

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды
ФГБУ «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации»

Прогнозирование опасных паводков в бассейне р. Кубань

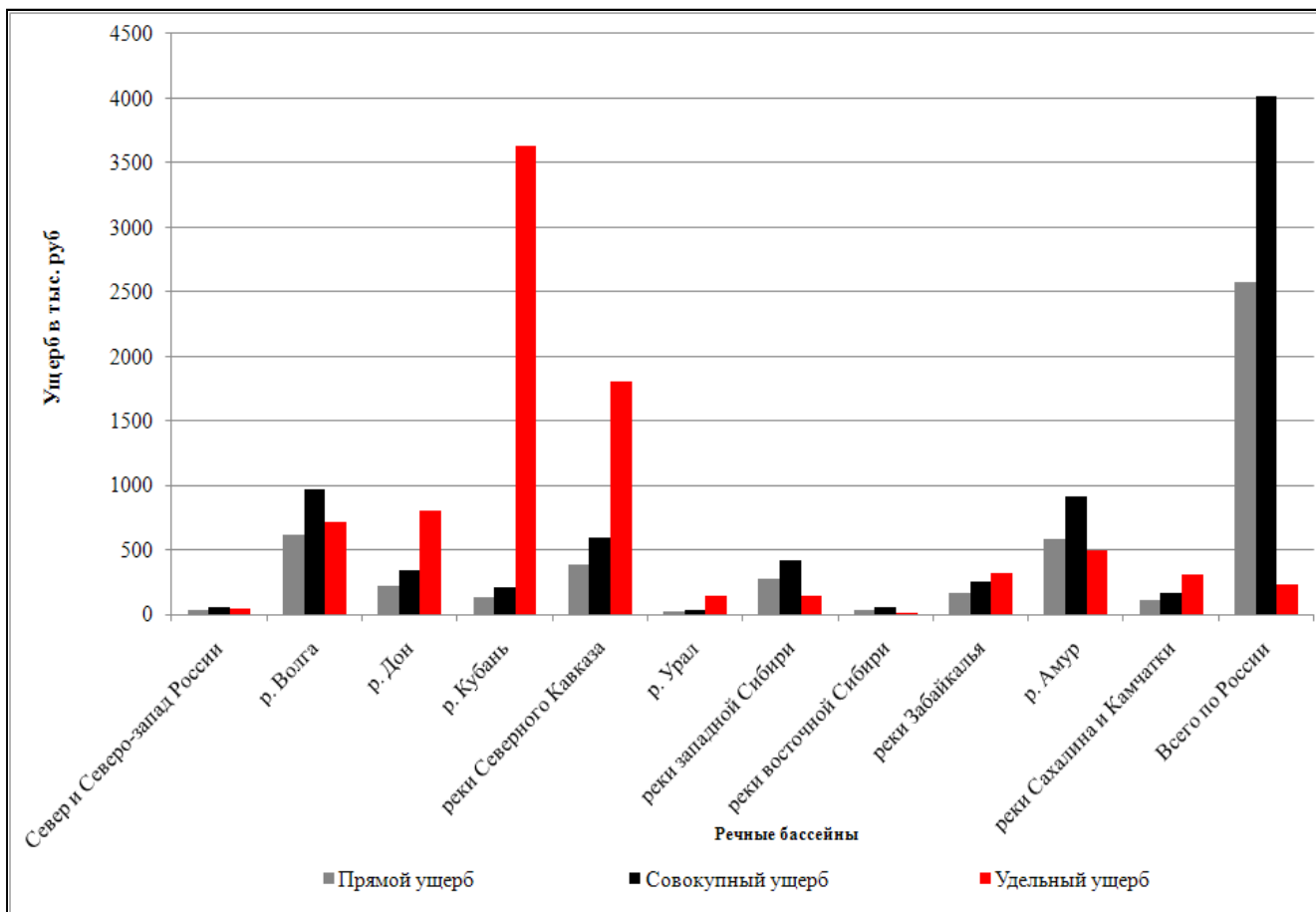
Арефьева О.Н., Борщ С.В., Мухин В.М.,
Полунин А.Я., Симонов Ю.А., Харьковская Т.А.



Казань - 2012



Постановка задачи



(Доброумов, 2002)

• Паводок 2002:

- Разрушено:
 - 10269 домов;
 - 205 км газопроводов;
 - 134 моста;
 - 354 км автодорог;
 - 221 км ЛЭП;
- погибло **103** чел;
- общий ущерб 8 млрд.
- 221 млн. руб.

(Лурье, Панов,
Ткаченко, 2002)

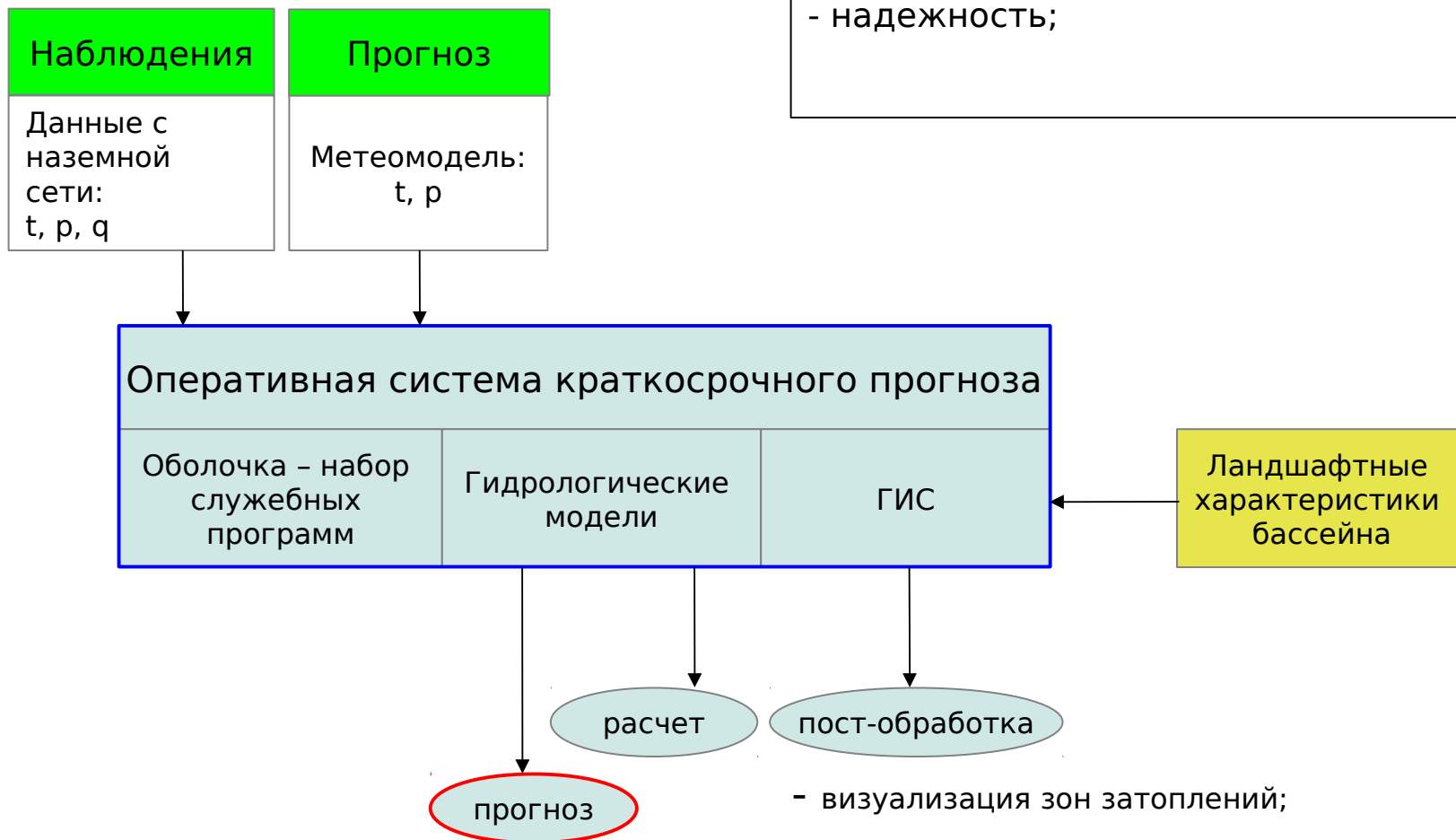
• Паводок 2012:

- погибло **153** чел;

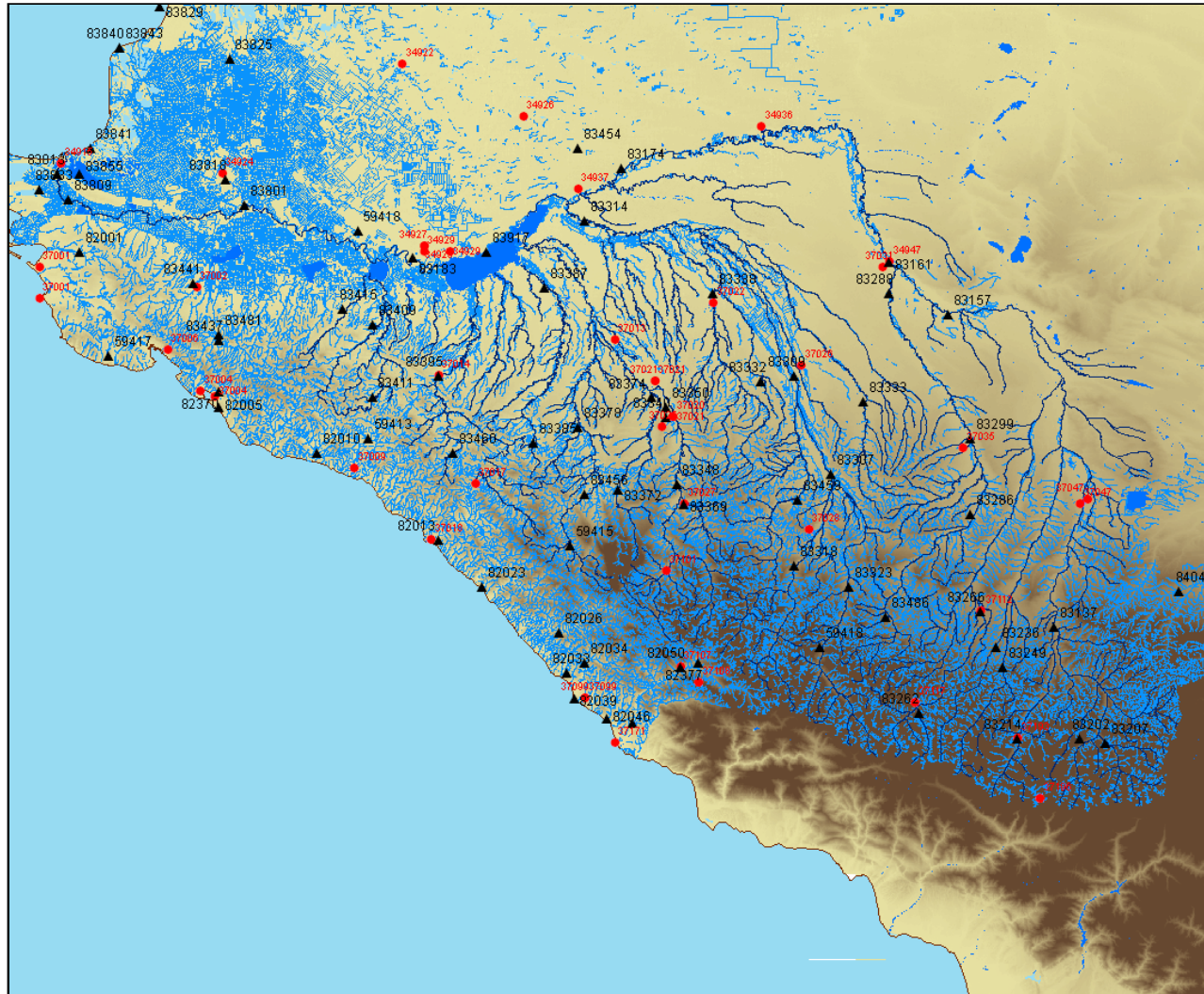
Постановка задачи

Свойства оперативной системы:

- точность;
- достаточная заблаговременность;
- оперативность (автоматизация);
- надежность;



Информационное обеспечение



Бассейн Кубани (выше Краснодарского вдхр.):

- 22 мс;
- 38 гп;
- 15 агромет;

Статические данные:

- ЦМР (100 м);
- Растительность (900 м);
- Типы почв (900 м);
- Землепользование (900 м);

Статистический подход

- Учет запасов воды в русловой сети;
- Учет количества осадков и показателей, характеризующих водопоглотительную способность бассейна;

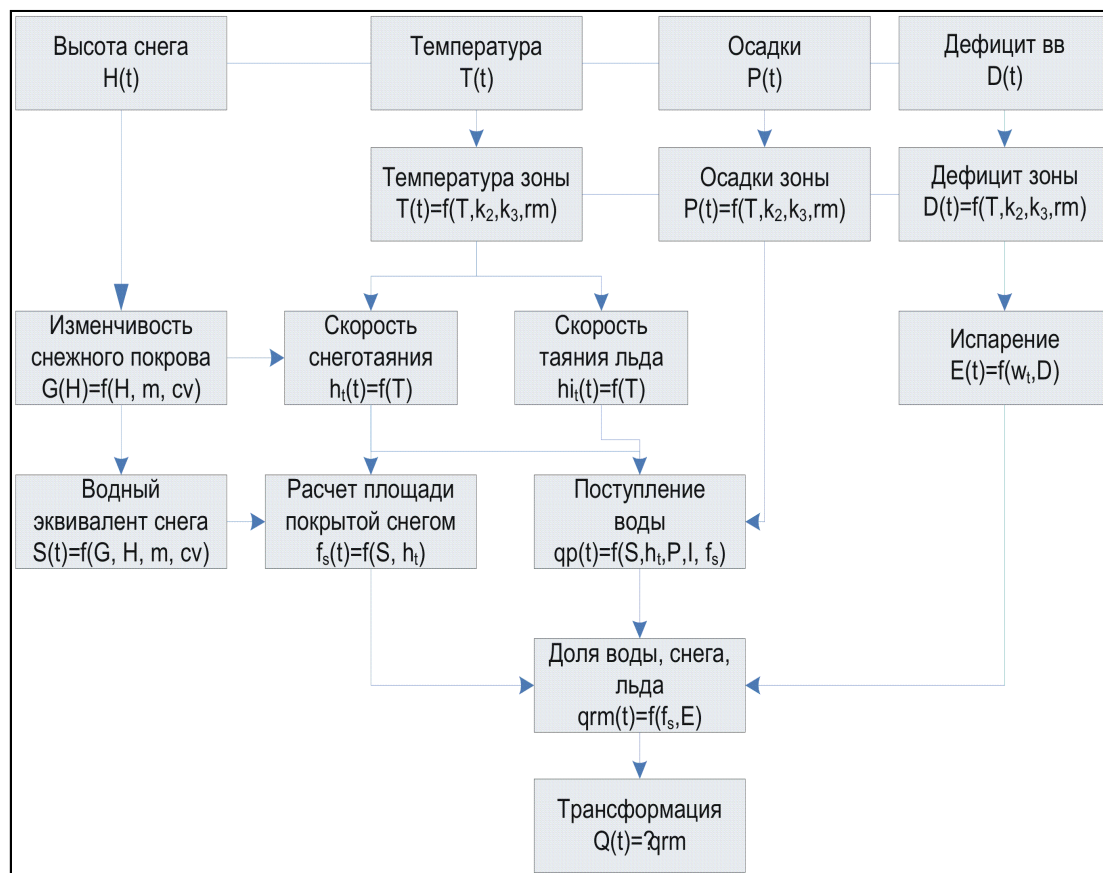
$$Y = P - p_{\max} [1 - \exp(-P/p_{\max})]$$

$$Y(t+1) = a_0 + a_1 P(t+1) + a_2 P(t) + a_3 T(t) + a_4 \sum q$$

$$Y = f(P, I_w)$$

Модель формирования стока

- Схема с полураспределенным и параметрами;
- Расчет водного баланса для высотных зон (разделение зон на ландшафтные типы);
- Описание процессов формирования стока приближенными уравнениями и параметрами;



Распределение метеоэлементов

$$\theta_{z,t} = \theta_{0,t} - \gamma_t \cdot (z - z_0)$$

$$\theta_{0,t} = \frac{1}{n_\theta} \sum_{i=1}^{n_\theta} \theta_{i,t} + \gamma_t \cdot \left(\frac{1}{n_\theta} \sum_{i=1}^{n_\theta} z_i - z_0 \right)$$

$$\gamma_t = \gamma_0 + a_\theta \times \cos \left[(t - t_0) \times \frac{2 \times \pi}{365} \right]$$

$$\gamma_0 = 5.04 \text{ C}^\circ/\text{км}, \quad a_\theta = 1.57, \quad t_0 = 186$$

- Для каждого из бассейнов определялся диапазон высотных зон, значение осадков в которых принималось в соответствии с данными одной из используемых метеостанций.

Динамика снеготзапасов

Устойчивое распределение снеготзапасов по территории – усеченное экспоненциальное распределение:

$$G(s) = \begin{cases} 0 & \text{при } s \leq Q \\ 1 - \exp\left(-\frac{s-Q}{P}\right) & \text{при } Q \leq s \leq Q + P * \ln(m) \\ 1 & \text{при } s \geq Q + P * \ln(m) \end{cases} \quad G(s)$$

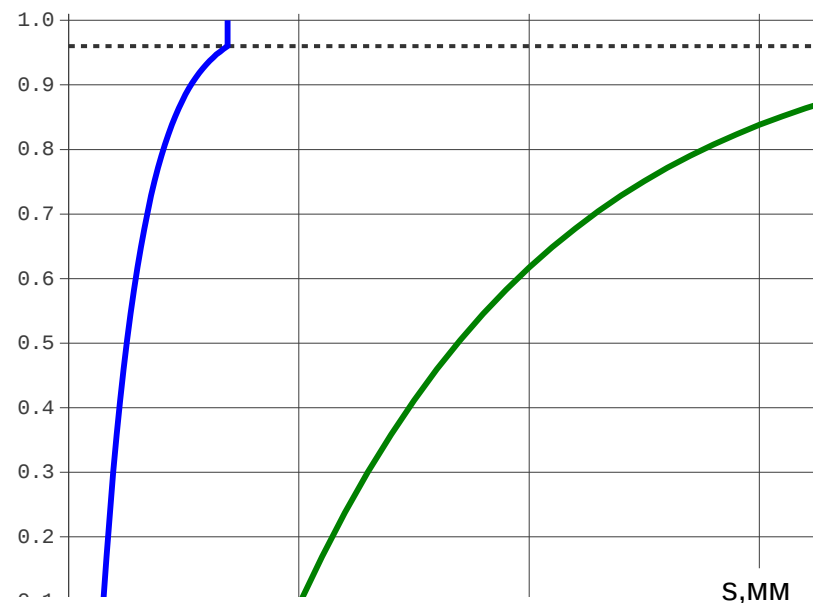
$$P = \frac{C_V}{\sqrt{1 - \frac{2 * \ln(m)}{m} - \frac{1}{m^2}}} * \bar{S} \quad Q = \bar{S} - P * \left(1 - \frac{1}{m}\right)$$

(Θ , P) -> слой стаивания, слой осадков
-> пересчет параметров
распределения снеготзапасов ->
расчет водоотдачи:

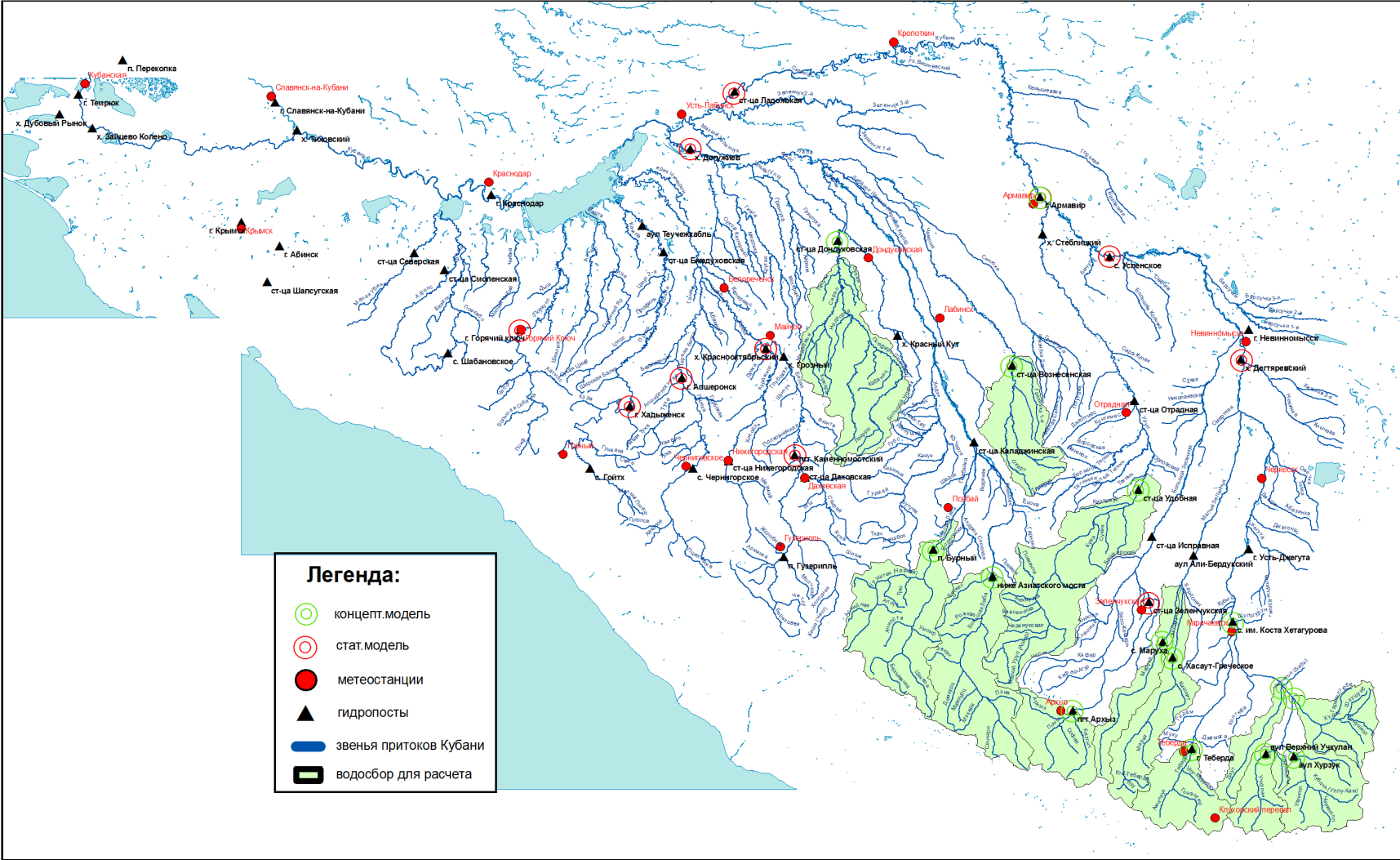
$$q_t = S_{V,t} + v_{2,t} + a$$

Слой воды, поступившей от таяния ледника:

$$h_l = K_l * \Theta$$

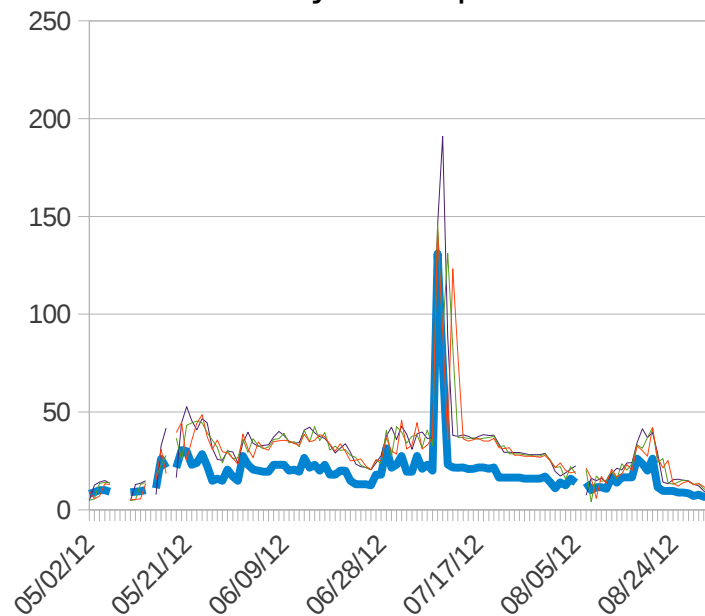


Гидропосты обеспеченные прогнозами

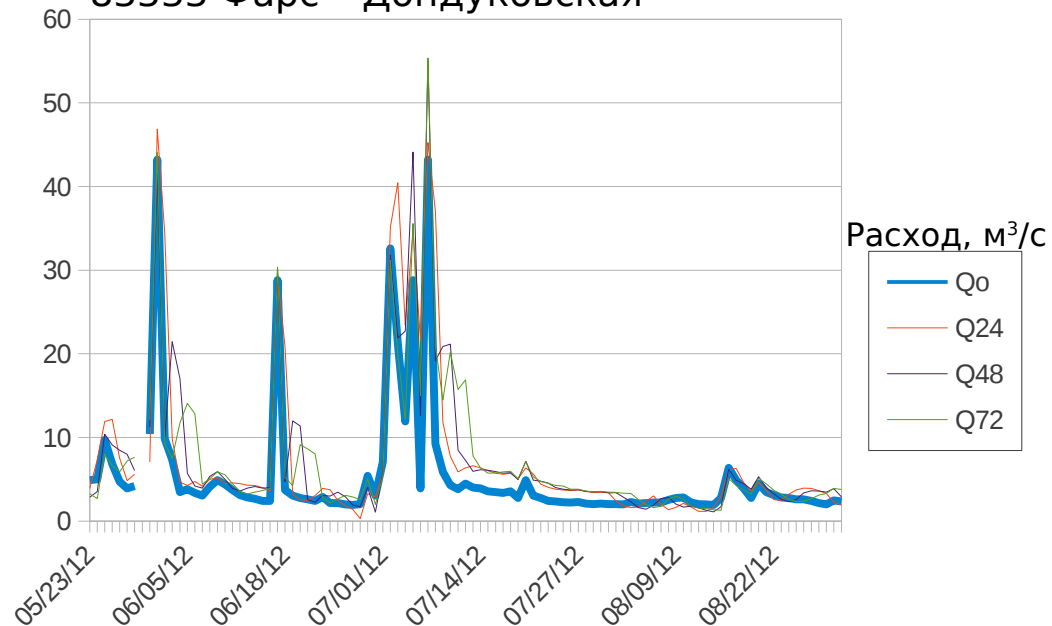


Расчет гидрографа стока

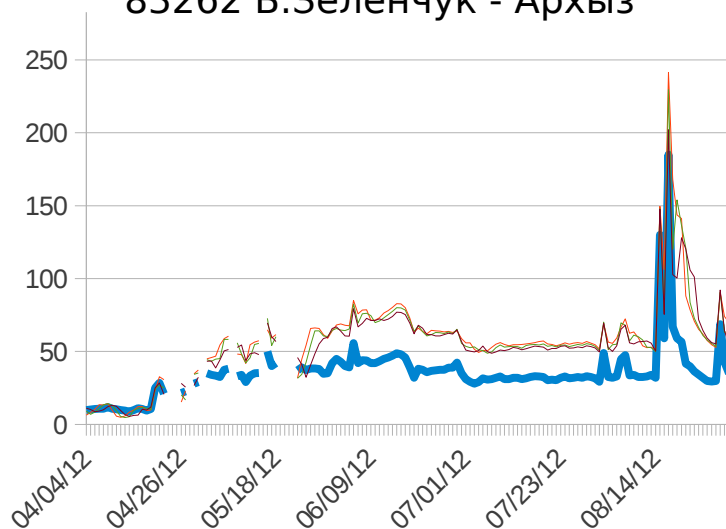
83236 Аксаут - Х.Греческое



83333 Фарс - Дондуковская



83262 Б.Зеленчук - Архыз



83338 Чамлык - Вознесенская



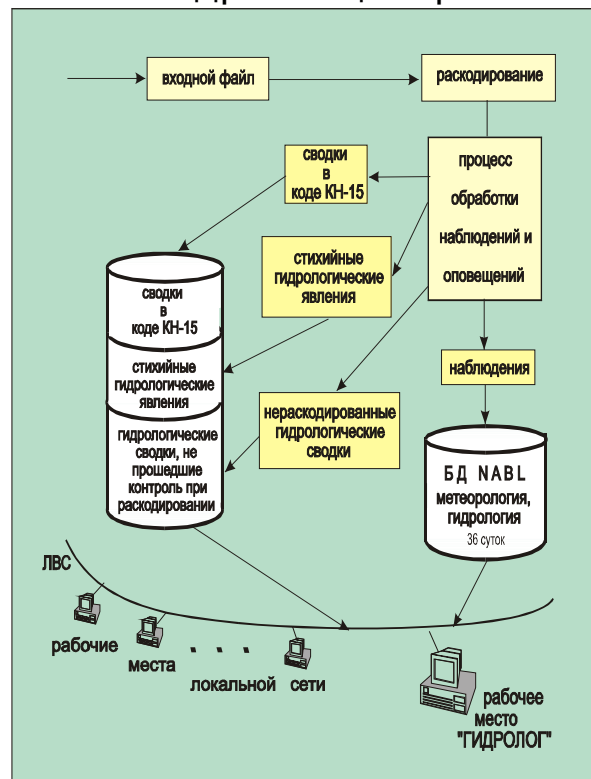
Расчет гидрографа стока

№	Река - створ	Индекс	S / σ
1	Уллу-Кам – Хурзук	83207	0.56
2	Учкулан – В.Учкулан	83202	0.58
3	Теберда - Теберда	83214	0.58
4	Аксаут - Х.Греческое	83249	0.64
5	Маруха - Маруха	83236	0.54
6	Б.Зеленчук - Архыз	83262	0.51
7	Б.Зеленчук - Зеленчукская	83266	0.44
8	Уруп - Удобная	83286	0.70
9	Б.Лаба - ниже А.моста	83323	0.55
10	М.Лаба - Бурное	83318	0.52

№	Река - створ	Номер	S / σ
11	Лаба - Догужиев	83314	0.42
12	Чамлык - Вознесенская	83333	0.49
13	Фарс - Дондуковская	83338	0.53
14	Белая - Каменноостский	83348	0.75
15	Белая - Белореченск	83476	0.48
16	Пшиш - Хадыженск	83385	0.57
17	Псекупс - Горячий Ключ	83395	0.53
18	Кубань - Коста Хетагурова	83137	0.60
19	Кубань - Дегтяревский	83150	0.57
20	Кубань - Успенское	83157	0.41
21	Кубань - Армавир	83161	0.42
22	Кубань - Ладожская	83174	0.39

Оперативный прогноз

Оперативная база данных
ФГБУ “Гидрометцентр России”



Загрузка данных
фактические данные,
метеорологический прогноз

Обработка данных
анализ, коррекция, приведение
К расчетному интервалу
времени

ФС модель
Расчет предикторов

Прогноз
Заблаговременно
сть
1-3 суток,
Запись в базу
данных

Расчет метеорологии
для высотных зон

ФСВ модель
Расчет сформированного слоя
воды для высотных зон;
расчет добегания до
замыкающего
створа;

Коррекция прогноза
Анализ ошибок на предыдущих
Расчетных интервалах;

Выпуск прогноза (МСК): 5-00, 10-00, 17-00

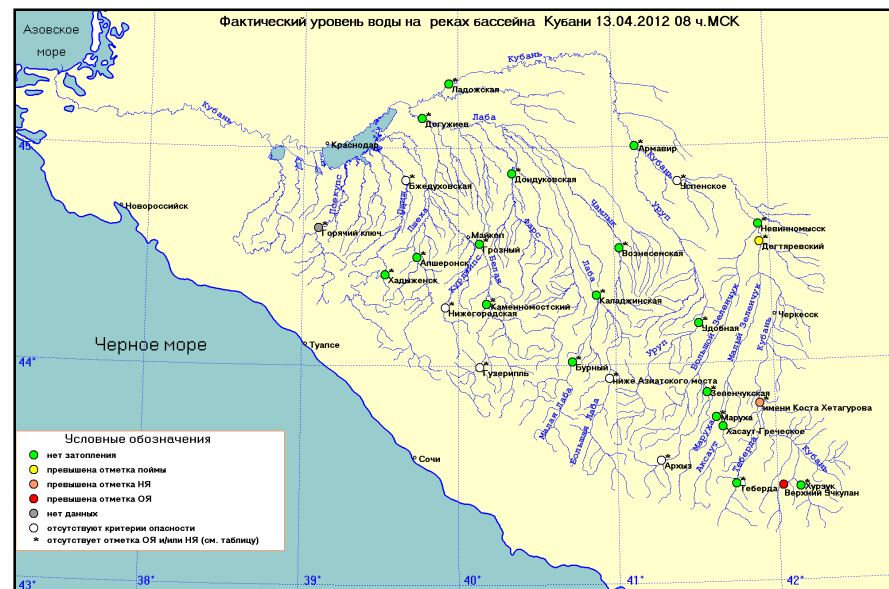
Выходная продукция

- оперативная база данных “ФГБУ Гидрометцентр России”;
- электронная почта;
- интернет-сайт ФГБУ “Гидрометцентр России”

Фактический уровень воды на реках бассейна Кубани 13.04.2012 08 ч.мск

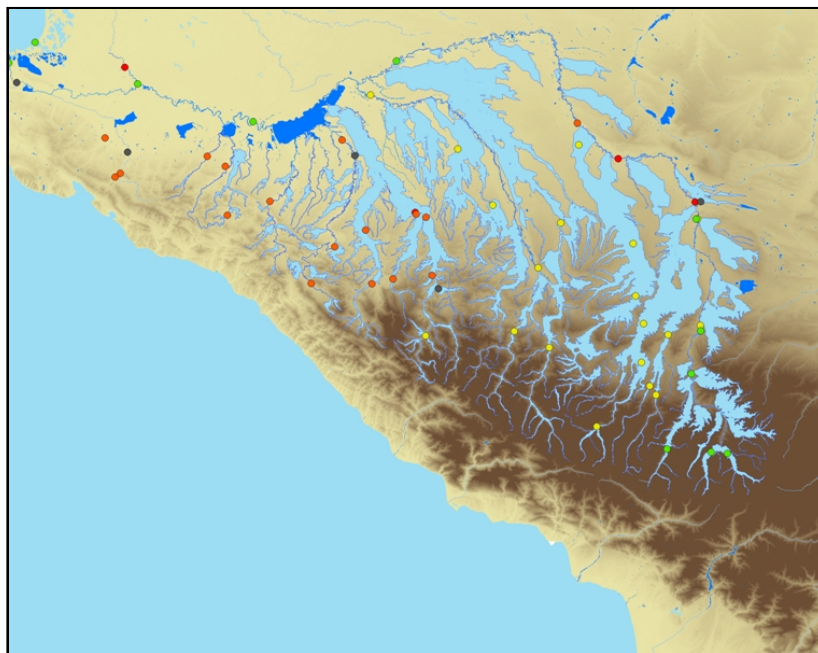
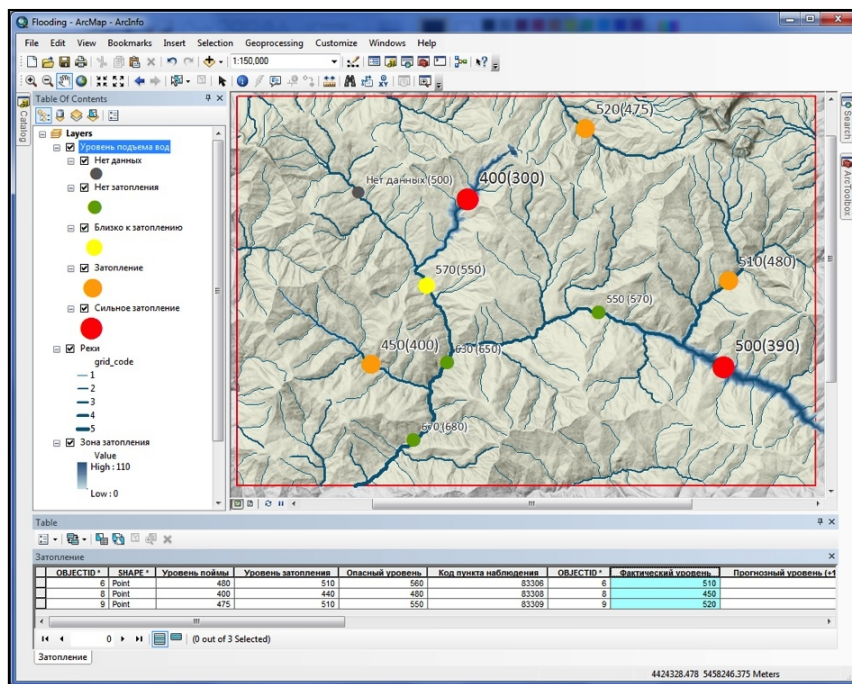
Индекс	Река-пост	Уровень,см	Отметка поймы,см	Отметка НЯ,см	Отметка ОЯ,см	Широта,° СШ	Долгота,° ВД
83137	р.Кубань - с. имени Коста Хетагурова	600	540	590	-	43,47	42,24
83150	р.Кубань - х. Дегтаревский	650	640	680	-	44,33	51,56
83153	р.Кубань - г. Невинномысск	627	680	700	-	44,38	41,56
83157	р.Кубань - с. Успенское	148	-	-	-	44,5	41,25
83161	р.Кубань - г. Армавир	348	500	550	-	45	41,09
83174	р.Кубань - ст-ца Лароская	572	720	750	-	45,18	39,56
83202	р.Учулук - вул. Верхний Учкулан	350	260	300	340	43,28	42,02
83207	р.Улуу-Кам - вул. Хураук	123	340	-	-	43,28	42,08
83214	р.Теберда - г. Теберда	188	340	-	-	43,5	42,1
83236	р.Маруха - с. Маруха	318	460	500	-	43,45	41,38
83249	р.Аксаут - с. Хасаут-Греческое	230	380	400	450	43,43	41,4
83262	р.Большой Зеленчук - плт Архыз	309	-	-	-	44,3	42
83266	р.Большой Зеленчук - ст-ца Зеленчукская	248	350	410	-	43,52	41,35
83286	р.Уруп - ст-ца Удобная	270	400	-	-	44,11	41,31
83307	р.Лаба - ст-ца Каладжинская	781	850	-	-	44,19	40,53
83314	р.Лаба - х. Догужиев	368	500	-	-	45,08	39,46
83318	р.Малая Лаба - пос. Бурный	245	420	-	-	44,01	40,43
83323	р.Большая Лаба - ниже Азиатского моста	280	-	-	-	43,57	40,58
83333	р.Чамлык - ст-ца Вознесенская	155	450	-	-	44,32	41,02
83338	р.Фарс - ст-ца Дондуковская	110	500	550	-	44,53	40,21
83340	р.Белая - пос. Гузерипль	117	-	-	-	43,25	45,12
83348	р.Белая - плт Каменномостский	350	650	700	-	44,17	40,11
83350	р.Белая - х. Грозный	218	350	400	-	44,32	40,08
83372	р.Курдюк - ст-ца Нижегородская	210	-	-	-	44,16	39,35
83378	р.Пышка - г. Алавердонск	304	760	800	-	44,3	39,44
83385	р.Пышка - г. Хаджиженск	321	600	800	-	44,25	39,32
83386	р.Пышка - ст-ца Бжедуховская	-	-	-	-	44,51	39,4
83395	р.Псекупс - г. Горный ключ	-	400	668	-	44,38	39,06

■ нет затопления



Постобработка в ГИС

Программное обеспечение для постобработки разработано в программной среде ArcGIS Desktop 10 в ходе выполнения проекта Всемирного Банка “Визуализация Гидрологической информации и зон затопления в период паводков средствами ГИС.



Отображение гидрологической обстановки на гидрологических постах

Визуализация площадей затопления (выполнено при тестовых уровнях)

Перспективы развития

