2,022
09.04.12 12:00	1,45	0,27	8,452	2,282
10.04.12 12:00	1,43	0,27	8,270	2,233
11.04.12 12:00	1,46	0,29	8,544	2,478
12.04.12 12:00	1,52	0,33	9,101	3,003
13.04.12 12:00	1,57	0,3	9,574	2,872
14.04.12 12:00	1,64	0,27	10,246	2,766
15.04.12 12:00	1,58	0,28	9,669	2,707
16.04.12 12:00	1,55	0,31	9,384	2,909

Таблица 14 – Измененные характеристики стока р. Апочка

Дата/время	Глубина реки, в месте установки датчика, м	Скорость течения, м/с	Площадь сечения в месте установки датчика, м ²	Расчетный расход в сечении, м ³ /с
25.03.12 12:00	0,52	0,18	1,894	0,341
26.03.12 12:00	0,53	0,17	1,950	0,332
27.03.12 12:00	0,54	0,18	2,007	0,361
28.03.12 12:00	0,55	0,17	2,065	0,351
29.03.12 12:00	0,58	0,19	2,242	0,426
30.03.12 12:00	0,59	0,2	2,302	0,460
31.03.12 12:00	0,61	0,2	2,425	0,485
01.04.12 12:00	0,66	0,25	2,741	0,685
02.04.12 12:00	0,73	0,31	3,208	0,994
03.04.12 12:00	0,8	0,23	3,701	0,851
04.04.12 12:00	0,73	0,2	3,208	0,642
05.04.12 12:00	0,72	0,21	3,139	0,659
06.04.12 12:00	0,73	0,21	3,208	0,674
07.04.12 12:00	0,68	0,19	2,872	0,546
08.04.12 12:00	0,67	0,19	2,806	0,533
09.04.12 12:00	0,63	0,19	2,550	0,484
10.04.12 12:00	0,56	0,21	2,123	0,446
11.04.12 12:00	0,63	0,22	2,550	0,561
12.04.12 12:00	0,56	0,2	2,123	0,425
13.04.12 12:00	0,63	0,21	2,550	0,535
14.04.12 12:00	0,68	0,25	2,872	0,718
15.04.12 12:00	0,72	0,28	3,139	0,879
16.04.12 12:00	0,67	0,27	2,806	0,758

Таблица 15 – Измененные характеристики стока р. Оскол

Дата/время	Глубина реки, в месте установки датчика, м	Скорость течения, м/с	Площадь сечения в месте установки датчика, м ²	Расчетный расход в сечении, м ³ /с
25.03.12 12:00	2,2	0,03	22,720	0,682
26.03.12 12:00	2,2	0,03	22,720	0,682
27.03.12 12:00	2,3	0,03	24,201	0,726
28.03.12 12:00	2,36	0,04	25,102	1,004
29.03.12 12:00	2,54	0,04	27,862	1,114
30.03.12 12:00	2,59	0,04	28,642	1,146
31.03.12 12:00	2,63	0,05	29,270	1,464
01.04.12 12:00	2,82	0,07	32,302	2,261
02.04.12 12:00	2,59	0,05	28,642	1,432
03.04.12 12:00	2,53	0,05	27,706	1,385
04.04.12 12:00	2,44	0,04	26,319	1,053
05.04.12 12:00	2,61	0,08	28,956	2,316
06.04.12 12:00	3,25	0,12	39,409	4,729
07.04.12 12:00	3,44	0,15	42,637	6,396
08.04.12 12:00	3,21	0,09	38,736	3,486
09.04.12 12:00	2,85	0,08	32,787	2,623
10.04.12 12:00	2,61	0,07	28,956	2,027
11.04.12 12:00	2,52	0,04	27,551	1,102
12.04.12 12:00	2,61	0,04	28,956	1,158
13.04.12 12:00	2,73	0,05	30,856	1,543
14.04.12 12:00	2,77	0,06	31,497	1,890
15.04.12 12:00	2,89	0,07	33,437	2,341
16.04.12 12:00	2,93	0,13	34,090	4,432

Таблица 16 – Расчет изменения объема воды в Старооскольском водохранилище и уровня воды в замыкающем створе

Дата/время	Уровень водохранилища, м	Объем воды в водохранилище, рассчитанный по батиграфической гривой, м ³	Разница объема (ΔW), м ³	$\Delta W/\Delta t$, м ³ /с (со знаком "-" т.к. уровень воды в водохранилище поднимается)	Расход через плотину, $q_{пл}=\Delta W/\Delta t$ + $q_{прит}$, м ³ /с	Расчетное значение $Q_{прит}$, м ³ /с	Расчетный расход воды в контрольном створе $Q_{ст. Оскол}$, м ³ /сек	Расчетный уровень воды в контрольном створе Нст. Окол, см	Фактический уровень воды в контрольном створе, Н ст. Оскол, см
25.03.12 12:00	131,01	4298749,63	0,00	0,00	2,18	1,09	3,28	73,69	58,14
26.03.12 12:00	131,01	4298749,63	0,00	0,00	1,98	0,99	2,97	67,42	57,53
27.03.12 12:00	131,01	4298749,63	0,00	0,00	2,17	1,08	3,25	73,18	57,47
28.03.12 12:00	131,02	4336973,73	38224,10	-0,44	1,85	1,15	3,00	68,03	58,13
29.03.12 12:00	131,02	4336973,73	0,00	0,00	2,50	1,25	3,75	82,41	61,76
30.03.12 12:00	131,04	4414025,61	77051,88	-0,89	1,85	1,37	3,22	72,56	61,84
31.03.12 12:00	131,05	4452854,45	38828,84	-0,45	2,33	1,39	3,73	81,91	62,25
01.04.12 12:00	131,09	4610201,48	157347,02	-1,82	1,80	1,81	3,61	79,94	63,17
02.04.12 12:00	131,11	4690101,43	79899,95	-0,92	2,12	1,52	3,64	80,39	64,24
03.04.12 12:00	131,12	4730359,87	40258,45	-0,47	2,35	1,41	3,76	82,49	64,28
04.04.12 12:00	131,13	4770824,67	40464,80	-0,47	1,84	1,15	3,00	67,95	63,24
05.04.12 12:00	131,16	4893462,55	122637,88	-1,42	2,36	1,89	4,25	90,43	65,12
06.04.12 12:00	131,26	5315888,66	422426,11	-4,89	1,88	3,39	5,27	104,17	67,65
07.04.12 12:00	131,39	5897095,31	581206,65	-6,73	2,15	4,44	6,58	118,42	69,45

Дата/время	Уровень водохранилища, м	Объем воды в водохранилище, рассчитанный по батиграфической гривой, м ³	Разница объема (ΔW), м ³	$\Delta W/\Delta t$, м ³ /с (со знаком "-" т.к. уровень воды в водохранилище поднимается)	Расход через плотину, $q_{пл}=\Delta W/\Delta t$ + $q_{прит}$, м ³ /с	Расчетное значение $Q_{прит}$, м ³ /с	Расчетный расход воды в контрольном створе $Q_{ст. Оскол}$, м ³ /сек	Расчетный уровень воды в контрольном створе Нст. Окол, см	Фактический уровень воды в контрольном створе, Н ст. Оскол, см
08.04.12 12:00	131,46	6225439,29	328343,98	-3,80	2,24	3,02	5,26	104,05	71,15
09.04.12 12:00	131,52	6515633,55	290194,26	-3,36	2,03	2,69	4,73	97,16	70,24
10.04.12 12:00	131,57	6763726,97	248093,42	-2,87	1,83	2,35	4,19	89,40	71,56
11.04.12 12:00	131,60	6915347,57	151620,61	-1,75	2,39	2,07	4,46	93,40	71,87
12.04.12 12:00	131,64	7120764,59	205417,02	-2,38	2,21	2,29	4,50	94,06	70,52
13.04.12 12:00	131,69	7382818,87	262054,28	-3,03	1,92	2,48	4,39	92,48	71,14
14.04.12 12:00	131,74	7650807,94	267989,07	-3,10	2,27	2,69	4,96	100,26	72,59
15.04.12 12:00	131,80	7980326,82	329518,88	-3,81	2,11	2,96	5,08	101,75	74,16
16.04.12 12:00	131,89	8491081,64	510754,82	-5,91	2,19	4,05	6,24	114,94	76,33

Совмещенные фактические и расчетные уровни воды в замыкающем створе р. Оскол – г. Ст. Оскол представлены на рисунке рис. 11.

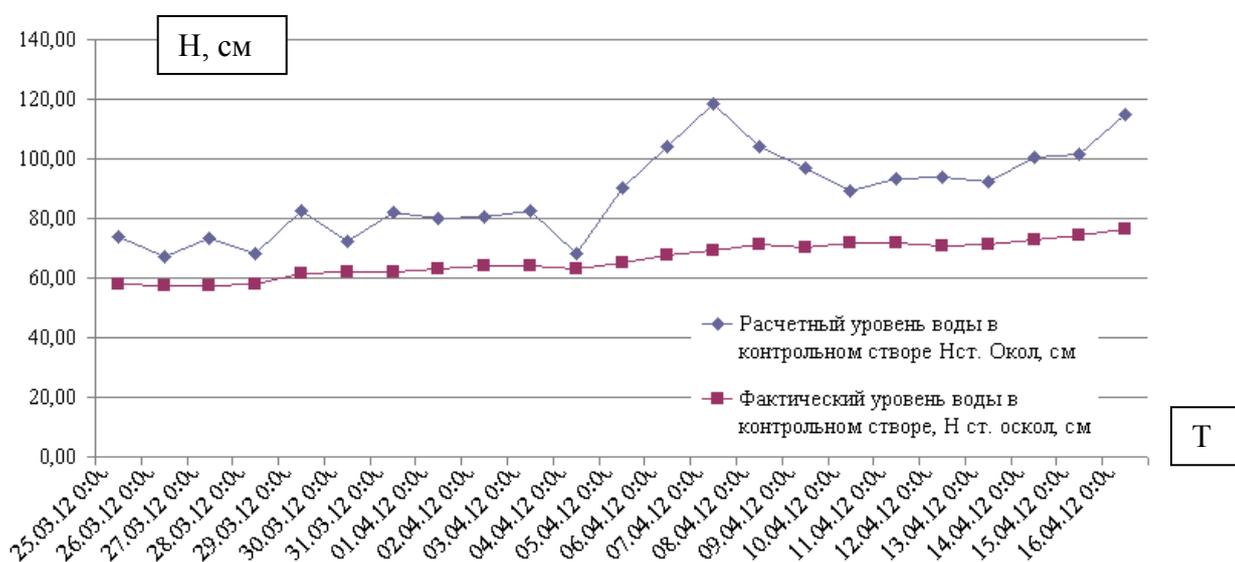


Рисунок 11– Совмещенные фактические и прогнозные гидрографы по г/п р. Оскол – г. Ст. Оскол

Из рисунка следует, что прогнозные значения уровня воды несколько выше фактических, что вполне допустимо. Особенно учитывая то обстоятельство, что прогнозирование стока проводилось в условиях маловодного года, когда половодье не вышло на пойму, такие ситуации не рассматривались при разработке метода прогноза.

2.3 Проведение оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем

Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований и оценка точности выполненных прогнозов половодья 2012 г. проводилось путем определения абсолютной ошибки прогноза (ΔH) максимальных уровней воды и вычисления её отношения к амплитуде изменений максимальных уровней воды половодий за многолетний период, выраженной средним квадратическим отклонением предсказываемой

величины (σ ; см). Это позволяет продемонстрировать сходимость прогнозной величины с её измеренными значениями, а так же сопоставить результаты теоретических и экспериментальных исследований и наглядно иллюстрировать оправданность выпускаемого прогноза в условиях весеннего сезона 2012 г.

Проведение оценки эффективности полученных результатов по долгосрочному прогнозированию максимальных уровней половодья.

Общая количественная оценка эффективности полученных результатов по долгосрочному прогнозированию максимальных уровней половодья получена путем сопоставления результатов теоретических и экспериментальных исследований и приведена в табл. 17.

Таблица 17 – Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных значений при долгосрочном прогнозировании максимальных уровней, (см).

Гидрологический объект	Расчетный уровень воды	Фактический уровень воды	Абсолютная ошибка (ΔH), см	Среднее квадратическое отклонение (σ)	($\Delta H / \sigma$) *100%
р. Тускарь - г. Курск	568,4	399	169	83,6	202%
р. Сейм – с. Лебяжье	238,4	142	96,4	106,2	91%
р. Сейм – пос. Рышково	335,5	311	24,5	92,2	26%

Проведение оценки эффективности полученных результатов по среднесрочному прогнозированию максимальных уровней половодья.

Порядок проведения среднесрочного прогнозирования максимальных уровней воды, а так же его результаты представлены выше в данном разделе отчета, но общая количественная оценка эффективности полученных

результатов теоретических и экспериментальных исследований приведена в табл. 18.

Таблица 18 - Оценка эффективности полученных результатов при среднесрочном прогнозировании максимальных уровней, (см).

Гидрологический объект	Расчетный уровень воды	Фактический уровень воды	Абсолютная ошибка (ΔH), см	Среднее квадратическое отклонение (σ)	($\Delta H / \sigma$) *100%
р. Тускарь - г. Курск	482,2	399	83,2	83,6	99%
р. Сейм – с. Лебяжье	140,9	142	1,1	106,2	1%
р. Сейм – пос. Рышково	251,6	311	59,4	92,2	64%

Проведение оценки эффективности полученных результатов по краткосрочному прогнозированию максимальных уровней половодья.

Для определения сходимости прогнозных и измеренных уровней воды использовались таблицы 10, 11, 16 и рисунки 3, 6, 7, 8, 11. За исследуемые периоды определялись средние и максимальные ошибки прогноза, а так же среднее квадратическое отклонение величин уровней воды за обозначенный период, общая количественная оценка сопоставления результатов теоретических и экспериментальных исследований по краткосрочному прогнозированию приведена в табл. 19.

Таблица 19 – Оценки эффективности полученных результатов при краткосрочном прогнозировании уровней воды, (см).

Гидрологический объект	Средняя ошибка прогноза	Максимальная ошибка прогноза	Среднее квадратическое отклонение (σ)	($\Delta H / \sigma$) *100%
р. Тускарь - г. Курск	1.22	1.9	4.4	28%
р. Сейм – с. Лебяжье	3.07	6.94	8.4	37%
р. Сейм – пос. Рышково	0.63	1.61	3.2	20%
р. Оскол – р.п. Раздолье	13.6*	39*	25.9	52.5%

р. Оскол – г. Ст. Оскол	22**	48.9**	5.7	385%
-------------------------	------	--------	-----	------

* В весенний период 2012 г. наблюдались локальные ливневые осадки, что в значительной степени повлияло на формирование волны половодья и характер её трансформации.

** Прогнозирование стока проводилось в условиях маловодного года, когда водохранилище работало на аккумуляцию весеннего стока и в нижнем бьефе плотины не наблюдалось больших расходов воды. То есть, методика прогноза уровня применялась в условиях, на которые она не была рассчитана.

Таким образом, проведенная оценка эффективности полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований показала, что предъявляемые на современном научно-техническом уровне требования к качеству и надежности прогнозных схем, и методик, используемым при реализации схемы мониторинга и прогнозирования половодья [5] выполняются. В целом, при сокращении заблаговременности выпускаемого прогноза, его точность и качество повышается. На этапах долгосрочного прогнозирования получаемые расчетные значения имеют ощутимую ошибку, по сравнению с измеренными величинами. Уточнение расчетных значений на этапе среднесрочного прогноза снижают ошибку, повышая качество прогноза. Краткосрочное прогнозирование уровней воды, проведенное с привлечением современных измерительных приборов, позволило получить максимально точные прогнозные значения уровней воды в замыкающих створах.

3 ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ ПОЛНОТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И ДОСТИЖЕНИЯ ПОСТАВЛЕННЫХ ЦЕЛЕЙ НИР

Проведенное исследование позволило достаточно полно решить задачи и достигнуть поставленных целей НИР. В рамках выполненной работы были рассмотрены современные методы решения поставленной задачи по мониторингу и прогнозированию опасных разливов рек различного генезиса.

Проведенные исследование показали, что прогноз опасных явлений, связанных с резким подъемом уровня рек и затоплением, разрушением хозяйственных объектов, является достаточно сложной, многоуровневой задачей. Ее решение невозможно в рамках одной, даже достаточно сложной математической или статистической модели.

Для решения поставленной задачи была реализована схема мониторинга, позволяющая рассчитывать величины различных характеристик паводочного и половодного гидрологического режима водотоков. При этом было определено, что основную группу задач должны составлять расчеты стока воды: нормы годового стока, внутригодового распределения стока, максимальных расходов половодий и паводков, гидрографов половодий и паводков, минимальных расходов воды. При изучении гидрологического режима водотоков и определении расчетных характеристик стока необходимо использовать как данные многолетних гидрологических наблюдений, на основании которых выполняются научные гидрологические обобщения, проводится математическое моделирование.

Гидрологической основой расчетов стока на стадии долго и среднесрочного прогнозирования должны быть данные многолетних гидрометрических наблюдений, проводимых на сети Росгидромета в течение продолжительного времени. Для мало или недостаточно изученных рек кроме гидрометрического метода определения гидрологических

характеристик необходимо использовать метод научных гидрологических обобщений, при котором используют материалы наблюдений опорной сети гидрометеорологических постов, станций и экспериментальных исследований региональных водно-балансовых (стоковых) станций для установления закономерностей формирования и распределения стока по территории и его изменчивости во времени. Основу метода составляют глубокий генетический анализ среды, в которой формируется сток, и анализ отдельных процессов и факторов, определяющих его качественные и количественные характеристики. Для составления прогноза развития ситуации необходимо использовать математические методы моделирования гидрологических процессов.

Анализ литературных источников, разработок российских и зарубежных ученых, позволил наметить 4-х уровневую схему реализации прогноза и заблаговременного оповещения населения и хозяйственных субъектов о риске затопления при прохождении максимальных расходов воды на реках, озерах, водохранилищах.

Задачей выполняемого мониторинга на стадии краткосрочного прогнозирования уровней затопления на четвертом этапе предложенной схемы мониторинга и прогнозирования является оперативный контроль расходов и уровней воды в створах предикторах с последующим расчетом по предложенным математическим моделям прогностических уровней воды в контрольных створах. На основе получаемого прогноза уровня определяются риски разливов и паводков и устанавливается необходимость заблаговременного предупреждения населения об опасности чрезвычайной гидрологической ситуации.

Создание современной системы дистанционных гидрологических наблюдений помогает решить комплекс проблем, связанных с мониторингом состояния водных объектов, прогнозированием развития гидрологических процессов и надежным учетом стока. Применение современных средств

наблюдений, вспомогательного оборудования и надежных систем связи повышает точность наблюдений и уровень надежности оперативной гидрологической информации. Проведенный эксперимент показал, что это позволило перейти на качественно новый уровень решения задач мониторинга и прогнозирования опасных гидрологических явлений – разливов рек и затопления хозяйственных объектов. Это позволило реализовать принципиально новый подход к решению задач гидрологического мониторинга опасных гидрологических явлений и процессов.

Тем самым можно считать решение поставленных задач достаточно полным, а поставленные в НИР цели достигнутыми.

4 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ И ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕННЫХ НИР В РЕАЛЬНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ

Проведенные исследования позволили установить, что одной из основных проблем отечественной гидрологии является недостаточная полнота, оперативность и надежность получаемой гидрометеорологической информации. 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, на которой сохранилась явно не достаточная 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) характеристик стока рек, их уровневого режима, но и совершенствование методологии мониторинга гидрологических характеристик.

Основными элементами разрабатываемых систем мониторинга гидрологических характеристик для целей прогнозирования опасных гидрологических процессов должны стать:

- 1) Предложенная в ходе выполнения НИР четырехуровневая объектно-ориентированная схема разработки прогноза и реализации системы мониторинга гидрологических характеристик. Ориентированность на конкретный гидрологический объект при реализации всех четырех этапов построения системы мониторинга позволяет максимально полно изучить сложившиеся на террито-

рии бассейна условия формирования максимального стока и риска затопления территории и расположенных на ней хозяйственных объектов, а также подобрать для её реализации набор оптимальных методов и приемов разработки прогностических зависимостей, необходимой гидрометеорологической информации и комплекса программно-аппаратного обеспечения. Подбор технических решений и методов прогнозирования для конкретного гидрологического объекта позволяет в максимально короткие сроки провести калибровку и уточнение предложенных прогнозных схем на базе собранного фактического материала.

2) Применение современных средств измерения гидрологических характеристик. Автоматические измерительные приборы и устройства практически не ограничены в кратности и объеме измерений, что будет способствовать созданию банка данных, отличающегося высокой точностью и достаточностью наблюдений, что в свою очередь повлечет уточнение и совершенствование методов краткосрочного прогноза.

3) Автоматизация всего процесса мониторинга, начиная от получения входной гидрометеорологической информации до выпуска прогнозов различной заблаговременности. Одним из приоритетных направлений развития современной прикладной гидрологии является развитие «сверхкраткосрочных» прогнозов, существование которых невозможно без автоматизированных систем измерения, передачи и обработки информации. Реализованный нами вариант краткосрочного прогнозирования максимальных уровней воды, в том числе обусловленных значительной антропогенной составляющей (влияние Старооскольского водохранилища), также можно отнести к группе «сверхкраткосрочных» прогнозов. В случаях, когда начало развития опасного явления и негативное воздействие на человека, населенные пункты, критически важные, потенциально опасные объекты, объекты инфраструктуры разделяют часы, только автоматизированные системы мониторинга и прогнозирования могут с достаточной заблаговременностью оповестить население, экстренные и опе-

ративные службы и другие заинтересованные субъекты о наступлении опасного явления.

Таким образом, предложенная в результате проведения НИР методика может быть внедрена практически на любом водном объекте, где возможно затопление важных и опасных хозяйственных объектов.

Структурирование решаемой задачи на этапы позволяет достаточно полно, с необходимой надежностью выдавать прогнозы высокой водности рек и водоемов различной заблаговременности. При этом отличительной чертой предлагаемого алгоритма является его относительная простота и адекватность решаемым прогнозным задачам на всех этапах предупреждения и оповещения населения о риске наступления опасных явлений.

Инструментальная составляющая, разработанная в рамках проведенной НИР, также достаточно проста и максимально эффективна. В сочетании с разработанной технологией долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного прогноза разработанная приборная составляющая системы мониторинга, расчета и оповещения полностью и совершенно адекватно решает поставленную задачу.

Привлечение ГИС ресурсов и технологий на этапах долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного прогнозирования позволяет выдавать прогноз как для отдельных «горячих» точек, особо опасных объектов, так и для достаточно протяженных участков русел рек и речных долин. Прогноз может выдаваться в текстовом, табличном или картографическом виде, что позволяет использовать его во всех отраслях хозяйства в реальном секторе экономики.

Система, благодаря ее относительной простоте, дешевизне, гибкости и оперативности может быть легко адаптирована как для протяженных, пространственных объектов, – городов, районов, областей, так и для конкретных створов, конкретных точечных объектов. В любом случае, прогнозы необходимой заблаговременности и надежности позволят полностью предусмотреть риск возникновения опасных гидрологических явлений, затопления хозяйственных объектов и своевременно оповестить население об этих рисках и при-

нять превентивные меры по снижению рисков и негативных последствий прохождения максимальных расходов и формирования высоких уровней дождевых паводков и весеннего половодья независимо от генезиса наступления опасного явления.

Проверка надежности и адекватности разработанной системы мониторинга, прогноза и оповещения в условиях конкретного гидрологического явления – половодья, на конкретных гидрологических объектах с различным генезисом формирования половодья показала вполне приемлемые результаты, свидетельствующие о полноте, адекватности, надежности, новизне, экономической эффективности предложенного подхода и методов его реализации. Поэтому результаты НИР могут быть рекомендованы для использования в реальных секторах экономики практически в любых физико-географических, гидрологических и хозяйственных условиях.

5 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОВЕДЕНИЕ ОКР ПО ТЕМЕ "РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА РЕКАХ И ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКОВ РАЗЛИВОВ И ПАВОДКОВ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ОБ ОПАСНОСТИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ"

Предлагаемая система представляет собой аппаратно-программный комплекс, позволяющий за счет аппаратной части оперативно измерять гидрологические характеристики на реках и внутренних водоемах, такие как уровень воды, скорость течения, температуру, и, используя высокоточные цифровые модели подстилающей поверхности Земли, моделировать и прогнозировать, без применения статистических расчетов, развитие паводковой обстановки для конкретного населенного пункта. Полученные данные предназначены для принятия оперативных решений о мерах по предотвращению или уменьшению экономических и социальных последствий разливов и паводков, а также предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации.

На основе разработанных программных средств для ЭВМ, алгоритма моделирования изменения площади водного зеркала, при известном рельефе местности, изготовлен макет Системы для мониторинга и оперативного оповещения о паводковой ситуации.

Программное обеспечение учитывает основные причины возникновения речных гидрологических явлений: сезонное таяние снежного покрова, интенсивные дожди, заторы и заносы, ветровые нагоны воды в крупных водохранилищах, а также устьях рек. Разрушение плотин, дамб, гидроузлов, за-

пруд и других гидрологических сооружений учитывается лишь для конкретных районов мониторинга, где существуют центры по технической безопасности гидрологических сооружений.

Весной 2012 года проведены экспериментальные исследования по организации мониторинга разлива рек в Белгородской и Курской области. Исследования показали хорошую сходимость прогнозируемых и фактических уровней воды с учетом динамики развития ситуации. Вместе с тем, оказалось, что использование микровертушек для определения скорости потока воды проблемно, так как лопасти со временем забиваются водорослями. С другой стороны, на реках, где имеется многолетняя история гидрографов, данные о скорости потока не являются необходимыми. Для рек, где наблюдения прохождения разливов не проводились, целесообразно устанавливать ультразвуковые датчики скорости. Также оказалось нецелесообразно вводить в состав системы концентратор при наличии сотовой связи, он может заменяться устройством управления оповещением (УУО).

Разработанная технология мониторинга, изготовление аппаратной и программной части системы, испытания Макета системы в природных условиях позволяют сделать вывод о целесообразности дальнейшего развития проекта и организации опытно-конструкторских работ для изготовления опытного образца изделия. Разработанное техническое задание на ОКР, с учетом полученного опыта, приведено в приложении А.

6 ПРОВЕДЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

6.1 Оценка современной мировой ситуации в области чрезвычайных происшествий, связанных с наводнениями

В 2011 году на долю наводнений в мире пришлось 17% из общей суммы \$370 млрд. убытков от стихии, по данным UNISDR, специального подразделения ООН по борьбе с последствиями катаклизмов. Динамика наводнений в мире показана в таблице 20.

Таблица 20 – Динамика и число пострадавших от наводнений в мире

Год	Магнитуда наводнений		Затоплено, млн. км ²	Пострадало, Чел.	Погибло, Чел.
	М>4	М>6			
1985	64	11	7,67	5831709	3034
1986	41	15	4,15	8862982	1525
1987	42	8	2,8	1452016	3247
1988	88	25	8,07	20317659	6229
1989	100	20	11,98	8620018	9838
1990	97	26	11,83	14928186	4170
1991	109	20	13,29	17804233	150180
1992	97	27	15,16	13078925	8720
1993	80	17	6,66	35102006	7453
1994	105	25	14,18	8574572	6401
1995	115	35	15,62	48575631	7635
1996	93	31	11,67	12747803	5951
1997	148	37	15,4	7197902	7829
1998	178	48	21,2	43327701	23896
1999	96	36	13,13	57099221	33780
2000	94	26	8,41	50258261	10698
2001	113	17	8,72	37965829	5624
2002	187	40	11,77	20543682	4421
2003	204	68	24,75	21664774	4554
2004	147	46	15,57	51018052	173123
2005	143	57	17,54	19367962	10140
2006	201	57	23,01	18710396	7992

2007	215	76	32,06	36134471	12502
2008	172	60	20,14	22326128	107485
2009	146	38	21,69	8508144	3841
2010	172	59	19,56	17035079	7890
2011	125	51	13,03	8126565	21621

Магнитуда наводнения M определяется, как отношение площади водной поверхности во время события, к нормальному значению для реки или водоема

На рисунке 12 показано распределение территорий в мире, пострадавших от наводнений, по годам от 1985 до 2011.



Рисунок 12 – Распределение затопленной территории

Из анализа распределения территорий, пострадавших от наводнений, можно сделать вывод, что площадь затопления неуклонно растет год от года, и это является объективным фактором для развития производства и рынка гидрологического оборудования по прогнозированию и предупреждению разливов рек и внутренних водоемов.

Россия в отношении водной стихии выглядит относительно благополучно. У нас есть районы, традиционно подверженные опасности цунами и разливов рек, вызванных муссонными дождями – это Дальний Восток и При-

амурье. На Северном Кавказе ежегодно происходят паводки, вызванные дождями в горах и таянием снега. В 2010 - 2011 году стихия проявила себя несколькими бурными наводнениями в этом регионе, в результате пострадали Краснодар, Сочи, Махачкала. Был нанесен довольно значительный материальный ущерб, число жертв измерялось десятками. Значительное по последствиям наводнение в 2012 году произошло в Крымске.

По данным Росгидромета наводнениям в Российской Федерации периодически подвержены территории около 500 тыс. км²; наводнениям с катастрофическими последствиями – 150 тыс. км², на которой расположено более 300 городов, десятки тысяч поселков и сел (поселений), более 7 млн. га сельскохозяйственных угодий.

Для решения задач прогнозирования и заблаговременного оповещения жителей районов, подверженных риску затопления, Госкомгидрометом намечено создание системы, предусматривающей широкое внедрение технических средств для автоматизации процесса измерений, обработки и выдачи информации различным отраслям народного хозяйства.

Повышение эффективности и качества системы оперативного гидрометеорологического обслуживания требует внедрения более совершенных устройств для наблюдения за состоянием погоды, для обработки и передачи информации потребителю. Увеличение объема информации, улучшение ее качества и повышение эффективности гидрометобслуживания решается путем оснащения сети гидрометеорологических станций современными дистанционными и автоматическими устройствами.

Основной целью реализации проекта технического перевооружения гидрологической наблюдательной сети является повышение качества и объема информации о текущих гидрологических условиях, которая используется прогностическими подразделениями организаций наблюдательной сети для выпуска прогностической продукции и обеспечивает международные обяза-

тельства Росгидромета в области обмена информацией о состоянии окружающей среды, путем создания автоматизированных гидрологических сетей.

Для достижения указанной цели осуществляется:

– внедрение в наблюдательных подразделениях УГМС (ЦГМС) автоматизированных гидрологических комплексов (АГК), доплеровских измерителей скорости потока и акустических профилографов для измерений скорости течения и расхода воды, эхолотов для измерений глубин, навигационного оборудования для привязки постов и участков измерений к государственной геодезической сети;

– замена технических средств, выработавших свой ресурс, на современные средства;

– переход на безбумажную технологию получения, обработки и распространения наблюдаемой информации с накоплением данных на технических носителях;

– внедрение современных средств связи для своевременной и надежной передачи оперативной информации из пунктов наблюдений в центры сбора информации;

– замена устаревшего энергетического оборудования (прежде всего на удаленных и труднодоступных станциях) современным оборудованием энергообеспечения;

– повышение квалификации персонала гидрологических постов с учетом требований по эксплуатации современных приборов и оборудования.

Решение поставленных задач осуществляется в рамках реализации "Модернизация гидрологической сети в бассейнах рек Кубань, Уссури и Ока и дооснащение гидрологических постов", "Поставка и установка мобильных гидрологических лабораторий", "Поставка и установка гидрологических лотков" и "Модернизация эталонной базы ГГИ".

Поставка и установка мобильных гидрологических лабораторий произведена в УГМС/ЦГМС в количестве 17 комплектов МГЛ и 19 комплектов

измерения расхода воды (КИРВ), а также по одному комплекту МГЛ и КИРВ в ГУ "ГГИ".

В рамках проекта "Модернизация гидрологической сети в бассейнах рек Кубань, Уссури и Ока и дооснащение гидрологических постов" на гидрологических постах установлены 155 из 225 автоматизированных гидрологических комплекса (АГК), в том числе проведены заключительные комплексные испытания автоматизированной гидрологической системы в бассейне реки Уссури.

В настоящее время в УГМС и ЦГМС проводится работа по опытной эксплуатации новых средств измерений, поставленных в рамках Проекта "Модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета".

Внедрение МГЛ и КИРВ позволяет оперативно добираться до отдаленных гидрологических постов и проводить высокоточные измерения расходов воды, незамедлительно их обрабатывать и передавать в центр сбора данных исчерпывающую информацию. Это позволяет сократить время на сбор данных и принятие решения об ожидаемых наводнениях.

В гидрологической сети предполагается переоснастить от 700 до 800 гидрологических постов, сделав упор на важнейшие участки наблюдения за гидравлическим режимом рек, а также на участки, имеющие важнейшее значение в плане предупреждения о надвигающихся наводнениях. При этом в проектных решениях будут учтены последние достижения в области наблюдательных сетей и датчиков, включая создание автоматических и полуавтоматических станций.

6.2 Оценка объемов финансирования на обновление приборной гидрометеорологической базы РФ

Объем экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации возрастет с 18 млрд. руб. в 2008 году до 50 млрд. - в 2030-м. Такие данные озвучил глава Росгидромета Александр Бедрицкий во время пресс-брифинга, состоявшегося в рамках Шестого Всероссийского метеорологического съезда в Санкт-Петербурге, где был принят подготовленный Росгидрометом проект «Стратегии развития деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года». В основу нового облика федеральной гидрометеорологической службы положена "европейская модель", сочетающая госфинансирование с оказанием ведомством платных услуг потребителям гидрометеороинформации.

В реализацию стратегии планируется вложить 742 млрд. руб. в ближайшие два десятилетия. При этом 679 млрд. намечено привлечь из средств федерального бюджета, 10,5 млрд. руб. метеорологи рассчитывают получить от субъектов РФ, остальные финансовые ресурсы в объеме 53 млрд. руб. будут мобилизованы из внебюджетных источников.

6.3 Основные предприятия на рынке гидрологического оборудования, работающие в России

К таким предприятиям можно отнести немецкую фирму “ОТТ”, старейшую на рынке гидрологических приборов, также немецкую фирму “SEBA HYDROMETRIC” и австрийскую “SOMMER”. Эти компании поставляют оборудование для российских организаций, занимающихся модернизацией сети гидрологических постов, принадлежащих Росгидромету. Примером такой компании является компания IBS (Информационные Бизнес-Системы) –

группа компаний, специализирующаяся на оказании широкого спектра услуг в области информационных технологий, включая заказную разработку программного обеспечения, бизнес- и IT-консалтинг, внедрение бизнес-приложений, IT-аутсорсинг. Компания IBS приступила к реализации проекта по созданию комплексной информационной системы автоматизированных гидрологических наблюдений в бассейнах рек Уссури, Кубань и Ока. В рамках проекта предстоит создать около 250 новых автоматизированных постов наблюдений, выполнить работы по развитию телекоммуникационной сети и инфраструктуры центров сбора и обработки данных. Работы выполняются с привлечением германской компании «SEBA HYDROMETRIC», производителя и поставщика автоматического гидрологического оборудования.

Отечественной организацией, занимающейся оборудованием гидропостов аппаратурой собственной разработки, является ООО «Тайфун», Обнинск, производящей комплекс ГРК-1. Комплексы установлены в Астраханском ЦГМС, на гидрометеостанции г. Рыбинска, на Валдайском филиале ГГИ, в г. Якутске, (геологоразведочная партия и УГМС), в Северо-Кавказском УГМС (места установки – районы Ставрополя, Майкопа, Черкесска, Нальчика, Пятигорска).

Комплексы поставлены в Н-Новгород, Якутск, Краснодар, на Украину (4 комплекта), в республику Казахстан (6 комплектов).

Комплекс выбран в качестве первичного измерителя уровня воды для создания оперативной системы наблюдения в Агентстве водных ресурсов МРП РФ. Первая партия приборов в количестве 30 штук поставлена в конце 2005 года. Комплексы введены в эксплуатацию в районе Махачкалы, Нальчика, Владикавказа, Чебоксары.

Также комплексы ГРК-1 поставлены в Республику Саха (Якутия) по ведомству МЧС РФ в количестве 10 единиц для получения оперативной гид-

рологической информации с паводкоопасных районов, а также во Владивосток, Нижний Новгород, Мурманск.

Других крупных производителей гидрологического оборудования в результате исследования рынка продукции, не обнаружено.

Таким образом, можно предположить, что на данный момент за последние 5 лет автоматизированных постов на реках и водоемах России установлено около 330, из них отечественного производства – 80.

6.4 Определение ближайших аналогов Системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах и оценка их продвижения на рынке

Компания IBS приступила к реализации проекта по созданию комплексной информационной системы автоматизированных гидрологических наблюдений в бассейнах рек Уссури, Кубань и Ока. В рамках проекта предстоит создать около 250 новых автоматизированных постов наблюдений, выполнить работы по развитию телекоммуникационной сети и инфраструктуры центров сбора и обработки данных. Технических характеристик конкретной аппаратуры постов в свободном доступе обнаружить не удалось.

Основной целью проекта является оптимизация возможностей Росгидромета в области надежного и устойчивого получения данных гидрологических наблюдений с требуемой точностью как важнейшего источника информации для гидрометеорологического обеспечения безопасности населения и экономики страны, говорится в сообщении IBS.

Ожидается, что оптимизация системы гидрологических наблюдений, в том числе в паводкоопасных районах рек Уссури, Кубань и Ока, и дооснащение гидрологических постов других рек современным измерительным оборудованием обеспечит повышение точности наблюдений и сократить время по-

лучения гидрологических данных. В свою очередь, это даст возможность вести мониторинг гидрологической ситуации в режиме реального времени и заблаговременно прогнозировать опасные гидрологические явления (паводки, затопления) в указанных районах. Работы выполняются с привлечением германской компании «Себа Гидрометрие ГмбХ», производителя и поставщика автоматического гидрологического оборудования.

По информации IBS, новые и действующие станции и посты гидрологической сети будут оснащены автоматизированными комплексами наблюдений, а также устройствами обработки, накопления и передачи результатов измерений. Они позволят гидрологам оперативно получать данные по таким показателям, как скорость потока воды, глубина, температура, запас воды в снежном покрове и т.д. Поскольку часть постов расположена в большой удаленности от населенных пунктов и инфраструктуры, их питание электроэнергией будет осуществляться от аккумуляторов.

Для обеспечения передачи данных между гидрологическими постами, измерительными комплексами и центрами обработки IBS поставит необходимое телекоммуникационное оборудование и развернет сеть связи. Данные измерений с удаленных постов будут передаваться в центры обработки данных посредством сотовой, а в некоторых местах спутниковой связи. В рамках проекта будет также поставлено и установлено необходимое компьютерное оборудование в центрах сбора данных для усиления их возможностей по обработке, анализу и хранению данных, отметили в IBS.

По данным компании, итогами проекта должны стать увеличение числа автоматизированных пунктов гидрологических наблюдений в бассейнах рек Уссури, Кубань и Ока, повышение качества и надежности измерений, увеличение точности и заблаговременности гидрологических прогнозов, в том числе прогнозов опасных гидрометеорологических явлений. Телеметрическая система управления позволит устанавливать периодичность наблюдений

в интервале от 5 минут до 1 часа в зависимости от складывающейся гидрологической ситуации.

Проект является частью масштабной программы «Модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета», финансируемой федеральным бюджетом РФ с применением механизма займа Всемирного банка. Бюджет проекта составил \$8,7 млн. Исполнитель выбран по итогам открытого конкурса. По информации IBS, победа компании стала возможной благодаря наличию успешного опыта реализации проектов, основанных на применении информационных систем и телекоммуникационных технологий.

Вторым, и наиболее близким аналогом (рисунок 13), является комплекс гидрологический ГРК-1, выпускаемый ООО Тайфун, Обнинск, Россия. Сертификат : RU.C.34.018A №10284/1 от 28.09.2006, номер Госреестра : 21397-01.



Рисунок 13 – Внешний вид ГРК-1

Основные варианты использования комплекса

1. Комплекс может использоваться в качестве режимного поста без передачи данных. Объем памяти позволяет записывать данные с интервалом 15 минут в течение 50 суток. Интервал измерения можно изменять программным путем в момент установки комплекса на эксплуатацию. Съём информации производится на переносной компьютер.

Дополнительно комплекс может быть дополнен внешней флеш-памятью, позволяющей записывать гидрологическую информацию с интервалом 1 минута в течение 120 суток.

2. Комплекс может работать в оперативном режиме с передачей данных по телефонному или сотовому каналам связи. При этом функции режимного поста сохраняются. Для передачи используются стандартные телефонный или сотовый модемы. Время передачи информации не более 30 секунд и может быть уменьшено по желанию Заказчика до 5 секунд с одновременным уменьшением времени автономной работы (в случае работы от аккумуляторов). Прием информации осуществляется на персональный компьютер центра сбора данных, оснащенного модемом связи и соответствующим программным обеспечением.

3. Комплекс в переносном варианте может использоваться в системе оповещения о чрезвычайных ситуациях (наводнениях, паводках), обеспечивая оперативную передачу данных по каналу связи в автоматическом режиме по заданной временной программе или по вызову оператором в любое время.

Измеряемые параметры

Уровень воды, м : диапазон – от 0 до 15, погрешность – 0,25

Температура воды, °С : диапазон – от - 2 до + 32, погрешность – 0,1

Примерная стоимость ГРК-1 – 120 т.р.

http://www.pribortrade.ru/GRK_1_1897.html

Комплекс сертифицирован в 2001 году. Материалы сертификации рассмотрены на ЦКПМ Росгидромета и комплекс рекомендован для опытной эксплуатации. Комплекс является единственным в России беспоплавковым уровнемером, который рекомендован для использования на гидрологической сети.

На наблюдательной гидрологической сети Росгидромета комплекс эксплуатируется с 1999 года. Опытная апробация комплекса проведена в Н-Новгороде. Н-Новгород, ВВУГМС.

6.5 Оценка стоимости Системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах при серийном производстве

Стоимость Системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах (далее – изделия) при серийном производстве определяется затратами на комплектующие, амортизацией производственного оборудования, затратами на заработную плату, накладными расходами. В таблице 21 приведены затраты на комплектующие изделия.

Таблица 21 – Затраты на комплектующие

Наименование	Количество: шт.	Цена за 1 единицу, Руб.	Цена, руб.
DIN-рейка	2	50	100
Провод монтажный	15 м	6,6	100
Колодка соединительная	4	5	20
Трубка пищевая	3	6,6	20
Набор шурупов	2	15	30
Крепежный комплект	2	60	120
Лакокрасочный набор	1	500	500
GSM – модемы с антенной	3	3000	9000
ARM микроконтроллер	2	150	300
USB разъем	2	25	50
Клеммники винтовые	6	6,6	40
Транзистор N-канал	2	25	50
Реле	2	15	30
Резисторы SMD	20	0,6	12

Конденсаторы SMD	10	0,6	6
Микросхема ADR 485	4	7,5	30
Регулятор напряжения 3,3В	2	20	40
Диод Шоттки SMD	6	1	6
Светодиод SMD	2	1	2
Блок питания	2	1100	2200
Плата печатная	2	300	600
Датчик уровня и температуры УРТ-1	2	12200	24400
Ноутбук	1	30000	30000
Программное обеспечение система Windows	1	4000	4000
Специальное программное обеспечение	1	25000	25000
Коробка герметичная ИВК	2	2000	4000
Труба стальная 3 м	2	1500	3000
ИТОГО			103 656

Затраты на амортизацию оборудования на один комплект изделия составляют 400 рублей. Затраты на зарплату составляют для ИТР – 40 000 (10 рабочих дней, 4 специалиста).

Итого себестоимость изделия составит:

$$103\ 656 + 400 + 40\ 000 = 144\ 056 \text{ рублей}$$

прибыль 10% - 14 405 руб.

Накладные расходы 20% - 28 811 руб.

Стоимость изделия без НДС – 187 272 руб.

НДС 18% – 33 709 руб.,

Итоговая стоимость изделия 220 981 руб.

6.6 Проведение сравнительной оценки стоимости Системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах с ближайшим аналогом на рынке

Сравнительная характеристика изделия и ближайшего аналога ГРК-1 приведена в таблице 22.

Таблица 22 – Характеристики изделия и ГРК-1

Наименование параметра	Изделие	ГРК-1
Объем памяти	15 сек. в течение 60 суток	15 мин. в течение 50 суток
Передача данных по сотовому каналу связи	+	+
Прием сигналов	На АРМ оператора	На АРМ оператора
Автоматический режим работы	+	+
Измеряемый уровень воды	0-10 м	0-15 м
Измеряемая температура воды	-2 – 60°С	-2 – 32°С
Отображение оперативной ситуации на векторной карте	+	-
Моделирование ситуации затопления района	+	-
Прогнозирование ситуации затопления района	+	-

Очевидно, что в состав ГРК-1 не входит АРМ оператора и нет программы по обработке и представлению результатов на векторной карте, нет

функций моделирования и прогнозирования ситуации затопления контролируемого района.

Стоимость ГРК-1 составляет 120 тыс. руб. , стоимость изделия – 221 тыс.руб. при указанных отличиях.

6.7 Имеющиеся и потенциальные партнеры

Потенциальными партнерами по изготовлению и продвижению на рынок изделия являются ЗАО НПП «Спец-Радио», г.Белгород и ООО «Измерение и Контроль», Санкт-Петербург. С предприятиями заключены соглашения о взаимном научно-техническом сотрудничестве. Предполагается, что ООО «Измерение и Контроль» будет участвовать в решении вопросов поставки датчиков для изделия и продвижения изделия на рынке, а ЗАО НПП «Спец-Радио» предоставит производственные мощности для серийного производства изделия.

ООО «Измерение и Контроль» - российская компания, официальный представитель швейцарского завода Keller - европейского лидера и новатора в разработке и производстве датчиков давления и уровня. Осуществляет прямые поставки датчиков и техническую поддержку в течение всего срока эксплуатации.

ЗАО НПП «Спец-Радио» занимается разработкой и производством радиотехнической продукции.

6.8 Прогноз объёмов спроса и реализации продукции до 2015 года

Исходя из того, что за 5 лет на территории России было установлено 330 автоматизированных станций, можно сделать следующие выводы.

1. Средний темп продаж автоматических станций мониторинга уровня воды составляет 66 станций в год.

2. Станциями оборудуются только крупные населенные пункты.

3. Данное количество станций является чрезвычайно малым для территории России.

Таким образом, рынок продаж автоматизированных станций мониторинга наводнений только образуется при наличии неудовлетворенного спроса для десятков тысяч малых населенных пунктов. Можно предположить, что при стоимости изделия 221 тыс. руб., платежеспособность потребителей, таких, как Администрации и поселковые советы вполне обеспечивается.

Особенностью существующего рынка является централизованная поставка станций по конкурсам Росгидромета для выполнения программ федерального уровня. Представляется перспективным поставка изделий напрямую администрациям населенных пунктов и организация их установки и обслуживания. С учетом сказанного, потенциал рынка только для 1 тысячи населенных пунктов может составить при стоимости изделия 221 т.р. – 221 миллион рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило реализовать основные этапы принципиальной схемы мониторинга развития половодья. Проведены этапы долго, средне и краткосрочного прогнозирования максимальных уровней воды и времени их наступления.

Для прогнозирования использовались как данные, получаемые с наблюдательной сети Росгидромета, так и получаемые с организованных в ходе выполнения НИР пунктов наблюдения оперативные сведения о гидрологических характеристиках.

Проведение сопоставления результатов теоретических и экспериментальных исследований и проверочных расчетов доказало целесообразность последовательного использования основных этапов проведения мониторинга половодья, выраженных в принципиальной четырех-уровневой схеме. Проверка показала также достаточную надежность предложенных методик расчета основных характеристик максимального стока. В период половодья 2012 г. с заблаговременностью более 20 суток было установлено, что сложившиеся на территории бассейна р. Сейм гидрометеорологические характеристики определяют формирование невысокого подъема уровня воды в период весеннего половодья. На этапе среднесрочного прогнозирования значения максимальных уровней воды были уточнены.

Наиболее ответственным этапом мониторинга половодья является краткосрочное прогнозирование максимальных уровней воды и времени их наступления. На этом этапе по полученным оперативным данным были

выпущены краткосрочные прогнозы максимальных уровней, которые показали достаточную сходимость с измеренными уровнями воды в замыкающем створе.

Кроме того, проведенная работа позволила получить новые актуальные данные о гидрологическом режиме рек в период половодья, которые при дальнейшем проведении исследований и расширении наблюдательной сети позволят получить новые методики прогноза, с большим пространственным и временным охватом, а также достичь повышения заблаговременности, точности и надежности прогнозных расчетных значений уровней затопления при прохождении максимальных расходов воды различного генезиса.

По материалам НИР издано три статьи в журналах, защищена кандидатская диссертация «Прогнозирование весеннего стока для предупреждения риска затопления территории», Макет Системы и его составные части были представлены на выставках «Экватэк 2012», г. Москва и «VIENNA-TEC 2012», г. Вена, Австрия. Получено свидетельство №2012029 о регистрации в качестве «ноу-хау» результатов интеллектуальной деятельности «Система автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах». Основные идеи НИР были изложены на 2-й международной научно-технической конференции «Компьютерные науки и технологии» (Белгород, НИУ БелГУ, 2011). Разработан проект технического задания на проведение опытно-конструкторских работ.

Выводы:

1) В результате анализа современных подходов и способов реализации систем мониторинга опасных разливов на реках и водоемах, была предложена принципиальная схема мониторинга и прогнозирования половодья, состоя-

щая из 4 последовательно выполняемых этапов оценки риска затопления территории.

2) Разработаны методы краткосрочного прогнозирования максимальных уровней и сроков их наступления для трех гидрологических объектов с различными особенностям формирования максимального стока. Проверка расчетов на независимом материале показала высокую точность предлагаемых методов.

3) Основными путями совершенствования систем мониторинга гидрологических характеристик и оперативного прогнозирования наводнений и паводков должны стать объектная ориентированность создаваемых систем, базирующихся на предложенной принципиальной четырехуровневой схеме мониторинга и прогнозирования максимального стока, использование современных способов и средств измерения гидрометеорологических величин, а также автоматизация систем сбора, передачи, обработки и оповещения о вероятности наступления затопления.

4) Достигнутые результаты НИР соответствуют «Основам государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года» в части обеспечения развития сети наблюдений и программ обработки данных, позволяющих своевременно получать достоверную информацию о состоянии окружающей среды.

5) Ввиду полученных положительных результатов испытаний Макета Системы целесообразно проведение ОКР для получения опытного образца и организации производства изделия «Система автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах».

6) Поставленные перед НИР цели достигнуты полностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Георгиевский Ю.М. Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. Учебник. – СПб., изд РГГМУ, 2007. – 436 с.
2. Аполов Б.А. Калинин Г.П. Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 421 с.
3. Руководство по гидрологическим прогнозам. вып.1: Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат, - 1988. – 358 с.
4. Руководство по гидрологическим прогнозам, вып. .2: краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках. – Л.: Гидрометеиздат, - 1984. – 247 с.
5. Кунгурцев С.А. Автоматизированная система оперативного оповещения о разливах рек / С.А. Кунгурцев, С.А. Жуков, В.И. Соловьев, М.В. Кумани, А.В. Апухтин // Экологические системы и приборы. – 2012. – № 4 – С. 48–51.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРОЕКТ

Приложение №
к государственному контракту
от « » 201 г.
№ _____

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выполнение опытно – конструкторских работ (ОКР) по теме:
«Разработка системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах в составе системы прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации»

1 Основание для проведения ОКР и сроки выполнения работ

1.1 Решение Конкурсной комиссии Заказчика № _ (протокол от «__»
____ 20__ г. № __).

1.2 Начало работ: со дня заключения государственного контракта.

Срок окончания работ: до 201 года.

2 Исполнитель ОКР

3 Цель выполнения ОКР

Разработка системы автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах (далее Система) в составе системы прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации, для прогнозирования и снижения риска паводковых затоплений населённых районов, расположенных на

прибрежных территориях рек и внутренних водоёмов, снижение угрозы жизнедеятельности населения и функционированию экономики.

4 Назначение Системы

4.1 Разрабатываемая система автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах предназначена для автоматического прогнозирования и снижения риска паводковых затоплений населённых районов, расположенных на прибрежных территориях рек и внутренних водоёмов, снижение угрозы жизнедеятельности населения и функционированию экономики.

5 Технические требования

5.1 Технические требования к составу Системы

5.1.1 Разрабатываемая система автоматизированного мониторинга гидрологических характеристик на реках и внутренних водоемах должна в себя включать:

1) Автоматизированное рабочее место оператора (далее АРМ оператора), включающее:

- персональную электронно - вычислительную машину (далее ПЭВМ);
- специальное программное обеспечение (далее СПО);
- устройство сопряжения и передачи данных.

2) Измерительные вычислительные комплексы (далее ИВК).

3) Устройство управления оповещением (далее УУО).

5.1.2 Состав Системы должен быть окончательно определен на этапе технического проектирования.

5.2 Требования к техническим характеристикам

5.2.1 Общие требования к техническим характеристикам Системы

5.2.1.1 Система должна обеспечивать автоматический мониторинг гидрологических данных на реках и внутренних водоемах непрерывно 24 часа в сутки.

5.2.1.2 Система должна обеспечивать точность моделирования площади зоны затопления с ошибкой не более 0,25.

5.2.1.3 Система должна выполнять функции расчета промежутка времени заблаговременного оповещения. Время срабатывания тревожного предупреждения должно рассчитываться на основе сформированной модели отклонения водного режима в районе чрезвычайной ситуации (далее ЧС) и производиться за 2,5 часа до наступления одной из ЧС в соответствии с ГОСТ Р 22.0.03.

5.2.1.4 Моделирование и прогноз паводковой ситуации должно осуществляться с учетом особенностей формирования ЧС на мониторируемом объекте.

5.2.1.5 Количество ИВК в системе – до 16 шт.

5.2.1.6 Для обмена данными между составными частями Системы должны быть использованы следующие виды интерфейсов: проводной RS 485 (Recommended Standard 485 - стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса), беспроводной GSM (Global System for Mobile Communications - глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи); беспроводной – радиомодем на выделенной частоте.

5.2.1.7 Расстояния между АРМ оператора и ИВК должны быть:

- при проводном интерфейсе RS 485 - до 1,5 км;
- при беспроводном интерфейсе GSM – в пределах действия сотовой связи;
- при беспроводном интерфейсе с радиомодемом – до 10 км.

5.2.1.8 Система должна обеспечивать измерение физических величин составными частями (ИВК) через определенный, задаваемый оператором АРМ или автоматически, промежуток времени от 15 минут до 24 часов с дискретностью 1 минута.

5.2.1.9 Система должна обеспечивать обмен данными между составными частями автоматически, через определенный промежуток времени от 15 минут до 24 часов с дискретностью 1 минута.

5.2.1.10 Система должна обеспечивать возможность задавать времена измерения и обмена данными для каждого ИВК индивидуально.

5.2.1.11 Временная дискретность используемой информации должна составлять для прогностических характеристик не более 1 суток.

5.2.1.12 Процедура получения, обработки и архивирования используемых данных в Системе должна быть автоматической.

5.2.1.13 Моделирование разлива рек и внутренних водоемов должно производиться с применением цифровой карты-схемы, привязанной к местности с точностью, не хуже 0,5 м с помощью геодезического приемника системы GPS/ГЛОНАС (Global Positioning System - система глобального позиционирования/ спутниковая система навигации).

5.2.1.14 Пространственные координаты профилей поперечных сечений поймы объекта водопользования в местах установки ИВК, необходимые для расчета расхода воды, должны обеспечивать точность 0,1 метра.

5.2.1.15 При визуализации цифровой карты-схемы должна использоваться геоинформационная система ГИС (Геоинформационная система) Карта-20XX.

5.2.1.16 Организация хранения информации касательно паводковой обстановки должна осуществляться в сетевой реляционной базе данных, представленной таблицами, поддерживаемыми СУБД (Система управления базами данных) INTERBASE.

5.2.1.17 Система должна обеспечивать интерфейс для интеграции в систему прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации.

5.2.1.17.1 Протоколы интерфейса интеграции определяются на этапе технического проектирования.

5.2.1.17.2 Дополнительные требования к форматам данных для обмена с системой прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации, определяются на этапе технического проектирования.

5.2.1.18 Система должна обеспечивать выдачу оператору рекомендаций о необходимости эвакуации населения и материальных ценностей из мест, относящихся к зоне затопления.

5.2.1.19 В Системе должно быть предусмотрено управления средствами оповещения населения, проживающего в районе предполагаемого наводнения, о возможности реальной или потенциальной угрозы посредством локальной системы громкоговорящей связи или иными средствами.

5.2.1.19.1 Перечень средств оповещения населения определяется на этапе технического проектирования.

5.2.2 Требования к техническим характеристикам автоматизированного рабочего места оператора

5.2.2.1 АРМ оператора должна быть аппаратно реализована на базе персональной ЭВМ, в состав которой входят процессор, с частотой работы не менее 3,0 ГГц, оперативная память объемом не менее 2 Гб (тип DDR3-1066), жесткий диск SATA-II, объемом не менее 500 Гб, графический акселератор, с объемом видеопамати 1 Гб и частотой графического процессора 775 МГц, жидко - кристаллический монитор с максимальным разрешением 1680x1050.

5.2.2.2 В АРМ оператора должна быть предусмотрена возможность использования резервной ПЭВМ (работающей параллельно) для обеспечения надежности и бесперебойного функционирования Системы.

5.2.2.3 Устройство сопряжения и передачи данных должно обеспечивать:

5.2.2.3.1 Преобразование интерфейсов RS 485, GSM, связи с радиомодемом в интерфейс USB (Universal Serial Bus — универсальная последовательная шина).

5.2.2.3.2 Электропитание от промышленной сети 220 В.

5.2.2.3.3 Скорость обмена данными не менее 9600 бит/сек.

5.2.2.4 Требования к составу СПО.

5.2.2.4 .1 СПО должно состоять из:

5.2.2.4 .1.1 Специального программного обеспечения организации связи с ИВК и УУО, формирования вектора входных параметров:

- модуля установления полудуплексного канала связи между АРМ оператора и ИВК системы, установленным в расчетном створе водоема, а также между АРМ и устройством управления оповещением;

- модуля формирования вектора входных параметров для расчета прогнозируемого уровня воды и времени его наступления в контрольном створе;

- модуль систематизации векторов входных параметров в реляционной базе данных.

5.2.2.4 .1.2 СПО моделирования риска развития опасных гидрологических явлений на основе разработанной имитационно-математической модели (далее Модели).

5.2.2.4 .1.3 СПО визуализации результатов моделирования совместно с электронной векторной картой местности и выдачи оператору АРМ оператора рекомендаций касательно оповещения населения затопляемых территорий.

- модуля построения замкнутого контура зоны затопления по рассчитанному уровню поднятия воду в контрольном створе и матрицы высот подстилающей поверхности исследуемого участка местности;

- модуля построения пересечений между расчетной зоной затопления и границами жилыми кварталами близлежащих населенных пунктов и объектов инфраструктуры;

- модуля визуализации результатов расчета совместно с электронной картой местности;

5.2.2.4 .1.4 СПО оповещения:

- модуля формирования рекомендаций оператору о необходимости эвакуации населения и материальных ценностей из мест, относящихся к зоне затопления;

- модуля формирования, хранения звуковых сообщений и управляющих команд устройством управления оповещением.

5.2.2.4 .2 Состав СПО АРМ оператора уточняется на этапе технического проектирования.

5.2.3 Требования к техническим характеристикам измерительного вычислительного комплекса

5.2.3.1 ИВК должен обеспечивать диапазон измерения физической величины уровня воды от 0 до 10 метров, как в абсолютных величинах – в балтийской системе высот, так и относительно условной горизонтальной плоскости сравнения (нуля графика поста) и точность измерения физической величины не хуже 1%.

5.2.3.2 ИВК должен обеспечивать диапазон измерений физической величины температуры от минус 2 до плюс 50 градусов Цельсия и точность измерения физической величины не хуже 1 градуса Цельсия.

5.2.3.3 ИВК должен обеспечивать диапазон измерений физической величины скорости течения воды от 0,1 до 4 м/сек и точность измерения физической величины не хуже 6%.

5.2.3.4 ИВК должен обеспечивать первичную математическую обработку данных, формирование кадра данных, состоящего из измеренных величин

уровня, температуры, скорости течения воды и московского времени для передачи на АРМ оператора.

5.2.3.5 ИВК должен обеспечивать прием от АРМ оператора кадра данных, состоящего из времени промежутка между измерениями физических величин и текущего московского времени.

5.2.3.6 ИВК должен иметь исполнения, определяющие виды применяемого интерфейса: проводного RS 485, беспроводного GSM; беспроводного– радиомодем на выделенной частоте.

5.2.3.7 ИВК должен обеспечивать скорость обмена данными не менее 9600 бит/сек.

5.2.3.8 ИВК должен иметь автономный источник питания, позволяющий реализовать автономную работу в течении от 2 до 12 месяцев (в зависимости от исполнения и величины промежутка между измерениями физических величин).

5.2.4 Требования к техническим характеристикам устройства управления оповещением

5.2.4.1 УУО должно обеспечивать обмен данными с АРМ оператора с использованием интерфейсов: проводного RS 485, беспроводного GSM; беспроводного– радиомодем на выделенной частоте.

5.2.4.2 УУО должен обеспечивать скорость обмена данными не менее 9600 бит/сек.

5.2.4.3 УУО должен обеспечивать прием звуковых сообщений и управляющих команд с АРМ оператора.

5.2.4.4 УУО должен обеспечивать передачу сообщения подтверждения о достоверности принятых данных.

5.2.4.5 УУО должен обеспечивать преобразование цифровых звуковых сообщений в аналоговую форму и выдачу на внешний соединитель.

5.2.5 Общие требования к техническим характеристикам специального программного обеспечения

5.2.5.1 СПО должно иметь открытый интерфейс подключаемых модулей и построено в виде законченных функциональных модулей.

5.2.5.2 Язык интерфейса пользователя – русский, английский.

5.2.5.3 СПО организации связи с информационно-вычислительным комплексом должна обеспечивать возможность организации полудуплексного проводного, либо беспроводного канала связи между АРМ оператора, УУО и ИВК.

5.2.5.3.1 Должны использоваться унифицированные информационные протоколы обмена данными между АРМ оператора, УУО и ИВК.

5.2.5.3.2 Должен быть реализован механизм защиты передаваемых данных от сетевых коммутационных помех.

5.2.5.3.3 Должен быть предусмотрен механизм резервирования на ИВК и передачи сохраненных ранее данных на АРМ оператора, в случае длительной аварии на используемых линиях связи.

5.2.5.3.4 Модуль обмена полудуплексного канала связи должен обеспечивать:

- организацию информационного канала связи между АРМ оператора и ИВК, а также между АРМ оператора и устройством управления оповещением согласно выбранному на этапе разработки интерфейсу;

- передачу данных и управляющих воздействий между АРМ оператора и ИВК;

- обмен данными между АРМ оператора и УУО.

5.2.5.3.5 Модуль формирования вектора входных параметров должен обеспечивать:

- анализ трафика данных, поступающего от ИВК, фильтрацию аномальных значений, (отличающихся более чем на 6 дБ в серии измерений).

- формирование перезапроса некорректных данных;

- передачу на ИВК значения периода между измерениями, которое

должно составлять значение от 15 минут до 24 часов.

- передачу на ИВК сигнала текущего московского времени.

- ведение журнала поступления входных расчетных данных с указанием даты и времени поступления информации, идентификатора ИВК, зафиксированных уровней, температуры и скорости течения воды.

5.2.5.3.6 Модуль систематизации векторов входных параметров в реляционной базе данных должен обеспечивать:

- систематизацию принятых от ИВК данных в реляционной базе данных:

- поддерживать ссылочную целостность данных, хранящихся в базе данных.

5.2.5.4 СПО моделирования риска развития опасных гидрологических явлений должен обеспечивать:

- расчет прогнозируемого уровня воды наводнения в контрольных створах с использованием разработанной Модели, согласно входным данным векторов входных параметров;

- расчет времени добегания (время, за которое массы воды с разноудаленных частей бассейна достигают замыкающего створа) расчетной паводковой волны в контрольном створе.

5.2.5.5 СПО визуализации результатов моделирования должно обеспечивать:

- представление текущего и прогнозируемого уровня поверхности воды на цифровой карте-схеме исследуемого участка местности.

- построение зон подтопления кварталов населенных пунктов и их визуализация на цифровой карте-схеме исследуемого участка местности.

- защиту от несанкционированного доступа к управляющим функциям программного комплекса путем использования парольной аутентификации.

- ведение журнала изменения аутентификации в текстовом формате.

5.2.5.5.1 Модуль построения замкнутого контура зоны затопления должен обеспечивать:

- проверку обеспеченности района работ матричными данными подстилающей поверхности.

- построения замкнутого контура предполагаемой зоны затопления с точностью не менее размера элементарной ячейки матрицы высот;

5.2.5.5.2 Модуль построения пересечений между расчетной зоной затопления и границами жилыми кварталами должен обеспечивать:

- построение всех возможных пересечений между предполагаемой зоной затопления и границами кварталов населенных пунктов, объектов инфраструктуры и т.п.

- возможность задания перечня точечных, линейных и полигональных объектов векторной карты, участвующих в построении пересечений и зоной затопления.

- выдачу статистической информации касательно подтопленных территорий и объектов инфраструктуры.

5.2.5.5.3 Модуль визуализации результатов расчета совместно с электронной картой местности должен обеспечивать:

- представление текущего и прогнозируемого уровня поверхности воды на цифровой карте-схеме исследуемого участка местности в виде векторных объектов на отдельном динамическом слое карты.

- представление зон подтопления кварталов населенных пунктов и объектов инфраструктуры в виде векторных объектов на отдельном динамическом слое карты.

- управление составом порядком отображения слоев карты.

- представление информации касательно метрики и семантики векторных объектов карты.

- поддержку стандартных систем классификации, кодирования объектов и их характеристик в соответствии с требованиями Роскартографии и других федеральных служб (ГОСТ Р 52572-2006 «Географические информа-

ционные системы. Координатная основа. Общие требования», ГОСТ Р 52573-2006 «Географическая информация. Метаданные»).

5.2.5.6 СПО оповещения должен обеспечивать:

5.2.5.6.1 модуль выдачи оператору рекомендаций о необходимости эвакуации населения и материальных ценностей из мест, относящихся к зоне затопления должен обеспечивать:

- анализ результатов, полученных при работе модуля построения пересечений между расчетной зоной затопления и границами жилыми кварталами;

- выработку и визуализацию рекомендаций оператору.

5.2.5.6 .2 модуль формирования, хранения звуковых сообщений и управляющих команд устройством управления оповещением должен обеспечивать:

- формирования и хранения звуковых сообщений получаемых через интерфейс USB от других источников;

- формирования и хранения звуковых сообщений получаемых от звуковой карты;

- выборку и трансляцию звуковых сообщений в модуль обмена полудуплексного канала связи.

5.2.6 Требования к техническим характеристикам организации входных данных

5.2.6.1 Входными данными разрабатываемого СПО АРМ оператора должны являться:

- вектор входных расчетных данных, переданный от ИВК и хранящийся в реляционной базе данных;

- данные об идентификаторе передающего ИВК, его координаты на местности и абсолютная высота места установки;

- цифровая карта-схема исследуемой местности, привязанной к местности с точностью, не хуже 0,5 м с помощью геодезического приемника системы GPS/ГЛОНАСС;

- цифровая матрица подстилающей поверхности исследуемого участка местности, с точностью пространственных координат по высоте не хуже 1 метра и элементарным размером ячейки матрицы не менее 5 метров.

5.2.7 Требования к техническим характеристикам организации выходных данных

5.2.8 Выходными данными разрабатываемого СПО АРМ оператора должны являться:

- расчетные уровни воды и время их наступления, сохраненные в реляционной базе данных;

- расчетные зоны затопления исследуемых территорий и зоны подтопления кварталов населенных пунктов (если таковые имеются) в виде векторных объектов пользовательской электронной карты;

- журнальные файлы в текстовом формате, содержащие информацию:
 - о принятых с ИВК данных;
 - об аутентификации пользователей и принимаемых ими решениях (управляющих воздействиях).
- звуковые сообщения, сохраненные в реляционной базе данных.

5.2.8 Технические требования к временным характеристикам специального программного обеспечения

5.2.8.1 СПО анализа сетевого трафика должно обеспечивать:

- обработку в реальном времени трафика канала сети ИВК в количестве не менее 16 устройств;

- прогнозирование уровня воды и визуализация результатов расчета на ЭВМ, удовлетворяющей минимальным требованиям, приведенным в пункте 5.2.2.1 со средней задержкой не более 30 секунд с момента поступления нового вектора входных параметров.

5.3 Требования надежности

5.3.1 Разрабатываемая Система должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) вероятность безотказной работы 0,95, не менее;
- 2) среднее время восстановления, 1 час, не более;
- 3) В случае возникновения одного из экстремальных состояний Системы должен быть предусмотрен вывод текстовых сообщений с кратким описанием причины возникновения экстремального состояния.

5.3.2 Полный перечень экстремальных состояний Системы, содержание текстовых сообщений, выдаваемых оператору и характер действий оператора, которые необходимо предпринять по этим сообщениям должен быть определен на этапе проектирования.

5.3.3 Критерии отказов и предельного состояния изделия

5.3.3.1 Отказом разрабатываемой Системы считают прекращение выполнения функций, заданных требованиями п. 5.2 настоящего технического задания.

5.3.3.2 Предельным состоянием разрабатываемой Системы считают отказ одной или нескольких составных частей, восстановление или замена которых на месте эксплуатации не предусмотрена эксплуатационной документацией и должна выполняться в ремонтных органах.

5.3.4 Подтверждение заданных настоящим техническим заданием требований надежности должно проводиться расчетным методом в соответствии с ГОСТ 24.701-86.

5.4 Требования по эргономике и технической эстетике

5.4.1 Разрабатываемая Система должна обладать удобным и интуитивно понятным графическим интерфейсом с текстовыми элементами на русском и английском языках (язык интерфейса должен выбираться в настройках программы),

Разрабатываемые экранные формы пользовательского интерфейса должны проектироваться с учетом требований унификации:

5.4.1.1 все экранные формы пользовательского интерфейса должны быть выполнены в едином графическом дизайне, с одинаковым расположением основных элементов управления и навигации;

5.4.1.2 для обозначения сходных операций должны использоваться сходные графические значки, кнопки и другие управляющие (навигационные) элементы;

5.4.1.3 термины, используемые для обозначения типовых операций, а также последовательности действий пользователя при их выполнении, должны быть унифицированы;

5.4.1.4 внешнее поведение сходных элементов интерфейса (реакция на наведение указателя «мыши», нажатие кнопки) должны реализовываться одинаково для однотипных элементов.

5.5 Требования к информационной и программной совместимости

5.5.1 Разрабатываемый СПО АРМ оператора должен функционировать под управлением следующих операционных систем:

- 1) Windows 7;
- 2) Windows Vista;
- 2) Windows XP SP3;

5.5.2 Для разработки СПО АРМ оператора должны использоваться следующие языки программирования:

- 1) С (ISO/IEC 9899:2011),

2) Object Pascal (ANSI/X3-TR-13:1994).

5.5.3 Для разработки СПО АРМ оператора должны использоваться следующие среды разработки:

- 1) Keil μ vision 4;
- 2) Embarcadero Rad Studio XE I;
- 3) GIS ToolKit Free 11.

5.5.4 Разрабатываемый СПО АРМ оператора должен совместно функционировать и взаимодействовать со следующими программными средствами:

- программное обеспечение ИВК – взаимодействие осуществляется по протоколам и интерфейсам, предусмотренным выбранным на этапе технического проекта;

- программное обеспечение УУО – взаимодействие осуществляется по протоколам и интерфейсам, предусмотренным выбранным на этапе технического проекта;

5.5.5 Состав и характеристики сторонних программных средств, необходимых для обеспечения функционирования разрабатываемого СПО АРМ оператора, должны быть окончательно определены на этапе технического проекта.

6 Требования к документации

6.1 На первом этапе работ в течение не более 15-ти рабочих дней с даты подписания государственного контракта должна быть разработана и согласована с Заказчиком "Комплектность технической документации, разрабатываемой в рамках государственного контракта".

6.2 Техническая (программная, эксплуатационная) документация должна соответствовать требованиям стандартов ЕСКД, ЕСПД, а также требованиям другой нормативно-технической документации в части требований к документированию программного обеспечения.

6.3 Перечень другой отчетной документации, подлежащей оформлению и сдаче Исполнителем Заказчику на этапах выполнения работ, определяется требованиями нормативных актов Заказчика.

6.4 Техническая и другая отчетная документация представляется Заказчику или уполномоченной им организации на бумажном носителе в двух экземплярах и в электронном виде на оптическом носителе в одном экземпляре.

7 Специальные требования

7.1 Требования к испытаниям

7.1.1 Для подтверждения соответствия разрабатываемой продукции требованиям настоящего технического задания и нормативно-технической документации должны быть проведены следующие испытания опытного образца:

1) предварительные испытания с целью предварительной оценки соответствия опытного образца продукции требованиям настоящего ТЗ (технического задания), а также для определения готовности опытного образца к приемочным испытаниям;

2) приемочные испытания с целью оценки всех определенных настоящим ТЗ характеристик продукции, проверки и подтверждения соответствия опытного образца продукции требованиям ТЗ в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации (применения, использования) продукции, а также для принятия решений о возможности промышленного производства и реализации продукции.

7.1.2 Для проведения испытаний должно быть изготовлено следующее количество опытных образцов:

1) для предварительных испытаний – 1 шт.;

2) для приемочных испытаний - 1 шт.

7.1.3 Предварительные испытания опытных образцов должны быть проведены по утвержденным программам и методикам головного исполнителя ОКР.

7.1.4 Приемочные испытания опытных образцов должны быть проведены по утвержденным программам и методикам головного исполнителя ОКР, согласованным с Заказчиком.

8 Технико-экономические требования

8.1 Основные технико-экономические требования

8.1.1 Разрабатываемая система должна быть ориентирована на коммерческое применение в области природопользования, экологии, прогнозирования рисков разливов и паводков и предупреждения населения об опасности чрезвычайной ситуации и являться конкурентно-способной на мировом рынке.

8.2 Требования к достижению программных индикаторов и показателей

В процессе выполнения ОКР должны быть достигнуты значения программных индикаторов и показателей:

Наименование	ед. изм.	год			
		2012	2013	2014	2015
Индикаторы					
И2.4.1 Число разработанных технологий, соответствующих мировому уровню либо превосходящих его	еди ниц	-	-	1	-
И2.4.2 Число завершенных проектов, перешедших в стадию коммерциализации	еди ниц	-	-	1	-
И2.4.3 Число патентов (в том числе международных) на результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках выполнения	еди ниц	-	-	2	-

комплексных проектов					
И2.4.4 Численность молодых специалистов, привлеченных к проведению исследований в рамках комплексных проектов (докторов наук, кандидатов наук, докторантов, аспирантов, сотрудников без ученой степени, специалистов, студентов (не менее 30% от общей численности исполнителей работы в каждом году))	человек	-	-	-	-
И2.4.5 Число диссертаций на соискание ученых степеней, защищенных в рамках выполнения комплексных проектов	единиц	-	-	1	-
И2.4.6 Число публикаций, содержащих результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках выполнения комплексных проектов	единиц		2	3	-
Показатели					
Объем привлеченных внебюджетных средств (не менее % от общей стоимости работ в каждом году)	млн. руб.			-	-
Объем дополнительного производства новой и усовершенствованной высокотехнологичной продукции за	млн. руб.	-	-		

счет коммерциализации созданных передовых технологий					
Дополнительный объем экспорта высокотехнологичной продукции	млн. руб.	-	-		
Количество новых рабочих мест, созданных в рамках реализации проектов, для высококвалифицированных работников	еди ниц	-	-		

9 Требования к патентной чистоте и патентоспособности

9.1 На 1 этапе должны быть проведены патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р 15.011-96.

9.2 Патентная чистота на методы изготовления и конструктивные решения должна быть обеспечена в отношении Российской Федерации и стран, куда возможна поставка изделий, а также передача технической, информационной и другой документации.

9.3 Должны быть представлены сведения об охранных и иных документах, которые будут препятствовать применению результатов работ в Российской Федерации (и в других странах – по требованию заказчика), и условия их использования с представлением соответствующих обоснованных предложений и расчетов.

9.4 Результаты интеллектуальной деятельности, полученные в ходе выполнения ОКР, подлежат регистрации и охране в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

10 Перечень, сроки выполнения и финансирование по этапам

10.1 Количество и наименование этапов

Этап 1. Эскизное проектирование.

Этап 2. Техническое проектирование.

Этап 3. Разработка рабочей технической документации. Изготовление опытного образца и проведение предварительных испытаний.

Этап 4. Проведение приемочных испытаний.

10.2 Содержание работ, перечень документов, сроки выполнения и финансирование по этапам

Содержание выполняемых работ, перечень документов, разрабатываемых на этапах выполнения ОКР, сроки исполнения и объемы финансирования по этапам приведены в календарном плане.

11 Порядок приемки этапов ОКР

11.1 Работы должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.201-2000, ГОСТ 19.102-77.

11.2 Сдача и приемка выполненных работ (этапов работ) осуществляется в порядке, установленном актами Заказчика.