

Министерство природных ресурсов и экологии

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ФГБУ «СИБИРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

ФГБУ «СРЕДНЕСИБИРСКОЕ УГМС»

ФГБУ «ЗАПАДНО-СИБИРСКОЕ УГМС»

ФГБУ «ОБЬ-ИРТЫШСКОЕ УГМС»

**УТВЕРЖДАЮ**

**УДК 556.536.164**

№ государственной регистрации 01201178219

Инв. № 02201356801

**Директор ФГБУ «СибНИГМИ»**

**Д-р физико-математических наук**

**В.Н. Крупчатников**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.



**ОТЧЕТ**

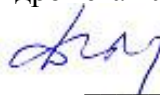
**О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГНОЗА ЕЖЕДНЕВНЫХ И  
МАКСИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ НА СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ОБИ, ЧАРЫШЕ И  
ТОМИ**

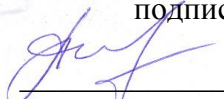
(заключительный)

Индекс темы 1.7.48 по плану НИОКР Росгидромета на 2011-2012 гг

Научный руководитель  
д.г.н., проф.

  
\_\_\_\_\_ Д. А. Бураков  
подпись, дата


Нормоконтролер

  
\_\_\_\_\_ Т.П. Панькова  
подпись, дата


Красноярск, Новосибирск, Омск 2012


## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ


Руководитель темы  
д.г.н.

23.11.2012 Д.А. Бураков  
подпись, дата

Исполнители темы

26.11.2012 В.Ф. Богданова  
подпись, дата

24.11.2012 Н.П. Волковская  
подпись, дата

24.11.2012 В.Ю. Ромасько  
подпись, дата

24.11.2012 И.П. Вершинина  
подпись, дата

Нормоконтролер

Т.П. Панькова  
подпись, дата

## РЕФЕРАТ

Отчет 51с., 24 рис., 5 табл., 12 источников.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ, ГИДРОЛОГО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА, ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС, КОНТРОЛЬ И КОРРЕКЦИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ, РАСПРЕДЕЛЁННАЯ БАЗА ДАННЫХ, ИНТЕГРАЦИЯ С СИСТЕМАМИ СБОРА ДАННЫХ, КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗОВ, ЗАМЫКАЮЩИЙ СТВОР, УРОВНИ ВОДЫ.

Важной составляющей технологической линии гидрологических прогнозов с применением математической модели формирования стока, помимо методики и программного обеспечения собственно прогнозов, является передача данных от сервера УГМС на компьютер отдела гидропрогнозов в требуемом формате. Действительно, даже при ограниченном гидрометеорологическом обеспечении прогнозов в условиях Сибири, сам процесс ввода данных становится обременительной процедурой. Оператору программы требуется для каждого бассейна ввести данные с одного-трёх десятков станций.

Цель исследования – избавить прогнозиста от рутинного ввода числовых данных, и при этом за ним сохранить возможность их контроля и коррекции. Эта задача решается для ФГБУ «Обь – Иртышское УГМС» и ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» на примере речных бассейнов Томь - г. Томск, Чарыш - свх Чарышский, Обь в пунктах с. Александровское, г. Нижневартовск, г. Ханты-Мансийск и с. Белогорье. Кроме того, для всех рассмотренных бассейнов усовершенствованы элементы программного обеспечения с учетом данных за 2010- 2012 гг.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Концептуальная модель формирования стока, реализованная в Сибирских УГМС Росгидромета	6
2 Совершенствование пользовательского интерфейса ПО «Капля», реализующего прогнозы ежедневных уровней и притока воды в водохранилища	12
2.1 Постановка задачи	12
2.2 Организация распределённой базы данных	14
2.2.1 Принципы организации распределённой базы данных	14
2.2.2 Пользовательский интерфейс для работы в режиме распределённой базы данных	15
2.3 Интеграция с системами сбора данных УГМС	16
2.3.1 Принципы интеграции с системами сбора данных	16
2.3.2 Пользовательский интерфейс для интеграции с системами сбора данных	17
2.4. Программа автоматизации поступления данных в ПО «Капля» из телеграмм по кодам КН-15 и КН-01	20
2.5. Выводы	29
3. Автоматизированная технология прогноза ежедневных уровней воды на реках Томь (г. Томск), р. Чарыш (свх Чарышский), Средней и Нижней Оби (с. Александровское, г. Нижневартовск, г. Ханты-Мансийск, с. Белогорье)	29
3.1. Уточнение параметров модели прогноза ежедневных уровней воды на реке Томь (г. Томск)	33
3.1.1 Гидрография	33
3.1.2. Снегонакопление и речной сток	35
3.1.3. Общая схема оптимизации параметров модели прогноза	42
3.1.4. Расчет стока в районах бассейна р. Томь у г. Томска	44
3.2. Точность прогнозов по данным авторских испытаний на реках Томь (г. Томск), Чарыш (свх Чарышский), в пунктах на Средней Оби (с. Александровское, г. Нижневартовск, г. Ханты-Мансийск, с. Белогорье)	46
Заключение	50
Список использованных источников	51

## ВВЕДЕНИЕ

Важной составляющей технологической линии гидрологических прогнозов с применением математической модели формирования стока, помимо методики и программного обеспечения собственно прогнозов, является передача данных от сервера УГМС на компьютер отдела гидропрогнозов в требуемом формате. Действительно, даже при ограниченном гидрометеорологическом обеспечении прогнозов в условиях Сибири, сам процесс ввода данных становится обременительной процедурой. Оператору программы требуется для каждого бассейна ввести данные с одного-трёх десятков станций. Итого – ввести около 100 чисел только для одного бассейна! А в одном УГМС нередко используются модели для нескольких бассейнов. Фактически оператор только тем и занят при расчёте прогноза, что вводит данные — сам расчёт делается быстро. Опасность внесения ошибки при вводе сотни чисел очевидна сама по себе. А обременительной процедура ввода является ещё и потому, что нередко данные с одной станции используются в моделях нескольких бассейнов, поэтому одно и то же число надо вводить несколько раз, для каждого бассейна отдельно.

Таким образом, цель исследования – избавить прогнозиста от рутинного ввода числовых данных, и при этом за ним сохранить возможность их контроля и коррекции.

В настоящем отчете эта задача решается для ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» и ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» на примере речных бассейнов Томь - г. Томск, Чарыш - свх Чарышский, Обь в пунктах с. Александровское, г. Нижневартовск, г. Ханты-Мансийск и с. Белогорье.

В связи с накоплением данных наблюдений динамики схода снежного покрова по КА Терра, в отчете по бассейну р. Томь выполнены исследования, позволившие уточнить характеристики территориального распределения накапливающихся за зиму запасов снега и стока весеннего половодья. Полученные результаты учтены при реализации математической модели формирования стока для этого бассейна. Кроме того, усовершенствованы элементы программного обеспечения с учетом данных за 2010- 2012 г для всех рассмотренных бассейнов.

# 1. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА, РЕАЛИЗОВАННАЯ В СИБИРСКИХ УГМС РОСГИДРОМЕТА

В Сибири в оперативной практике гидрологических прогнозов реализована концептуальная модель формирования стока, использующая всю доступную оперативную информацию, – наземную (температура воздуха, осадки, расходы и уровни воды в замыкающем створе и на речной системе) и спутниковую (динамика снегового покрытия территории водосбора). В обобщенном виде структура модели [3, 12] показана на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 - Общая структура модели формирования стока.

В период выпадения дождей или снеготаяния образуется интегральный слой водоотдачи речного бассейна, который согласно Е.Г. Попову [1], равен:

$$Y(t) = (1 - \omega) [H(t) - P_0 th(H(t)/P_0)] \quad (1.1)$$

где:  $t$  - интервал времени;  $H(t)$  - суммарный слой воды, поступивший для заполнения водоудерживающей емкости бассейна от начала снеготаяния до момента  $t$  (формулы приведены ниже);  $\omega$  - доля постоянно бессточной площади;  $P_0$  - параметр потерь, характеризующий размеры водоудерживающей емкости;  $th$  - функция гиперболического тангенса. Методики расчета переменной в ходе снеготаяния площади снегового покрытия и водоудерживающей емкости снега, разработанные А.Г. Ковзелем, изложены в [19] подача воды на склоны в период дождя определяется путем арифметического осреднения суточного слоя осадков в пунктах наблюдений, тяготеющих к данному району (высотной зоне).

Уравнение (1.1) описывающие инфильтрационно-емкостную модель поглощения воды бассейном, позволяет рассчитать водоотдачу речного бассейна  $u(t)$ , под которой понимается слой стока, образующийся на склонах за единицу времени  $\Delta t$

$$u(t) = Y(H_t) - Y(H_{t-\Delta t}) \quad (1.2)$$

В (1.2) интегральный слой воды, заполняющий водоудерживающую емкость, определяется с учетом слоя начального заполнения емкости  $U$ ,

отдачи воды снежным покровом ( $h_c$ ), осадков ( $x$ ), испарения ( $z$ ) и питания подземных вод ( $I$ ), т.е.

$$H(t) = U + \sum_{i=1}^i (h_c + x - z - I)_i. \quad (1.3)$$

Интенсивность питания подземных вод ( $I$ , мм/сут) считается постоянной и принимается равной расходу воды в конце кривой истощения (спада).

Слой воды  $U$ , заполняющий водоудерживающую емкость перед началом снеготаяния, рассчитывается по логарифмической формуле

$$U = c + b \lg(d + 1), \quad (1.4)$$

в которой за индекс осеннего увлажнения  $d$  принимается осенний сток в предшествующем году [2,3]. Как указывалось выше, слой воды  $U$  участвует в формировании стока после схода снега по мере оттаивания верхнего слоя почв и грунтов. Поступление воды за расчетную единицу времени  $\Delta t$  за счет таяния почвенного льда ( $U$ ) также учитывается в расчетах водоотдачи бассейна, причем слой растаявшей воды принимается пропорциональным корню квадратному из суммы положительных температур воздуха за соответствующий период.

Подмодель склонового притока воды в русловую сеть  $q(t)$  основывается на концепции динамического (гравитационного) запаса воды  $W(t)$  на склонах, связанного с  $q(t)$  в общем случае не линейно:

$$W(t + \Delta t) = W(t) + u(t + \Delta t) - q(t + \Delta t), \quad (1.5)$$

$$q(t + \Delta t) = \alpha \{0.5[W(t) + W(t + \Delta t)]\}^n, \quad (1.6)$$

где  $\alpha$  - переменный коэффициент, учитывающий изменяющиеся гидравлические условия стекания воды со склонов и другие факторы [3, 4];  $n$  - показатель степени.

В расчетах стока дождевых паводков после схода снега за индекс предпаводочного увлажнения почвы принимается расчетная величина притока воды в русловую сеть  $q(t)$  перед выпадением осадков.

В период истощения динамического запаса воды на склонах после схода снега, когда суточные осадки ( $x$ ) меньше суммы потерь на испарение ( $z$ ) и впитывание ( $I$ ), водоотдача определяется по формуле

$$u(t) = (x - z - I)g(t) \quad (1.7)$$

где:  $(x - z - I) < 0$ ;  $g(t)$  - доля площади речного бассейна, с которой формируются потери динамического запаса воды (см. раздел 3.2). Размеры  $g(t)$  в период истощения сокращаются по мере уменьшения динамического запаса воды и спада притока, что позволяет записать

$$g(t) = (1 - w)\{1 - \exp[-a_c q(t)]\}, \quad (1.8)$$

где:  $a_c$  - коэффициент;  $w$  - доля постоянно бессточной площади.

Формулы (1.1) - (1.8) позволяет вести непрерывный расчет ежедневного притока воды в русловую сеть. Напомним, что для горных территорий расчеты выполняются по районам и высотным зонам бассейна.

Процесс формирования стока при неустойчивой весенней погоде носит прерывистый характер. Во время потеплений, в ходе снеготаяния, талая вода насыщает поры снега, и ее избыток поступает на поверхность

почвы. В периоды похолоданий при отрицательной температуре снеготаяние прекращается, вода, содержащаяся в порах снега, замерзает, лужи и ручьи на свободных от снега участках покрываются льдом, а оттаявшая с поверхности почва начинает повторно промерзать. В итоге происходит задержка притока талой воды в русловую сеть. Последующее резкое потепление, наоборот, может существенно увеличить приток талых вод и вызвать формирование высоких «прорывных» волн. Для оценки количества замерзшей воды используются формулы, в которых толщина слоя промерзания пропорциональна  $\sqrt{\sum |-\Theta^0|}$ . По аналогии с расчетом снеготаяния по среднесуточной температуре воздуха, вводятся понятия коэффициентов промерзания и таяния. С использованием этих коэффициентов определяются суммы положительных температур  $\sum^{+\Theta^0}$ , которые потребуются для оттаивания воды, замерзшей во время похолодания [2]. После окончания заморозка, в тот момент времени, когда накопится указанная сумма положительных температур, изъятый на замерзание объем воды восстановится. Следовательно, количество талой воды, которое образуется за период времени между моментами окончания похолодания и накопления  $\sum^{+\Theta^0}$  (назовем этот период «восстановительным»), расходуется на восполнение объема воды, временно изъятого на ледообразование. Отсюда вытекает следующий алгоритм расчетов. После окончания заморозка расчет снеготаяния прекращается до окончания восстановительного периода, пока не накопится  $\sum^{+\Theta^0}$ . При этом расчет склонового притока по формулам (1.2, 1.5) продолжается непрерывно как во время похолодания, так и в течение восстановительного периода.

Для оптимизации блоков снегонакопления и снеготаяния используется космическая информация о динамике площади одновременного снеготаяния [5, 6]. В горно-лесных районах, где и зимой и весной в период снеготаяния на снимках видны участки густой тёмнохвойной тайги, изображение снега относится к открытым высокогорным ландшафтам, сухим степям, разреженным хвойным и лиственным лесам. Для оценки площади, занятой густыми тёмнохвойными лесами, использовались спутниковые изображения территории, полученные перед началом снеготаяния. В программном обеспечении, реализующем математическую модель стока, расчёт снеготаяния по высотным зонам проводится отдельно для территории, покрытой густым хвойным лесом, и для «открытой» территории. Таким образом, расчёты по модели дают возможность оценить динамику площадей снегового покрытия (в районах и высотных зонах) и сопоставить её со спутниковыми данными. В результате дальнейшего анализа проводится корректировка параметров блоков модели, в которых ведётся расчёт снегонакопления и снеготаяния.

Важное место в существующих моделях стока отводится описанию движения воды в русловой сети. Широкое применение на практике получил метод расчета, основанный на использовании кривой добегания  $f(\tau)$ . Кривая добегания, называемая также функцией влияния или функцией отклика,



понимается обычно как трансформационная функция, с помощью которой гидрограф притока в русловую сеть речного бассейна  $q(t)$  преобразуется в гидрограф стока в замыкающем створе  $Q(t)$  на основе интеграла свертки

$$Q(t) = \int_0^t q(t-\tau) f(\tau) d\tau. \quad (1.9)$$

Известны несколько способов установления кривой добегания: метод единичного гидрографа, метод изохрон, линейная и вероятностная модели добегания [7].

В вероятностной модели кривая  $f(\tau)$  рассматривается как плотность распределения времени добегания элементарных объемов воды в гидрологической системе. Для ее аппроксимации используются двух или трехпараметрические функции плотности распределения вероятностей (гамма-распределение и другие). Для задания этих функций оцениваются моменты времени добегания. Простейшие формулы моментов получены для случая бесприточного участка реки [7, 8].

Разобьем бесприточный участок на отрезки (подучастки). Время добегания  $\tau$  элементарного объема воды на всем участке выразится суммой

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n, \quad (1.10)$$

$\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$  – соответственно время добегания элементарного объема на первом, втором и т.д. отрезках;  $n$  – число отрезков. В турбулентном потоке для отрезков достаточной длины формула (1.10) представляет сумму независимых случайных величин. Полагая, что статистические характеристики добегания на отрезках однородны, на основе свойств суммы независимых случайных величин получим следующие соотношения:

$$\bar{\tau}_L = L/v, \quad \sigma_\tau = a \sqrt{\bar{\tau}_L}, \quad c_v = a/\sqrt{\bar{\tau}_L}, \quad M_3 = k a^2 \bar{\tau}_L, \quad (1.11)$$

где  $\bar{\tau}_L = L/v$  – среднее время добегания на участке реки длиной  $L$ ,  $v$  – средняя скорость добегания, для определения которой используются эмпирические формулы гидравлики открытых потоков;  $\sigma_\tau$  – среднее квадратичное отклонение времени добегания элементарных объемов воды;  $c_v$  – коэффициент вариации времени добегания;  $M_3$  – третий центральный момент;  $a$  – параметр продольного рассеяния элементарных объемов воды;  $k$  – отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации времени добегания элементарных объемов воды ( $k$  может приниматься равным трём).

Начальные моменты времени добегания элементарных объемов бокового притока ( $m_r$ ), поступающего на участок реки, речной системы или всего бассейна, выражаются интегралом [7, 8]

$$m_r = \int_0^{\bar{\tau}_L} m_r(\bar{\tau}) p(\bar{\tau}) d\bar{\tau}. \quad (1.12)$$

где  $m_r$  – начальный момент  $r$ -ого порядка ( $r=1,2,3$ ) времени добегания бокового притока;  $m_r(\bar{\tau})$  – то же для бокового притока, поступающего на расстоянии  $x = \bar{\tau}v$  от замыкающего створа ( $\bar{\tau} = x/v$ );  $\bar{\tau}_L = L/v$ ;  $L$  –

расстояние от замыкающего до верхнего створа (или до наиболее удаленного истока);  $p(\bar{\tau})$  - функция плотности распределения объема бокового притока по длине ( $x = \bar{\tau} v$ ) рассматриваемой реки или речной системы (момент  $m(\bar{\tau})$  определяется по приведённым выше формулам моментов бесприточного участка с использованием уравнений связи начальных и центральных моментов). В работах [2, 3] приводятся расчётные формулы моментов кривых добегания и рекомендации в отношении определения их параметров для различных частных задач. Так, в случае равномерного распределения бокового притока по длине, моменты плотности распределения времени добегания элементарных объемов бокового притока равны

$$m_{1h} = \frac{\bar{\tau}_L}{2}, \quad \sigma_h^2 = \frac{a^2 \bar{\tau}_L}{2} + \frac{\bar{\tau}_L^2}{12},$$

$$M_{2h} = \frac{ka^4 \bar{\tau}_L}{2} + \frac{a^2 \bar{\tau}_L^3}{4}. \quad (1.13)$$

Скорости добегания и параметр рассеяния могут задаваться различными по длине речной сети. С этой целью речная система делится на однородные участки. Информация о строении графа речной сети задается в отдельном файле. Степень детализации речной сети определяется с учетом физико-географических условий бассейна. При схематизации графа речной сети рассматриваются только те реки, длина которых превышает  $0.50v\Delta t$  ( $v$  - скорость добегания;  $\Delta t$  - расчетный интервал).

Для определения кривой добегания  $f_q(\tau)$  речной бассейн (район) разбивается системой эквидистант на площадки  $F_i$ . Эквидистанты – это линии, соединяющие точки, находящиеся на одинаковом расстоянии вдоль русел до замыкающего створа. Для каждой площадки определяются моменты кривой руслового добегания по формулам, приведенным в [4, 7], причем  $L$  принимается для приточного участка равным расстоянию вдоль русел между соседними эквидистантами, а для бесприточного – расстоянию вдоль русел от нижней границы площадки до замыкающего створа. Различия скоростей добегания ( $v$ ) и параметра рассеяния ( $a$ ) в крупной и мелкой русловой сети учитываются с помощью специальных коэффициентов. По известным значениям моментов для межэквидистантных площадок ( $m_{ri}$ ) оцениваются моменты бассейновой (районной) кривой добегания ( $m_r$ ) [7, 8]:

$$m_r = \sum_1^n \left[ \frac{F_i M_i}{F \bar{M}} \right] (m_{ri}), \quad (1.14)$$

где  $M_i$ ,  $\bar{M}$  - соответственно норма модуля (слоя) стока  $i$ -ой высотной зоны и всего бассейна (района), определяется по картам речного стока; выражение в квадратных скобках характеризует среднюю долю притока с межэквидистантной площадки  $F_i$ .

Скорости добегания и параметр рассеяния определяются с учетом данных наблюдений, либо по существующим формулам и рекомендациям и могут уточняться на этапе оптимизации параметров модели. Зная моменты

кривых добегания, можно получить аппроксимации этих кривых с использованием известных функций плотности распределения вероятностей. В частности, в работах [7] использованы функции гамма-распределения и Бровковича.

Расчеты расходов воды с применением интеграла свертки (1.12) выполняются для небольших бассейнов, однородных в отношении ландшафта. В общем случае, когда речной бассейн подразделяется на отдельные ландшафтные районы, прогноз расхода воды выполняется с учетом принципа суперпозиции по выражению

$$Q(t + \Delta t) = \left[ \sum_{i=1}^n \int_0^{\Delta t} q_i(t + \Delta t - \tau) f_{q_i}(\tau) d\tau \right] + Q_w(t + \Delta t) + Q_{min}, \quad (1.15)$$

где:  $Q(t + \Delta t)$  – расход воды в замыкающем створе;  $t$ - дата выпуска прогноза;  $\Delta t$ - заблаговременность прогноза;  $n$  – число ландшафтно-гидрологических районов, на которые разбит речной бассейн;  $q_i(t)$  – суммарный приток в русловую сеть с  $i$ -го района (высотной зоны);  $f_{q_i}(\tau)$  – кривая добегания бокового притока с  $i$ -ого района (функция влияния);  $Q_w(t + \Delta t)$  – составляющая расхода воды, обусловленная истощением начального (на момент  $t$ ) запаса воды в русловой сети;  $Q_{min}$  – устойчивое подземное («базисное») питание реки.

Выразив запас воды в русловой сети в зависимости от высот уровней воды  $H_i(t)$  в пунктах наблюдений речной системы, получим следующее уравнение [7]:

$$H(t + \Delta t) = [c_0 \sum \int_0^{\Delta t} q_i(t + \Delta t - \tau) f_{q_i}(\tau) d\tau + \sum c_i (H_i(t) - H_{i\min})^{y1} + \sum c_{i+n} (H_i(t) - H_i(t-1))^{1/y2} + H_{min}], \quad (1.16)$$

где:  $H$  – прогнозируемый уровень воды в замыкающем створе;  $c_i$ ,  $y1$ ,  $y2$  - коэффициенты;  $H_{i\min}$  - минимальный уровень воды в  $i$ -том пункте речной системы, принятый за условный нуль отсчета;  $H_{min}$  – то же в замыкающем створе.

Параметры, входящие в формулы отдельных блоков модели, определяются сочетанием методов оптимизации и линейной регрессии.

Программное обеспечение, разработанное на основе рассмотренной выше гидролого-математической модели, позволяет путём численных экспериментов моделировать величины речного стока и ежедневного притока воды в водохранилища ГЭС. Известные к моменту выпуска прогноза максимальные запасы воды в снежном покрове, характеристики предшествующего увлажнения бассейна, ежедневные температуры воздуха и суточные осадки определяются по фактическим данным наблюдений. Специфика применения математических моделей для детерминистического долгосрочного прогноза объема, максимального расхода и гидрографа весеннего половодья связана с тем обстоятельством, что решение задачи с увеличением заблаговременности прогноза все в большей степени зависит от будущей погоды, которая достоверно не известна на момент выпуска прогноза. За период заблаговременности суточный ход метеорологических

элементов задается в осредненном виде по данным многолетних наблюдений, либо с использованием метеорологических данных года-аналога. Выбор аналога производится с учетом долгосрочных прогнозов погоды (на декаду, сезон или месяц).

Преимуществом применения метода моделирования является возможность усвоения среднесрочных и краткосрочных прогнозов погоды для непрерывного уточнения долгосрочного прогноза гидрографа весеннего половодья, выдача результата с суточным разрешением, а также возможность оперативной оценки влияния метеорологических особенностей весны на ожидаемый весенний сток.

Для реализации метода на практике разработана программа «Речные гидрологические прогнозы» (ПО «Капля»).

## 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПО «КАПЛЯ», РЕАЛИЗУЮЩЕГО ПРОГНОЗЫ ЕЖЕДНЕВНЫХ УРОВНЕЙ И ПРИТОКА ВОДЫ В ВОДОХРАНИЛИЩА

### 2.1. Постановка задачи

Как и любые другие прогнозы, гидрологические прогнозы основываются на исходных данных. Часть из них является постоянными или практически постоянными во времени (площадь бассейна, например) и не требует обновления. Другая часть представляет собой периодические измерения гидрометеорологических величин. Используются данные о температуре воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), осадках (мм) и уровнях (см) или расходах воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ). Помимо фактических данных за период с начала снеготаяния (в нашем случае, обычно, с 21 марта) используется краткосрочный прогноз погоды до требуемой заблаговременности прогноза (до 7 суток).

Используются данные, измеряемые на стационарных гидрологических постах и метеостанциях, расположенных как на территории бассейна, так в непосредственной близости от неё. Как правило, используются данные всех имеющихся в наличии постоянно действующих постов и станций.

Однако, как указано во Введении, даже при ограниченном гидрометеорологическом обеспечении прогнозов в условиях Сибири, сам процесс ввода данных становится обременительной процедурой. Оператору программы требуется для каждого бассейна ввести данные с одного-трёх десятков станций. Итого — ввести около 100 чисел только для одного бассейна. А в одном УГМС нередко используются модели для нескольких бассейнов. Фактически оператор только тем и занят при расчёте прогноза, что вводит данные — сам расчёт делается быстро. Опасность внесения ошибки при вводе сотни чисел очевидна сама по себе. А обременительной процедура ввода является ещё и потому, что нередко данные с одной станции используются в моделях нескольких бассейнов, поэтому одно и то же число надо вводить несколько раз, для каждого бассейна отдельно.

В случае с речными гидрологическими прогнозами ввод данных не является простым вводом информации в программу. В российской практике традиционно принято возлагать обязанности по контролю данных непосредственно на прогнозиста. Человек решает, анализируя ситуацию, является ли данное значение корректным или ошибочным. Поэтому ввод каждого значения в программу сопровождается контролем, путём сравнения с соседними станциями и с предыдущими по времени значениями. Недостоверные значения, исходя из опыта оператора, либо корректируются, либо заменяются вчерашними значениями.

Собственно, из этих соображений в предыдущих версиях программы «Речные гидрологические прогнозы» никакой особой автоматизации ввода не предусматривалось. Данные в программе представлены в виде таблицы, в колонках которой находятся отдельные параметры отдельных станций, а по строкам вниз растёт дата (рисунок 2.1). Очередные величины оператор вводит в ячейки, сравнивая их с предыдущими значениями в строках выше, а также с другими станциями в той же строке. При сомнении в достоверности величины оператор может в качестве первого приближения просто скопировать вчерашнее значение, или скорректировать его по остальным данным в таблице.

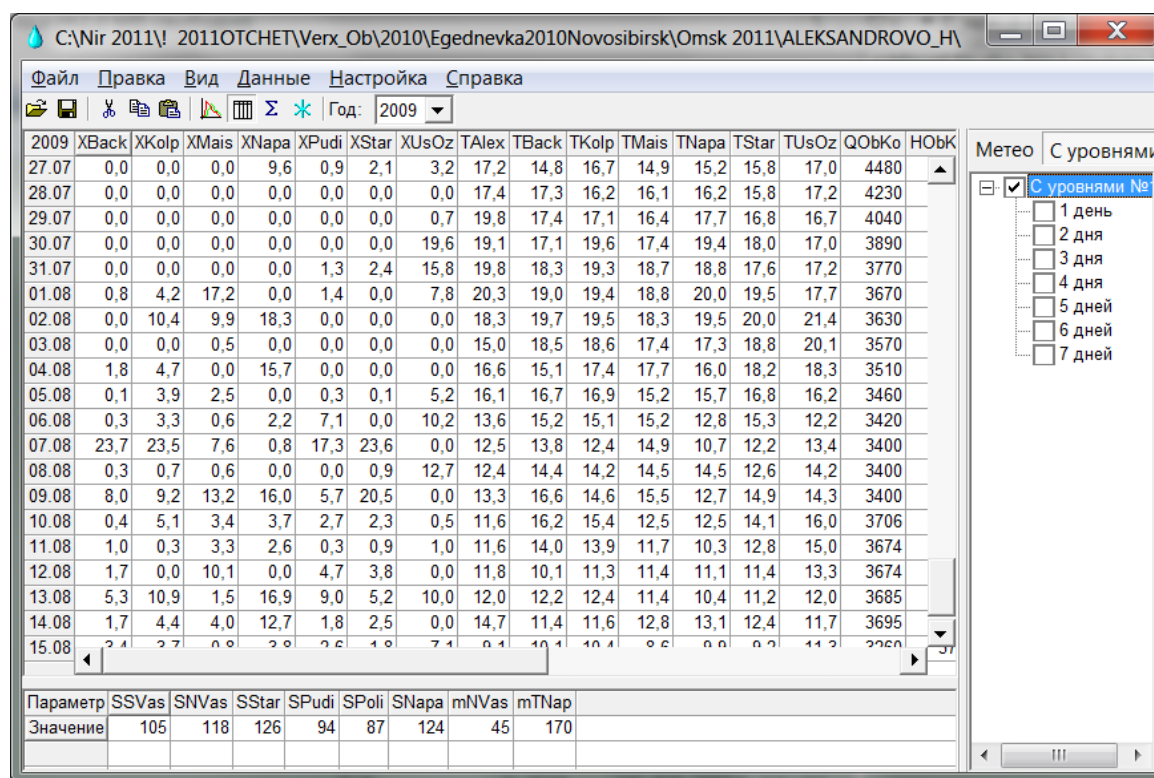


Рисунок 2.1 — Внешний вид программы в режиме ввода данных.

Учитывая все выше сказанное, становится весьма желательным максимально избавить оператора от рутинного ввода чисел, сохранив за ним возможность контроля и коррекции значений. Это можно сделать путём добавления в существующую программную оболочку модуля

автоматического ввода данных. Не урезая и не заменяя имеющуюся функциональность программы в области ввода данных, автоматический ввод данных должен обеспечить максимально возможную полноту ввода из имеющихся в электронном виде источников (все данные вместе с самой моделью для каждого бассейна хранятся в одном файле, так называемом, проекте, имеющем расширение hws).

В первую очередь, такими источниками являются файлы проектов других бассейнов. Если на момент открытия проекта какого-либо бассейна данные, необходимые для него, уже были введены в проект какого-либо другого бассейна, то их можно взять оттуда — причём уже прошедшими контроль! Организовав, таким образом, некоторую распределённую по файлам единую базу данных.

Во вторую очередь, источником могут служить существующие системы сбора и хранения данных подразделений гидрометеослужбы. В каждом управлении на постоянной основе функционирует такая система, и в конечном счёте все данные в том или ином виде берутся из неё.

## 2.2. Организация распределённой базы данных

### 2.2.1 Принципы организации распределённой базы данных

Под распределённой базой данных обычно понимают совокупность логически взаимосвязанных баз данных, распределённых в компьютерной сети. При этом каждая база данных является полноценной базой данных сама по себе, и, в то же время, у пользователя любой из них имеется полный доступ к данным всех баз одновременно. В нашем случае полноценная реализация этого определения нецелесообразна. База данных программы не имеет постоянно действующей серверной СУБД. Фактически, она является однопользовательской персональной однофайловой СУБД — набор данных для одного бассейна, хранимый в одном файле и используемый одновременно лишь одним пользователем. Нет необходимости создавать связь между несколькими компьютерами, хотя это и возможно. Важна вторая часть определения: пользователь любой из баз, входящих в распределённую систему, имеет доступ к данным всех баз. Именно наличие этой функциональности требуется от программы и позволяет называть систему из нескольких файлов распределённой базой данных.

Одновременный доступ к данным всех проектов из каждого запущенного обеспечивается реализацией двух принципов:

- каждая физическая величина (температура, осадки и т. п.) каждой станции имеет уникальное имя, позволяющее однозначно идентифицировать её в базе данных бассейна;
- имеется способ получить имя файла каждого проекта, входящего в распределённую базу данных.

При реализации этих двух принципов алгоритм доступа ко всем данным распределённой базы будет выглядеть как простой перебор всех параметров в каждом файле и копирования в текущую базу новых найденных

данных. Эта операция может делаться по команде оператора или, что естественнее, автоматически при запуске программы.

Принцип уникального имени каждого параметра каждой станции реализуется назначением каждому параметру идентификатора. Задача обеспечения уникальности идентификаторов ложится на разработчика. Потребитель получает предварительно подготовленный файл проекта бассейна, и не знает ни идентификаторов, ни даже факта их наличия. Данный механизм от операторов скрыт и абсолютно прозрачен для всей остальной функциональности программы. Просто с каждым параметром каждой станции связан скрытый уникальный идентификатор, позволяющий программно правильно отождествить одинаковые параметры в разных файлах проектов.

Принцип ограничения круга файлов распределённой базы данных реализуется организационными мерами, а именно: хранением всех файлов, входящих в распределённую базу данных, в одном каталоге. Если программа при открытии находит в том же каталоге, что и открываемый файл проекта, другие файлы проектов, то считает, что открываемый файл входит в распределённую базу данных, и начинает процедуру сбора новых данных из других файлов. Если же она таких файлов не находит, то является одиночным проектом, и поиск новых данных невозможен. Данный механизм является абсолютно прозрачным для всей остальной функциональности программы. Нет даже необходимости в возможности явного отключения этой новой функции. Оператор, запускающий программу в отдельном каталоге, даже не догадается о наличии этой функции.

### 2.2.2. Пользовательский интерфейс для работы в режиме распределённой базы данных

В силу полной прозрачности функции распределённой базы данных для всей прочей функциональности программы, её пользовательский интерфейс минимален, насколько это возможно. Если в некоторых проектах ранее уже были набраны новые данные с каких-либо станций, то в открываемом файле проекта эти данные вносятся в базу автоматически, после подтверждения пользователя на запрос (рисунок 2.2) непосредственно после открытия файла.

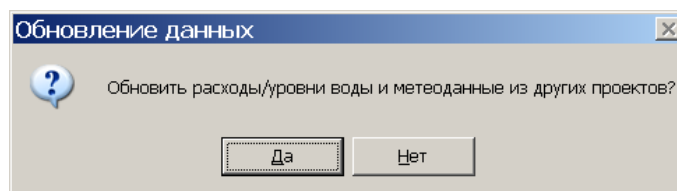


Рисунок 2.2 — Запрос пользователя об обновлении из других файлов распределённой базы данных.

Для того, чтобы этот механизм автоматического ввода данных работал, файлы бассейнов должны находиться в одном и том же каталоге. Программа ищет данные для автоматического ввода только в том же каталоге, что и

файл открытого бассейна. Если вы перенесёте файл бассейна в другой каталог (папку), то программа будет работать, но данные автоматически обновляться не будут.

Решение о новизне данных принимается по времени модификации файла проекта — проект, сохранённый последним, считается имеющим самые свежие данные. Данные никогда не перезаписываются поверх существующих, несмотря на новизну файла — только заносятся в пустые поля таблицы. С точки зрения оптимального процесса ввода данных целесообразно начинать работу с бассейна, включающего наибольшее число параметров, используемых в других бассейнах.

## 2.3. Интеграция с системами сбора данных УГМС

### 2.3.1. Принципы интеграции с системами сбора данных

В каждом УГМС на постоянной основе функционирует система сбора и хранения данных. В конечном счёте все данные в том или ином виде берутся из неё. В качестве примера, можно привести систему «CliWare» (разработанную ЛКА ГУ «ВНИИГМИ-МЦД»), обеспечивающую сбор оперативной гидрометеорологической информации, поступающей по каналам связи, декодирование, контроль, ведение базы данных, формирование архивных массивов данных, и функционирующую с 2003 года в этом же подразделении [9, 10].

Для доступа к этой информации необходимо знать внутреннюю структуру хранилища, иметь опыт работы с используемой для него СУБД (в случае приведённого примера — СУБД Oracle), соответствующие драйвера, иметь учётную запись для разрешения на доступ в хранилище, а также сопровождать все изменения и обновления хранилища необходимыми изменениями в программе. Совокупное число связей, возникающих при этом между относительно независимой и самодостаточной программой «Речные гидрологические прогнозы» и крупной системой сбора и хранения данных в мировом масштабе, сможет легко удвоить сложность и стоимость самой программы. Поэтому для упрощения процесса интеграции было принято решение о разделении процедуры ввода данных на две части.

Одна часть процесса ввода данных реализуется системными программистами, обслуживающими систему сбора и хранения данных подразделения Росгидромета, в котором используется программа «Речные гидрологические прогнозы». Эта часть реализует всю логику доступа, выбора и форматирования данных в два текстовых файла, предназначенных для чтения программой.

Вторая часть реализована в самой программе и ответственна за чтение этих двух файлов и ввод данных в саму базу бассейна. Наличие зафиксированного формата двух файлов позволяет изолировать программу от любых изменений системы сбора и хранения данных Росгидромета. Столь неравное, на первый взгляд, разделение обязанностей между программистами (большая часть работы падает на системных программистов



подразделений Росгидромета) на самом деле компенсируется значительно меньшей сложностью создания простого текстового отчёта в табличной форме в знакомой им по обязанностям СУБД, в любой из которых есть встроенные средства создания таких отчётов. Реализация программного доступа непосредственно из программы стала бы намного дороже (чего стоит, например, «таскание» за программой набора драйверов СУБД и их корректная инсталляция и настройка при каждой установке программы), или свелась бы к тому же самому только ценой изучения новой СУБД в каждом подразделении Росгидромета.

Программно ввод данных реализован в виде процедуры, запускаемой при открытии файла проекта. Если на этот момент в проекте были настроены пути к двум файлам данных — файлу метеоданных и файлы уровней/расходов, называемых в программе «файлами внешних данных» — то после разрешения пользователя данные считываются из файлов, и данные обновляются в базе проекта. Данная функция абсолютно прозрачна для остальной функциональности программы, и, если не требуется, никак себя не проявляет.

### 2.3.2 Пользовательский интерфейс для интеграции с системами сбора данных

В отличие от функции распределённой базы данных, использование данных из внешних источников требует предварительной настройки. Данные внешних источников должны быть представлены двумя файлами — уровни/расходы (традиционно, qh.dat) и осадки/температуры (традиционно, xt.dat). Эти файлы должны создаваться программным обеспечением из базы данных УГМС. Файлы могут находиться в любом месте, доступном для пользователя, выпускающего прогноз. Местонахождение этих файлов настраивается в пункте меню «Настройка/Внешние файлы данных...» (рисунок 2.3):

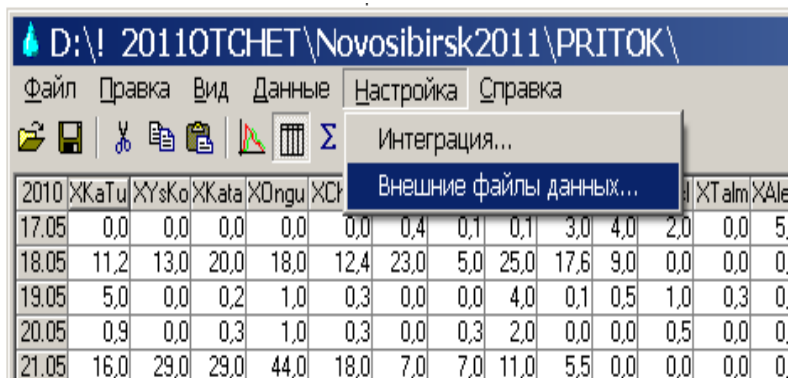


Рисунок 2.3 — Пункт меню настройки путей к файлам внешних данных.

После выбора этого пункта меню появится диалоговое окно (рисунок 2.4):

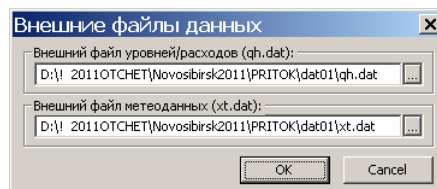


Рисунок 2.4 — Диалог настройки путей к файлам внешних данных.

В этом окне необходимо указать полный путь (можно указать сетевой путь) к файлам данных (в данном случае это файлы qh.dat и xt.dat). Эти файлы должны содержать данные тех, и только тех, пунктов, которые используются для прогноза в данном бассейне. Вообще, для каждого бассейна должна существовать собственная пара файлов (qh.dat и xt.dat), и каждый бассейн необходимо настроить описанным выше способом на эту собственную пару файлов. Только если для двух бассейнов и параметры, и станции, и их порядок совпадают можно использовать один и тот же файл. Это применимо, например, для двух моделей — уровней и расходов — для одного бассейна — в этом случае, возможно (но не обязательно!), файл метеоданных будет одинаковым, однако, файл уровней/расходов будет отличаться минимум одним параметром.

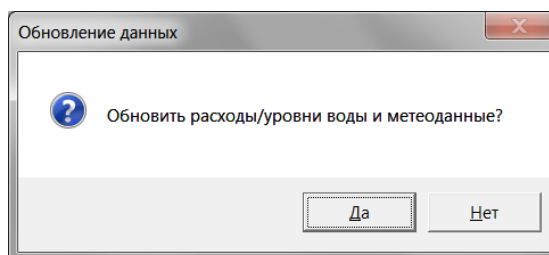


Рисунок 2.5 — Запрос на обновление данных из внешних файлов.

При открытии файла проекта, если в нём указаны пути к файлам внешних данных, и эти файлы существуют, пользователю выдаётся запрос на разрешение обновления данных из внешних файлов (рисунок 2.5). При утвердительном ответе данные импортируются, иначе ничего не делается. При необходимости можно произвести ввод из внешних файлов в любое время при открытом проекте командой меню «Данные/Обновить из внешних файлов» (рисунок 2.6).

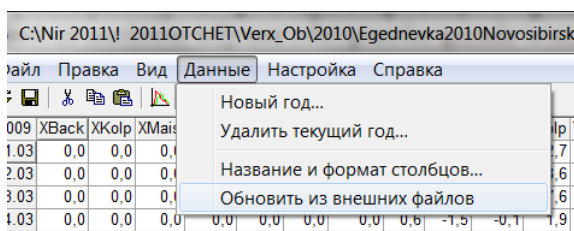


Рисунок 2.6 — Пункт меню для обновления данных из внешних файлов.

Текстовые форматы внешних данных для обоих файлов одинаковы. Файлы представляют собой таблицу из строк с одинаковым числом значений в строке, разделённых хотя бы одним пробельным символом. Число значений в строке на три больше числа параметров. Первым значением идёт месяц, вторым — день месяца, далее идут параметры за эту дату текущего года в том порядке, в котором они используются программой, и в последней колонке флаг строки. Каждое поле интерпретируется как число — целое или вещественное. Флаг строки является целым числом и служит для обозначения конца набора данных. Во всех строках, кроме последней, он должен быть равен числу 1, в последней строке набора он должен быть равен числу 2. Содержимое файла в строках за флагом строки, а также после последней строки набора игнорируется, и может быть использовано для отладочных целей. Ниже приведён пример реального файла qh.dat, генерируемого для модели уровней створа р. Обь – г. Нижневартовск бассейна Средней Оби:

03	21	2510256	125	371	265	200	315	116	264	154	1	строка_001
03	22	2570264	126	371	265	200	316	113	264	154	1	строка_002
03	23	2623271	126	371	265	200	316	113	264	154	1	строка_003
03	24	2638273	127	371	265	200	354	113	264	155	1	строка_004
03	25	2653275	127	371	265	201	359	114	264	155	1	строка_005
03	26	2675278	127	371	265	201	363	117	264	156	1	строка_006
03	27	2690280	128	370	265	202	366	121	264	157	1	строка_007
03	28	2706282	130	370	266	203	369	124	264	157	1	строка_008
03	29	2722284	131	370	268	204	372	129	264	158	1	строка_009
03	30	2738286	133	370	270	204	374	131	264	160	1	строка_010
03	31	2754288	135	371	271	204	400	134	264	162	1	строка_011
04	01	2770290	135	371	272	204	410	137	264	164	1	строка_012
04	02	2786292	136	371	273	205	410	141	265	165	2	строка_013

В этом примере между месяцем и днём месяца применено три пробела, а в остальных местах табуляции. Дата первой строки набора 21 марта, последней строки набора — 2 апреля. Число параметров — 10. После флага строки сформирован отладочный счётчик строк, игнорируемый программой. В конце файла, после набора данных — 3 пустых строки, также игнорируемых программой.

#### 2.4. Программа автоматизации поступления данных в ПО «Капля» из телеграмм

Специалистами отдела программирования и автоматизации рабочих мест ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» разработана и реализована технологическая схема автоматической передачи и усвоения информации в необходимом формате с сервера УГМС в отдел гидрологических прогнозов.

Тем самым обеспечена работа программы “Прогноз ежедневных уровней воды” (метод Д.А. Буракова). Благодаря высокому профессионализму специалистов отдела программирования и отдела гидрологических прогнозов ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС», начиная с 2011 года составляются прогнозы ежедневных уровней воды по постам Нижневартовск, Белогорье, Ханты-Мансийск. Список станций и постов, используемых для составления автоматизированного прогноза, приведен в таблице 2.1.

Еще раньше (2009-2012 гг), ФГБУ «СибНИГМИ» и ОГП ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» разработано и эксплуатируется программное обеспечение для автоматического поступления данных в ПО “Прогноз ежедневных уровней воды ” (метод Д.А. Буракова) на реках бассейна Верхней Оби, на Средней Оби (с. Александровское), Томи (г. Томск), Чарыше (свх Чарышский). Ниже приводится инструкция по эксплуатации этого ПО (программа HWS-Пахомова Т.М.).

Инструкция по эксплуатации программного обеспечения  
для автоматического поступления данных в программу “Прогноз  
ежедневных уровней воды на Оби, Томи и их притоках ”

Программа предназначена для автоматизации поступления данных из телеграмм по кодам КН-15 и КН-01 за определенный период времени в расчетные файлы программы «hws», а также просмотра и корректировки этих данных.

Алгоритм состоит из 2-х этапов:

На 1-м этапе запускается программа выборки данных

- из базы hydro.mdb ГИС Метео (АРМ ”Гидролог”, таблицы “Ежедневные гидрологические наблюдения”, “Сведения о водохранилищах”).

- из файлов синоптических данных (температура и осадки из АСДИ ГИС Метео).

Это фактические данные за предыдущие сутки.

Происходит выборка следующих данных:

1. Об уровне воды в срок наблюдения в текущие сутки (Н).
2. Об ежедневном расходе воды относительно уровня воды в срок наблюдения в текущие сутки (QQQ).
3. Для Новосибирского водохранилища (пост 10950) об общем притоке воды, средним за предыдущие сутки (Qос).
4. Суточные осадки
5. Среднесуточная температура воздуха за предыдущие сутки.

Таблица 2.1 - Список станций и постов (ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» и ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»).

Код поста	Гидрологические посты (уровни)	Код поста	Метеорологические посты (температура воздуха и осадки)
10021	Колпашево Q	23847	Сытомино
10022	Каргсок	23867	Ларьяк
10024	Александровское	23929	Шаим
10025	Нижневартовск	23933	Ханты-Мансийск
10026	Сургут	23947	Салым
10031	Белогорье	23955	Александровское
10428	Подгорное	28066	Кондинское
10455	Родионовка	28275	Тобольск
10478	Средний Васюган	29023	Напас
10489	Напас	29154	Усть-Озерное
10493	Ларьяк	29209	Майск
10505	Угут	29224	Старица
10511	Кышик	29231	Колпашево
10698	Радужный	29313	Пудино
11056	Тобольск Q	29328	Бакчар
11058	Демьянское		
11061	Ханты-Мансийск		
11523	Кондинское		

По результатам выборки формируются файлы QH.dat с гидрологическими данными и XT.dat с синоптическими данными.

На 2-м этапе запускается программа просмотра и корректировки данных.

1-й этап – запуск программы выборки. Программа установлена на ПК с АРМ “Гидролог”, на котором есть доступ к архивной базе Hydro.mdb и каталогу \Архив\_синоп с синоптическими данными (файлы OS1ZSU.TXT, TEMPZSU.TXT). Программа внешне настраиваемая. Имеется файл Config.gid, в котором прописаны пути ко всем файлам:

По результатам выборки формируются файлы в каталоге с названием, соответствующим списку каталогов, например, Tomsk\_h\Dat01\QH.dat и \Dat01\XT.dat согласно их формату, т.е. заполняется определенная строка за заданную дату. На ПК с ГИС Метео в назначенных заданиях запускается

ежедневно в определенный интервал времени программа формирования циклического архива синоптических данных с каталогом \Архив\_синоп, который доступен на ПК АРМ “Гидролог”. Благодаря такой технологии возможна выборка и формирование файлов Qh.dat, Xt.dat за любую дату, входящую в период расчета прогноза. При задании начальной даты периода расчета прогноза (21.03) выдается запрос на чистку файлов (Да/Нет). Последовательность выборки и перечень постов и станций описан в таблице tab3, который при необходимости может быть подкорректирован.

При отсутствии каких-нибудь данных, а также некорректной работе на экран выдаются предупреждающие сообщения (рисунок 2.7).

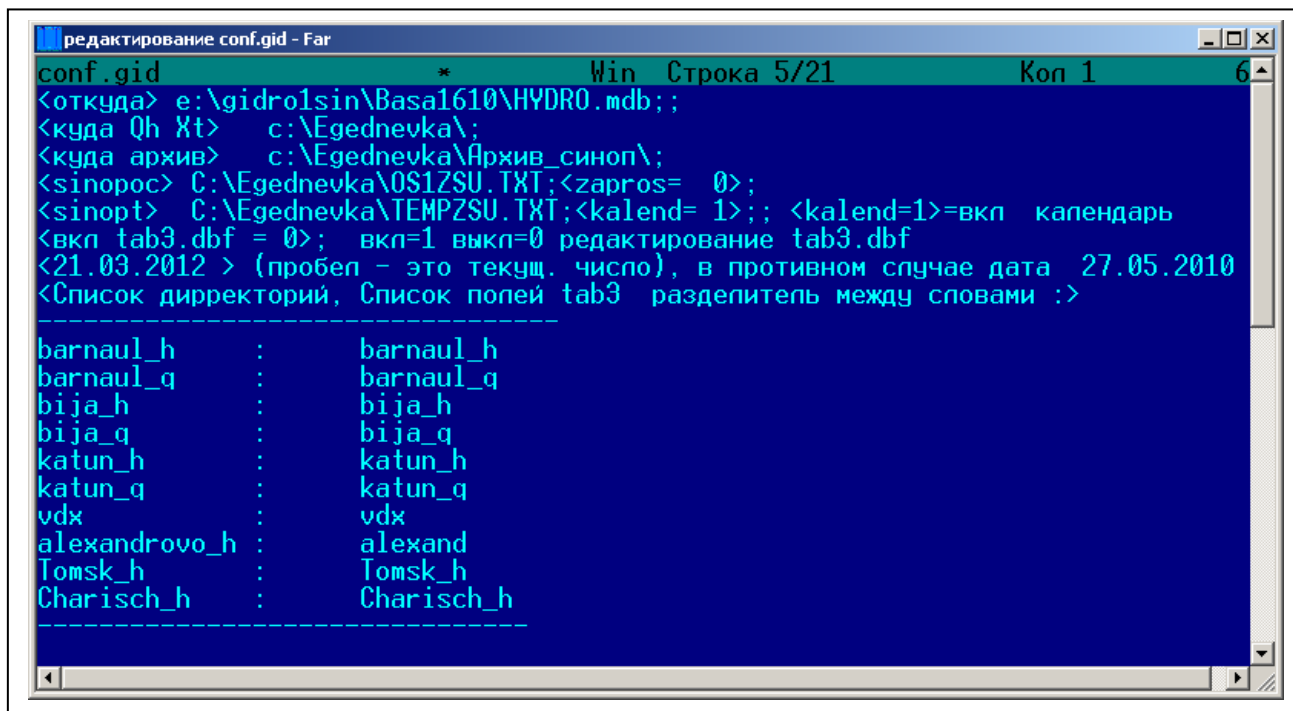


Рисунок 2.7 – Предупреждающие сообщения на экране при редактировании данных.

2-й этап - запуск программы редактирования:

1. При запуске программы высвечивается календарь для назначения даты выборки (рисунок 2.8)

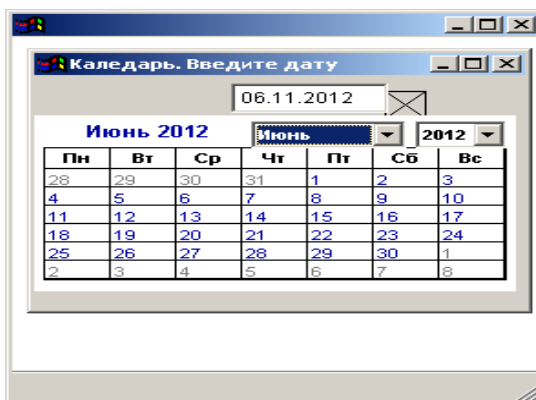


Рисунок 2.8 – Выбор даты для редактирования данных.

2. Высвечивается таблица с полным списком индексов, постов, типа данных, датой поступления данных (рисунок 2.9 а, б, в).

а)

The screenshot shows a database application window titled 'Tab3 -'. The table contains the following data:

Zaglv	Post	Ind	Barnaul_h	Barnaul_q	Bija_h	Bija_q	Katun_h	Katun_q	Vdx	Alexandr	Tomsk_h	Charisch_h	Дата_н	Дата_к
XKaTu	Кара-Тюрек	36442	1				1	1					21.03	30.06
XUsKo	Усть-Кокса	36229	2				2	2					21.03	30.06
XKata	Катанда	36237	3				3	3					21.03	30.06
XOngu	Онгудай	36231	4		1	1	4	4					21.03	30.06
XChem	Чемал	36058	5		2	2	5	5					21.03	30.06
XKiDz	Кызыл-Озек	36055	6				6	6					21.03	30.06
XZmei	Змеиногорск	36038	7				7	7					21.03	30.06
XUyul	Яйло	36064	8		3	3	8	8					21.03	15.08
XTuro	Турочак	36061	9		4	4	9	9					21.03	15.08
XBis	Бийск	29947	10		5	5	10	10					21.03	30.06
XMasl	Маслянино	29736	11											
XTalm	Тальменка	29832	12											
XAlej	Алейская	29937	13											
XToqu	Тогул	29848	14											
XKond	Кондома	29946	15		6	6					5			
XKuze	Кузедеево	29849	16		7	7					4			
XBack	Бакчар	29328									1			
XKolp	Колташево	29231									2			
XMais	Майск	29209									3			
XNapa	Напас	29023									4			
XPudi	Пудино	29313									5			
XStar	Старица	29224									6			
XUsDz	Усть-Озёрное	29154									7			
XMegd	Междуреченск	29854												
XKemer	Кемерово	29645									1			
XKrap	Крапивино	29649									2			
XUst-k	Усть-Кабырза	29955									3			
XBolot	Болотное	29539									6			
XTaiga	Тайга	29541									7			
XKisel	Киселевск	29749									8			
XTomsk	Томск	29430									9			
XKrasno	Краснощеково	36036									10			
Xust-Ka	Усть-Кан	36213											1	
XCharys	Чарышское	36047											2	
													3	
TKaTu	Кара-Тюрек	36442	1				1	1						
TUsKo	Усть-Кокса	36229	2				2	2						
TKata	Катанда	36237	3				3	3						
TOngu	Онгудай	36231	4		1	1	4	4						
TKiDz	Кызыл-Озек	36055	5				5	5						
TUyul	Яйло	36064	6		2	2	6	6						
TBis	Бийск	29947	7		3	3	7	7						
TZari	Заринск	29836	8											

At the bottom of the window, the status bar shows: Tab3 (c:\vegednevka2\tab3.dbf) Record: 1/108 Exclusive NUM 10:52:57

б)

Zaglv	Post	Ind	Barnaul_h	Barnaul_q	Bija_h	Bija_q	Katun_h	Katun_q	Vdx	Alexandr	Tomsk_h	Charisch_h	Дата_н	Дата_к
TMasl	Масляно	29736	9						9					
TTogu	Тогул	29848	10	10					10					
TZmei	Змеиногорск	36038	11	11					11					
TAley	Алейская	29937	12	12					12					
TKond	Кондома	29946	13	13	4	4								
TKuze	Кузеево	29849	14	14	5	5					4			
TAlex	Александровское	23955								1				
TBack	Бакчар	29328								2				
TKolp	Колпашево	29231								3				
TMais	Майск	29209								4				
TNapa	Напас	29023								5				
TStar	Старица	29224								6				
TUsOz	Усть-Озёрное	29154								7				
TMegdu	Междуреченск	29854									1			
TKemer	Кемерово	29645									2			
TKrapr	Крапивино	29649									3			
TystK	Усть-Кабырза	29955									5			
TBolot	Болотное	29539									6			
TTaiga	Тайга	29541									7			
TKisel	Киселевск	29749									8			
TTomsk	Томск	29430									9			
TTopki	Топки	29641									10			
TKrasno	Краснощеково	36036										1		
TystKa	Усть-Кан	36213										2		
HKoJk	Усть-Кокса	10073	1	1			1	1	1					
HUrOn	Онгудай	10100	2	2			2	2	2					
HKaCh	Чемал	10069	3	3			3	3	3					
HVKe	Кебезень	10042	4	4	1	1			4					
HVITU	Турочак	10044	5	5	2	2			5					
HKaSt	Сростки	10071	6	6			7		6					
HVBI	Бийск	10048	7	7	4				7					
HVBls	Старый Искитим	10205	8	8					8					
HARu	Рубцовск	10151	9	9					9					
HChTa	Тальменка	10177	10	10					10					
HVID	Удаловка	10704	11	11	3	3			11					
HReTo	Точильное	10117	12	12			4	4	12					
HAnSo	Солонешное	10120	13	13			5	5	13					
HKaTu	Тюнгур	10066	14	14			6	6	14					
HOBVa	Барнаул	10006	15	15										
HOBKo	Колпашево	10021							2					
HNvas	Новый Васюган	10476							3					
HSVas	Средний Васюган	10478							4					

в)

Zaglv	Post	Ind	Barnaul_h	Barnaul_q	Bija_h	Bija_q	Katun_h	Katun_q	Vdx	Alexandr	Tomsk_h	Charisch_h	Дата_н	Дата_к
HKeRa	Родионовка	10455							5					
HTNar	Напас	10489							6					
HСnPo	Подгорное	10428							7					
HOBKa	Каргасок	10022							8					
HTVan	Ванжиль-Кынак	10488							9					
HOBAl	Александровское	10024							10					
HMSYK	Усть-Кабырза	10264								1				
HMSMs	Мыски	10266								2				
HKoKd	Кондома	10276								3				
HKKy	Кузеево	10277								4				
HUsMr	Междуреченск	10234								5				
HTNov	Новокузнецк	10240								6				
HTKra	Крапивино	10244								7				
HTKem	Кемерово	10246								8				
HTTom	Томск	10252								9				
HCharl	Чарышское	10127									1			
HKarpo	Карпово	10130									2			
HBelog	Белоглазово	10132									3			
HSovCha	свх Чарышский	10134									4			
QOBKo	Колпашево	10021							1					
QOBVa	Барнаул	10006	15					15						
QOBBl	Бийск	10048			4									
QOBSt	Сростки	10071					7							
Qpnt	Верхний Бьеф	10950							16					

Рисунок 2.9 – а), б), в): Сводные таблицы с полным списком индексов, постов, типа данных, датой поступления данных а), б), в).



17.06.2012 <Esc>-выход без сохранен...

Индекс	Пост	Тип	Дата	Знач.
36442	Кара-Тюрек	осадки	16.06	3,0
36229	Усть-Кокса	осадки	16.06	4,0
36237	Катанда	осадки	16.06	0,7
36231	Онгудай	осадки	16.06	1,5
36058	Чемал	осадки	16.06	3,0
36055	Кызыл-Озек	осадки	16.06	0,3
36038	Эмеиногорск	осадки	16.06	4,0
36064	Яйлю	осадки	16.06	0,6
36061	Турочак	осадки	16.06	16,3
29947	Бийск	осадки	16.06	20,7
29736	Маслянино	осадки	16.06	0,6
29832	Тальменка	осадки	16.06	0,0
29937	Алейская	осадки	16.06	0,0
29848	Тогул	осадки	16.06	0,0
29946	Кондома	осадки	16.06	0,0
29849	Кузедеево	осадки	16.06	0,1
29328	Бакчар	осадки	16.06	0,8
29231	Колпашево	осадки	16.06	2,0
29209	Майск	осадки	16.06	0,0
29023	Напас	осадки	16.06	0,0
29313	Пудино	осадки	16.06	0,6
29224	Старица	осадки	16.06	1,0
29154	Усть-Озёрное	осадки	16.06	0,0
29854	Междуреченск	осадки	16.06	0,0
29645	Кемерово	осадки	16.06	0,0
29649	Крапивино	осадки	16.06	0,0
29955	Усть-Кабырза	осадки	16.06	0,0
29539	Болотное	осадки	16.06	0,0
29541	Тайга	осадки	16.06	0,0
29749	Киселевск	осадки	16.06	0,0
29430	Томск	осадки	16.06	0,0
36036	Краснощеково	осадки	16.06	
36213	Усть-Кан	осадки	16.06	
36047	Чарышское	осадки	16.06	
36442	Кара-Тюрек	темп-ра	16.06	6,0
36229	Усть-Кокса	темп-ра	16.06	15,6
36237	Катанда	темп-ра	16.06	15,6
36231	Онгудай	темп-ра	16.06	17,0
36055	Кызыл-Озек	темп-ра	16.06	20,3
36064	Яйлю	темп-ра	16.06	16,3
29947	Бийск	темп-ра	16.06	20,7
29836	Заринск	темп-ра	16.06	20,0
29736	Маслянино	темп-ра	16.06	18,6
29848	Тогул	темп-ра	16.06	19,5
36038	Эмеиногорск	темп-ра	16.06	18,3
29937	Алейская	темп-ра	16.06	19,7
29946	Кондома	темп-ра	16.06	19,6
29849	Кузедеево	темп-ра	16.06	19,8
23955	Александровское	темп-ра	16.06	22,3
29328	Бакчар	темп-ра	16.06	19,4
29231	Колпашево	темп-ра	16.06	21,2
29209	Майск	темп-ра	16.06	19,7
29023	Напас	темп-ра	16.06	21,2
29224	Старица	темп-ра	16.06	19,6
29154	Усть-Озёрное	темп-ра	16.06	18,3

Рисунок 2.10 - Просмотр и корректировка данных

После просмотра и корректировки, данные сохраняются в нужные каталоги в файлы QN.dat , XT.dat с редактированной строкой за заданную дату.

Новая система подготовки данных и интерфейс корректировки для импорта в ПО «Капля» разработана в 2012 г в ФГБУ «СибНИГМИ» (исполнитель Гочаков А.В., руководитель Колкер А.Б.).

Система оперирует с данными, предназначенными для гидрологических прогнозов по бассейнам рек и включает в себя три компонента:

- выборка и хранение данных гидрологии;
- веб-интерфейс корректировки данных за дату;
- генерация файлов для импорта в программу «Капля».

Конечная цель системы — автоматизация процесса передачи данных в программу «Капля» с возможностью удобной корректировки и контроля поступающей информации. Для обеспечения совместимости с форматом данных файла импорта разработана база данных хранения информации, включающая идентификатор типа данных и путь к каталогу данных, используемый программой капля для импорта.

Рассмотрим функционал каждого компонента.

#### Выборка и хранение данных

Для предоставления данных модулю импорта программы «Капля» и обеспечения возможности корректировки, производится выборка и объединение гидрометеорологических параметров для последующей записи в базу данных, предназначенную для хранения и взаимодействия с веб-интерфейсом. Выборка осуществляется из базы данных оперативного хранения ФГБУ «СибНИГМИ», в которой хранятся все основные параметры кодов kn01 и kn15. По результатам выборки гидрологических и синоптических данных в соответствии со списком постов и станций, формируется массив данных, который записывается в разработанную базу данных. Структура таблицы имеет следующий вид:

```
TABLE `kap` (  
  `Id` int(11) NOT NULL auto_increment,  
  `time` int(11) default NULL,  
  `st` int(11) default NULL,  
  `names` tinytext,  
  `namef` tinytext,  
  `val` float(8,1) default NULL,  
  `mon` int(2) default NULL,  
  `day` int(2) default NULL,  
  `type` char(2) default NULL,  
  PRIMARY KEY (`Id`)  
)
```

Здесь Id — ключевое поле; time — поле времени записи; st — индекс синоптической станции или гидропоста; names, namef — поля генерации пути к файлам импорта; val — значение параметра; mon, day — идентификатор даты формирования данных; type — тип данных (синоптика, гидрология).

Заполнение таблицы осуществляется после текущего поступления гидрологической информации. Дальнейшие операции по генерации файлов данных импорта и корректировке поступивших и усвоенных данных производятся через описанную таблицы.

#### Веб-интерфейс

Веб-интерфейс позволяет осуществить вывод и корректировку информации за выбранную дату. Вывод осуществляется в формате списка с разделением на синоптическую и гидрологическую часть в соответствии с типом данных. Список формируется по данным, которые используются для дальнейшей генерации файла импорта.

Для корректировки значения гидрометеорологического параметра предусмотрено интерактивное поле. Корректировка осуществляется обновлением поля значения рассмотренной в предыдущем пункте таблицы. На рисунках 2.11, 2.12 представлен внешний вид интерфейса, который имеет вид таблицы с указанием индекса синоптической станции или гидропоста, названия пункта наблюдения, типа данных (осадки и температура для синоптических данных, уровень, приток и расход для гидрологических), значения параметра в соответствии с его типом. При этом используются данные гидрологии за текущие сутки, синоптические среднесуточные данные за предыдущие сутки.

Каталог:  Дата:

Корректировка синоптических данных за дату 9.5.2012 и сохранение в файл XT.dat

Станция	Название	Тип	Значение	Новое значение
36036	Краснощеково	осадки	0.6	<input type="text"/>
36213	Усть-Кан	осадки	4.0	<input type="text"/>
36047	Чарышское	осадки	2.5	<input type="text"/>
36036	Краснощеково	температура	4.9	<input type="text"/>
36213	Усть-Кан	температура	0.3	<input type="text"/>

Корректировка гидрологических данных за дату 10.5.2012 и сохранение в файл QH.dat

Станция	Название	Тип	Значение	Новое значение
10127	Чарышское	уровень	-38.0	<input type="text"/>
10130	Карпово	уровень	175.0	<input type="text"/>
10132	Белолазово	уровень	169.0	<input type="text"/>
10134	свх Чарышский	уровень	169.0	<input type="text"/>

Рисунок 2.11 - Данные по р. Чарыш за 10.05.2012 г.

Каталог:  Дата:

Корректировка синоптических данных за дату 9.5.2012 и сохранение в файл XT.dat

Станция	Название	Тип	Значение	Новое значение
29854	Междуреченск	осадки	24.0	<input type="text"/>
29645	Кемерово	осадки	0.0	<input type="text"/>
29649	Крапивино	осадки	0.0	<input type="text"/>
29849	Кузедеево	осадки	20.0	<input type="text"/>
29946	Кондома	осадки	29.0	<input type="text"/>
29955	Усть-Кабырза	осадки	17.0	<input type="text"/>
29539	Болотное	осадки	0.0	<input type="text"/>
29541	Тайга	осадки	0.0	<input type="text"/>
29749	Кисилевск	осадки	0.5	<input type="text"/>
29430	Томск	осадки	0.0	<input type="text"/>
29854	Междуреченск	температура	2.2	<input type="text"/>
29645	Кемерово	температура	3.7	<input type="text"/>
29649	Крапивино	температура	4.1	<input type="text"/>
29849	Кузедеево	температура	1.9	<input type="text"/>
29955	Усть-Кабырза	температура	1.6	<input type="text"/>
29539	Болотное	температура	0.8	<input type="text"/>
29541	Тайга	температура	1.2	<input type="text"/>
29749	Кисилевск	температура	3.1	<input type="text"/>
29430	Томск	температура	2.2	<input type="text"/>
29641	Топки	температура	1.3	<input type="text"/>

Корректировка гидрологических данных за дату 10.5.2012 и сохранение в файл QH.dat

Станция	Название	Тип	Значение	Новое значение
10264	Усть-Кабырза	уровень	141.0	<input type="text"/>
10266	Мыски	уровень	83.0	<input type="text"/>
10276	Кондома	уровень	79.0	<input type="text"/>
10277	Кузедеево	уровень	140.0	<input type="text"/>
10234	Междуреченск	уровень	209.0	<input type="text"/>
10240	Новокузнецк	уровень	237.0	<input type="text"/>
10244	Крапивино	уровень	354.0	<input type="text"/>
10246	Кемерово	уровень	272.0	<input type="text"/>
10252	Томск	уровень	180.0	<input type="text"/>

Рисунок 2.12 - Данные по р. Томь за 10.05.2012 г.

### Генерация файлов для импорта в программу «Капля»

Для обеспечения операций с файлами используются возможности метода FileSystemObject JavaScript. Метод реализуем только при использовании браузера Internet Explorer, так как является потенциальной угрозой. Скрипт генерации и сохранения файла импорта запускается после нажатия кнопки «Сохранить» представленного веб-интерфейса. При этом генерируется файл в заданный каталог (по выбранному пункту) за весь период наблюдений за текущий год с учетом корректировок.

#### 2.5. Выводы

Таким образом, в процессе совершенствования программы «Речные гидрологические прогнозы» были спроектированы, реализованы и внедрены на практике два различных метода ввода исходных гидрометеорологических данных в программу:

- из проектов ПО «Капля» на другие бассейны путём организации распределённой базы данных;
- из внешних источников ПО «Капля» путём обмена через текстовые файлы фиксированного формата;
- система подготовки данных и интерфейс корректировки для импорта во внешние источники ПО «Капля».

Эти методы автоматизации ввода исчерпывают все возможные рациональные источники данных (сканирование и распознавание печатных или рукописных документов не рассматривается). Практически проблема автоматизации рутинного ручного ввода данных в программу решена полностью.

### 3. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГНОЗА ЕЖЕДНЕВНЫХ УРОВНЕЙ ВОДЫ НА РЕКАХ ТОМЬ (Г. ТОМСК), Р. ЧАРЫШ (СВХ ЧАРЫШСКИЙ), СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ОБИ (С. АЛЕКСАНДРОВСКОЕ, Г. НИЖНЕВАРТОВСК, Г. ХАНТЫ-МАНСИЙСК, С. БЕЛОГОРЬЕ)

Технология прогноза ежедневных уровней воды в бассейне Средней и Нижней Оби представлена в отчете [11] «Разработать и внедрить автоматизированную технологию прогноза ежедневных и максимальных уровней воды на Средней и Нижней Оби (заключительный отчет по теме 8.114 плана НИР и ОКР Росгидромета. Ответственный исполнитель – д.г.н., проф. Д.А. Бураков).

Как указано выше, Программное обеспечение для автоматического поступления данных из телеграмм по кодам КН-15 и КН-01 в расчетные файлы программы «hws» (ПО «Капля»), просмотра и корректировки этих данных, разработана и реализована специалистами отдела программирования и автоматизации рабочих мест ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».

Технология испытывалась в ФГБУ «Обь - Иртышское УГМС» в 2012 г. Список пунктов наблюдений, данные которых использованы для прогнозов, представлены таблице 3.1.

Таблица 3.1. - Список станций и постов

Код поста	Гидрологические посты (уровни Н, расходы Q)	Код поста	Метеорологические посты (температура воздуха и осадки)
10021	Колпашево Q	23847	Сытомино
10022	Каргсок Н	23867	Ларьяк
10024	Александровское Н	23929	Шаим
10025	Нижевартовск Н	23933	Ханты-Мансийск
10026	Сургут Н	23947	Салым
10031	Белогорье Н	23955	Александровское
10428	Подгорное Н	28066	Кондинское
10455	Радионовка Н	28275	Тобольск
10478	Средний Васюган Н	29023	Напас
10489	Напас Н	29154	Усть-Озерное
10493	Ларьяк Н	29209	Майск
10505	Угут Н	29224	Старица
10511	Кышик Н	29231	Колпашево
10698	Радужный Н	29313	Пудино
11056	Тобольск Q	29328	Бакчар
11058	Демьянское Н		
11061	Ханты-Мансийск Н		
11523	Кондинское Н		

Ниже приводятся сведения о результатах испытаний технологии прогноза ежедневных уровней воды.

Оперативные испытания уточненной модели автоматизированной технологии прогноза ежедневных уровней воды на Средней и Нижней Оби проводились отделом гидрологических прогнозов ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» в период весеннего половодья 2012 года.

Автоматизированные прогнозы ежедневных уровней воды с заблаговременностью 1 - 7 дней составлялись за период 21.03-15.08 для пунктов: г. Нижневартовск, с. Белогорье на р. Обь и г. Ханты-Мансийск на р. Иртыш с применением гидролого-математической модели прогноза весеннего половодья.

Предложенный метод прогноза использует всю доступную информацию — метеорологическую, гидрологическую и спутниковую. Всё это повышает надежность и точность прогностической модели.

Оперативная информация, необходимая для составления прогноза ежедневных уровней воды (уровни воды, температура воздуха, осадки), поступала в отдел гидропрогнозов автоматически в необходимом формате с сервера ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС». Список станций и постов, используемых для составления автоматизированного прогноза ежедневных уровней воды по постам Нижневартовск, Белогорье, Ханты-Мансийск приведен в таблице 3.1.

Технологическая схема передачи в необходимом формате и усвоения информации с сервера в отдел гидрологических прогнозов была разработана и реализована специалистами отдела программирования и автоматизации рабочих мест ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».

В 2012 году прогноз ежедневных уровней воды с заблаговременностью 7 дней (в период 28.03 по 15.08) по посту у г. Нижневартовск выходил за пределы допустимой ошибки четырежды, у с. Белогорье в два периода (20.04-01.05 и 29.07-13.08), в р. Иртыш у г. Ханты-Мансийск с 11.04 по 28.04, в основном ошибка прогноза в этих пунктах составила  $\pm 40$  см.

При максимальных уровнях воды в 2012г. ошибка прогноза с заблаговременностью 7 дней в р. Обь у Нижневартовска составила всего 0-10 см (отлично), у с. Белогорье и в р. Иртыш у г. Ханты-Мансийск 26-38 см (хорошо).

Анализ оправдываемости прогнозов ежедневных уровней воды за половодье 2012 года показал, что разработанную гидролого-математическую модель формирования половодья можно рекомендовать для практического применения.

Прогнозы по р. Оби у с. Александровское по данной методике выполнялись в отделе гидрологических прогнозов ФГБУ «Новосибирский ЦГМС-РСМЦ». Ниже приведено решение технического Совета ФГБУ «Новосибирский ЦГМС-РСМЦ» от 12 октября 2010 года по результатам производственных испытаний.

#### **Решение**

технического Совета ФГБУ «Новосибирский ЦГМС-РСМЦ»  
от 12 октября 2010 года по результатам производственных испытаний  
«Метода краткосрочного прогноза ежедневных уровней воды р. Обь –  
с. Александровское»

(ФГБУ «СибНИГМИ»), ответственный исполнитель д.г.н. Д.А. Бураков,  
тема 8.114).

Заслушав и обсудив сообщение начальника Гидрометцентра ФГБУ «Новосибирский ЦГМС - РСМЦ» Ворониной Л.А. о результатах испытания (в рамках выполнения НИОКР, тема 8.114) усовершенствованного метода и программного обеспечения прогноза ежедневных уровней воды р. Обь – с. Александровское, технический Совет отмечает:

1. Оперативное составление прогнозов по методу проводилось в период апрель - август 2010 г.
2. В основу предложенного метода положена гидролого-математическая модель формирования стока для речной системы Оби, программное обеспечение для пользователей, реализующее прогноз ежедневных уровней воды в период весеннего половодья. Модель учитывает как метеорологические параметры (снегонакопление, температура воздуха, осадки), так и гидрологические (уровни и расходы воды в речной сети бассейна). Эти данные необходимы для расчёта характеристик русловых запасов воды, а также для учёта осеннего увлажнения бассейна. Для оценки площадей снегового покрытия (заснеженности) бассейнов по спутниковым данным (КА «Терра») используется автоматизированная система обработки космической информации – «Служба мониторинга заснеженности», установленная в центрах приёма спутниковой информации. Реализован вариант модели, учитывающей снегонакопление и водный баланс не только по районам, но и по широтным поясам в каждом районе, что позволяет на основе использования космической информации о динамике заснеженности лучше учесть широтную зональность снеготаяния и потерь склонового стока и, тем самым, повысить точность прогнозов.
3. В оперативной практике Гидрометцентра ФГБУ «Новосибирский ЦГМС – РСМЦ» метода прогноза ежедневных уровней воды для вышеуказанного пункта в период весеннего половодья нет.
4. Метод дает возможность составлять прогнозы ежедневных уровней воды в весенне-летний период с заблаговременностью до 7 суток
5. Оценка прогнозов проводилась в соответствии с «Наставлением по службе прогнозов», разд. 3, ч. 1 (Ленинград, 1962) и «Методическим указаниям по проведению производственных испытаний» (РД 52.27.284.91).
6. За период испытания было составлено по 131-137 прогнозов ежедневных уровней воды с заблаговременностью от 1 до 7 суток для р. Обь – с. Александровское. Средняя оправдываемость прогнозов ежедневных уровней воды р. Обь – с. Александровское за период испытания составила 94%, оценка качества прогнозов –  $\bar{S}/\bar{\sigma} = 0,57 - 0,71$  (удовлетворительно).
7. Преимущества данного метода заключаются в том, что:
  - метод не требует больших временных затрат на подготовку исходных данных;
  - является автоматизированным.

Технический Совет ФГБУ «Новосибирский ЦГМС-РСМЦ»  
ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Принять к сведению сообщение начальника Гидрометцентра ФГБУ «Новосибирский ЦГМС - РСМЦ» Ворониной Л.А.



2. Внедрить с апреля 2011 года «Метода краткосрочного прогноза ежедневных уровней воды р. Обь – с. Александровское» (ФГБУ «СибНИГМИ», ответственный исполнитель д.г.н. Д.А. Бураков) в качестве основного в оперативную работу отдела гидрологических прогнозов ГМЦ.

Председатель технического Совета



Н. В. Вирхобский

Метод прогноза ежедневных уровней воды на реках Томь (г. Томск) и р. Чарыш (свх Чарышский) рассмотрен в отчете по НИР 1.9.1.10 за 2002 г («Разработать методы и технологию долгосрочного и краткосрочного прогноза ежедневных и максимальных уровней воды рек бассейна Томи, Чарыша с использованием наземной и спутниковой информации», отв. исп. Д.А. Бураков) [11]. В соответствии с техническим заданием по теме 1.7.48, в 2011 – 2012 гг разработана автоматизированная технология прогноза ежедневных уровней воды в период открытого русла на реках Томь (г. Томск) и р. Чарыш (свх Чарышский).

В процессе разработки технологии по р. Томи на основе дополнительной информации за последнее десятилетие проведено уточнение характеристик снегонакопления и стока в бассейне р. Томи, что позволило повысить обоснованность прогнозов ежедневных уровней весеннего половодья после прохождения ледохода.

3.1. Уточнение параметров модели прогноза ежедневных уровней воды на реке Томь (г. Томск).

### 3.1.1. Гидрография

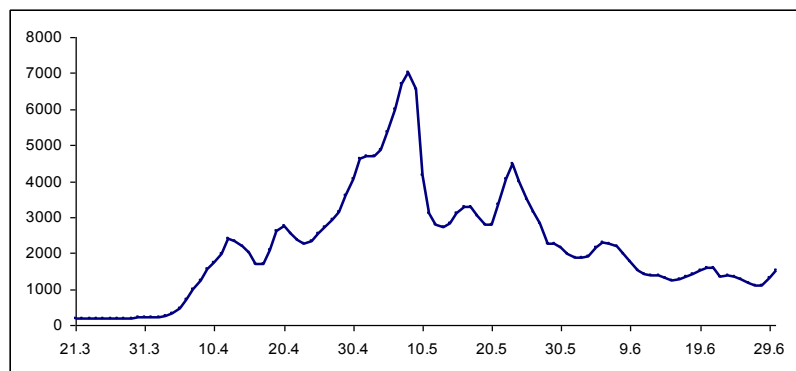
Бассейн Томи расположен на территории нескольких орографических районов: Горная Шория, Кузнецкий Алатау и Кузнецкая котловина. Водосбор до г. Томска (57000 км<sup>2</sup>) имеет грушевидную форму. В верхнем течении, до впадения р. Усы, Томь протекает в узкой долине с порожистым руслом, ниже долина расширяется, ширина поймы достигает 3 км.

Южная часть водораздела проходит по наивысшим точкам Абаканского хребта и Бийской гривы с высотами до 1835 м (рисунок 4.18). Западная часть водораздела проходит по Салаирскому кряжу, высоты которого изменяются от 300 до 500 м. В районе прорыва Салтымаковского хребта водораздел подходит близко к долине реки Томи, а затем отходит и идет по Тарадановскому кряжу. Высоты его достигают 300 м. В северо-западном направлении водораздел проходит по междуречью Оби и Томи с высотой 130 м. Восточная часть водораздела проходит по вершинам Кузнецкого Алатау (до 2178 м).

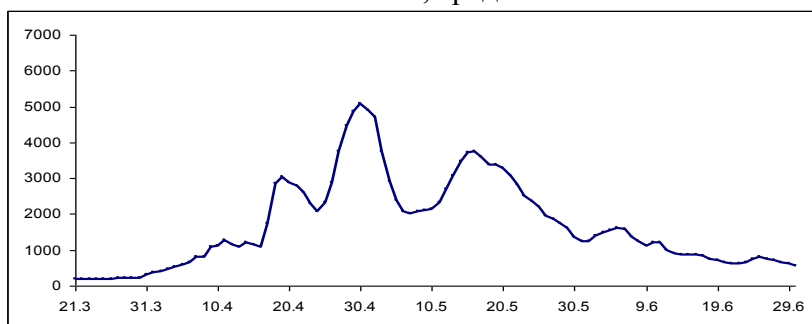
В зимнее время в бассейне р. Томи прослеживается влияние азиатского антициклона. Антициклональные условия усиливаются при вторжениях арктического воздуха с севера в тылу циклонов, перемещающихся с

меридиональной составляющей. При прохождении фронтов, связанных с циклонами, усиливаются ветры и выпадают осадки. Менее характерны зимой южные и юго-западные циклоны, сопровождающиеся сильными снегопадами и метелями. Летом территория бассейна находится под воздействием области пониженного давления. Из-за уменьшения градиентов давления циклоны летом менее глубокие, а антициклоны менее мощные, чем зимой.

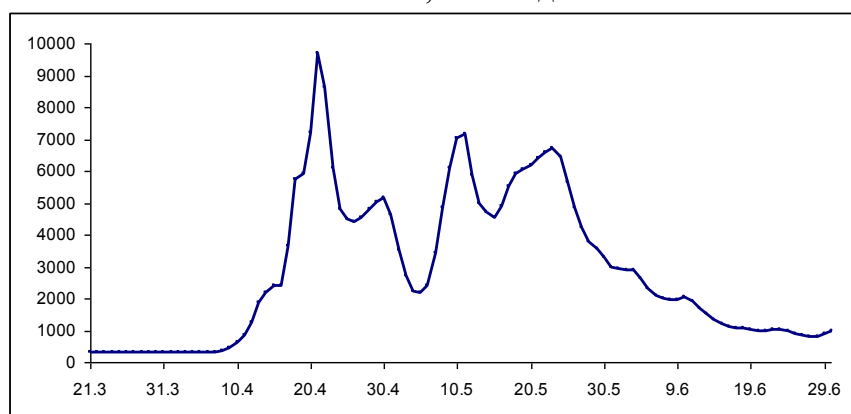
Гидрографы стока р. Томи многомодальны (рисунок 3.1), что объясняется разновременным таянием снежного покрова на различных высотах и особенностями временного хода температуры воздуха и весенних осадков по годам.



2009, средний



2008, маловодный



2004, многоводный

Рисунок 3.1 - Гидрографы весеннего половодья р. Томи у г.Томска

Уровни воды р. Томи у г. Томска в период весеннего половодья изменяются в широких пределах. Так, во время выдающегося наводнения 1947 года часть исторического центра города оказалась под водой. Диаметрально противоположенная ситуация наблюдается в 2012 г, когда

уровни весеннего половодья оказались настолько низкими, что навигация большинства судов и барж по Томи оказалась невозможной.

Данные о внутригодовом распределении стока (таблица 3.2) показывают, что доля стока весеннего половодья в лесостепной части бассейна превышает 90% годового стока. Она уменьшается в горном правобережье до 65 – 70 %. Другая закономерность: доля стока весеннего половодья снижается в маловодные годы по сравнению с многоводными. Таблица 3.2 - Внутригодовое распределение стока рек бассейна Томи по сезонам (в процентах от годового стока заданной обеспеченности)

Группа водности	Весна	Лето-осень	Зима	Весна	Лето-осень	Зима	Весна	Лето-осень	Зима	Весна	Лето-осень	Зима
	р. Лебяжья – п. Безменово (лесостепь)			р. Кондома – с. Кондома (Горная Шория)			р. Мрас-Су – г. Мыски (Южная возвышенная часть бассейна)			р. Уса – г. Междуреченск (Возвышенное правобережье)		
25%	90	7	3	71	25	4	66	28	6	65	30	5
50%	91	6	3	76	21	3	67	27	6	66	28	6
75%	93	5	2	80	17	3	69	25	6	68	28	4

### 3.1.2. Снегонакопление и речной сток

Схематическая карта распределения снегозапасов, установленных по данным снегомерных съёмок ФГБУ «Западно-Сибирского УГМС», представлена на рисунке 3.2.

Наблюдается меридиональный характер распределения снегозапасов по территории бассейна, с максимальными значениями на западных склонах Кузнецкого Алатау и в Горной Шории.

По виду зависимостей запасов воды в снежном покрове в конце зимы от высоты, установленных по данным снегомерных съёмок ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС», выделено 4 района (рисунок 3.3): первый район (14300 км<sup>2</sup>) занимает левобережье бассейна от г. Новокузнецка до г. Томска; второй (8750 км<sup>2</sup>) – бассейн р. Кондомы; третий (13500 км<sup>2</sup>) – бассейн реки Мрас-Су (левый приток Томи); четвертый (21700 км<sup>2</sup>) – всё правобережье бассейна Томи. Запасы воды в снежном покрове в первом, третьем, и четвертом районах увеличиваются с высотой. В третьем районе на высотах 800 – 900 м они достигают 300 – 450 мм. В четвертом районе снегозапасы 300 – 400 мм отмечаются уже на высоте 250 – 350 м. Во втором районе, из-за сложного влияния на воздушные массы рельефа южной части Кемеровской области, где сходятся в сложный узел хребты Салаирского кряжа, Бийской Гривы и возвышенности Горной Шории, отмечается тенденция снижения снегонакопления с высотой в пунктах наблюдений вдоль р. Кондомы.

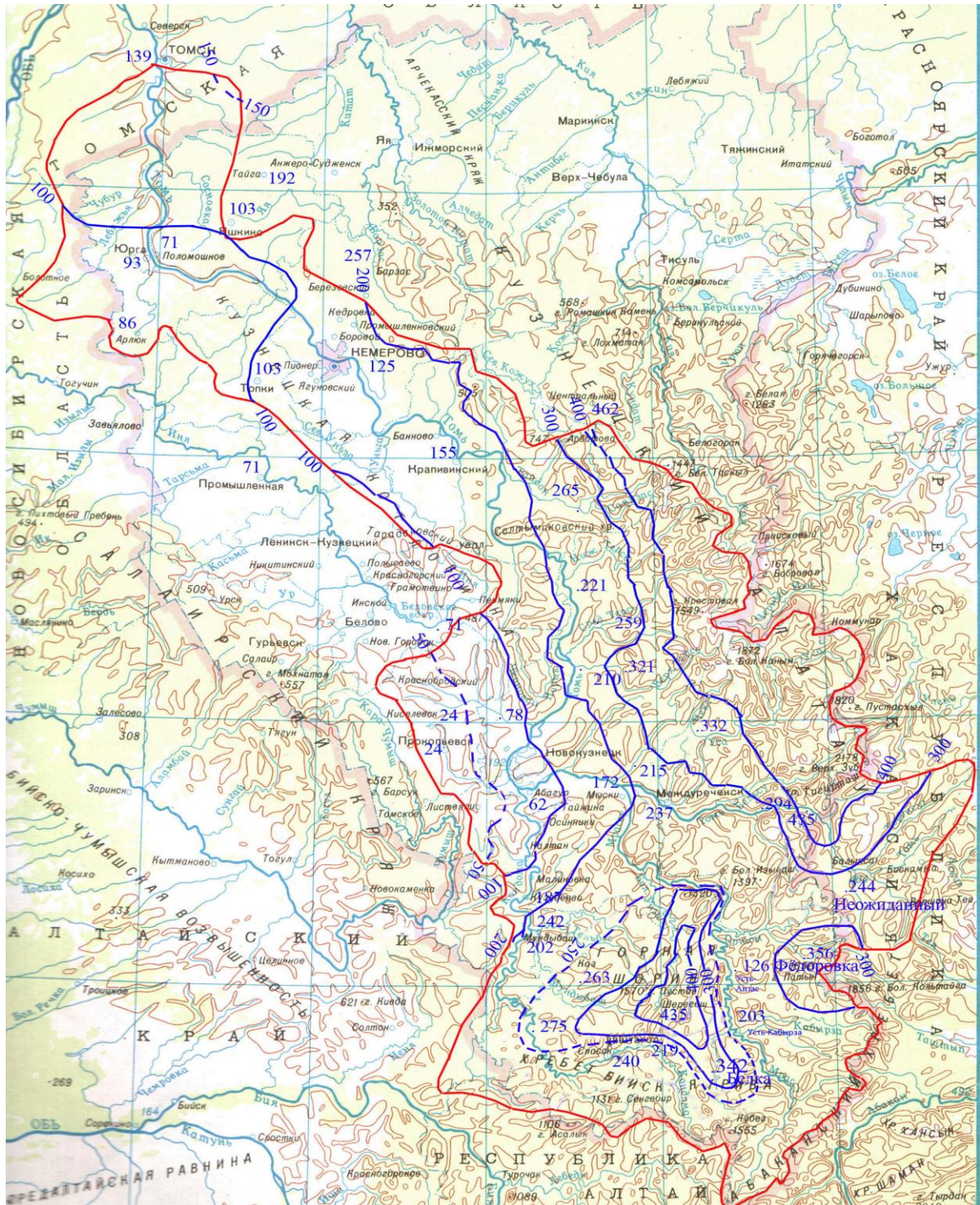


Рисунок 3.2. - Запасы воды в снежном покрове на 20 марта

Следует подчеркнуть, что пункты снегомерных съемок располагаются на дне речных долин. Из-за отсутствия наблюдений на склонах гор, зависимости снегонакопления от высоты (рисунок 3.3) отражают только запасы снега, накопленные в речных долинах.

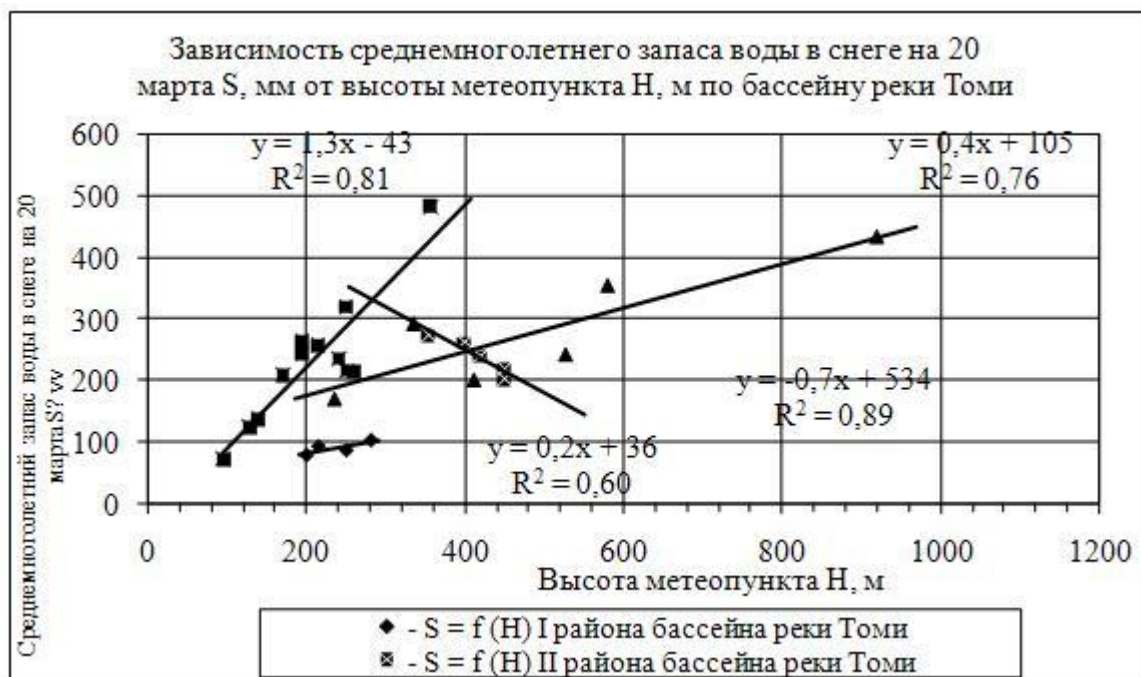


Рисунок 3.3 - Зависимости нормы запасов снега в конце зимы от высоты местности в бассейне р. Томь.

Распределение запасов снега в высокогорье корректировалось по спутниковой информации о динамике снегового покрытия территории в период снеготаяния методом «теплового проявления» [5, 6].

С весны 2004 г в Красноярске установлено оборудование для приема информации спутника TERRA в новом канале (1,6 мкм), где снежный покров имеет низкую отражательную способность. Согласно выполненным исследованиям, использование комбинации каналов 1,6 мкм и видимого диапазона в виде так называемого NDSI- индекса (Нормализованный Дифференциальный Снеговой Индекс позволяет эффективно отличать снег от прочих объектов на снимке, в том числе и от облачности. Чувствительность критерия на основе NDSI столь высока, что зимние кроны деревьев не являются непреодолимым препятствием для классификации снежного покрова в лесу, кроме густых темнохвойных массивов. Незначительная модификация алгоритма для лесных районов позволяет повысить долю правильно классифицированного снега в лесу до 90 и более %. Если при использовании данных ИСЗ NOAA нами сопоставлялись значения площади снегового покрытия только на безлесных территориях, то при использовании информации ИСЗ TERRA появляется возможность сопоставления заснеженности как по безлесным территориям, так и лесным (кроме очень густых темнохвойных участков леса).

Согласно Э.М. Ольдекопу, существует постоянное соотношение между суммами осадков, выпавших за одинаковые календарные периоды на нижних и верхних высотных уровнях бассейна [12]:

$$m_0 = \frac{S_0}{\bar{S}_0}, \quad m_H = \frac{S_0 + \Delta X_{0H}}{\bar{S}_0 + \Delta \bar{X}_{0H}}, \quad (3.1)$$

где:  $m_0$  и  $m_H$  - модульные коэффициенты снеговзапаса соответственно на опорной станции и на высоте  $H$ ;  $S_0$  - запас воды в снежном покрове на опорной станции;  $\bar{S}_0$  - его среднее многолетнее значение;  $\Delta X_{0H}$  - количество осенних осадков за период от даты начала снегонакопления на высоте  $H$  до той же даты на опорной станции;  $\bar{S}_0 + \Delta \bar{X}_{0H}$  - средняя за многолетний период сумма запаса снега и осенних осадков. Все величины определяются по наблюдениям опорной станции. Используя нелинейную аппроксимацию нормы снеговзапаса  $\bar{S}_H$  от высоты

$$\bar{S}_H = \bar{S}_0 + (\Delta H / 100)^n \text{ grad} S, \quad (3.2)$$

получим расчетное выражение для снеговзапаса  $S_H$  по высоте  $H$ :

$$S_H = m_0 \left[ \frac{\bar{S}_0 + \frac{\Delta X_{0H}}{m_0}}{\bar{S}_0 + \Delta \bar{X}_{0H}} \right] [\bar{S}_0 + (\Delta H / 100)^n \text{ grad} S]. \quad (3.3)$$

Здесь  $\text{grad} S$ ,  $n$  - коэффициенты, характеризующие распределение снега по высоте;  $\Delta H = H - H_0$ ;  $S$  - снегонакопление в нижней высотной зоне [12].

По полученным за предшествующие годы спутниковым данным о площадях заснеженности высотных зон на разные даты периода снеготаяния, корректируется расчётная модель (3.3) распределения нормы снегонакопления по высотным зонам.

С этой целью в (3.3) для каждой высотной зоны вводятся поправочные коэффициенты  $\phi(H)$ , т.е. теперь формулы (3.2) и (3.3) получают вид:

$$S_H = [S_0 + (\Delta H / 100)^n \text{ grad} S] \phi(H), \quad (3.4)$$

$$S_H = m_0 \left[ \frac{\bar{S}_0 + \frac{\Delta X_{0H}}{m_0}}{\bar{S}_0 + \Delta \bar{X}_{0H}} \right] [\bar{S}_0 + (\Delta H / 100)^n \text{ grad} S] \phi(H). \quad (3.5)$$

Коэффициенты  $\phi(H)$  обеспечивают согласование рассчитанных по модели площадей снегового покрытия высотных зон в каждом районе бассейна со спутниковыми данными о заснеженности. Очевидно, если модель занижает заснеженность, величина  $\phi(H) > 1$ , в противном случае  $\phi(H) < 1$ . Коэффициенты  $\phi(H)$  подбирается таким образом, чтобы отклонение заснеженной площади по расчетам и по космическому снимку оказалось минимальным.

В бассейне реки Томь выделено три ландшафтно-гидрологических района (рисунок 3.4):

- 1-й район – Левобережье от г. Томска до г. Новокузнецка и часть правобережья до с. Крапивино (равнина, предгорья);

- 2-й район – бассейн р. Кондомы до г. Новокузнецка;
- 3-й район – бассейн р. Томь: от истока р. Томь до г. Крапивино, исключая бассейн р. Кондомы и левобережье от г. Новокузнецка до г. Крапивино.

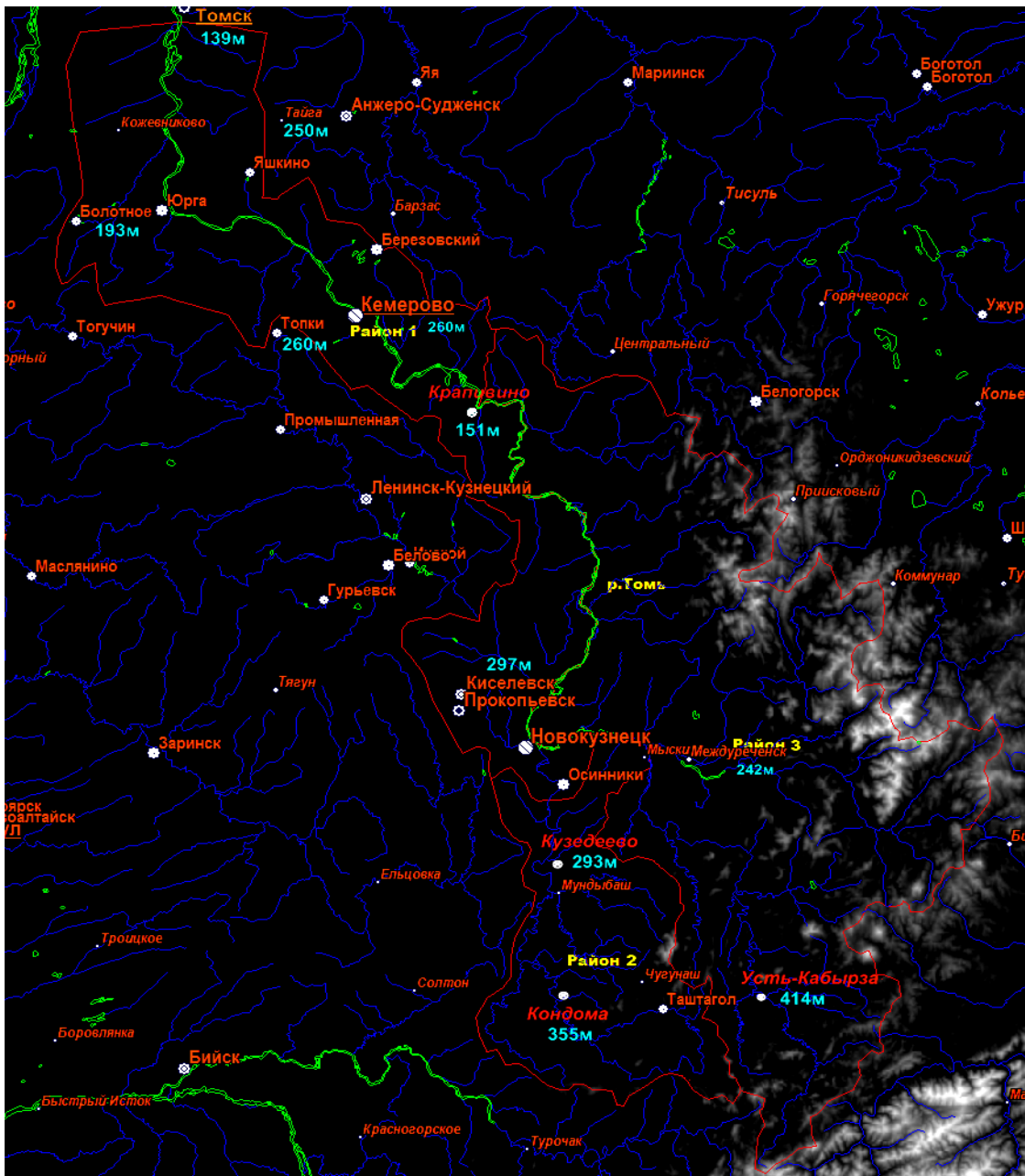


Рисунок 3.4 - Распределение ландшафтно-гидрологических районов и наземных пунктов гидрометеорологических наблюдений в бассейне реки Томь и сопредельной территории.

Каждый район имеет высотные зоны. Данные о заснеженности с этих высотных зон используются для более точной оценки динамики и распределения снега на разных высотах. Таким образом, на этапе калибровки модели обеспечивается согласование спутниковых данных о динамике

снегового покрытия территории с рассчитанными по модели характеристиками снегонакопления и снеготаяния.

Исследования показали, что данные с наземных метеостанций (нижние высотные зоны) и данные со спутниковых снимков (высокогорье) дополняют друг друга, что повышает надежность оценки снегонакопления в горном бассейне. Распределение запасов снега по районам и высотным зонам бассейна р. Томь – г. Томск, скорректированное по спутниковой информации за 2005 – 2010 гг, представлено (таблица 3.3).

Таблица 3.3 - Средние за многолетний период запасы воды в снежном покрове в районах и высотных зонах бассейна р. Томь до г. Томска

№ района	Местоположение и площадь	Высотная зона	Средняя высота м	Доля площади	Запас воды в снежном покрове мм
1	Левобережье от г. Томска до г. Новокузнецка и часть правобережья до с. Крапивино (равнина, предгорья), 21300 км <sup>2</sup>	1	230.0	0.950	147.8
		2	495.0	0.050	199.2
2	Юго-западная горная часть бассейна, (бассейн р. Кондомы) 8200 км <sup>2</sup>	1	260.0	0.054	222.5
		2	495.0	0.575	326.6
		3	825.0	0.271	449.8
		4	1155.0	0.084	713.7
		5	1485.0	0.014	897.7
		6	1815.0	0.002	847.8
3	Горное правобережье, 27500 км <sup>2</sup>	1	250.0	0.012	307.3
		2	495.0	0.448	515.4
		3	825.0	0.357	796.6
		4	1155.0	0.143	975.5
		5	1485.0	0.036	939.1
		6	1815.0	0.005	889.5

Территориальное распределение слоя стока за второй квартал (рисунок 3.5) подобно распределению снегозапасов (рисунок 3.2).



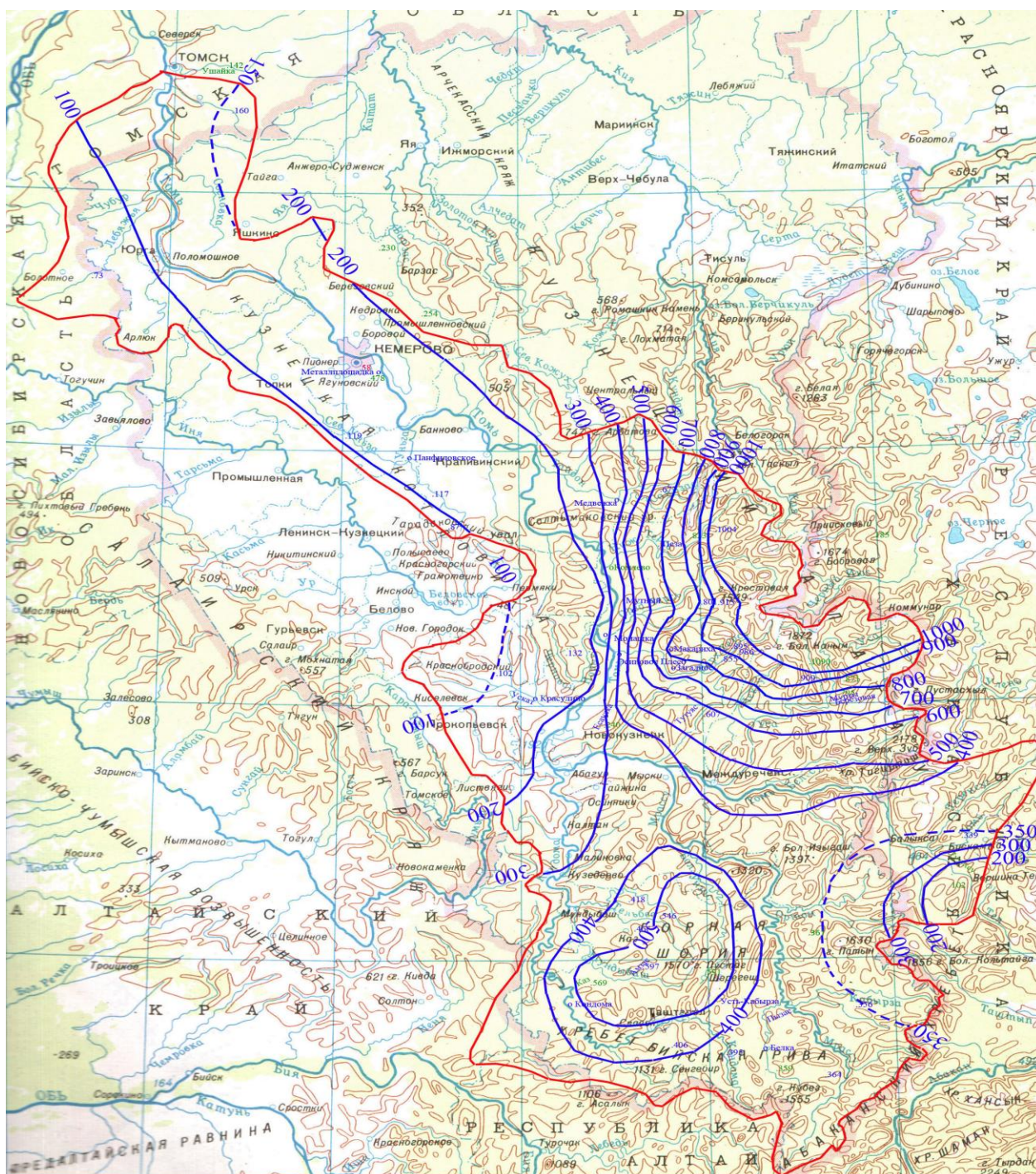


Рисунок 3.5 - Средний слой стока за второй квартал (мм) в бассейне р. Томь [5] (карта построена по данным наблюдений ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС»)

Высотные зависимости слоя стока рек за второй квартал (апрель – июнь) удалось установить для двух районов (рисунок 3.6). Эти районы занимают немногим более 60 % территории бассейна. Для остальной территории (бассейны рек Кондомы и Мрас-Су) из-за влияния местных особенностей рельефа сток небольших рек изменяется в широких пределах, поэтому установить здесь высотные зависимости для стока не удастся.

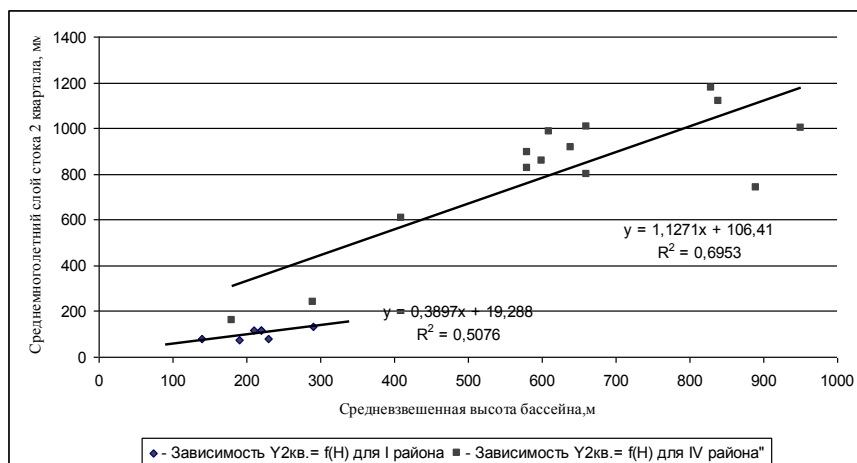


Рисунок - 3.6. Зависимости нормы стока (мм) за второй квартал от средней высоты водосбора: 1 – бассейны левых притоков реки Томь, впадающих в нее ниже города Новокузнецка; 2 – правый склон водосбора Томи - на севере реки равнинной, в центре полугорной, на юге – горной части (западные склоны Кузнецкого Алатау).

Для реализации математической модели прогноза ежедневных расходов (уровней) воды в районах бассейна выделены высотные зоны, по каждой из которых проводятся расчеты снегонакопления, снеготаяния, водоотдачи талой и дождевой воды, склонового притока и руслового добега. По значению показателя осеннего увлажнения (осенний сток за предшествующий год) определяется степень увлажнения почво-грунтов к началу снеготаяния.

Математические соотношения модели рассмотрены в первом разделе настоящего отчета, а также в [3, 11, 12]. Напомним, что модель учитывает как метеорологические параметры (снегонакопление, температуру воздуха, осадки), так и гидрологические (уровни или расходы воды в речной сети бассейна).

Для оптимизации параметров блоков снегонакопления и снеготаяния использовалась космическая информация о снеговом покрытии высотных зон и районов бассейна по методике, рассмотренной в [5, 6]. Оптимизация параметров модели выполнена по ежедневным данным гидрометеорологических наблюдений за последние 22 года.

### 3.1.3. Общая схема оптимизации параметров модели прогноза

Формулу (1.16, раздел 1) представим в следующем виде:

$$Z = c_0 Z_0 + c_1 Z_1 + c_2 Z_2 + \dots + c_{n+1} Z_{n+1} + c_{n+2} Z_{n+2} + \dots \quad (3.6)$$

где

$$z = (H(t+\Delta t) - H_{\min})^{y_2}; \quad z_0 = c_0 \sum_{j=1}^N \int_0^{\Delta t} q_j(t + \Delta t - \tau) f_j(\tau) d\tau; \quad z_1 = (H_1(t) - H_{1\min})^{y_1};$$

$$z_2 = (H_2(t) - H_{2\min})^{y_1}; \quad \dots; \quad z_{n+1} = H_1(t) - H_1(t-1); \quad z_{n+2} = H_2(t) - H_2(t-1); \quad \text{и.т.д.} \quad (3.7)$$

Уравнение (3.6) является линейным относительно коэффициентов  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{n+1}, c_{n+2}, c_{n+3}, \dots$ , следовательно, эти коэффициенты могут быть найдены по данным наблюдений за прошлые годы методом наименьших квадратов (линейная регрессия).

Общую схему алгоритма для определения параметров модели можно представить в виде следующей последовательности операций:

задаёмся приближёнными значениями параметров, входящих в уравнения подмоделей притока в русловую сеть и других [3, 11, 12];

используя исходную ежедневную гидрометеорологическую информацию за предшествующие годы (в расчётах использовались данные за 22 года), находим по рассмотренным выше (раздел 1) соотношениям модели суточные значения  $z, z_0, z_1, z_2, \dots, z_n, z_{n+1}, z_{n+2}$  по формулам 3.7;

методом наименьших квадратов определяем коэффициенты  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{n+1}, c_{n+2}, c_{n+3}, \dots$ ;

используя метод оптимизации Розенброка [1, 12], автоматически назначаем новое приближение параметров (см. пункт 1);

далее вновь находим суточные значения  $z, z_0, z_1, z_2, \dots, z_n, z_{n+1}, z_{n+2}$  (с учётом новых параметров);

вновь находим методом наименьших квадратов коэффициенты  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{n+1}, c_{n+2}, c_{n+3}, \dots$ , последовательно повторяя весь этот цикл расчётов до тех пор, пока критерий качества прогноза (средняя квадратичная ошибка) не достигнет наименьших возможных значений и в процессе дальнейшей оптимизации перестанет изменяться в пределах заданной точности оптимизации.

Оптимизация параметров модели проводится в несколько этапов. Причём, если бассейн разбивается на районы, целесообразно первоначально оценить параметры для одной-двух типичных рек каждого района, принимая их в процессе дальнейшей оптимизации за исходные в соответствующих районах рассматриваемого бассейна.

Итак, рассмотрим последовательность оптимизации параметров.

Оптимизируются два варианта модели:

А) без учёта уровней воды по длине речной системы (модель “снеготаяние–осадки–сток”):

$$Q(t+\Delta t) = \sum_{j=1}^N \int_0^{t+\Delta t} q_j(t+\Delta t-\tau) f_j(\tau) d\tau; \quad (3.8)$$

Б) комбинированная модель (3.6, 3.7).

Параметры подмоделей склонового притока и др., полученные в процессе оптимизации варианта модели А), в дальнейшем без изменений используются в комбинированной модели Б). В комбинированной модели дополнительно подлежат определению коэффициенты  $c_0, c_1, c_2, \dots, c_{n+1}, c_{n+2}, c_{n+3}, \dots$  и показатели степени  $y_1$  и  $y_2$ . В процессе оптимизации варианта А) выполняются следующие этапы.

Этап 1.

С учётом накопленного опыта и результатов оптимизации для рек-аналогов задаются исходные значения параметров для каждого района и

проводится предварительная оптимизация параметров подмоделей, входящих в (3.6, 3.7).

#### Этап 2.

По полученным за предшествующие годы спутниковым данным о площадях заснеженности высотных зон на разные даты периода снеготаяния, корректируются параметры расчётной модели (3.5) распределения нормы снегонакопления по высотным зонам.

С этой целью для каждой высотной зоны в интерактивном режиме вводятся поправочные коэффициенты  $\phi(H)$ , которые первоначально задаются равными единице. Напомним, что коэффициенты  $\phi(H)$  обеспечивают согласование рассчитанных по модели площадей снегового покрытия высотных зон в каждом районе бассейна со спутниковыми данными о заснеженности. Очевидно, если модель занижает заснеженность, величина  $\phi(H) > 1$ , в противном случае  $\phi(H) < 1$ . Таким образом, обеспечивается согласование спутниковых данных о динамике снегового покрытия территории на этапе калибровки модели с рассчитанными характеристиками снегонакопления и снеготаяния.

#### Этап 3.

Проводится повторная оптимизация параметров модели (3.1, 3.2), входящих в блоки расчёта поглощения и задержания воды (потери стока), в блоки склоновой и русловой трансформации. Параметры снегонакопления и снеготаяния при этом не изменяются.

#### Этап 4.

Далее для всех районов и, по возможности, высотных зон производится сопоставление вычисленных по модели и “фактических” многолетних средних значений снегонакопления и стока второго квартала по данным за годы, вошедшие в оптимизацию.

“Фактические” значения перечисленных характеристик определяются на основе обобщения гидрометеорологических данных многолетних наблюдений. Результаты территориальных обобщений средних многолетних характеристик снегонакопления приведены выше. Средние многолетние характеристики стока за второй квартал по выделенным трем районам (табл. 3.4) рассмотрим в следующем разделе отчета.

В результате анализа расхождения вычисленных по модели значений этих характеристик проводится дальнейшая корректировка параметров снегонакопления и потерь стока с целью модельных и “фактических” величин.

### 3.1.4. Расчет стока в районах бассейна р. Томь у г. Томска

В результате обобщения данных по стоку воды в пунктах наблюдений на реках бассейна Томи получены средние многолетние характеристики стока за весь период наблюдений (по 2000 г включительно). При продолжительности рядов более 30 лет, полученные средние значения

характеристик стока воды приняты за многолетнюю норму. Короткие ряды наблюдений «приводились» к норме по связям со стоком рек-аналогов. Если продолжительность наблюдений составляет менее 10 лет, приведение к многолетней норме выполнялось приближенно, с применением известного «метода отношений» стока по расчетному бассейну и бассейну-аналогу.

Напомним, что первый район занимает равнинное и предгорное левобережье бассейна от г. Томск до г. Новокузнецк и часть правобережья до с. Крапивино. Площадь первого района  $F_1=21300 \text{ км}^2$ . На участке р. Томь между городами Томск ( $F_T=57500 \text{ км}^2$ ) и Новокузнецк ( $F_N=29800 \text{ км}^2$ ) промежуточная площадь водосбора составляет  $F_{пр}= F_T - F_N =57500-29800=27200 \text{ км}^2$ . Мы видим, что  $F_{пр}$  больше площади первого района  $F_1$  на  $F_{доп}=5900 \text{ км}^2$ .

На этой дополнительной площади  $F_{доп}$  расположены бассейны рек Тайдон - пос. Медвежка, Н.Терсь - пос. Пезас, Ср.Терсь - пос. Монашка, В.Терсь - пос. Осиновое Плёсо, на которых проводятся наблюдения за стоком воды. Таким образом, имеется возможность определить объем стока с этой дополнительной площади.

Кроме того, по результатам наблюдений за стоком воды в Томске и Новокузнецке, можно рассчитать объем стока с промежуточной площади водосбора  $F_{пр}= F_T - F_N =27200 \text{ км}^2$ . Исключив из него объем стока с дополнительной площади, мы получим средний многолетний объем стока за второй квартал с площади первого района. Слой стока первого района, согласно приведенным расчетам, равен 193 мм.

В другом варианте расчета, когда в качестве исходных данных используются наблюдения в створах р. Томь – г. Томск, р. Томь – г. Кемерово, р. Ускат - с. Красулино, р. Черновой Нарык - с. Усково, р. С. Уньга – с. Панфиловское, р. Ю. Уньга – с. Панфиловское, слой стока в первом районе оказался равным 325 мм.

Второй район ( $8200 \text{ км}^2$ ) занимает юго-западную горную часть бассейна р. Томи. В его пределах расположен бассейн р. Кондомы. По наблюдениям в створе р. Кондома – с. Кузедеево, средний многолетний слой стока за второй квартал с площади второго района составляет 410 мм.

Третий район (горное правобережье Томи) занимает площадь  $27500 \text{ км}^2$ . В его пределах проводятся наблюдения за стоком воды в бассейнах рек Мрас-Су - г. Мыски, Уса - г. Междуреченск, Тутуяс - пос. Тутуяс, Томь – пос. Балыкса, Тайдон- пос. Медвежка, Н.Терсь - пос. Пезас, Ср.Терсь - пос. Монашка, В.Терсь - пос. Осиновое Плёсо. Данные этих пунктов освещают сток с площади, составляющей 74% территории района. По этим данным средний многолетний слой стока третьего района составляет 584 мм.

В таблице 3.4 приведено сравнение результатов расчета суммарного объема стока по всем трем районам с объемом стока, полученным по наблюдениям в г. Томск.

Расчеты показывают (таблица 3.4), что суммарный сток по всем трем районам ( $23532900 \times 10^3 \text{ м}^3$ ) отклоняется от объема стока р. Томь у г. Томск ( $23256000 \times 10^3 \text{ м}^3$ ) на 1,2%, т.е. данные практически совпали.

Таблица 3.4 - Результаты расчета среднего многолетнего объема стока в районах и в замыкающем створе бассейна р. Томь у г. Томск

Район (бассейн)	Площадь, км <sup>2</sup>	Средний многолетний слой стока (расчеты по данным наблюдений), мм	Объем стока $\times 10^3$ , м <sup>3</sup>	Средний многолетний слой стока (данные модели) мм
Первый район	21300	193 (вар.1)	4110900	287
Второй район	8200	410	3362000	416
Третий район	27500	584	16060000	475
Сумма по трем районам	57000	–	23532900	-
р. Томь – г. Томск	57000	408	23256000	396

Расчетные данные по среднему слою стока использовались как исходные в процессе оптимизации параметров в блоках потерь стока математической модели прогноза. Расчеты по математической модели (после оптимизации ее параметров) дали близкие значения для второго района и всего бассейна. Слой стока по модели в первом районе несколько завышен, а во втором – занижен, по сравнению с расчетами по данным наблюдений (таблица 3.4, последний столбец). В условиях недостаточного гидрометеорологического информационного обеспечения разница «модельных» и расчетных значений для горного бассейна р. Томи, отличающегося многообразием ландшафтно-гидрологических условий, не является неожиданной. Подчеркнем, что оптимизация параметров модели по многолетним данным наблюдений повышает точность прогнозов ежедневных уровней воды.

### 3.2 Точность прогнозов по данным авторских испытаний на реках Томь (г. Томск), Чарыш (свх Чарышский), на Средней и Нижней Оби (с. Александровское, г. Нижневартовск, г. Ханты-Мансийск, с. Белогорье)

Согласно выполненным авторским оценкам, качество методик прогноза по принятой шкале оценивается в основном как удовлетворительное и хорошее. Усовершенствованные методики и программное обеспечение прогнозов в 2012 г переданы для практического применения в ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» и ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».

В соответствии с решением технического Совета ФГБУ «Новосибирский ЦГМС – РСМЦ» от 10 октября 2012 года автоматизированная технология краткосрочного прогноза ежедневных уровней воды р. Томь и р. Чарыш в отделе ОГП ГМЦ ФГБУ «Новосибирский ЦГМС-РСМЦ» будет внедрена с 2013 года (тема 1.7.48 «Автоматизация и внедрение технологии прогноза ежедневных и максимальных уровней воды на Средней и Нижней Оби, Чарыше и Томи»).

На рисунках 3.7 – 3.11 представлены фактические и рассчитанные по модели гидрографы уровней воды по рекам р. Томь - г. Томск, р. Обь – г. Нижневартовск, р. Обь – с. Белогорье, р. Чарыш свх Чарышский за 2010, 2011, 2012 годы.

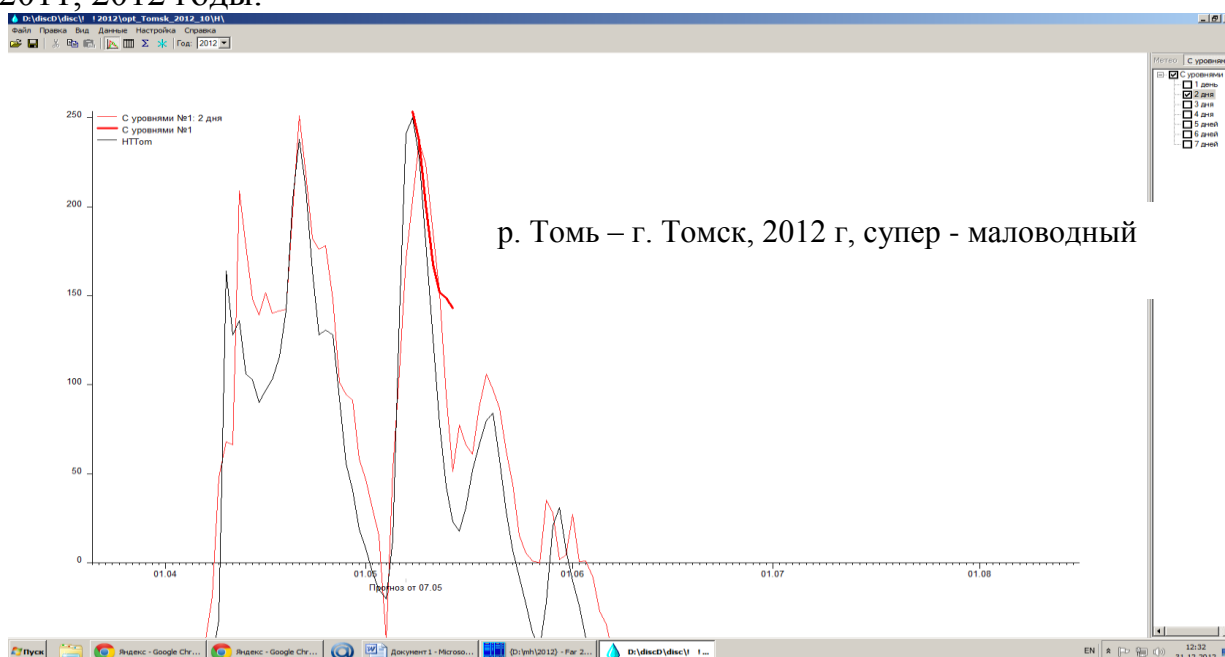


Рисунок 3.7 - Ход фактических и рассчитанных среднесуточных уровней ВОДЫ

— фактические; — - рассчитанные (забл. 2 сут.); — - прогноз на 7 сут.

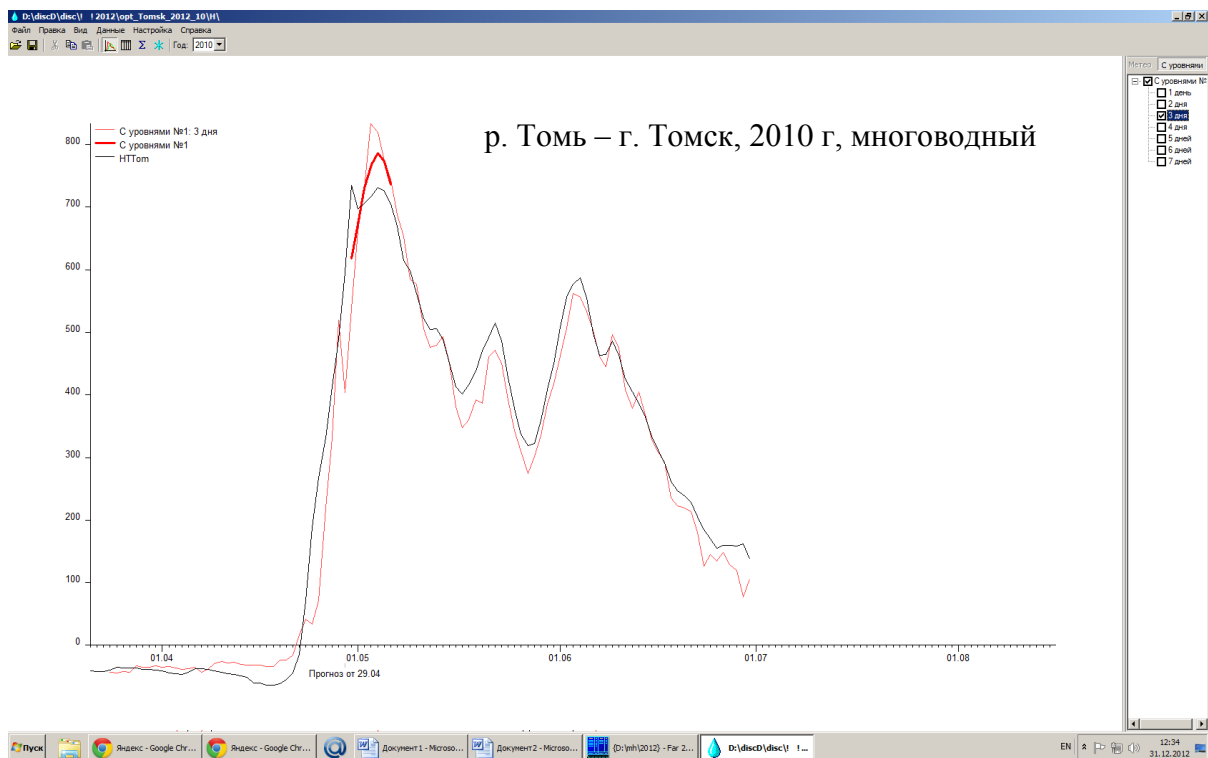


Рисунок 3.8 - Ход фактических и рассчитанных среднесуточных уровней ВОДЫ

— фактические; — рассчитанные (забл. 3 сут.); — прогноз на 7 сут.

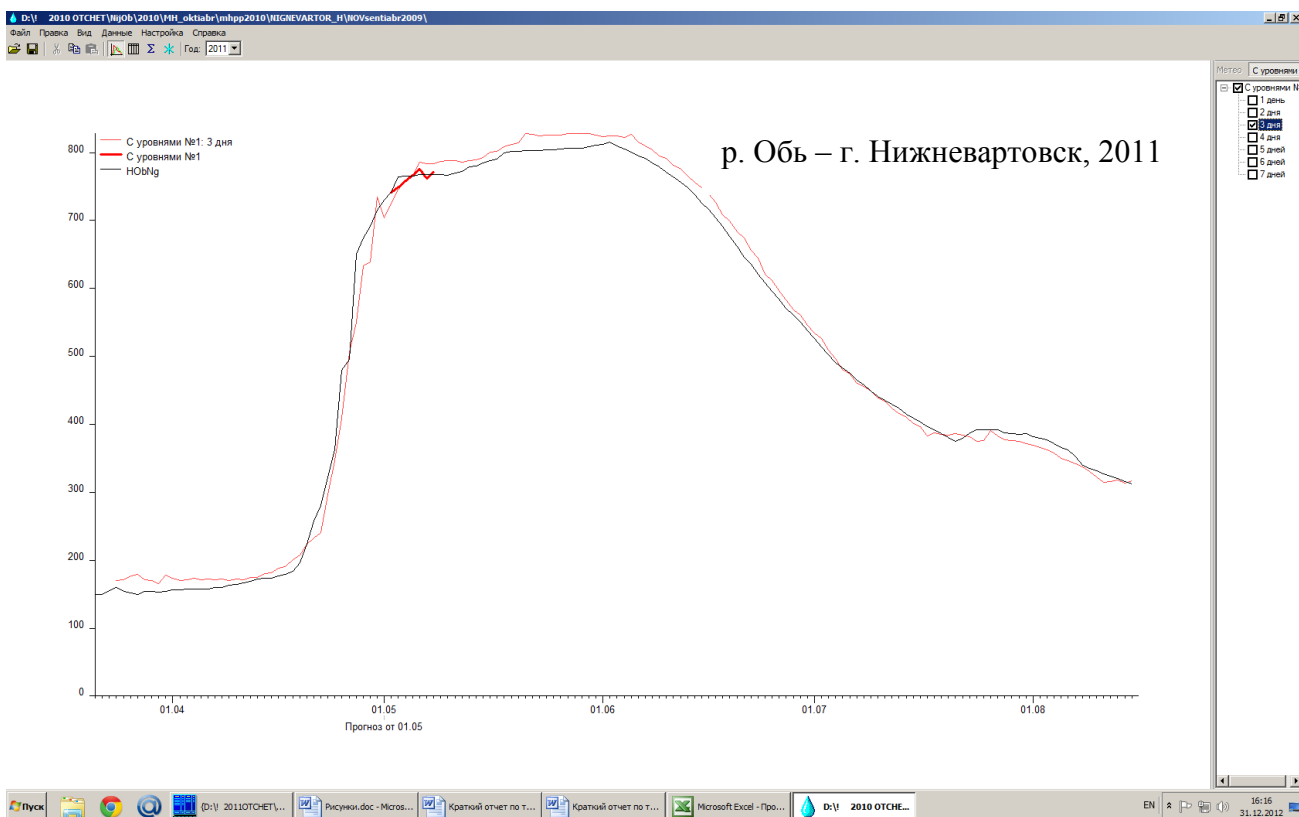


Рисунок 3.9 - Ход фактических и рассчитанных среднесуточных уровней ВОДЫ

— фактические; — рассчитанные (забл. 3 сут.); — прогноз на 7 сут.



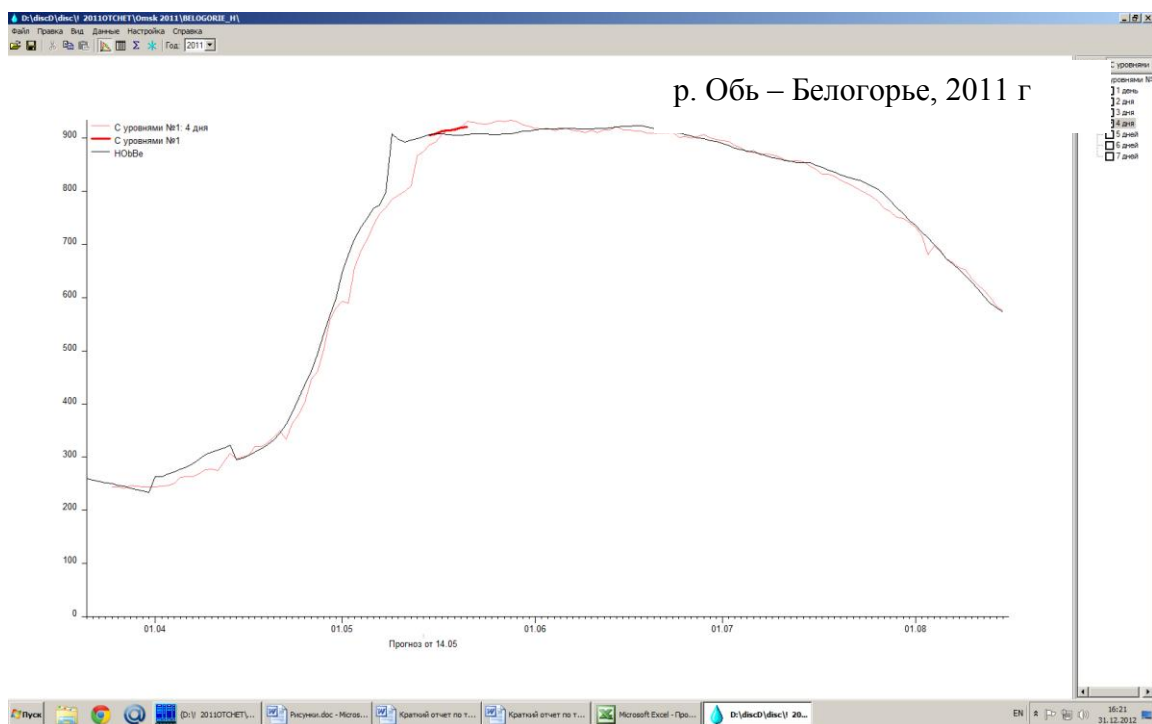


Рисунок 3.10 - Ход фактических и рассчитанных среднесуточных уровней ВОДЫ  
 — фактические; — рассчитанные (забл. 4 сут.); — прогноз на 7 сут.

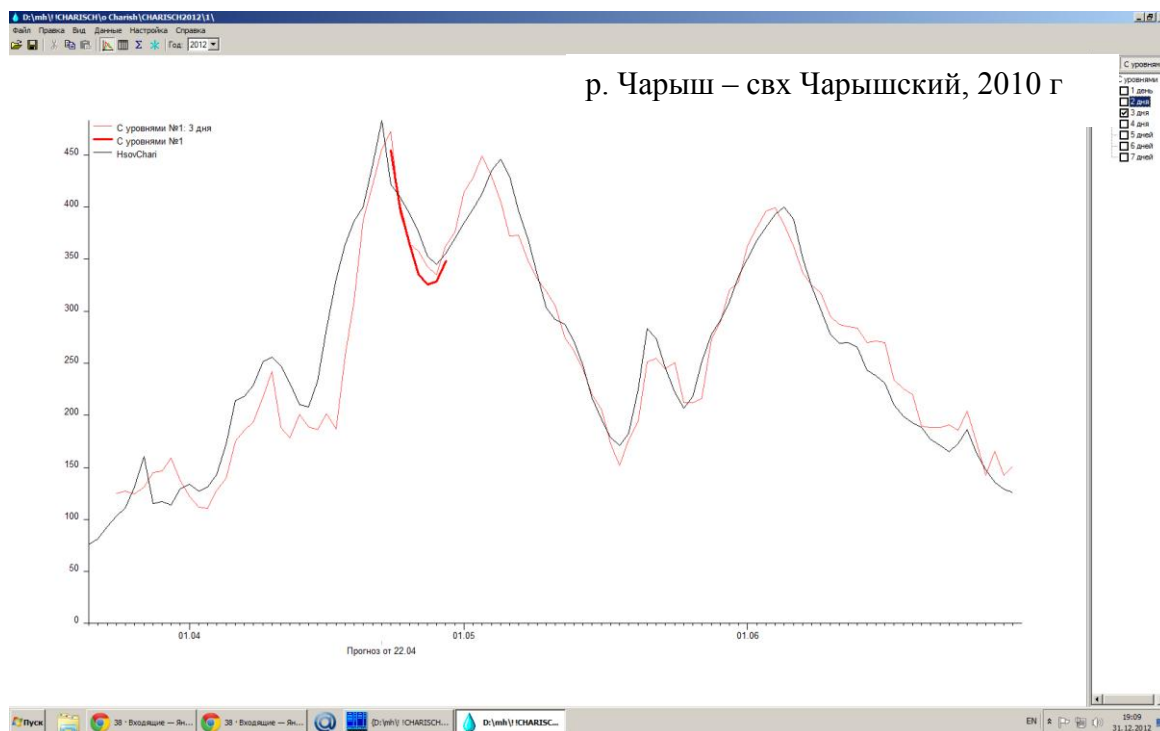


Рисунок 3.11. Ход фактических и рассчитанных среднесуточных уровней ВОДЫ  
 — фактические; — рассчитанные (забл. 3 сут.); — прогноз на 7 сут.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с техническим заданием по теме 1.7.48, в 2011 -2012 гг:

1. Решена проблема автоматизации рутинного ручного ввода данных в программы краткосрочного прогноза ежедневных уровней воды на Средней и Нижней Оби, Чарыше и Томи (г. Томск).
2. Разработан архив данных за 1999-2011 гг, уточнены расчетные характеристики снегонакопления и стока, усовершенствовано программное обеспечение краткосрочного прогноза ежедневных уровней воды на Томи у г. Томск.
3. Усовершенствованы элементы программного обеспечения с учетом данных за 2011- 2012 г для бассейнов Чарыша (свх Чарышский), Средней и Нижней Оби.
4. Завершена разработки программного обеспечения, получены авторские оценки качества проверочных прогнозов.

В результате выполнения темы прогнозист избавлен от рутинного ввода числовых данных. При этом за ним сохранена возможность их контроля и коррекции.

С этой целью в существующую оболочку «hws» программы прогноза добавлен модуль автоматического ввода гидрологических и метеорологических данных из внешних файлов qh\*\*\*.dat и xt\*\*\*.dat.

Специальная программа обеспечивает автоматизацию поступления данных во внешние файлы qh\*\*\*.dat и xt\*\*\*.dat из телеграмм по кодам КН-15 и КН-01 за определенный период времени, а также просмотр и корректировку этих данных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попов Е. Г. Вопросы теории и практики прогнозов речного стока. / Е. Г. Попов – М.: Гидрометеиздат, 1963. – 256 с.
2. Бураков Д.А., Адамович А.А. Учёт весенних заморозков в гидролого-математической модели прогноза наводнений в бассейне Енисея // Труды VII научной конференции «Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф». Красноярск, 2003 г. – Красноярск, 2003. – Т. 1. – С. 14–21.
3. Разработать и внедрить автоматизированную технологию прогноза ежедневных и максимальных уровней воды на Средней и Нижней Оби. Заключительный отчёт по теме 8.114 плана НИР и ОКР Росгидромета (ответственный исполнитель – дгн., проф. Д.А. Бураков)
4. Бураков Д.А. Математическая модель расчёта гидрографа весеннего половодья для равнинных заболоченных бассейнов / Д.А. Бураков // Метеорология и гидрология. – 1978. – № 1. – С.49–59.
5. Вершинина И.П., Бураков, Д.А. Условия формирования и математическая модель прогноза ежедневных уровней воды р. Томи у г. Томска за период половодья // Труды Межд. научно-практическая конф. "Климатология и гляциология Сибири". Томск, 16–20 октября 2012 г. – Томск, ТГУ, 2012. – С. 63–64.
6. Д.А.Бураков, И.Н.Гордеев, В.Ю. Ромасько. Использование спутниковой информации для оценки динамики снегового покрытия в гидролого-математической модели стока весеннего половодья на примере бассейна Саяно-Шушенской ГЭС. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов.– М: ООО «ДоМИРА», 2010. –Т. 7. – № 2. – С. 113–121.
7. Бураков Д.А. Кривые добегаания и расчёт гидрографа весеннего половодья /Д.А. Бураков – Томск: Томский госуниверситет, 1978. – 129 с.
8. Бураков Д.А. К оценке параметров уравнений, аппроксимирующих кривую руслового добегаания/ Д.А. Бураков // Водные ресурсы. – 1978. – №4. – С. 21–24.
9. К. Дж. Дейт Введение в системы баз данных. – 7-е изд. – «Вильямс», 2001.
10. Описание информационных систем – на сайте Росгидромета: <http://www.meteorf.ru/rgm2d.aspx?RgmFolderID=6cac86aa-1d33-43a1-9825-83b763ac1a71&RgmDocID=af486730-dcee-47a7-8124-bf2890226872>
11. Отчёт по НИР 1.9.1.10 за 2002 г: «Разработать методы и технологию долгосрочного и краткосрочного прогноза ежедневных и максимальных уровней воды рек бассейна Томи, Чарыша с использованием наземной и спутниковой информации» (отв. исп. Д.А. Бураков).
12. Бураков Д.А., Авдеева Ю.В. Технология оперативных прогнозов ежедневных расходов (уровней) воды на основе спутниковой информации о заснеженности (на примере р. Нижней Тунгуски) / Д.А. Бураков, Ю.В. Авдеева // Метеорология и гидрология. – 1996. – №10 – С.75–87.