



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Центральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инженерной гидрологии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

**Краткосрочное прогнозирование расходов  
воды с различной заблаговременностью на круп-  
ных реках (на примере бассейна реки Иртыш)**

Исполнитель: \_\_\_\_\_ Салаурова Карина Юрьевна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ Гайдукова Екатерина Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

«Визитная» \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ к.т.н., доцент  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ Хаустов Виталий Александрович  
(фамилия, имя, отчество)

\_\_\_\_\_ 2024г.

Санкт-Петербург  
2024

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 Подходы краткосрочного прогнозирования расходов воды на крупных реках ..5	
1.1 Метод тенденции (способ линейной тенденции) .....	5
1.2 Метод тенденции (способ нелинейной тенденции) .....	8
1.3 Метод соответственных уровней (расходов) воды.....	13
1.4 Метод Калинина–Милюкова (по характерным участкам) .....	14
1.5 Метод ГМЦ.....	17
1.6 Критерий Нэша–Сатклиффа .....	18
1.7 Обоснование выбора методов прогноза на крупных реках.....	19
2 Формирование базы данных для исследования .....	21
2.1 Выбор водосборов для исследования .....	22
2.2 Гидрологические данные .....	23
2.3 Описание особенностей формирования стока на выбранных водосборах ..26	
3 Поверочные прогнозы расходов воды рек бассейна р. Иртыша .....	31
3.1 Метод тенденции: линейный способ .....	31
3.2 Метод тенденции: нелинейный способ .....	49
4 Анализ полученных результатов .....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	70
Приложение А .....	73
Приложение Б .....	87

## ВВЕДЕНИЕ

Краткосрочное прогнозирование элементов гидрологического режима представляет собой важную часть в гидрологии. Так, например, прогноз с достаточной заблаговременностью может предупредить различного рода опасные ситуации, например, затопление населенных пунктов в период прохождения весеннего половодья.

Существует множество методов прогноза гидрологических величин, но помимо стандартного расчёта необходимо выполнять соответствующую проверку на качество полученного прогноза. Насколько актуальны методы оценки эффективности? Требуется ли оценивать прогноз более чем одним методом? А какое влияние на прогнозные значения будет оказывать водосбор крупной реки? С какой заблаговременностью должен быть выполнен прогноз для крупной реки так, чтобы он был эффективен?

В связи с вышеизложенным целью исследования является выявить оптимальную заблаговременность для краткосрочного прогноза расходов воды весеннего половодья на крупных реках и дать оценку точности и эффективности методик. Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- а) провести анализ существующих методов краткосрочного прогнозирования на крупных реках;
- б) дать характеристику района исследования реки Иртыш и определить водотоки, для которых актуальна задача прогнозирования стока;
- в) выполнить расчёт прогноза по наиболее практичным методам;
- г) оценить точность и эффективность полученных прогнозов;
- д) дать анализ полученным результатам исследования и определить благоприятную заблаговременность для краткосрочного прогнозирования расходов воды на крупных реках.

В результате работы была выявлена проблема в критериях оценки эффективности прогноза. Оценка эффективности методики методом ГМЦ показала завышение обеспеченности методики. Графики прогнозных и фактических значений не соответствовали полученным положительным оценкам. Высокие значения статистических характеристик с большой заблаговременностью прогноза повлияли на точность прогноза.

При анализе полученных данных было предложено внедрить зарубежные критерии оценки точности прогноза и сравнить результаты между собой. Была реализована верификация прогнозных значений при помощи корреляционных диаграмм.

## 1 Подходы краткосрочного прогнозирования расходов воды на крупных реках

Сложность и разнообразие условий формирования водного и ледового режима водных объектов стали причиной появления многих методов и способов прогноза гидрологических явлений. Их формирование происходит под влиянием множества факторов, как природных, так и антропогенных, изменяющихся во времени и в пространстве. В настоящее время учесть всё их многообразие практически невозможно. Поэтому гидрологические прогнозы не являются совершенно точными и при их выпуске устанавливается вероятность возможных ошибок [1].

### 1.1 Метод тенденции (способ линейной тенденции)

«Метод тенденции – это метод прогноза стока путем экстраполяции графика уровня или расхода воды в данном створе реки на некоторый срок вперед.

Метод основан на предположении о постоянстве закона изменения уровня или расхода воды в период заблаговременности прогноза, т. е. на предположении, что существующая в настоящее время тенденция в изменении уровня или расхода воды сохранится неизменной в период заблаговременности прогноза.

Возможность надежного экстраполирования гидрологической величины, ее продолжительность определяются особенностями гидрологического режима реки, главным образом, средней продолжительностью однозначных изменений»[2].

Благоприятные условия для прогноза по данному методу имеются в нижней части водосбора и в устьевой зоне крупных рек, где подъемы и спады характеризуются плавностью и продолжительностью.

Прогноз данным методом для средних рек уменьшается, так как режим характеризуется пикообразностью, резкими и непродолжительными спадами.

Для малых рек данный метод прогнозирования не подходит, так как средняя продолжительность подъемов и спадов не превышает 6 дней, поэтому метод не может быть использован даже при заблаговременности равной одному дню. [2, 3].

Предположим, что неудовлетворительными прогнозами по данному методу (с заблаговременностью 1 сутки) являются прогнозы, ошибочные по фазе хода уровня (предполагается подъем, а на самом деле будет спад). В этом случае обеспеченность прогнозов рассчитывают так:

$$P = \frac{T-1}{T} \cdot 100 \quad (1.1.1)$$

откуда

$$T = \frac{100}{100-P} \quad (1.1.2)$$

где  $T$  – средняя продолжительность однозначного изменения уровня;  
 $P$  – обеспеченность метода прогноза.

Поскольку минимальная обеспеченность эффективного метода должна равняться 80%, то метод тенденции может быть использован, если средняя продолжительность устойчивых подъемов и спадов будет более 5 суток. Он будет неэффективен при меньшей продолжительности, так как изменения уровня будут незначительны.

Прогноз по способу линейной тенденции основан на предвычислении изменения прогнозируемого элемента. Экстраполяция осуществляется по прямой линии, её наклон равен среднему наклону предшествующего дате выпуска прогноза отрезка хода уровня.

На практике осуществление этого способа происходит следующим образом. Предполагается, что имеется отрезок гидрографа за период от  $t_1$  до  $t_2$ , причем  $t_0$  – день выпуска прогноза (рисунок 1).

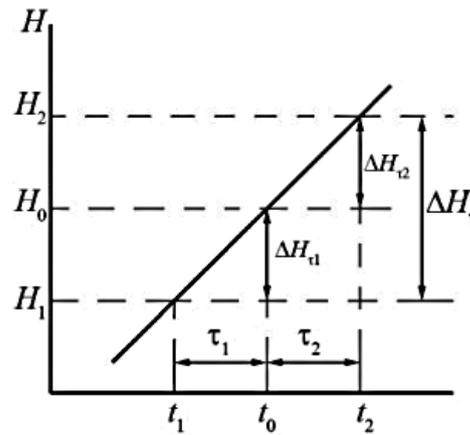


Рисунок 1.1.1 – Способ линейной тенденции.

На рисунке 1.1.1  $t_0$  – дата выпуска прогноза;  $t_2$  – дата, на которую прогнозируется уровень;  $\Delta H_{\tau_1}$ ,  $\Delta H_{\tau_2}$ ,  $\Delta H_{\tau}$  – изменение уровня за период  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  и  $\tau$ .

Необходимо дать прогноз в момент времени  $t_0 + \tau_2$  (т. е. с заблаговременностью  $\tau_2$ ), приращение в период от  $t_0$  до  $t_0 + \tau_2$  обозначим через  $\Delta H_{\tau_2}$ , а приращение уровня в прошлый период от  $t_0$  до  $t_0 - \tau_1$  через  $\Delta H_{\tau_1}$ . Тогда получаем уравнение:

$$H_2 = H_{t_0} + \Delta H_{\tau_2}, \text{ где } \Delta H_{\tau_2} = f(\Delta H_{\tau_1}) \quad (1.1.3)$$

или

$$H_2 = H_{t_1} + \Delta H_{\tau}, \text{ где } \Delta H_{\tau} = f(\Delta H_{\tau_1}) \quad (1.1.4)$$

При использовании уравнений 1.1.3 и 1.1.4 для прогноза выполняется построение графической зависимости по материалам гидрометрических наблюдений. Величины  $\tau_1$  и  $\tau_2$  устанавливаются заранее в соответствии с требуемой заблаговременностью и допустимой точности прогнозов. Связь на графике проводится в виде средней линии в поле точек. Отклонения точек на этой линии равны погрешностям прогноза. Обычно зависимости строят для каждого сезона по отдельности: для весеннего половодья, летней и зимней межени.

Заблаговременность прогнозов по данному способу определяется устойчивостью изменений прогнозируемого элемента во времени и обычно колеблется от 1 до 6–7 дней. При заблаговременности выше 8 суток способ в большинстве случаев неэффективным.

## 1.2 Метод тенденции (способ нелинейной тенденции)

Как правило, данный метод используют для прогноза кривых спада для больших паводков или половодья с заблаговременностью до 4–5 суток. Он основан на зависимости  $\frac{dQ}{dt} = f(Q)$ , где  $\frac{dQ}{dt} \neq \text{const}$  используется на для прогноза стока крупных и средних реках.

Метод делят на 2 группы: аналитический и графический.

Аналитический способ.

I. Теоретическая основа способа предполагает для спада линейное изменение расхода воды по времени добегания, которое приводит к формуле для объема воды  $W$  за период спада:

$$W = \frac{Q_0}{2} \tau_{max} \quad (1.2.1)$$

где  $Q_0$  – максимальный расход воды, соответствует пику паводка или паводья;

$\tau_{max}$  – время, за которое истощаются русловые запасы (максимальное время добегания).

Уравнение водного баланса участка реки в дифференциальной форме:

$$dW = qdt - Qdt \quad (1.2.2)$$

где  $dW$  – изменение объема воды;

$qdt$  – величина притока воды в речную сеть;

$Qdt$  – расход воды через замыкающий створ.

Если  $q\Delta t \approx 0 \Rightarrow dW = -Qdt \Rightarrow \Delta W = -Q\Delta t$ . Дифференцируя уравнение (1.2.1), получаем  $dW = \frac{\tau_{max}}{2} dQ \Rightarrow \frac{\tau_{max}}{2} dQ = -Qdt$ . Интегрирование последнего выражения приводит к формуле:

$$Q_t = Q_0 \cdot l^{\frac{2t}{\tau_{max}}} \quad (1.2.3)$$

где  $l^{\frac{2t}{\tau_{max}}} = \alpha$  – коэффициент истощения (спада);  $t$  – время от начала спада.

Из выражения 1.2.1 следует, что  $\tau_{max} = \frac{W \cdot 2}{Q_0} \Rightarrow \alpha = \frac{Q_0}{W}$ . Коэффициент спада  $\alpha$  прямо пропорционален максимальному расходу воды и обратно пропорционален запасу воды в русловой сети на дату прохождения максимального расхода.

Чем больше «крутизна» кривой спада, тем большее значение имеет коэффициент спада. Кроме того, этот коэффициент может быть учтен в зависимости от времени и/или от других гидрометеорологических характеристик, например,  $\alpha = f(t)$ ,  $\alpha = f(W_0, \dot{X})$ .

Для оценки расходов в период спада и продолжительности спада применяют следующие выражения:

$$Q_t = Q_0 \cdot \ell^{-\alpha t} \Rightarrow \lg Q_t = \lg Q_0 - \alpha t \lg \ell \Rightarrow \alpha_t = \frac{\lg Q_0 - \lg Q_t}{t \cdot \lg \ell},$$

где  $t$  – время от начала спада.

II. Для прогноза продолжительности спада паводка можно воспользоваться набором аналитических формул, которые были предложены Р.А. Нежиховским.

1) Для прогнозирования продолжительности спада на полупустынных и степных водосборах используется формула:

$$q_t = q_{max} R^t \quad (1.2.4)$$

где  $q_{max}$  – максимальный расход воды (пик паводка);

$t$  – дни от начала спада;

$R$  – тангенс угла наклона линии связи  $q_{t+1} = f(q_t)$ .

Продолжительность спада связывают с последней перечисленной характеристикой:

$$t_{спада} = - \frac{1,30}{\lg R} \quad (1.2.5)$$

И учитывается суммарный приток воды за период спада:

$$\sum q = \frac{q_{max}}{1-R} \quad (1.2.6)$$

который можно найти и по зависимости  $\sum q = f(q_{max})$ .

Последовательность действий при прогнозе:  $q_{max} \rightarrow \sum q \rightarrow R \rightarrow t_{спада}$ .

Рекомендуемая заблаговременность для рассмотренного подхода не превышает 10 суток.

2) Для прогноза продолжительности спада на лесных водосборах предлагают следующее уравнение для кривой спада:

$$q_t = q_{max} \cdot l^{-kt^2} \quad (1.2.7)$$

где  $k$  – тангенс угла наклона линии связи  $2,31\lg(q_{max}/q_t)=f(t^2)$ .

Продолжительность спада вычисляют по формуле:

$$t_{спада} = \frac{1,73}{\sqrt{k}} \quad (1.2.8)$$

Суммарный приток за период спада:

$$\sum q = \frac{0,89q_{max}}{\sqrt{k}} \quad (1.2.9)$$

Суммарный приток связывают со снегозапасами, определенными на дату прохождения максимального расхода воды  $\sum q = f(S)$ . Последовательность действий при прогнозе следующая:  $S \rightarrow \sum q \rightarrow k \rightarrow t_{спада}$ .

3) Также разработана «универсальная формула», с помощью которой можно описать кривую спада для водосборов, находящихся в различных физико-географических условиях:

$$q_t = q_{max} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{t}{t_{спада}} \right)^m \right]^2 \quad (1.2.10)$$

где  $m$  – показатель, учитывающий форму кривой спада (рисунок 1.2.1).

Суммарный приток определяется по формуле:

$$\sum q = q_{max} \cdot t_{спада} \left( 1 + \frac{1}{2m+1} - \frac{2}{m+1} \right) \quad (1.2.11)$$

где  $t_{спада}=f(q_{max})$ .

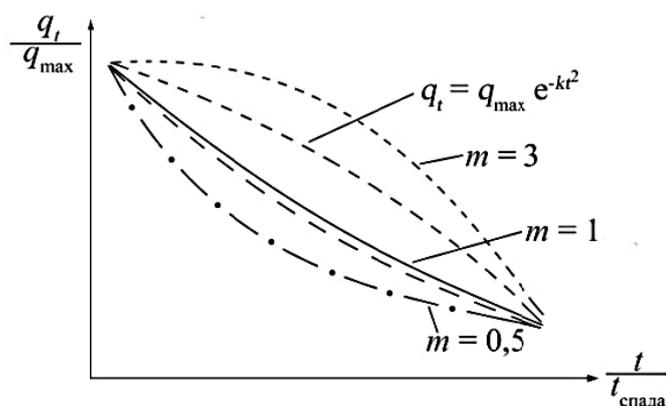


Рисунок 1.2.1 – Влияние показателя  $m$  на форму кривой спада.

Графический способ.

Графический способ основан на осреднении и типизации кривых спада, а также на зависимости  $\frac{dQ}{dt} = f(Q)$ .

Строятся типовые кривые спада отдельно для каждой реки по ежегодным относительным кривым. Расходы воды кривых выражаются в долях (или %) от максимального  $\alpha_t = \frac{Q_t}{Q_{max}} 100\%$ , время от начала спада – в долях (или %) от общей продолжительности спада  $\beta_t = \frac{t}{t_{спада}} 100\%$ . По этим данным строится семейство относительных кривых спада вида:

$$Q_t/Q_{max} = f(t/t_{спада}) \quad (1.2.12)$$

В поле этих относительных кривых устанавливается типовая или средняя многолетняя кривая спада.

«Использование типовой кривой спада основано на известных данных о максимальном расходе и расходе воды через несколько суток  $t$  после начала спада. По значению  $\alpha_t$  с типовой кривой спада снимается значение  $\beta_t$  и определяется продолжительность спада. Затем по вычисленным значениям  $\beta_t$  устанавливаются соответствующие величины  $\alpha_t$  и вычисляются расходы воды на спаде половодья (паводка). Способ учитывает тенденцию изменения расхода воды в начальный период спада. Прогностические дей-

ствия можно записать в следующем виде:  $Q_t = Q_{max} \cdot \alpha_t$ ,  $\beta_t = \frac{t}{t_{спада}} \Rightarrow t_{спада} = \frac{t}{\beta_e}$   
 $= \frac{3}{\beta_3}$  (значение  $t$  любое)» [2, 3].

### 1.3 Метод соответственных уровней (расходов) воды

«В основе этого метода положен учет закономерностей движения паводочной волны в русле реки. Расход воды из верхнего створа участка переместится в нижний створ через определенный промежуток времени. Величина этого промежутка зависит от расстояния между створами участка и от гидравлических условий движения паводка, которые меняются в зависимости от его высоты.

Заблаговременность прогноза определяется как разность между сроками наступления соответственных уровней (расходов) воды в указанных створах, которую называют временем добегания ( $\tau$ ).

Соответственными уровнями (расходами) воды считаются уровни (расходы) одной и той же фазы паводка на верхнем и нижнем створах участка реки (пики, впадины, уровни на подъеме и спаде и т.д.). Данный метод прогноза считается приближенным. Основное его допущение заключается в наличии однозначной зависимости времени добегания от уровня (расхода) воды в верхнем створе» [3].

Этот метод применим, когда нет оснований ожидать заметной трансформации волны.

Прогноз расходов в нижнем створе участка реки сводится к решению уравнения соответственных расходов воды вида:

$$Q_{H_t} = Q_{B_{t-\tau}} + \int_0^l q dl \quad (1.3.1)$$

где  $Q_{H_t}$  – расход воды в нижнем створе в момент времени  $t$ ;

$Q_{t-\tau}$  – расход воды в верхнем створе в момент времени  $t-\tau$ ;

$\tau$  – время добегания воды от верхнего створа до нижнего;

$l$  – длина участка.

Прогнозы по методу соответственных уровней подразделяют на:

- 1) прогнозы на бесприточном участке
- 2) прогнозы на приточном участке
- 3) прогнозы на речной системе

В свою очередь описание каждого из этих видов прогнозов подразделено на две важные части:

- а) описание способов расчета и прогноза руслового времени добегания
- б) описание способов построения связей соответственных расходов общего вида (для любого участка реки).

#### 1.4 Метод Калинина–Милюкова (по характерным участкам)

«Метод основан на предположении, что характерный участок реки длиной  $L$  оказывает такое же регулирующее влияние на волну паводка, как и равное ему по объему водохранилище.

На характерном участке при неустановившемся движении сохраняется однозначность изменения объема  $W$  от расходов воды в нижнем створе  $Q_n$ , справедливая для установившегося движения:

$$W = f(Q_n) \quad (1.4.1)$$

В призматическом русле, в условиях неизменной формы и сечения его по длине реки, а также линейном изменении уровней воды, на участке

будет иметь место однозначная зависимость объема воды от уровня в середине участка, т. е.

$$W = f(H_{cp}) \quad (1.4.2)$$

Следовательно,  $Q_n = f(H_{cp})$ .

Для расчета распластывания паводочной волны река разбивается на ряд характерных участков. Для каждого участка длина определяется по формуле:

$$L = \frac{Q}{i} \frac{dH}{dQ} \quad (1.4.3)$$

где  $Q$  и  $i$  – соответственно расход и уклон водной поверхности при установившемся режиме;

$dH/dQ$  – тангенс угла наклона касательной к кривой расходов воды при данном значении расхода.

Так как зависимость объема и расхода в нижнем створе принимается линейной, тогда  $W = \tau Q_n$ .

Подставляя  $Q_n$  в уравнение неразрывности (водного баланса в дифференциальной форме)

$$(Q_B - Q_n)dt = dW$$

получаем

$$\left(Q_B - \frac{W}{\tau}\right)dt = dW$$

или

$$\frac{dW}{dt} + \frac{W}{\tau} = Q_B$$

Численное решение уравнения приводит к формуле:

$$Q_{н_к} = Q_{в_н} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}\right) + Q_{н_н} e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} \quad (1.4.4)$$

или

$$Q_{н_к} = Q_{н_н} + (Q_{в_н} - Q_{н_н}) \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}\right) \quad (1.4.5)$$

Первое слагаемое выражения есть функция притока с верхнего створа, а второе – закон истощения в случае отсутствия притока. Поскольку продолжительность расчетного интервала времени  $\Delta t$  и параметр  $\tau$  принимаются постоянными:

$$\left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}\right) = K = const$$

тогда

$$Q_{н_к} = Q_{н_н} + (Q_{в_н} - Q_{н_н}) \cdot K \quad (1.4.6)$$

По формуле 1.4.6 рассчитывается расход воды в нижнем створе  $Q_{н_к}$ , этот расход принимается в качестве начального для следующего интервала времени и т. д.

После расчета на первом участке переходят ко второму, для которого  $Q_{н_к}$  первого участка принимается в качестве  $Q_{в_н}$ . При использовании этих зависимостей делаются следующие допущения:

- 1) время добегания на характерном участке постоянно ( $\tau = const$ );
- 2)  $Q_в = const$  на интервале  $\Delta t$ .

Формула (1.4.6) удобна для расчетов на бесприточном участке при задании графика хода расходы воды через верхний створ. Расчетная единица времени  $\Delta t$  должна быть меньше  $\tau$  [2].

## 1.5 Метод ГМЦ

Метод ГМЦ для оценки эффективности был разработан и рекомендован к использованию Гидрометцентром в 1962 году[2].

В основу расчёта положены методы математической статистики.

Для определения изменчивости случайной переменной рассчитывают ее среднеквадратическое отклонение за период заблаговременности от нормы по формуле:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}} \quad (1.5.1)$$

где  $\Delta_i$  – изменение предсказываемой величины за период заблаговременности;

$\bar{\Delta}$  – норма этих изменений;

$n$  – число членов ряда.

Для оценки точности отдельного прогноза в данном методе применяется допустимая погрешность по заданной формуле. Берется некоторая доля среднеквадратического отклонения, а именно:

$$\delta_{\text{доп}} = \pm 0,674 \sigma_{\Delta} \quad (1.5.2)$$

Прогноз считается оправдавшимся, если  $\delta_i \leq \delta_{\text{доп}}$ .

Оценка прогноза:

– отлично  $\delta_i < 0,3 \delta_{\text{доп}}$

– хорошо  $\delta_i = (0,3 - 0,6) \delta_{\text{доп}}$

–удовлетворительно  $\delta_i = (0,6 - 1,0) \delta_{\text{доп}}$

Оценка эффективности методики по методу ГМЦ проводится при помощи определения среднеквадратической погрешности поверочных прогнозов  $S$ :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\Phi} - Y_{\text{пр}})^2}{n-m}} \quad (1.5.3)$$

где  $Y_{\Phi}$  – фактическое значение величины;

$Y_{\text{пр}}$  – предсказанное значение;

$n$  – число членов ряда;

$m$  – число параметров в прогностическом уравнении, при использовании линейной зависимости.

За критерий применимости и качества методики принимается отношение среднеквадратической погрешности поверочных прогнозов к среднеквадратическому отклонению предсказываемой величины от среднего значения либо к ее изменению за период заблаговременности,  $S/\sigma$  или  $S/\sigma_{\Delta}$ .

Методика прогноза будет считаться приемлемой, если обеспеченность допустимой погрешности поверочных прогнозов не менее чем на 10% превышает обеспеченность вероятного отклонения предсказываемой величины от среднего, то есть:

- $n \leq 15$  должно быть  $S/\sigma_{\Delta} \leq 0,70$ ;
- $15 < n \leq 25$  должно быть  $S/\sigma_{\Delta} \leq 0,75$ ;
- $n > 25$  должно быть  $S/\sigma_{\Delta} \leq 0,80$ .

## 1.6 Критерий Нэша–Сатклиффа

В настоящее время во многих странах мира, а в последние годы и в России, для оценки качества и эффективности прогнозной методики используется критерий Нэша–Сатклиффа, опубликованный в 1970 году.

Применяемый для оценки эффективности показатель Нэша–Сатклиффа рассчитывается по формуле:

$$NSE = 1 - \frac{S}{\sigma} \quad (2.2.1)$$

где  $S$  – среднеквадратическая погрешность прогнозируемой величины;  
 $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

Оценка производится по показателям:  $NSE=1$  – отлично, при  $1 > NSE > 0$  модель считается эффективной по сравнению с референтной моделью. При  $NSE_{min} < NSE < 1$  качество расчета считается как минимум удовлетворительным, при  $NSE \leq NSE_{min}$  – плохим.

Недостатком критерия является низкая чувствительность к ошибкам расчета малых и средних расходов, занижение дисперсии рассчитанных расходов и переоценка эффективности модели.

## 1.7 Обоснование выбора методов прогноза на крупных реках

Для дальнейших расчётов необходимо выбрать несколько методов, которые покажут оптимальные результаты и сравнить их между собой.

Для краткосрочного прогнозирования на крупных реках (на примере бассейна реки Иртыш) такими методами являются метод тенденции: способной и нелинейной тенденции.

Метод тенденции учитывает такое свойство гидрологических явлений, как сохранять тенденцию хода уровней или расходов воды в течение некоторого времени. Это свойство особенно присуще крупным рекам, к ним как раз относится река Иртыш и ее притоки, на которых сток формируется с различных частей бассейна, и в ходе расходов воды отмечаются

продолжительные и плавные периоды подъема и спада различных гидрологических явлений.

## 2 Формирование базы данных для исследования

Для проведения исследования был выбран водосбор реки Иртыш. В таблице 2 перечислены ее крупные притоки с указанием площади водосбора.

Таблица 2 – Гидрологические посты на р. Иртыш и притоках

№ п.п	Река–Пост	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
1	р.Иртыш – с.Татарка	596000
2	р.Иртыш – г.Омск	769000
3	р.Иртыш – г.Тобольск	958000
4	р.Иртыш – г.Ханты-Мансийск	1650000
Правые притоки		
5	р. Омь– г. Калачинск	47800
6	р. Омь– г. Омск	52400
7	р.Тара – с.Муромцево	16400
Левые притоки		
8	р.Ишим – г.Ишим	115000
9	р.Ишим – с.Викулово	126000
10	р.Ишим – с.Орехово	158000
11	р.Тобол – г.Ялуторовск	241000
12	р.Тобол – с.Иевлево	333000

На рисунке 2 представлена схема расположения гидрологических постов на р. Иртыш и ее крупных притоках: правобережные – р. Омь, р. Тара и левобережные– р. Ишим, р. Тобол.

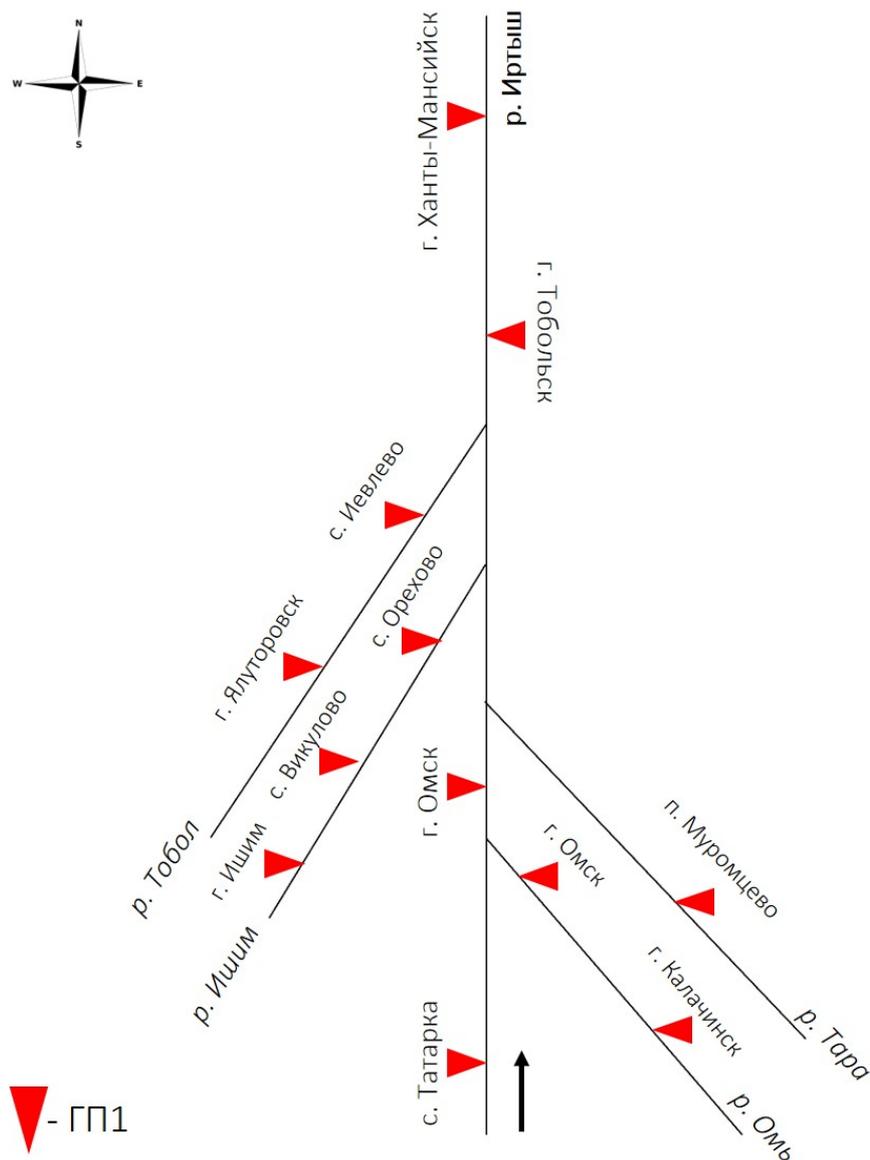


Рисунок 2 – Схема расположения гидрологических постов на реке Иртыш и ее притоках.

## 2.1 Выбор водосборов для исследования

В качестве исследуемых водосборов были выбраны следующие: правобережный приток – р. Омь левобережный приток – р. Тобол. На территории бассейнов данных рек происходят затопления близлежащей террито-

рии и населенных пунктов, расположенных на берегах рек, в период весенне-летнего половодья.

Сильные половодья в бассейнах рек связаны с изменением уровней воды, зависящих от климатических условий. Затопление населенных пунктов происходит в период весеннего половодья в результате образования обильного снежного покрова в зимний период, холодной весны и повышенного увлажнения почвы осенью, частых ливневых дождей в весенне-осенний период.

Реки Тобол и Омь не зарегулированы, и это позволяет оценить их естественный гидрологический режим.

В устьевой зоне реки Омь на территории г. Омска ежегодно происходит поднятие уровня воды из-за подпора от р. Иртыш, что увеличивает риск затопления территории.

Стоит отметить, что река Омь является преимущественным источником водоснабжения на территории Омской области [8].

В настоящее время река Иртыш зарегулирована каскадом ГЭС в верхнем течении, однако, до зарегулирования водотока весенний ледоход на территории Омской области был очень сильным, что приводило к образованию ледяных заторов. Строительство гидроэлектростанций привело к уменьшению сильных ледяных заторов и значительных подъемов уровня воды в период высокой воды [13].

## 2.2 Гидрологические данные

В качестве исходных данных были выбраны среднесуточные расходы воды на р. Иртыш, р. Омь, р. Тобол в период с 2016 по 2021 гг. (Приложение А). На их основе были построены хронологические графики и выделена фаза весеннего половодья для каждого года.

На графиках р. Иртыш видно то, как на ход расхода воды влияет регулирующая работа ГЭС (рисунок 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3). На графиках плановые сработки отмечаются плавными пиками. В связи с этим, обоснования осуществлять прогнозирование стока на реке нет.

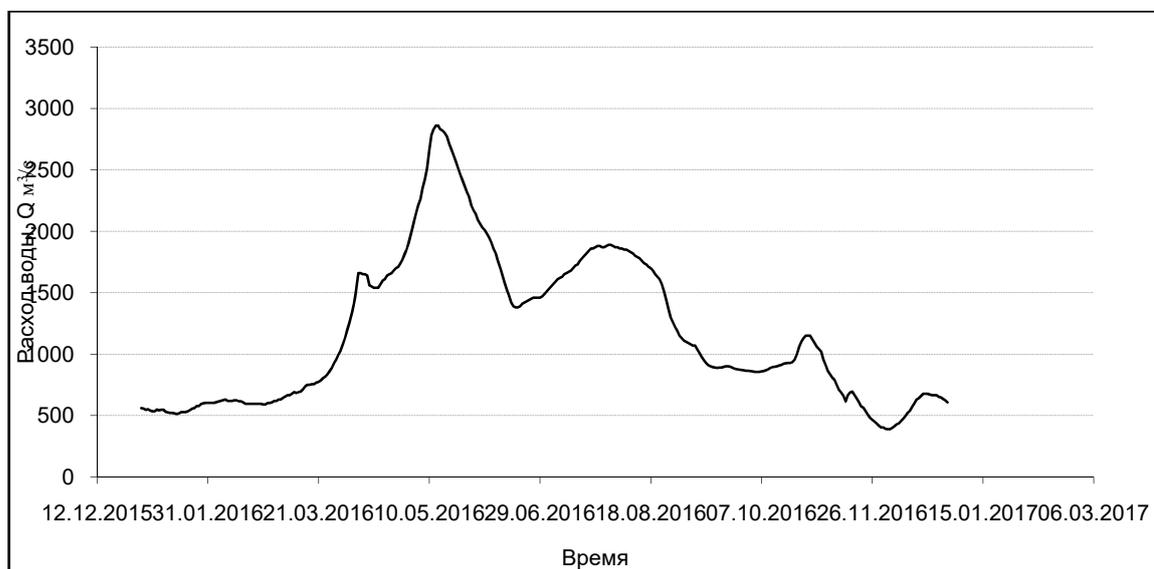


Рисунок 2.2.1 – Хронологический график расходов воды на посту р. Иртыш – с. Татарка за 2016 г.

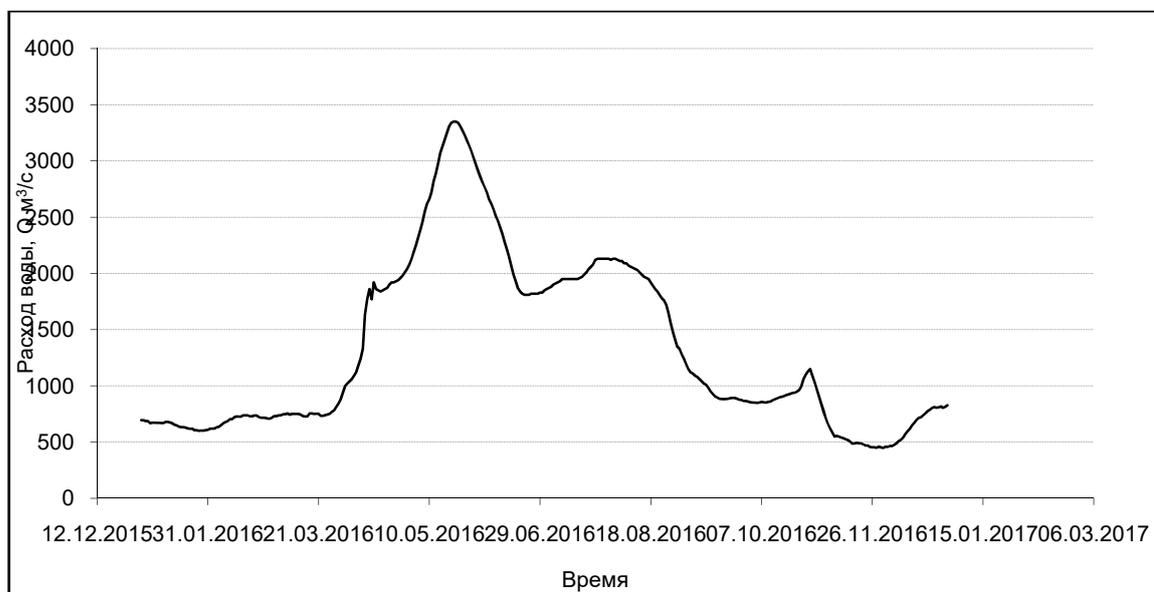


Рисунок 2.2.2 – Хронологический график расходов воды на посту р. Иртыш – г. Омск за 2016 г.

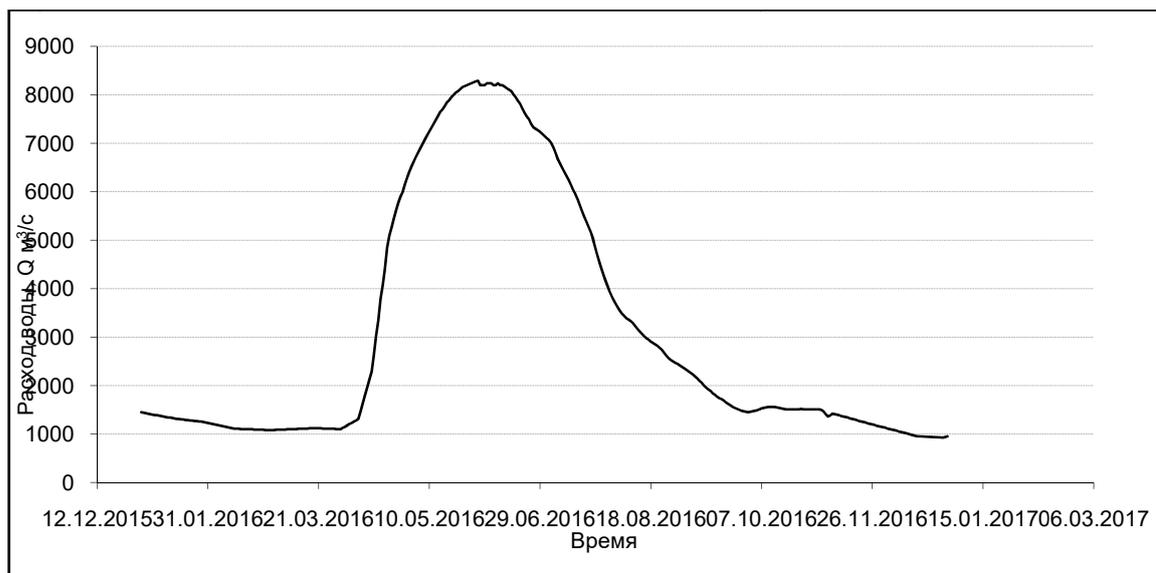


Рисунок 2.2.3 – Хронологический график расходов воды на посту  
р. Иртыш – г. Тобольск за 2016 г.

На хронологических графиках хода расходов воды рек Тобол и Омь четко прослеживаются все фазы водного режима (рисунок 2.2.4, 2.2.5). Также на графиках выделено начало и конец весеннего половодья. Расходы на момент весеннего половодья будут выступать в качестве прогнозируемой величины.

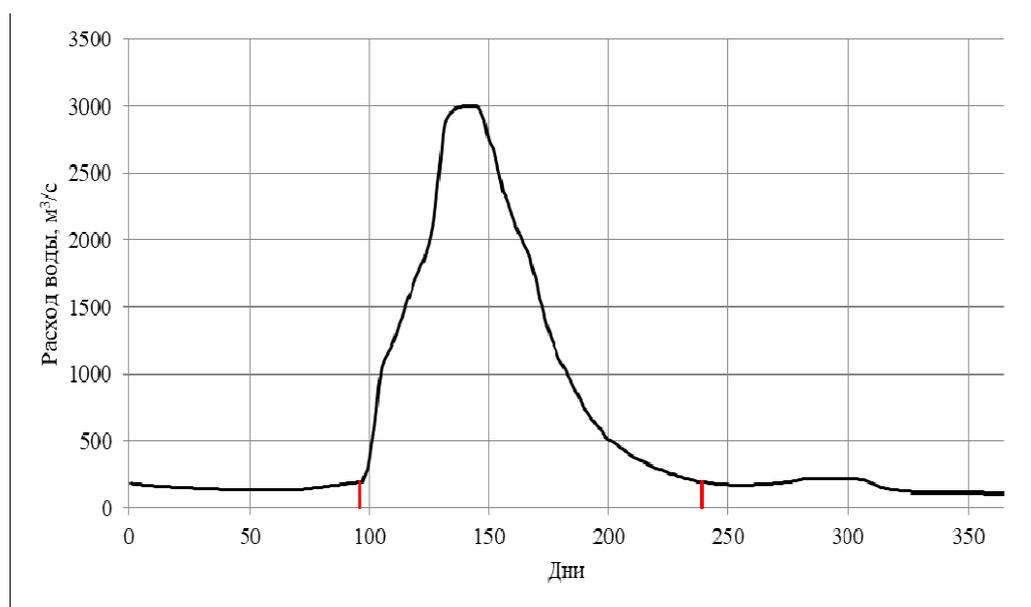


Рисунок 2.2.4 – Хронологический график расходов воды на посту р. Тобол  
–с. Иевлево за 2016 г.

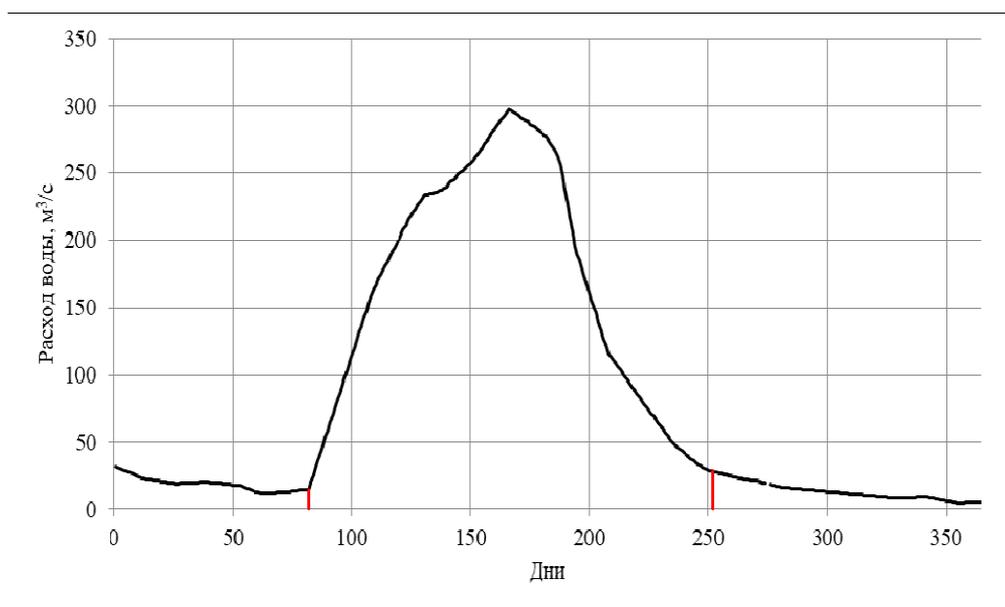


Рисунок 2.2.5 – Хронологический график расходов воды на посту р. Омь– г. Омск за 2016 г.

### 2.3 Описание особенностей формирования стока на выбранных водосборах

Водосборный бассейн реки Иртыш занимает огромную территорию: от южной границы в Китае до северной, которая проходит по параллели города Ханты-Мансийска. Он занимает значительную площадь от Челябинска и Екатеринбурга на западе до Новосибирска и Барнаула на востоке, и на всём своём протяжении пересекает три разноплановые географические зоны. Из-за этого период весеннего половодья на Иртыше и его притоках различается по интенсивности и срокам наступления максимумов и минимумов. Причинами наводнений являются большое количество осадков зимой, сильные дожди в весенний период. Значительное увлажнение территории осенью приводит к образованию льда на почве перед установлением устойчивого снежного покрова.

Характеристика годового уровня воды состоит в том, что весенне-летнее половодье сменяется постепенным уменьшением уровня воды во

второй половине лета и осенью. Половодье начинается в первой половине апреля, достигая максимального уровня в конце второй декады мая. Затем наступает летне-осенняя межень, которая длится в среднем от 50–70 дней. Ледостав на реке обычно устанавливается в начале ноября, причем осенний ледостав, как правило, может сопровождаться повышением уровня воды. Вскрытие реки и ледоход начинается в конце апреля. Дождевые паводки так же оказывают влияние являются на изменения уровня режима.

Иртыш – крупная река в Азии, протекающая по территории трех стран: Китай, Казахстан, Россия. Бассейн реки занимает площадь в 769 000 км<sup>2</sup>, из которых только 321 000 км<sup>2</sup> являются «активной» площадью. От Шульбинской гидроэлектростанции до города Омска Иртыш не имеет крупных притоков. Ниже гидроэлектростанции река течет в субмеридиональном направлении по Казахскому мелкосопочнику, а затем выходит на Западно-Сибирскую равнину. На данном участке реки много мелких плоских понижений, образовавшихся в результате карстово-суффозионных процессов. Для этого участка реки характерно частое деление русла на рукава и большое количество островов и отмелей. Ширина долины меняется в пределах от 5 до 19 км, а при приближении к г. Омску сужается до 2 км. В пойме много стариц и озер. Русло реки довольно извилистое, его ширина изменяется от 200 до 900 м. Климат в бассейне реки Иртыш от Шульбинской ГЭС до Омска формируется под влиянием двух центров погоды: Атлантического и Азиатского. Плоский рельеф и открытость территории в направлении север-юг способствуют глубокому проникновению воздушных масс как с севера, так и с юга. Это приводит к резким колебаниям погоды в любое время года, переходу от тепла к холоду и колебаниям температуры от месяца к месяцу, от суток к суткам и в течение суток. Для этой территории характерны суровая продолжительная зима, жаркое короткое лето, короткие переходные сезоны (весна и осень), поздние весенние и ранние осенние заморозки, и короткий безморозный период. Март по сво-

им поздним отрицательным температурам является зимним месяцем. Весенний переход через 0 °С наступает в первой декаде апреля.

В бассейне реки Иртыш от границы Казахстана до Омска наблюдается постепенное повышение зимних температур, среднегодового и зимнего количества осадков. В районе Омска тенденция к увеличению количества осадков отмечается во все сезоны. Годовое количество осадков возрастает от 320 до 420 мм с юга на север.

Зимний сезон довольно сухой, на холодный период с ноября по март приходится 20–30% годового количества осадков. Особенностью южной части Омской области является большая изменчивость максимального запаса влаги в снежном покрове от 10 до 160 мм и большая разница в сроках наступления весны чуть больше месяца. Период снеготаяния в бассейне начинается в первой декаде марта–апреля и продолжается до второй декады мая, при этом разброс сроков начала периода снеготаяния составляет около месяца.

Водный режим Иртыша сложен и определяется различными типами режима тех зон, через которые он протекает. Основной фазой водного режима реки является естественно весеннее половодье, формирующееся в верхней горной части бассейна за пределами рассматриваемой территории. На период половодья с апреля по июль приходится большая часть годового стока.

Режим реки регулируется водохранилищами каскадом Верхне-Иртышских ГЭС: Бухтарминским, Усть-Каменогорским и Шульбинским. До введения в эксплуатацию Бухтарминской и Усть-Каменогорской ГЭС (в период с 1891 по 1968 г.) у Омска максимальные годовые уровни воды наблюдались во время вскрытия реки, сопровождавшегося заторами льда, в среднем один раз в 3–4 года. После 1968 г. за счёт регулирования стока весенние заторы льда на данном участке не образуются. Среднее многолетнее значение максимального годового уровня воды снизилось в сравнении с естественными условиями.

Максимальные уровни воды Иртыша в многоводные годы создают угрозу населению и хозяйственным объектам в населенных пунктах. При заторах льда во время ледохода происходит затопление.

Часто в период снеготаяния талые воды способствуют затоплению населённых пунктов. Происходят они в результате образования в зимний период большого количества снега, холодной весны и повышенного увлажнения почвы осенью, частых ливневых дождей в весенне-осенний период.

Омь—это вторая по величине река в Омской области. Она берёт свое начало на Васюганской равнине, поэтому очевидно, что основным источником питания являются Васюганские болота. Гидрологический режим реки имеет большие колебания: сток реки изменяется от 4 м<sup>3</sup>/с до 181 м<sup>3</sup>/с в мало- и многоводные годы. Площадь поверхностного водосбора – 52400 км<sup>2</sup>, а длина реки составляет 1091 км. В площадь водосбора также включены бессточные территории, направленные к реке. Пойма преимущественно двусторонняя, местами весьма заболоченная, в нижней части односторонняя. Наименьшая её ширина равна 250 м, наибольшая – 16,5 км.

Преобладает снеговое питание. Половодье растянутое: с конца апреля—начала мая до конца июля—августа. Ледостав формируется во второй половине октября, ледоход начинается в начале апреля.

Река Омь не зарегулирована, что позволяет оценить ее естественный режим. Наибольшее влияние на формирование максимальных уровней воды в реке оказывает— максимальная масса снежного покрова, разрушение которого вызывает основную фазу регулирования воды в реке – весеннее половодье. Река Омь является основным источником водоснабжения для ряда районов Омской области.

Исток реки Тобол расположен на востоке гор Южного Урала в 10 км к юго-западу от с. Саржан. Тобол впадает в р. Иртыш с левого берега у г. Тобольска. Длина реки составляет 1591 км, площадь водосбора – 333 000 км<sup>2</sup>. Река на большей своей части имеет постоянный сток. Характер внут-

ригодного распределения стока бассейна реки однообразен. Питание преимущественно снеговое. Основная часть стока формируется в период весеннего снеготаяния, а это составляет 60–95% стока. Наиболее маловодным является период зимней межени – декабрь-март [13, 15, 16, 17].

### 3 Поверочные прогнозы расходов воды рек бассейна р. Иртыша

#### 3.1 Метод тенденции: линейный способ

Метод основан на предположении о постоянстве закона изменения уровня или расхода воды в период заблаговременности прогноза, иными словами, существующая в настоящее время тенденция в изменении гидрологической величины за период заблаговременности останется неизменной.

Расчёт проводился по двум постам, которые расположены на притоках р. Иртыш: р. Тобол – с. Иевлево и р. Омь – г. Омск.

В качестве примера рассмотрим расчёт прогноза расходов воды весеннего половодья с заблаговременностью  $\tau=1$  сутки за 2021 г. на посту р. Омь – г. Омск:

Составляем таблицу односуточных и двухсуточных изменений расходов воды за весеннее половодье на посту за период 2016–2021 гг. (таблица 3.1.1). Рассчитываем сумму изменения фактического значения от нормы этого значения  $(\Delta Q_1 - \Delta Q_{cp})^2$ .

Таблица 3.1.1 – Односуточные и двухсуточные изменения расходов воды весеннего половодья на посту р. Омь – г. Омск

№ п/п	Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Изменение расхода		$(\Delta Q_1 - \Delta Q_{cp})^2$
			$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	
1	2	3	4	5	6
1	22.03.2016	15,0	–	–	–
2	23.03.2016	20,5	5,5	11,0	29
3	24.03.2016	26,0	5,5	11,1	29
4	25.03.2016	31,6	5,6	11,1	30
5	26.03.2016	37,1	5,5	11,0	29
6	27.03.2016	42,6	5,5	11,0	29
7	28.03.2016	48,1	5,5	11,0	29
8	29.03.2016	53,6	5,5	11,0	29
9	30.03.2016	59,1	5,5	11,1	29
10	31.03.2016	64,7	5,6	11,1	30
.					

№ п/п	Дата	Q, м <sup>3</sup> /с	Изменение расхода		$(\Delta Q_1 - \Delta Q_{cp})^2$
			$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	
1	2	3	4	5	6
996	18.08.2021	17,5	-1,2	-2,5	2
997	19.08.2021	16,2	-1,3	-2,5	2
998	20.08.2021	15,0	-1,2	-2,4	2
999	21.08.2021	13,8	-1,2	-2,4	2
1000	22.08.2021	12,6	-1,2	-2,5	2
1001	23.08.2021	11,3	-1,3	-2,5	2
1002	24.08.2021	10,1	-1,2	-1,2	2
1003	25.08.2021	10,1	0,0	0,0	0
1004	26.08.2021	10,1	0,0	0,0	0
1005	27.08.2021	10,1	0,0	-	0
1006	28.08.2021	10,1	-	-	-
	Сумма		128		40620
	Среднее		0.15		
	$\sigma$	104			

По результатам вычислений строим график зависимости  $\Delta H_2 = f(\Delta H_1)$  и определяем параметры линейного уравнения прогнозной зависимости (рисунок 3.1.1).

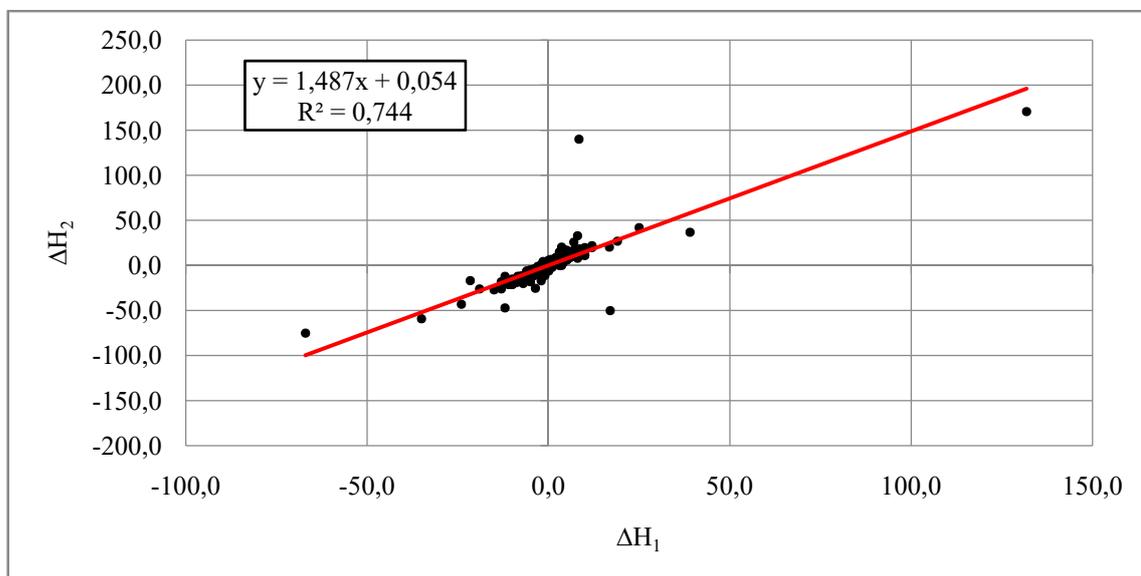


Рисунок 3.1.1 - Расчётная зависимость  $\Delta H_2 = f(\Delta H_1)$

После того, как были определены параметры линейного уравнения, в данном случае  $y=1,4876$ ,  $x=0,0547$ , переходим к прогнозу расходов воды весеннего половодья за 2021 г. (таблица 3.1.2).

Таблица 3.1.2 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р.

Омь – г. Омск за 2021 г (заблаговременность  $\tau=1$ сут.)

Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправды-ваемость	$\delta^2$
22.04.2021	71,2						
23.04.2021	70,8	-0,4	-1				
24.04.2021	75,8	5,0	7	71	5		26
25.04.2021	83,2	7,4	11	78	5		24
26.04.2021	90,6	7,4	11	87	4	+	14
27.04.2021	96,4	5,8	9	94	2	+	5
28.04.2021	103	6,6	10	99	4	+	14
29.04.2021	110	7,0	10	106	4	+	14
30.04.2021	117	7,0	10	113	4	+	12
01.05.2021	117	0,0	0,1	120	-3	+	12
02.05.2021	119	2,0	3,0	117	2	+	4
03.05.2021	124	5,0	7,5	120	4	+	16
04.05.2021	130	6,0	9,0	126	4	+	12
05.05.2021	130	0,0	0,1	133	-3	+	9
06.05.2021	126	-4,0	-5,9	130	-4	+	16
07.05.2021	123	-3,0	-4,4	124	-1	+	1
08.05.2021	125	2,0	3,0	122	3	+	12
09.05.2021	132	7,0	10	126	6		36
10.05.2021	140	8,0	12	135	5	+	21
11.05.2021	149	9,0	13	144	5		25
12.05.2021	154	5,0	7	153	1	+	0
13.05.2021	160	6,0	9,0	156	4	+	12
14.05.2021	165	5,0	7,5	163	2	+	4
15.05.2021	168	3,0	4,5	167	1	+	0
16.05.2021	170	2,0	3,0	170	0	+	0
17.05.2021	173	3,0	4,5	171	2	+	4
18.05.2021	174	1,0	1,5	175	-1	+	0
19.05.2021	175	1,0	1,5	175	0	+	0
20.05.2021	177	2,0	3,0	176	1	+	2
21.05.2021	178	1,0	1,5	178	0	+	0
22.05.2021	179	1,0	1,5	179	0	+	0
23.05.2021	180	1,0	1,5	180	0	+	0
24.05.2021	181	1,0	1,5	181	0	+	0
25.05.2021	182	1,0	1,5	182	0	+	0
26.05.2021	183	1,0	1,5	183	0	+	0
27.05.2021	185	2,0	3,0	184	1	+	2
28.05.2021	186	1,0	1,5	186	0	+	0
29.05.2021	187	1,0	1,5	187	0	+	0
30.05.2021	188	1,0	1,5	188	0	+	0
31.05.2021	189	1,0	1,5	189	0	+	0
01.06.2021	190	1,0	1,5	190	0	+	0

Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	$Q_{\text{пр}}$	$\delta$	Оправды-ваемость	$\delta^2$
02.06.2021	190	0,0	0,1	191	-1	+	0
03.06.2021	190	0,0	0,1	190	0	+	0
04.06.2021	190	0,0	0,1	190	0	+	0
05.06.2021	190	0,0	0,1	190	0	+	0
06.06.2021	190	0,0	0,1	190	0	+	0
07.06.2021	190	0,0	0,1	190	0	+	0
08.06.2021	190	0,0	0,1	190	0	+	0
09.06.2021	187	-3,0	-4,4	190	-3	+	9
10.06.2021	183	-4,0	-5,9	186	-3	+	7
11.06.2021	176	-7,0	-10	181	-5		26
12.06.2021	171	-5,0	-7,4	173	-2	+	3
13.06.2021	165	-6,0	-8,9	169	-4	+	13
14.06.2021	162	-3,0	-4,4	162	0	+	0
15.06.2021	159	-3,0	-4,4	161	-2	+	3
16.06.2021	157	-2,0	-2,9	158	-1	+	0
17.06.2021	155	-2,0	-2,9	156	-1	+	1
18.06.2021	152	-3,0	-4,4	154	-2	+	4
19.06.2021	149	-3,0	-4,4	151	-2	+	3
20.06.2021	147	-2,0	-2,9	148	-1	+	0
21.06.2021	146	-1,0	-1,4	146	0	+	0
22.06.2021	144	-2,0	-2,9	146	-2	+	2
23.06.2021	142	-2,0	-2,9	143	-1	+	1
24.06.2021	139	-3,0	-4,4	141	-2	+	4
25.06.2021	137	-2,0	-2,9	138	-1	+	0
26.06.2021	135	-2,0	-2,9	136	-1	+	1
27.06.2021	132	-3,0	-4,4	134	-2	+	4
28.06.2021	129	-3,0	-4,4	131	-2	+	3
29.06.2021	126	-3,0	-4,4	128	-2	+	3
30.06.2021	124	-2,0	-2,9	125	-1	+	0
01.07.2021	123	-1,0	-1,4	123	0	+	0
02.07.2021	121	-2,0	-2,9	123	-2	+	2
03.07.2021	117	-4,0	-5,9	120	-3	+	9
04.07.2021	112	-5,0	-7,4	115	-3	+	10
05.07.2021	110	-2,0	-2,9	110	0	+	0
06.07.2021	108	-2,0	-2,9	109	-1	+	1
07.07.2021	104	-4,0	-5,9	107	-3	+	9
08.07.2021	99,9	-4,1	-6,0	102	-2	+	5
09.07.2021	95,4	-4,5	-6,6	98	-3	+	7
10.07.2021	90,9	-4,5	-6,6	93	-2	+	6
11.07.2021	86,4	-4,5	-6,6	89	-2	+	6
12.07.2021	81,8	-4,6	-6,8	84	-2	+	6
13.07.2021	77,5	-4,3	-6,3	80	-2	+	4
14.07.2021	73,8	-3,7	-5,4	75	-2	+	3
15.07.2021	70,1	-3,7	-5,4	72	-2	+	4
16.07.2021	66,5	-3,6	-5,3	68	-2	+	3
17.07.2021	65,7	-0,8	-1,1	65	1	+	1
18.07.2021	64,3	-1,4	-2,0	65	-1	+	1

Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	$Q_{\text{пр}}$	$\delta$	Оправды-ваемость	$\delta^2$
19.07.2021	62,1	-2,2	-3,2	64	-2	+	2
20.07.2021	60,6	-1,5	-2,2	61	0	+	0
21.07.2021	59,3	-1,3	-1,9	60	-1	+	0
22.07.2021	59,3	0,0	0,1	59	1	+	0
23.07.2021	59,3	0,0	0,1	59	0	+	0
24.07.2021	56,7	-2,6	-3,8	59	-3	+	7
25.07.2021	55,4	-1,3	-1,9	55	0	+	0
26.07.2021	54,0	-1,4	-2,0	55	-1	+	1
27.07.2021	50,1	-3,9	-5,7	53	-3	+	11
28.07.2021	47,7	-2,4	-3,5	48	-1	+	0
29.07.2021	44,4	-3,3	-4,9	47	-2	+	5
30.07.2021	42,0	-2,4	-3,5	43	-1	+	1
31.07.2021	40,4	-1,6	-2,3	41	0	+	0
01.08.2021	38,7	-1,7	-2,5	40	-1	+	1
02.08.2021	37,9	-0,8	-1,1	38	0	+	0
03.08.2021	37,6	-0,3	-0,4	38	0	+	0
04.08.2021	35,5	-2,1	-3,1	38	-2	+	4
05.08.2021	35,5	0,0	0,1	35	1	+	1
06.08.2021	34,5	-1,0	-1,4	36	-1	+	1
07.08.2021	33,4	-1,1	-1,6	34	-1	+	0
08.08.2021	33,4	0,0	0,1	33	0	+	0
09.08.2021	31,3	-2,1	-3,1	33	-2	+	5
10.08.2021	30,3	-1,0	-1,4	30	0	+	0
11.08.2021	29,2	-1,1	-1,6	30	-1	+	0
12.08.2021	25,0	-4,2	-6,2	29	-4	+	14
13.08.2021	22,9	-2,1	-3,1	23	0	+	0
14.08.2021	21,9	-1,0	-1,4	22	0	+	0
15.08.2021	21,9	0,0	0,1	21	0	+	0
16.08.2021	19,8	-2,1	-3,1	22	-2	+	5
17.08.2021	18,7	-1,1	-1,6	19	0	+	0
18.08.2021	17,5	-1,2	-1,7	18	-1	+	1
19.08.2021	16,2	-1,3	-1,9	17	-1	+	1
20.08.2021	15,0	-1,2	-1,7	16	-1	+	0
21.08.2021	13,8	-1,2	-1,7	14	-1	+	0
22.08.2021	12,6	-1,2	-1,7	13	-1	+	0
23.08.2021	11,3	-1,3	-1,9	12	-1	+	1
24.08.2021	10,1	-1,2	-1,7	11	-1	+	0
25.08.2021	10,1	0,0	0,1	10	1	+	0
26.08.2021	10,1	0,0	0,1	10	0	+	0
27.08.2021	10,1	0,0	0,1	10	0	+	0
28.08.2021	10,1	0,0	0,1	10	0	+	0
Сумма						122	530
$\delta_{\text{доп}}$	5						
$\sigma_{\Delta}$	7						

Изменение величины  $\Delta Q_1$  находим по формуле:

$$\Delta Q_1 = Q_1 - Q_2 \quad (3.1.1)$$

далее с помощью уравнения, полученному по графику на рисунке 3.1.1, определяем  $\Delta Q_2$ . Полученное значение будет являться изменением величины расхода воды за период заблаговременности. Прогнозное значение  $Q_{np}$  определяется суммированием с  $\Delta Q_2$ .

После определения прогнозного расхода воды необходимо вычислить погрешность фактического и прогнозного значения  $\delta$ :

$$\delta = Q - Q_{np} \quad (3.1.2)$$

Теперь необходимо выполнить оценку эффективности полученного прогноза. Для этого используем метод ГМЦ: сравниваем погрешность прогноза с допустимой погрешностью  $\delta_{дон}$  ( $\delta_{дон} = 0,674\sigma_{\Delta}$ ).

Далее даем оценку прогнозной методике методом ГМЦ и критерием Нэша–Сатклиффа (по формуле 1.5.1). Также рассчитываем природную обеспеченность прогноза  $P\%$ .

Результаты представлены в таблице 3.1.3.

Таблица 3.1.3 – Оценка эффективности методики

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	S/σΔ		
Показатель	2,1	0,30	0,98	96
Условие	S/σΔ < 0,8		NSE=1	70 < P ≤ 100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

Выполняем сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья за 2021г. на посту р. Омь – г. Омск (рисунок 3.1.2).

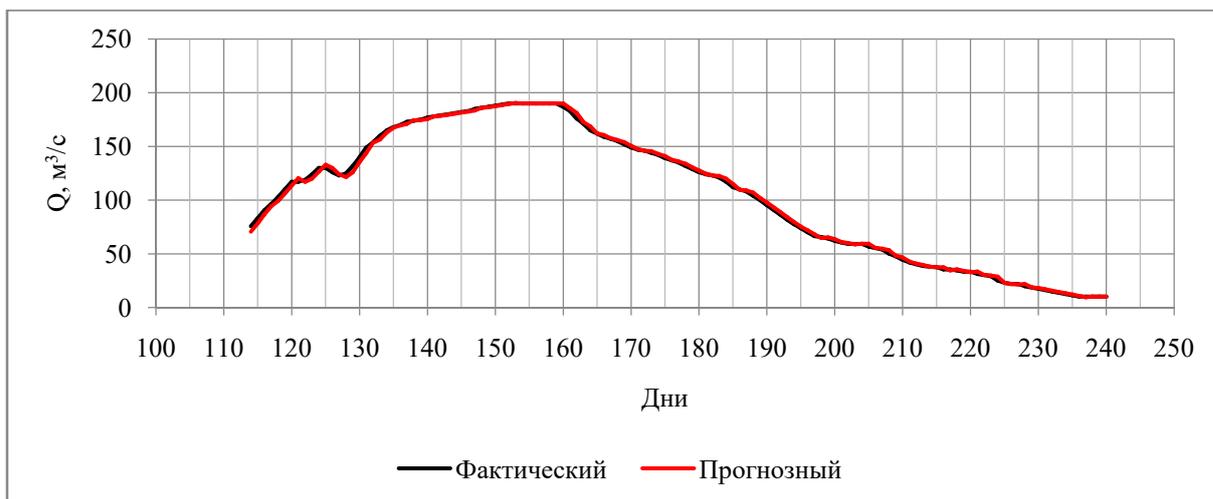


Рисунок 3.1.2 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск  $\tau=1$

Расчёт был выполнен для различнойзаблаговременности от 1 сут. до 9 суток. Результаты представлены в таблицах3.1.4 – 3.1.11 и на рисунках 3.1.3 – 3.1.10.

Таблицы прогноза расходов воды весеннего половодья на постах р. Омь – г. Омск и р. Тобол – с. Иевлево различныхзаблаговременностей представлены в Приложении Б.

Таблица 3.1.4 – Оценка эффективности методики при  $\tau=2$

Метод/ Критерий	ГМЦ		<i>NSE</i>	<i>P</i> ,%
	<i>S</i>	<i>S</i> / $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	3,8	0,24	0,96	99
Условие	$S/\sigma_{\Delta} < 0,8$		<i>NSE</i> =1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

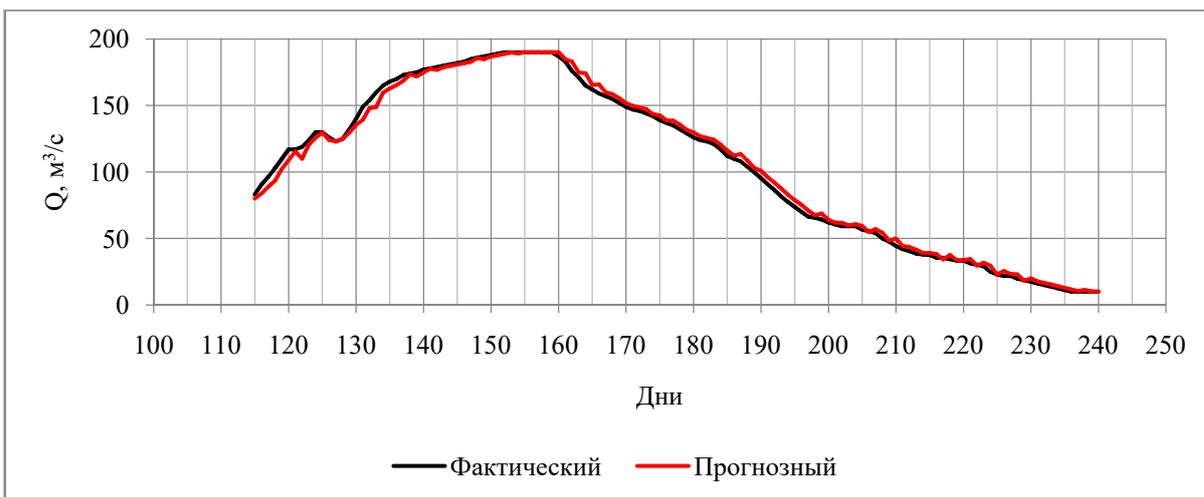


Рисунок 3.1.3 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск при  $\tau=2$ .

Таблица 3.1.5 – Оценка эффективности методики при  $\tau=3$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P,%
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	6,4	0,32	0,94	96
Условие	S/ $\sigma_{\Delta}$ < 0,8		NSE=1	70 < P ≤ 100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

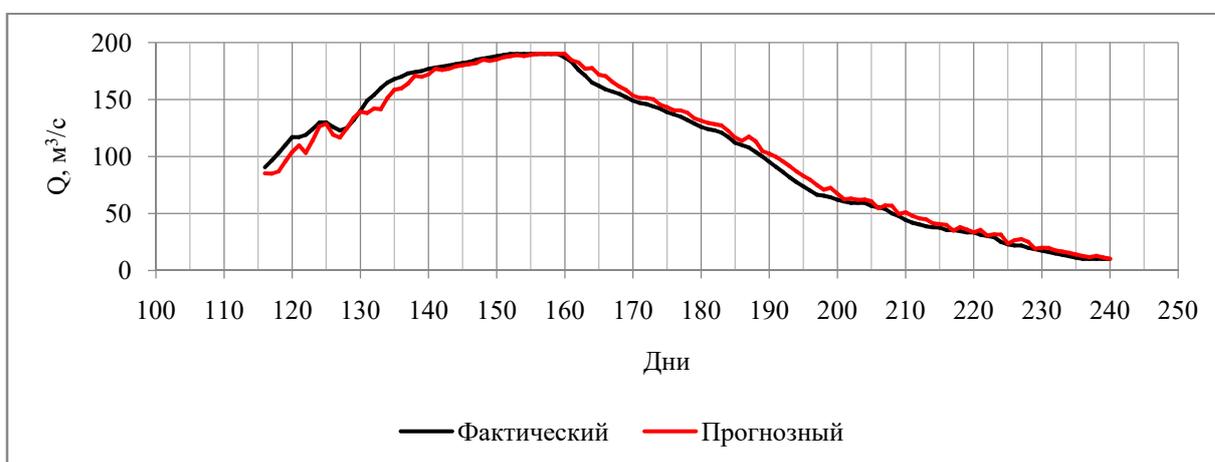


Рисунок 3.1.4 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск при  $\tau=3$ .

Таблица 3.1.6 – Оценка эффективности методики при  $\tau=4$

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P,%
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	9,0	0,39	0,91	93

Условие	$S/\sigma_{\Delta} < 0,8$	NSE=1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна	Методика эффективна	Методика эффективна

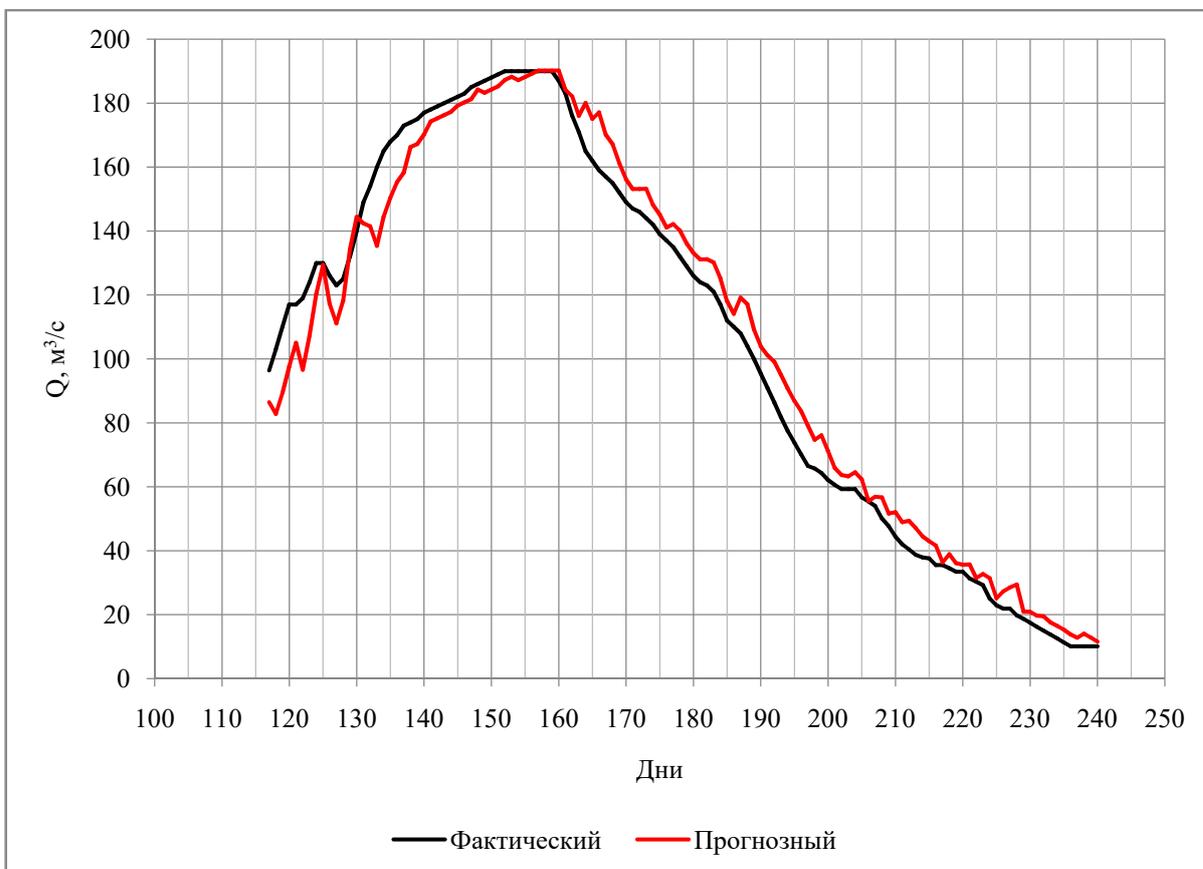


Рисунок 3.1.5 – Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск при  $\tau=4$ .

Таблица 3.1.7 – Оценка эффективности методики при  $\tau=5$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	$S/\sigma_{\Delta}$		
Показатель	11,2	0,42	0,89	90
Условие	$S/\sigma_{\Delta} < 0,8$		NSE=1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

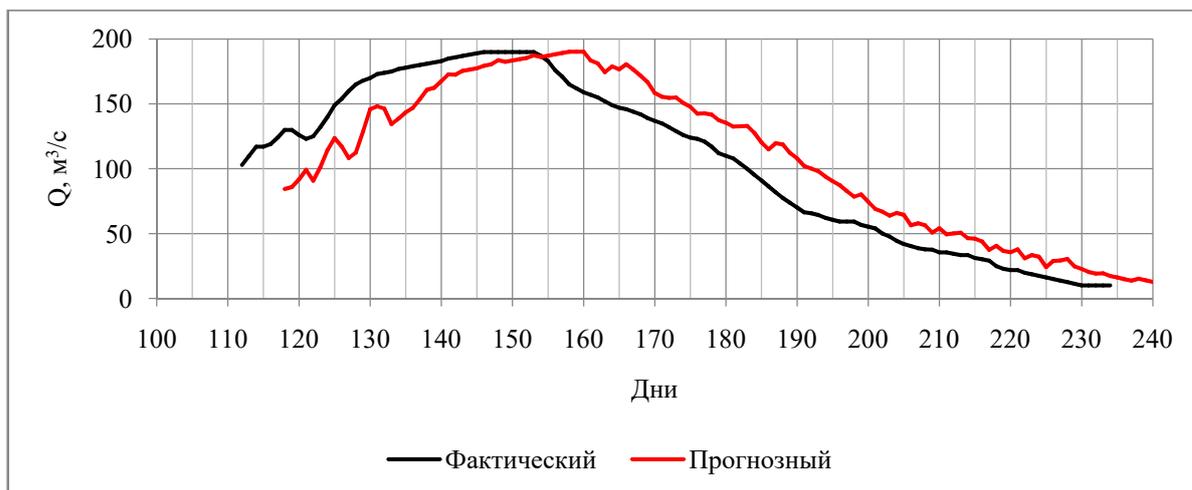


Рисунок 3.1.6 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск при  $\tau=5$ .

Таблица 3.1.8 – Оценка эффективности методики при  $\tau=6$

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	$S/\sigma_{\Delta}$		
Показатель	13,2	0,44	0,87	87
Условие	$S/\sigma_{\Delta} < 0,8$		NSE=1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

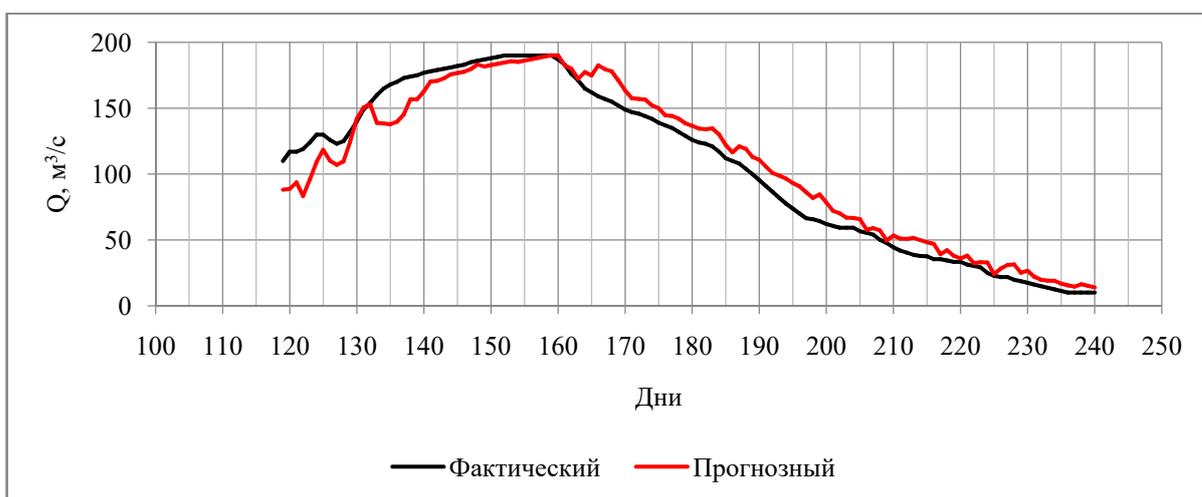


Рисунок 3.1.7 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск при  $\tau=6$ .

Таблица 3.1.9 – Оценка эффективности методики при  $\tau=7$

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	$S/\sigma\Delta$		
Показатель	15,3	0,46	0,85	84
Условие	$S/\sigma\Delta < 0,8$		NSE=1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

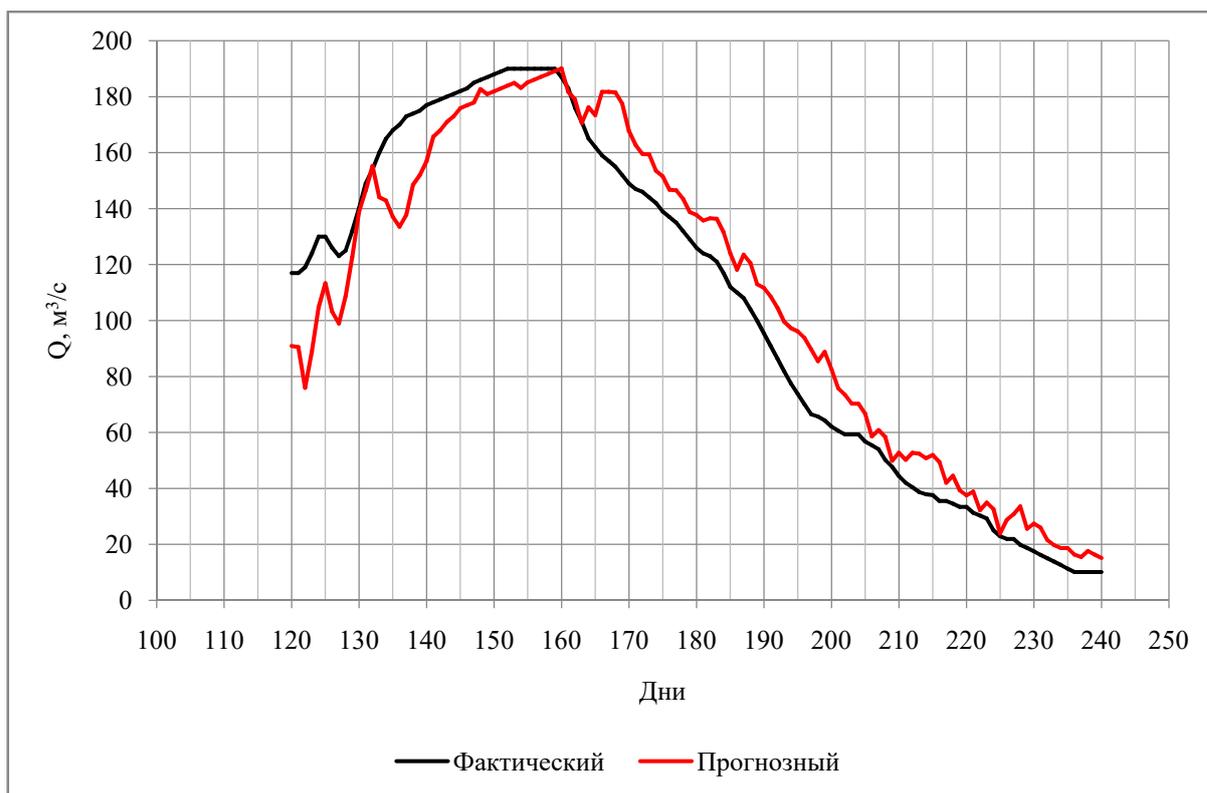


Рисунок 3.1.8 – Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск при  $\tau=7$ .

Таблица 3.1.10 – Оценка эффективности методики при  $\tau=8$

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	$S/\sigma\Delta$		
Показатель	17,3	0,47	0,83	88
Условие	$S/\sigma\Delta < 0,8$		NSE=1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

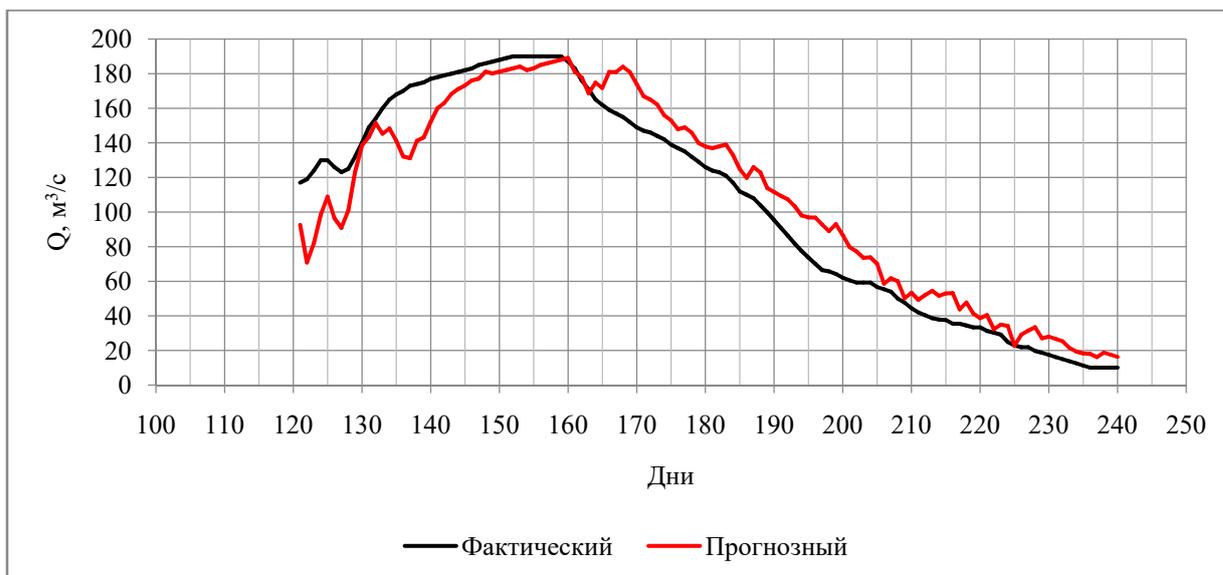


Рисунок 3.1.9 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск при  $\tau=8$ .

Таблица 3.1.11 – Оценка эффективности методики при  $\tau=9$

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P,%
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	19,4	0,4	0,81	85
Условие	$S/\sigma_{\Delta} < 0,8$		NSE=1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

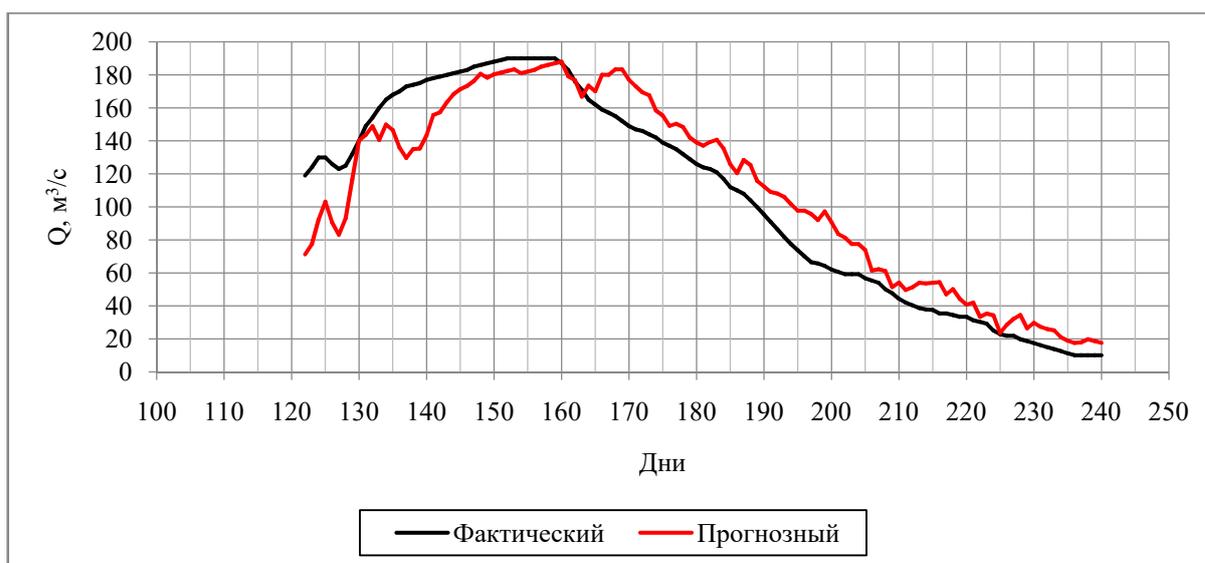


Рисунок 3.1.10 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Омь – г. Омск при  $\tau=9$ .

Аналогичный расчет прогноза расходов воды весеннего половодья был выполнен и для поста р. Тобол – с. Иевлево.

Далее представлены таблицы оценки эффективности и графики сопоставления фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья с различной заблаговременностью от 1 суток до 9 для поста р. Тобол – с. Иевлево.

Таблица 3.1.12 – Оценка эффективности методики при  $\tau=1$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	5,9	0,17	0,99	93
Условие	S/ $\sigma_{\Delta}$ < 0,8		NSE=1	70 < P ≤ 100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

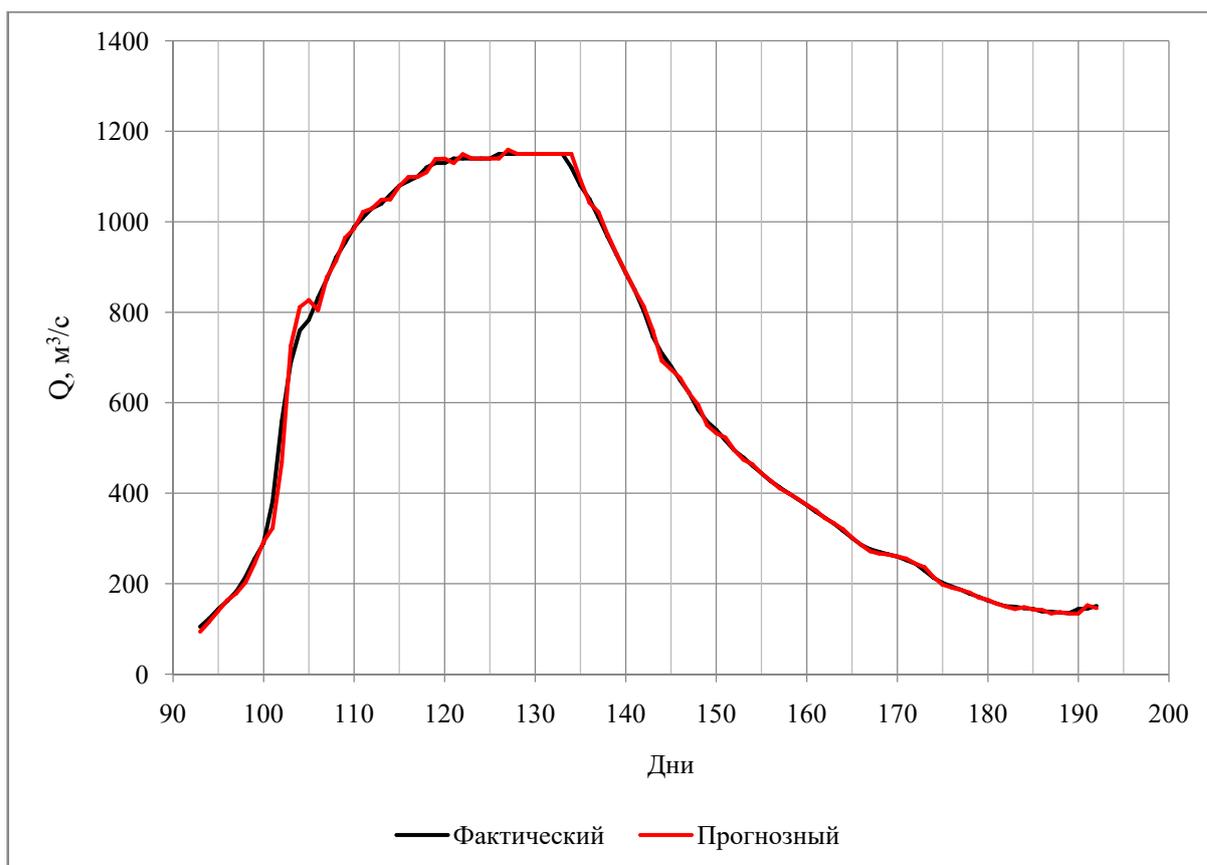


Рисунок 3.1.11 – Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=1$ .

Таблица 3.1.13 – Оценка эффективности методики при  $\tau=2$

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	18,6	0,18	0,97	98
Условие	S/ $\sigma_{\Delta}$ < 0,8		NSE=1	70 < P ≤ 100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

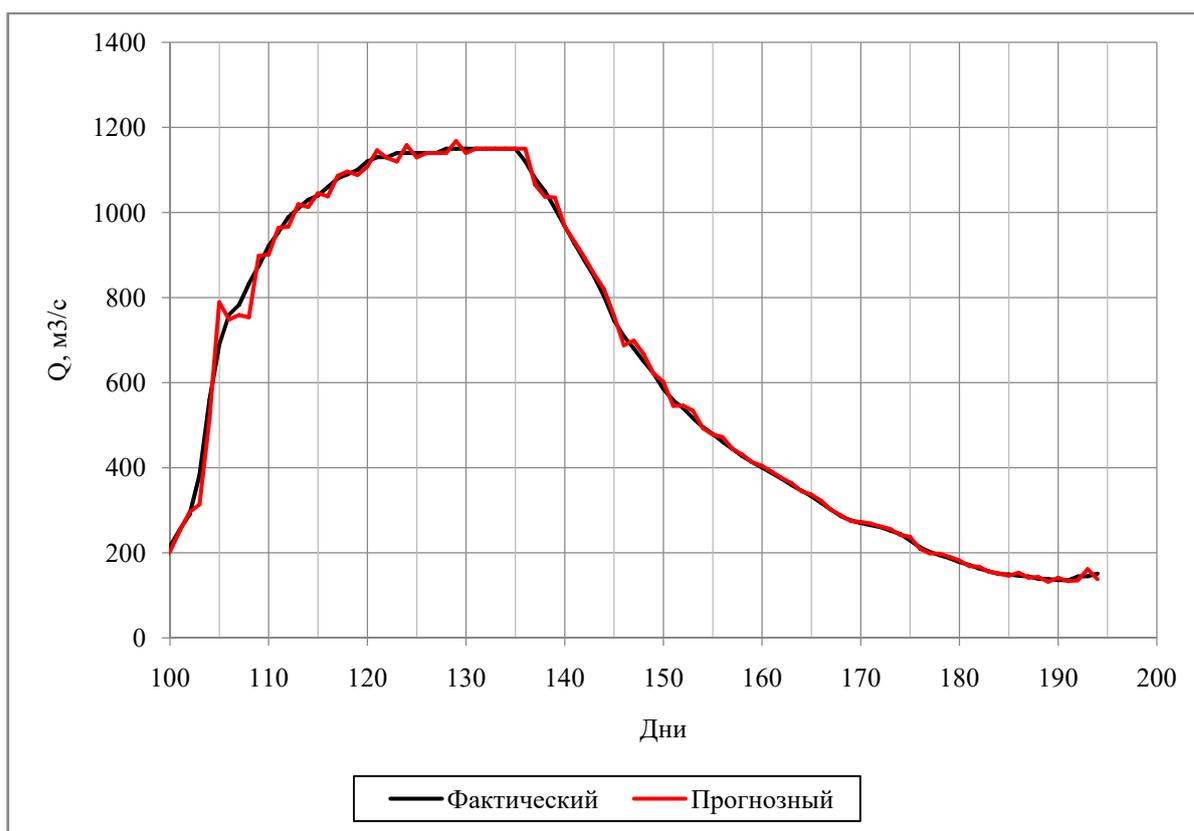


Рисунок 3.1.12 – Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=2$ .

Таблица 3.1.14 – Оценка эффективности методики при  $\tau=3$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	37,1	0,27	0,94	97
Условие	S/ $\sigma_{\Delta}$ < 0,8		NSE=1	70 < P ≤ 100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

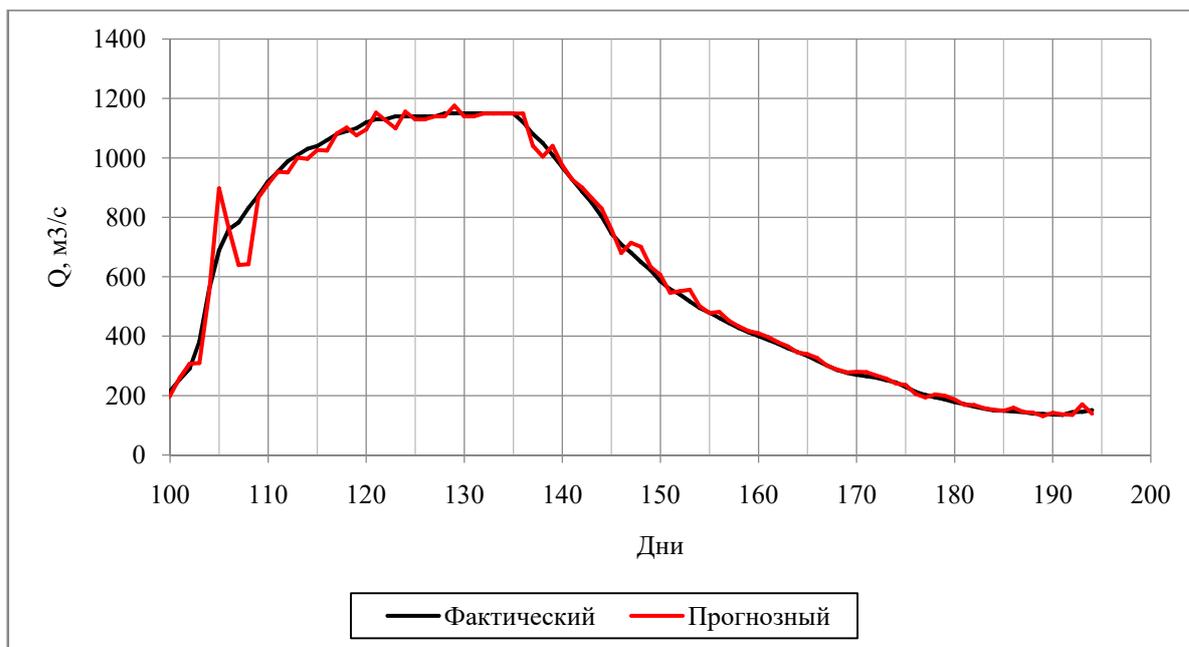


Рисунок 3.1.13 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=3$ .

Таблица 3.1.15 – Оценка эффективности методики при  $\tau=4$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	58,7	0,35	0,91	97
Условие	$S/\sigma_{\Delta} < 0,8$		NSE=1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

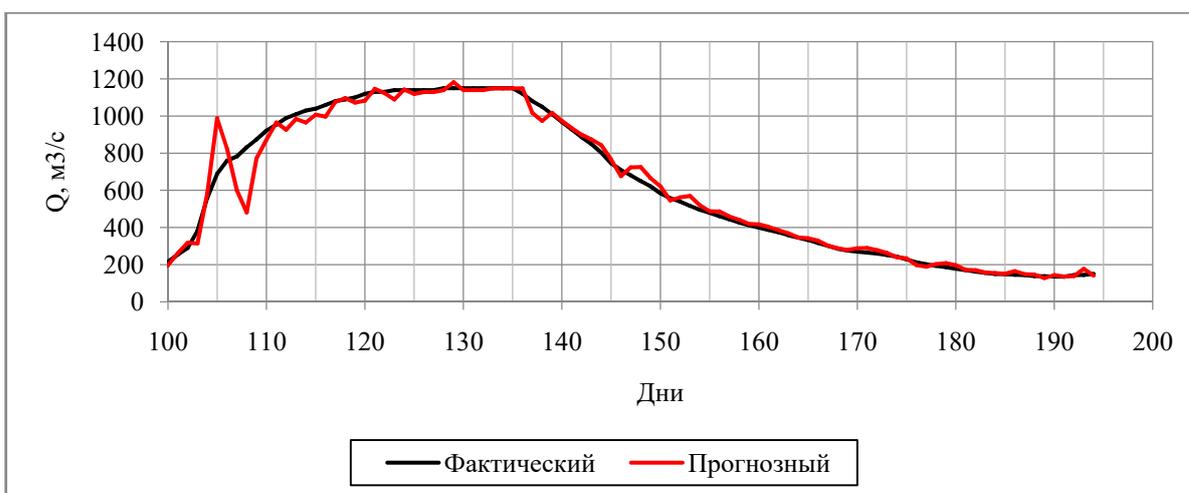


Рисунок 3.1.14 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=4$ .

Таблица 3.1.16 – Оценка эффективности методики при  $\tau=5$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P,%
	S	S/ $\sigma\Delta$		
Показатель	78,5	0,39	0,88	95
Условие	S/ $\sigma\Delta < 0,8$		NSE=1	70<P≤100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

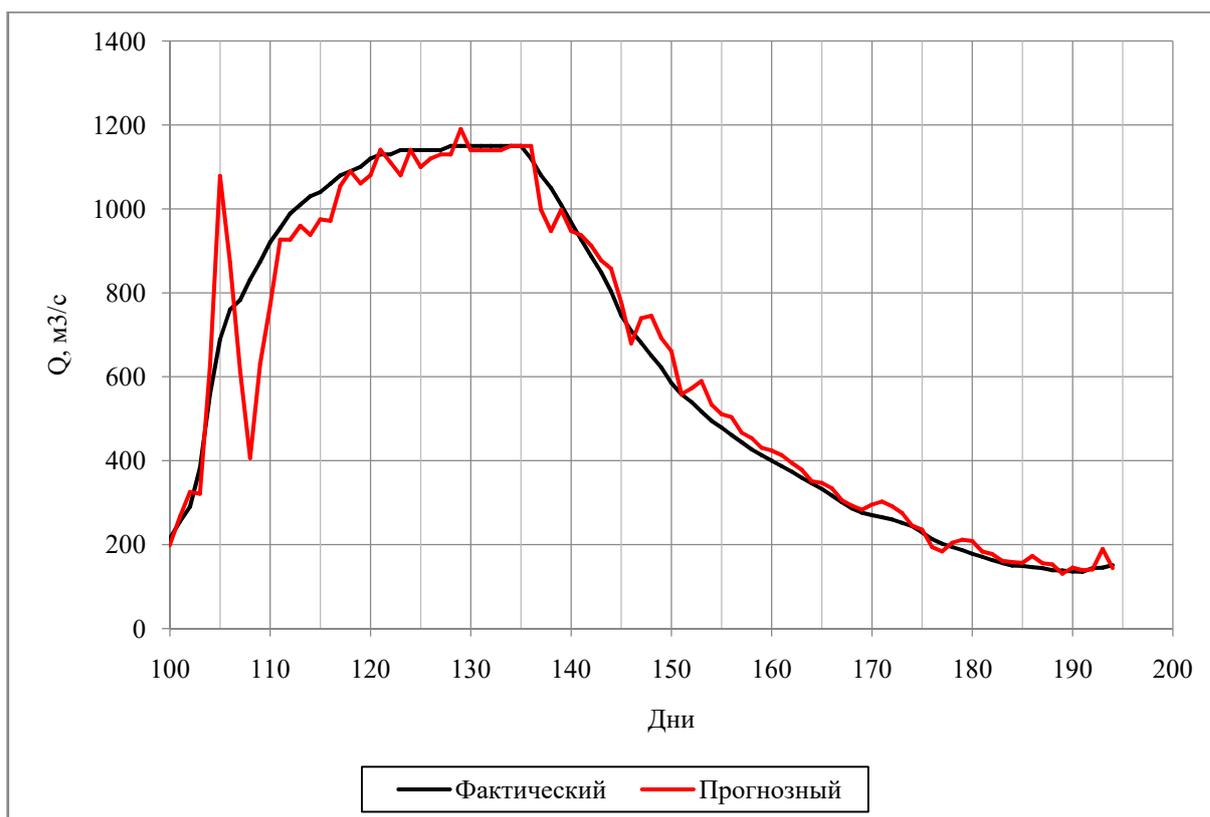


Рисунок 3.1.15 – Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=5$ .

Таблица 3.1.17 – Оценка эффективности методики при  $\tau=6$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P,%
	S	S/ $\sigma\Delta$		
Показатель	98,7	0,42	0,85	94
Условие	S/ $\sigma\Delta < 0,8$		NSE=1	70<P≤100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

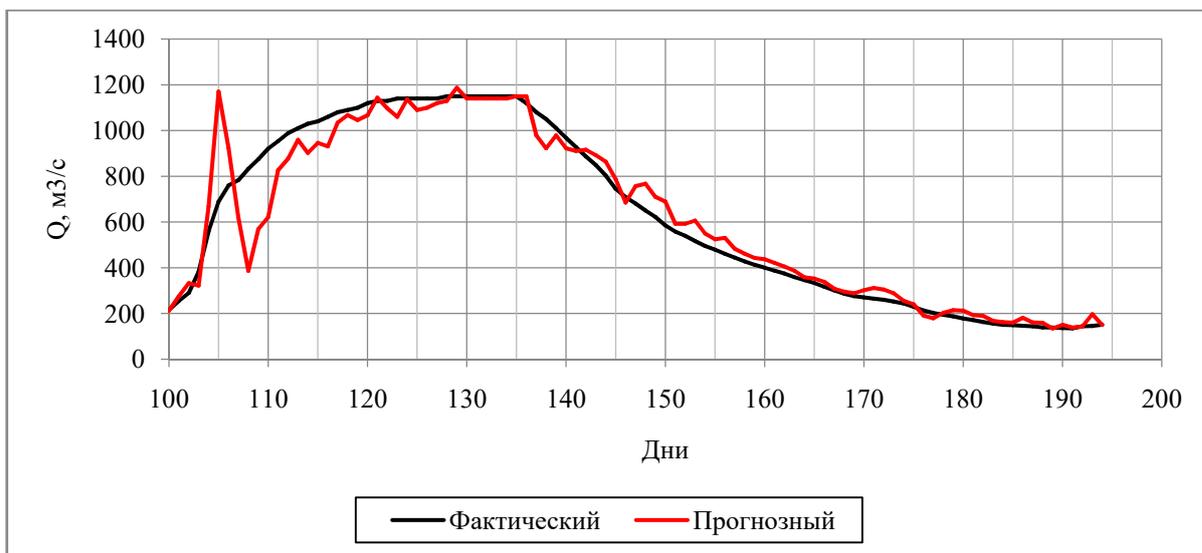


Рисунок 3.1.16 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=6$ .

Таблица 3.1.18 – Оценка эффективности методики при  $\tau=7$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	S/ $\sigma\Delta$		
Показатель	120	0,46	0,81	90
Условие	$S/\sigma\Delta < 0,8$		NSE=1	$70 < P \leq 100$
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

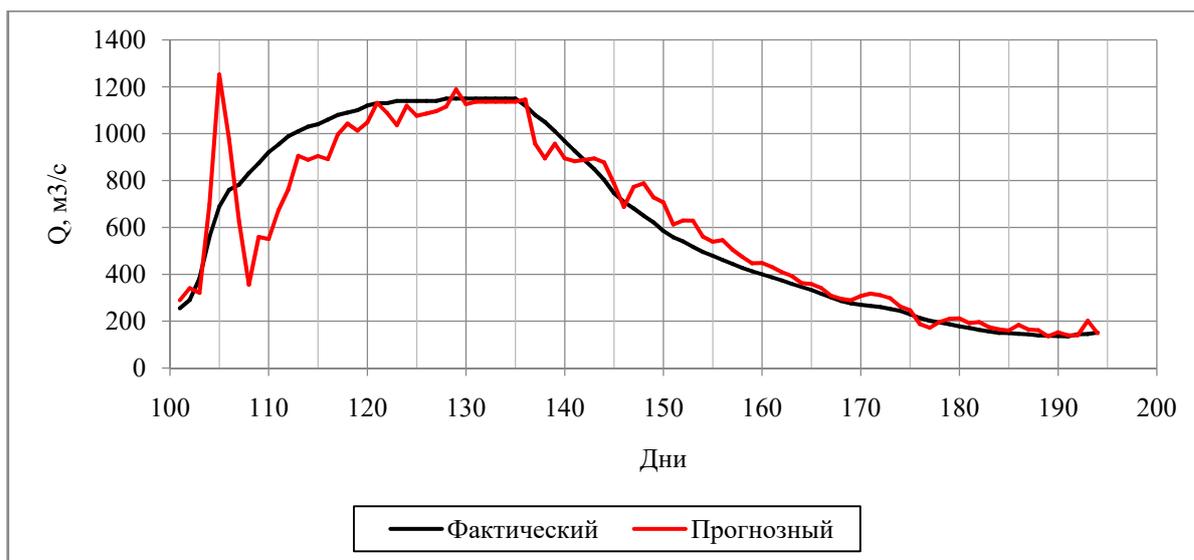


Рисунок 3.1.17 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=7$ .

Таблица 3.1.19 – Оценка эффективности методики при  $\tau=8$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	142	0,49	0,78	85
Условие	S/ $\sigma_{\Delta}$ < 0,8		NSE=1	70 < P ≤ 100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна

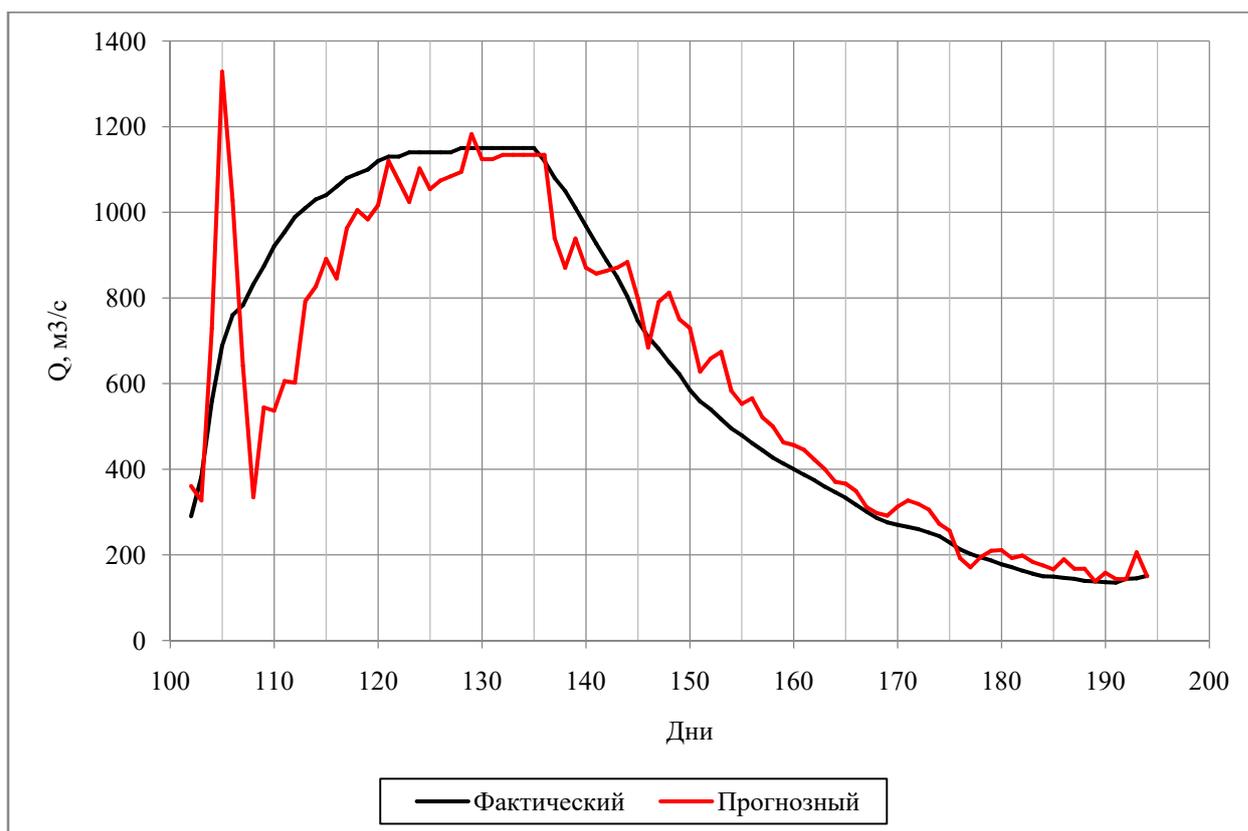


Рисунок 3.1.18 – Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=8$ .

Таблица 3.1.20 – Оценка эффективности методики при  $\tau=9$ .

Метод/ Критерий	ГМЦ		NSE	P, %
	S	S/ $\sigma_{\Delta}$		
Показатель	165	0,51	0,74	79
Условие	S/ $\sigma_{\Delta}$ < 0,8		NSE=1	70 < P ≤ 100
Результат	Методика эффективна		Методика эффективна	Методика эффективна



Рисунок 3.1.19 –Сопоставление фактических и прогнозных значений расходов воды весеннего половодья р. Тобол – с. Иевлево при  $\tau=9$ .

### 3.2 Метод тенденции: нелинейный способ

Нелинейный способ как раз подходит для прогнозирования на крупных реках, как так при расчёте определяется продолжительность кривой спада половодья (паводка).

По результатам гидрометрических наблюдений на исследуемых водотоках длительность половодья в среднем составляет 140–160 дней, из них спад половодья после наступления максимума может продолжаться от 50 дней. Можно сказать, что половодье на данных реках затяжное.

Для расчёта прогнозных значений расходов воды после прохождения максимума и определения продолжительности спада на посту р. Тобол – с. Иевлево были применены формулы 1.2.7 и 1.2.8 для лесных водосборов.

Построим графики связи вида  $2,31\lg(q_{max}/q_t)=f(t^2)$  и определим тангенс угла наклона  $k$ .

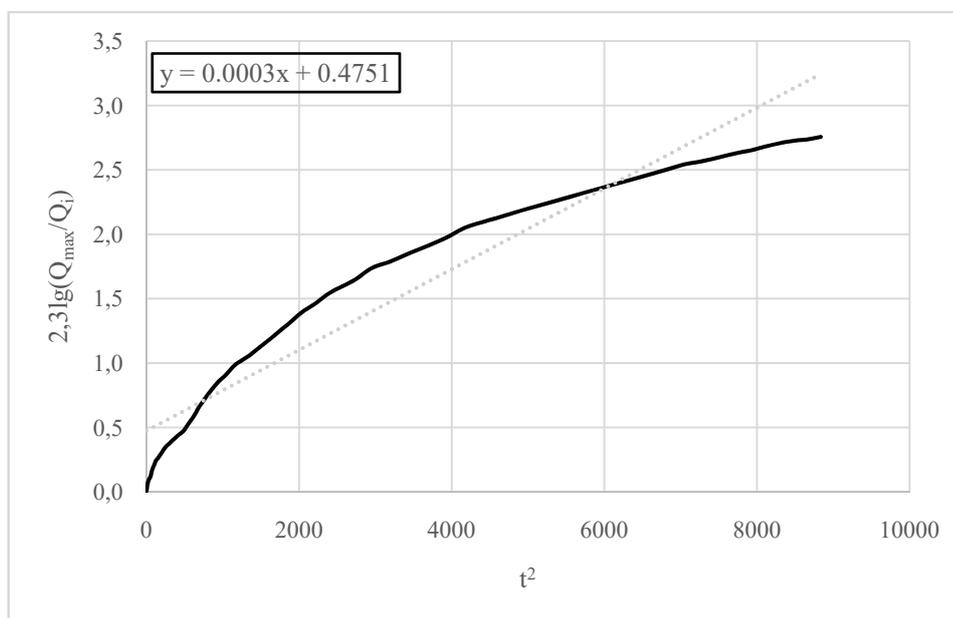


Рисунок 3.2.1 – График связи  $2,31\lg(q_{max}/q_t)=f(t^2)$ ,  $k = 0,0003$ .

Обозначив  $k$ , определим продолжительность спада  $t_{спада}$  по формуле 1.2.8. В данном случае она будет равна 99 суток.

Теперь можно рассчитать прогнозные значения расходов воды по формуле 1.2.7.

Наглядно расчёт представлен в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 – Расчёт методом нелинейной тенденции на примере поста р. Тобол – с. Иевлево (2016 г.)

$t$	$Q_{\phi}$	$\lg(q_{max}/q)$	$2,31\lg$	$t^2$	$q_t$		
1	2980	0,0029	0,007	1	2999	$k$	0,0003
2	2950	0,007	0,017	4	2996		
3	2890	0,016	0,037	9	2992	$t_{спада}$	99
4	2810	0,028	0,065	16	2986		
5	2760	0,036	0,083	25	2978		
6	2710	0,044	0,10	36	2968		
7	2680	0,049	0,11	49	2956		
8	2600	0,062	0,14	64	2943		
9	2500	0,079	0,18	81	2928		

$t$	$Q_{\phi}$	$\lg(q_{\max}/q)$	$2,31g$	$t^2$	$q_t$		
10	2440	0,090	0,21	100	2911		
11	2360	0,10	0,24	121	2893		
12	2320	0,11	0,26	144	2873		
13	2270	0,12	0,28	169	2852		
14	2220	0,13	0,30	196	2829		
15	2160	0,14	0,33	225	2804		
16	2110	0,15	0,35	256	2778		
17	2070	0,16	0,37	289	2751		
18	2030	0,17	0,39	324	2722		
19	1990	0,18	0,41	361	2692		
20	1950	0,19	0,43	400	2661		
21	1910	0,20	0,45	441	2628		
22	1870	0,21	0,47	484	2595		
23	1800	0,22	0,51	529	2560		
24	1730	0,24	0,55	576	2524		
25	1660	0,26	0,59	625	2487		
26	1570	0,28	0,65	676	2449		
27	1500	0,30	0,69	729	2411		
28	1430	0,32	0,74	784	2371		
29	1370	0,34	0,78	841	2331		
30	1310	0,36	0,83	900	2290		
31	1260	0,38	0,87	961	2249		
32	1220	0,39	0,90	1024	2207		
33	1170	0,41	0,94	1089	2164		
34	1120	0,43	0,98	1156	2121		
35	1090	0,44	1,01	1225	2077		
36	1060	0,45	1,04	1296	2034		
37	1030	0,46	1,07	1369	1990		
38	994	0,48	1,10	1444	1945		
39	958	0,50	1,14	1521	1901		
40	922	0,51	1,18	1600	1856		
41	889	0,53	1,21	1681	1812		
42	851	0,55	1,26	1764	1767		
43	818	0,56	1,30	1849	1723		
44	782	0,58	1,34	1936	1678		
45	746	0,60	1,39	2025	1634		
46	720	0,62	1,43	2116	1590		
47	695	0,64	1,46	2209	1546		
48	666	0,65	1,50	2304	1503		
49	640	0,67	1,54	2401	1460		
50	618	0,69	1,58	2500	1417		
51	601	0,70	1,61	2601	1375		
52	583	0,71	1,64	2704	1333		
53	559	0,73	1,68	2809	1292		
54	533	0,75	1,73	2916	1251		
55	517	0,76	1,76	3025	1211		
56	507	0,77	1,78	3136	1171		

$t$	$Q_{\phi}$	$\lg(q_{\max}/q)$	$2,31g$	$t^2$	$q_t$		
57	494	0,78	1,80	3249	1132		
58	479	0,80	1,83	3364	1094		
59	465	0,81	1,86	3481	1056		
60	453	0,82	1,89	3600	1019		
61	439	0,83	1,92	3721	982		
62	425	0,85	1,95	3844	947		
63	411	0,86	1,99	3969	912		
64	394	0,88	2,03	4096	878		
65	380	0,90	2,06	4225	845		
66	372	0,91	2,09	4356	812		
67	363	0,92	2,11	4489	780		
68	355	0,93	2,13	4624	749		
69	346	0,94	2,16	4761	719		
70	337	0,95	2,18	4900	690		
71	330	0,96	2,20	5041	661		
72	322	0,97	2,23	5184	633		
73	314	0,98	2,25	5329	606		
74	307	0,99	2,28	5476	580		
75	299	1,00	2,30	5625	555		
76	291	1,01	2,33	5776	530		
77	284	1,02	2,35	5929	507		
78	277	1,03	2,38	6084	484		
79	270	1,05	2,41	6241	461		
80	263	1,06	2,43	6400	440		
81	256	1,07	2,46	6561	419		
82	249	1,08	2,49	6724	399		
83	242	1,09	2,51	6889	380		
84	235	1,11	2,54	7056	361		
85	231	1,11	2,56	7225	343		
86	226	1,12	2,58	7396	326		
87	221	1,13	2,61	7569	310		
88	215	1,14	2,63	7744	294		
89	211	1,15	2,65	7921	279		
90	205	1,17	2,68	8100	264		
91	200	1,18	2,71	8281	250		
92	196	1,18	2,73	8464	237		
93	194	1,19	2,74	8649	224		
94	190	1,20	2,76	8836	212		

По результатам методом нелинейной тенденции последующих годов за период с 2016 до 2021 гг. с использованием представленной формулы была выявлена погрешность определения продолжительности спада и отличие значения, полученного расчётным путем, от фактического, опреде-

ленного по гидрографам. Также прогнозные значения расходов воды превышают наблюдаемые. Вероятно, это связано с тем, что расчётные коэффициенты в формулах, которые были определены несколько десятилетий назад, в настоящее время могут быть устаревшими, так как природные условия и антропогенная нагрузка, которые оказывают влияние на значения коэффициентов, на водосборах изменились.

#### 4 Анализ полученных результатов

По результатам расчётов была выявлена проблема в критериях оценки: при увеличении заблаговременности результат оценки оставался положительным, то есть, происходит сдвигка прогнозного графика и полученные значения намного отличаются от фактических, и из-за того, что заблаговременность увеличивается, погрешности увеличиваются, то соотношение  $S/\sigma_{\Delta}$  остаётся примерно одинаковым и меньше 0,8. Что говорит об эффективности и точности методики. Однако, если обратить внимание на графики, представленные в главе 3, видно, что к  $\tau=9$  суток прогнозный и фактический графики отличаются на период: максимумы и минимумы не совпадают, прогнозный график совершенно не описывает фактический.

Обратимся к графикам изменения критериев при изменении заблаговременности от 1 суток до 9, изображенных на рисунках 4.1–4.6.

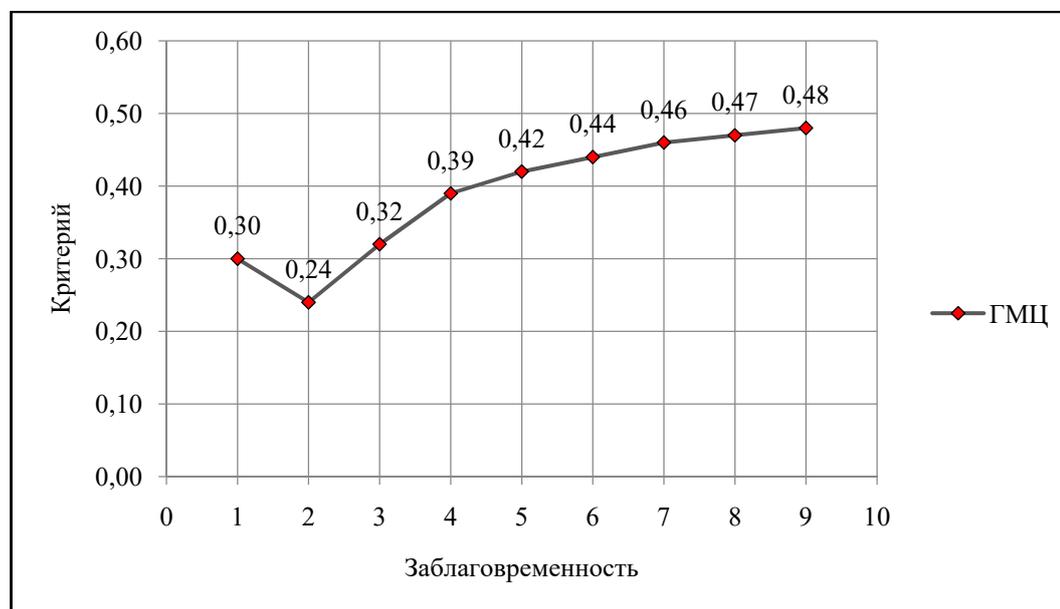


Рисунок 4.1 – График изменения оценки эффективности по методу ГМЦ (пост р. Омь – г. Омск)

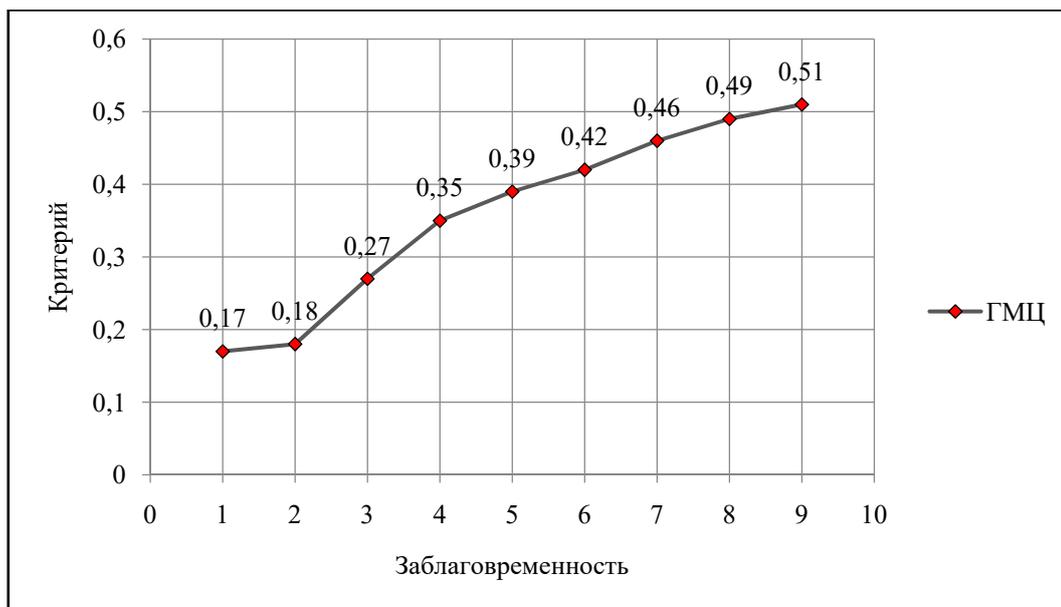


Рисунок 4.2 – График изменения оценки эффективности по методу ГМЦ (пост р. Тобол – с. Иевлево)

На рисунке 4.1 и 4.2 представлено изменение оценки эффективности методики методом ГМЦ. Изменение критерия невелико и результат считается положительным, поскольку полученные значения меньше 0,8. То есть, критерий говорит о хорошем результате и оправдываемости прогноза расходов воды, однако это не так.

Обратимся к критерию Нэша–Сатклиффа (рисунок 4.3, 4.4). Приведенные результаты схожи с теми, что были получены ранее. Изменения критерия незначительно. Прогноз хороший и оправдан, но это ожидаемо. В большинстве случаев данный критерий часто дает положительный результат.

Расчёт природной оправдываемости демонстрирует высокие показатели.

Так, например, природная обеспеченность  $P = 85\%$  говорит о том, допустимая погрешность  $\delta_{\text{доп}}$  большая, и, ошибаясь, значение погрешности прогнозной величины все равно будет в её пределах, тем самым прогноз будет считаться оправдавшимся (рисунок 4.5, 4.6).

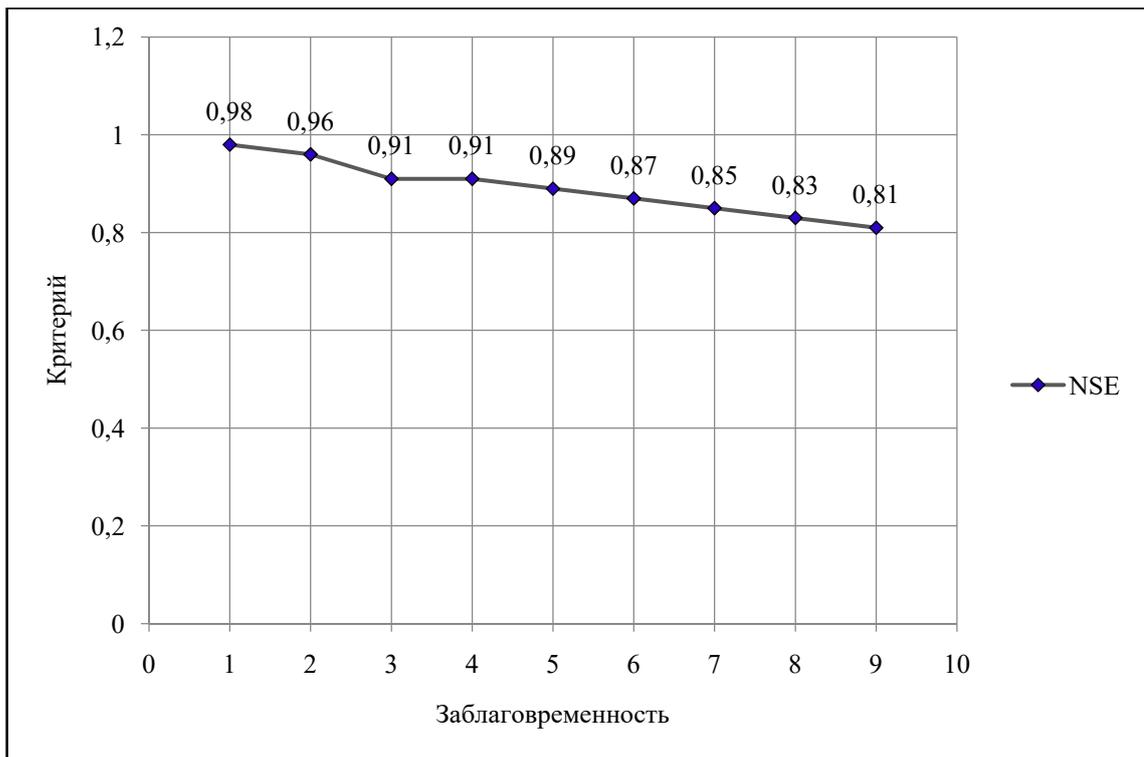


Рисунок 4.3 – График изменения оценки эффективности критерием Нэша–Сатклиффа (пост р. Омь – г. Омск).

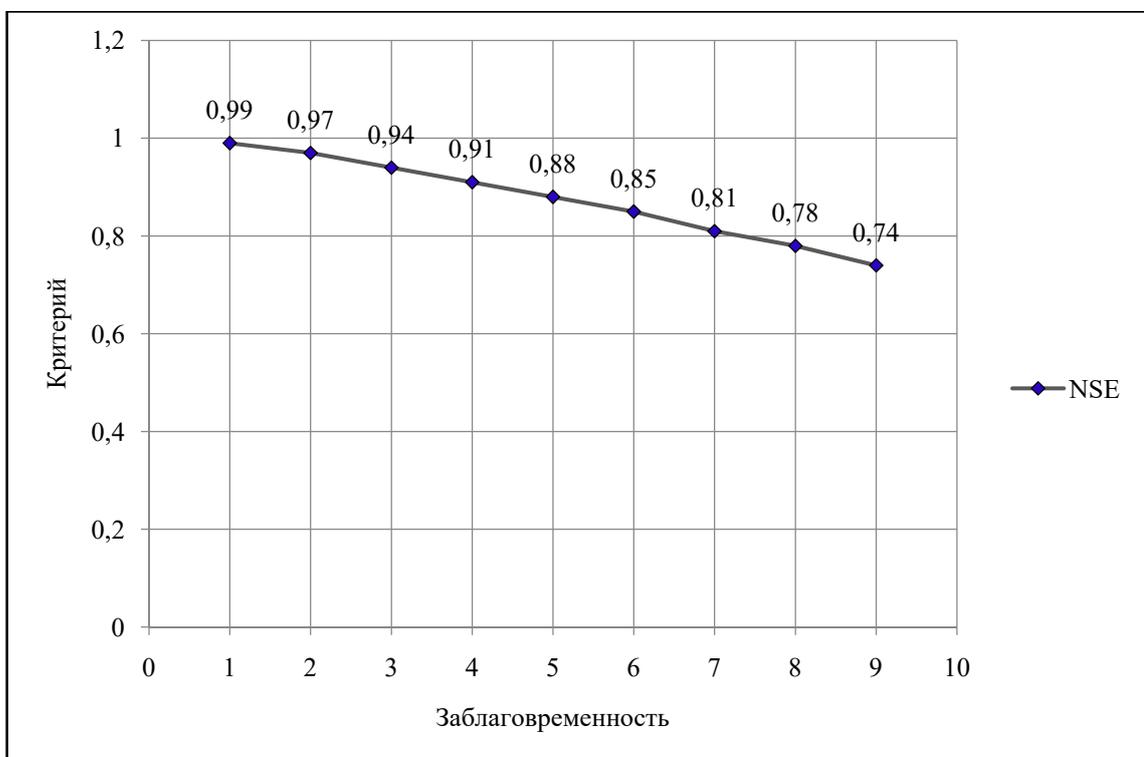


Рисунок 4.4 – График изменения оценки эффективности критерием Нэша–Сатклиффа (пост р. Тобол – с. Иевлево).

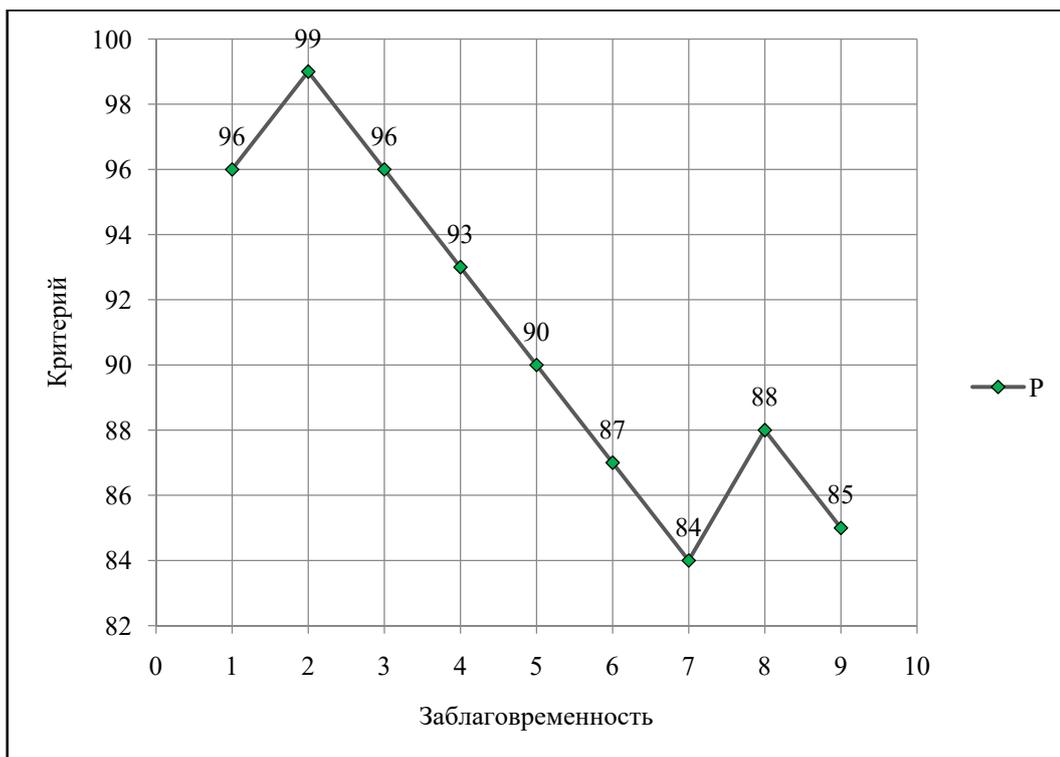


Рисунок 4.5 – График изменения природной обеспеченности (пост р. Омь – г. Омск)

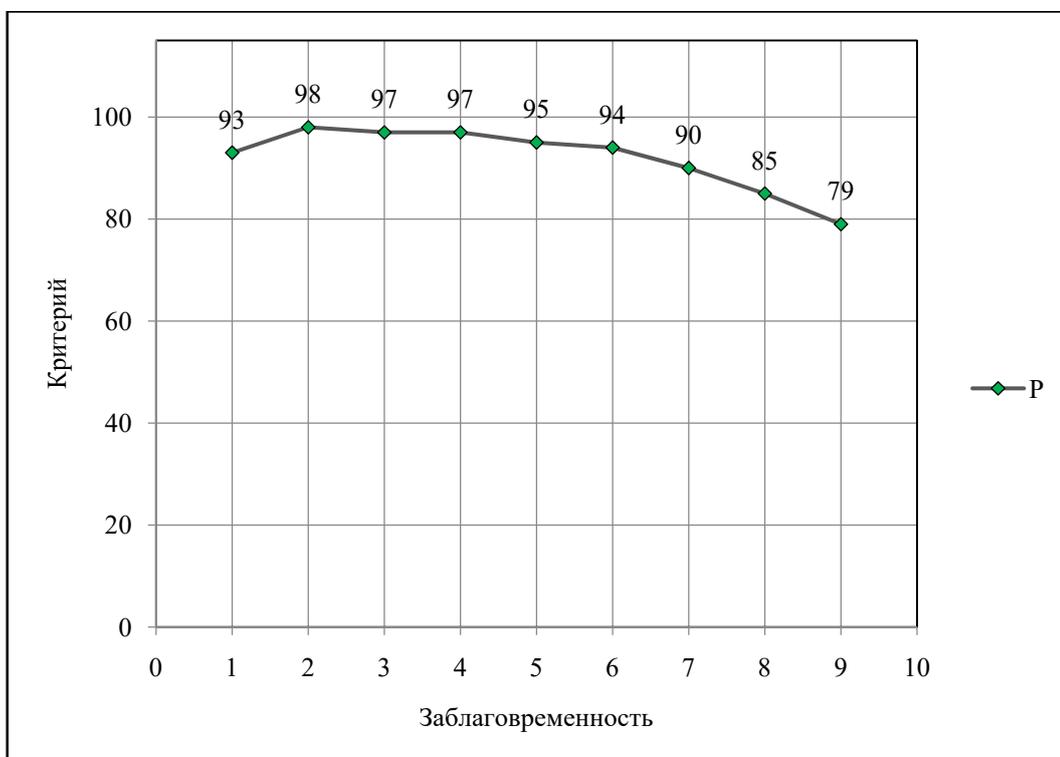


Рисунок 4.6 – График изменения природной обеспеченности (пост р. Тобол – с. Иевлево).

В итоге, было принято решение воспользоваться зарубежными оценками и провести анализ эффективности и точности прогнозов с помощью нескольких критериев ВМО.

Формулы данных критериев перечислены ниже:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |\widehat{Q}_i - Q_i| \quad (4.1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N |\widehat{Q}_i - Q_i|^2}{N}} \quad (4.2)$$

$$AAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\widehat{Q}_i - Q_i}{Q_i} \right| \quad (4.3)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n \widehat{Q}_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (4.4)$$

$BIAS \in (0, \infty)$

$BIAS = 0$  удовлетворительно

$BIAS = 1$  хорошо

$BIAS > 1$  плохо

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \widehat{Q}_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (4.5)$$

$PBIAS \in (-\infty, \infty)$

$PBIAS < 0$  удовлетворительно

$PBIAS = 0$  хорошо

$PBIAS > 0$  плохо

На графиках 4.7 и 4.8 отображено изменение критерия MAE. Наблюдается возрастание значений после прохождения заблаговременности равной 2–3 суткам. Критерий MAE не должен превышать 1.

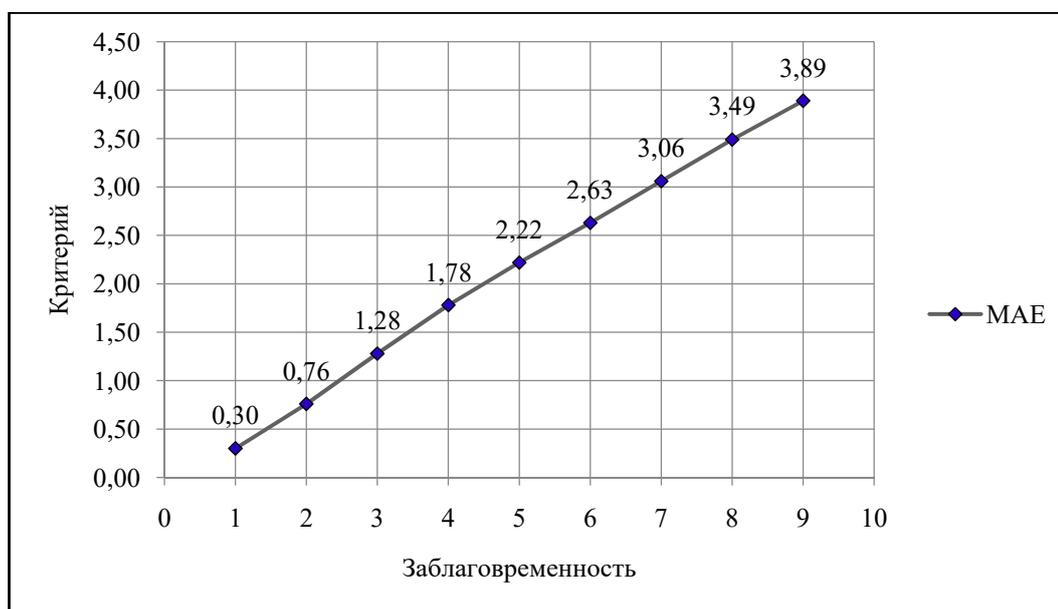


Рисунок 4.7 – График изменения оценки эффективности критерием MAE (пост р. Омь – г. Омск).

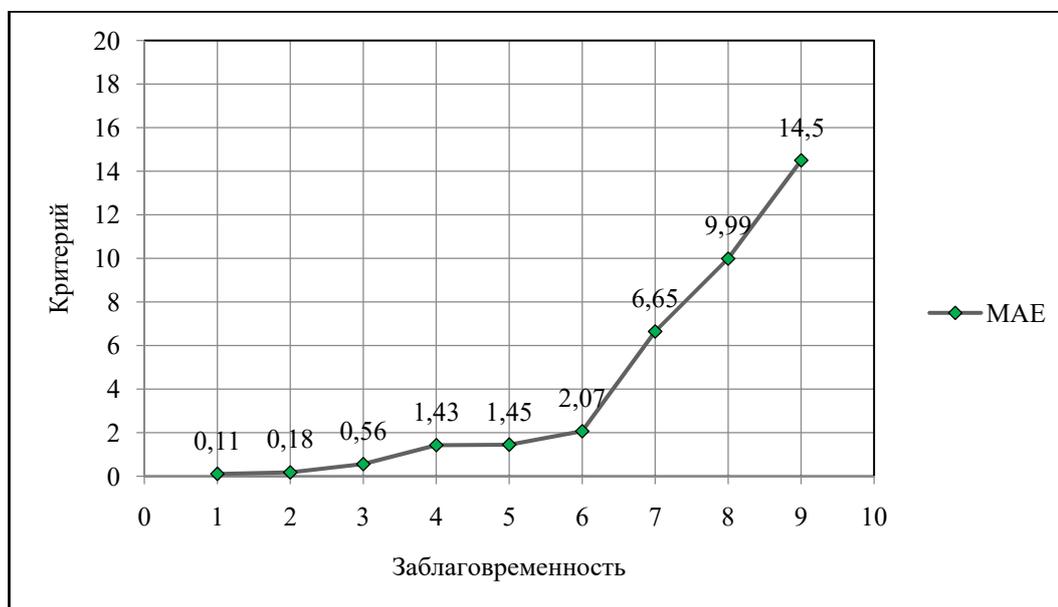


Рисунок 4.8 – График изменения оценки эффективности критерием MAE (пост р. Тобол – с. Иевлево).

Критерий оценки RMSE на рисунках 4.9 и 4.10 лучше всего отображает, как с увеличением заблаговременности ухудшается качество прогноза.

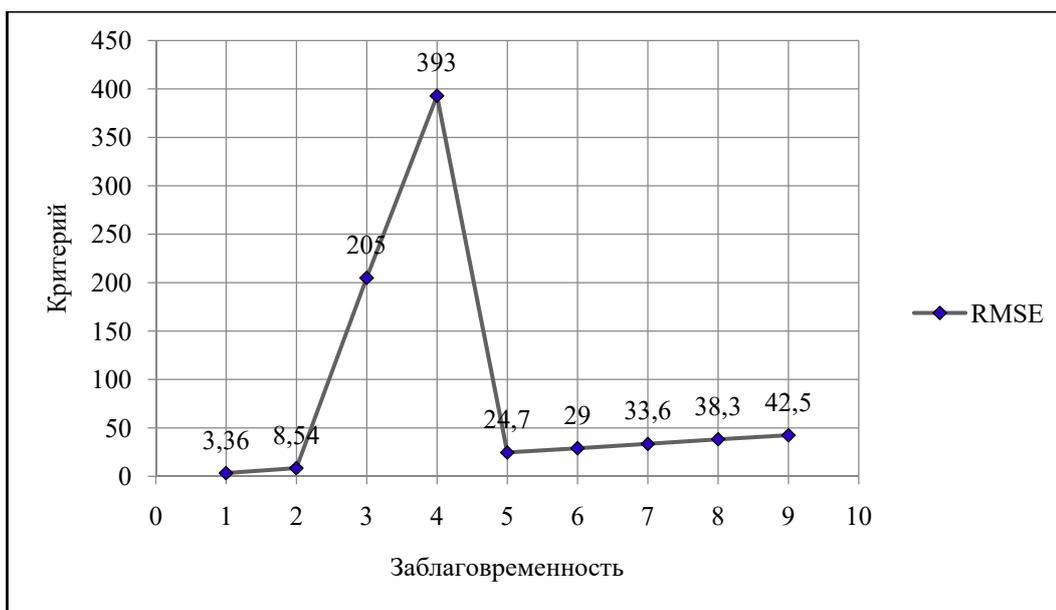


Рисунок 4.9 – График изменения оценки эффективности критерием RMSE (пост р. Омь – г. Омск).

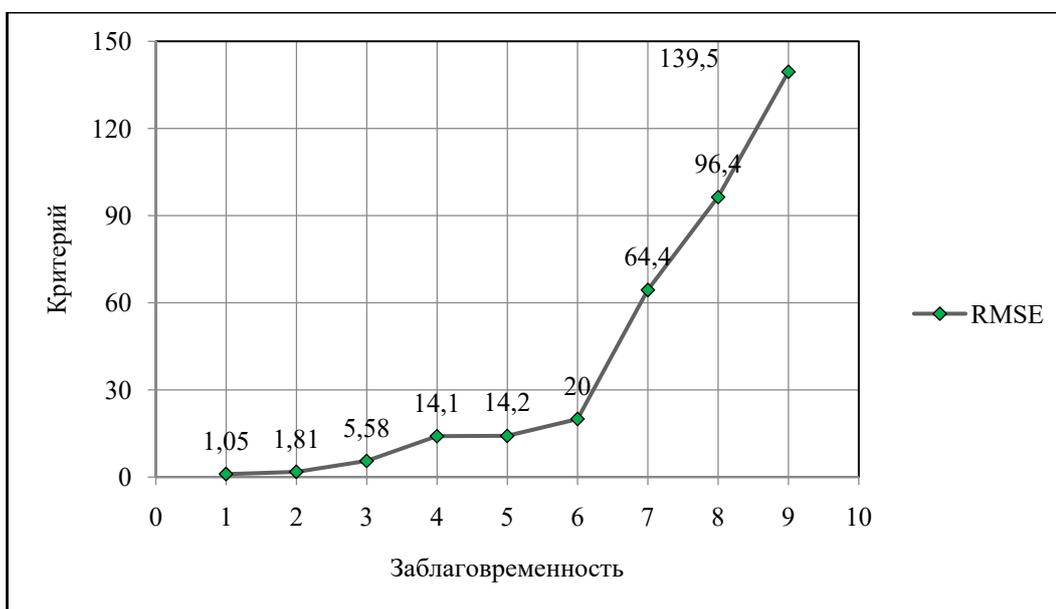


Рисунок 4.10 – График изменения оценки эффективности критерием RMSE (пост р. Тобол – с. Иевлево).

Значения оценки критерием ААЕ плавно увеличивается к заблаговременности 9 суток, что, в принципе, логично и согласуется с графиками совмещения прогнозных и фактических значений, представленных в главе 3. Критерий ААЕ говорит о то, что прогноз с заблаговременностью до 3 суток будет считаться хорошим (рисунок 4.11, 4.12).

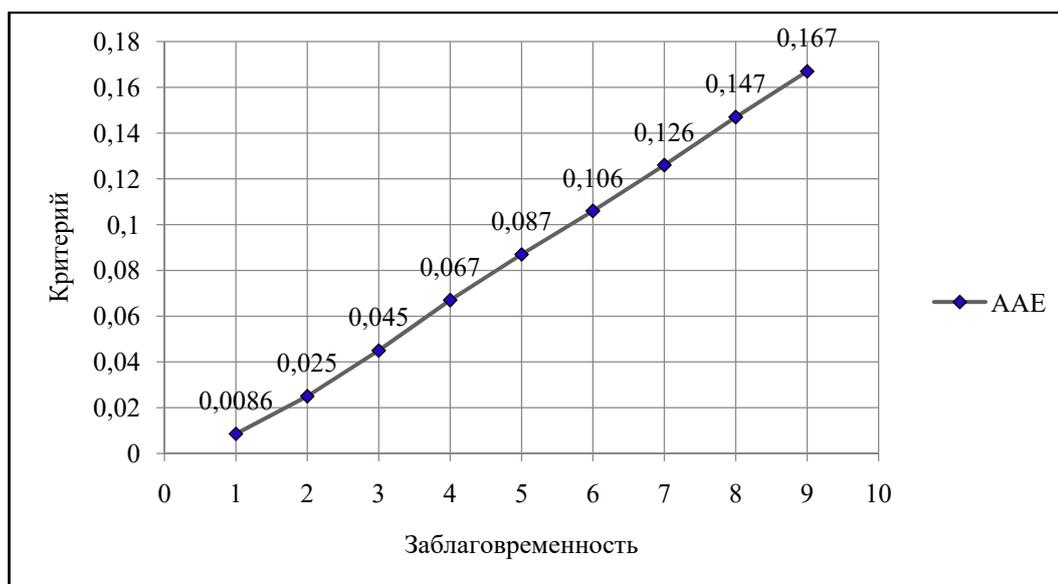


Рисунок 4.11 – График изменения оценки эффективности критерием ААЕ (пост р. Омь – г. Омск).

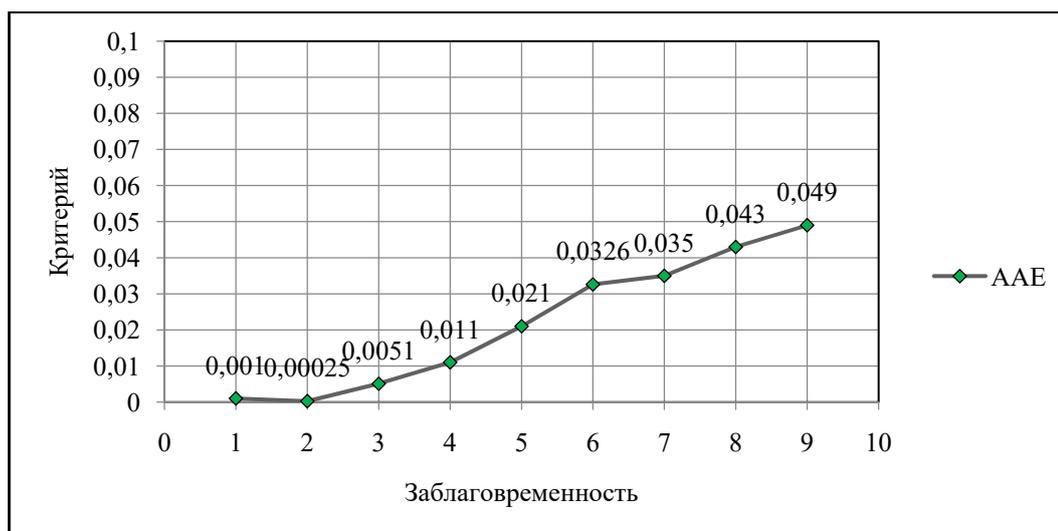


Рисунок 4.12 – График изменения оценки эффективности критерием ААЕ (пост р. Тобол – с. Иевлево).

Известный критерий Байеса также применяют в гидрологических прогнозах при оценке его эффективности.

На рисунке 4.13, представленный ниже, видно, как резко падает точность прогнозных значений расходов воды весеннего половодья на посту р. Омь – г. Омск, когда заблаговременность превышает 3 суток.

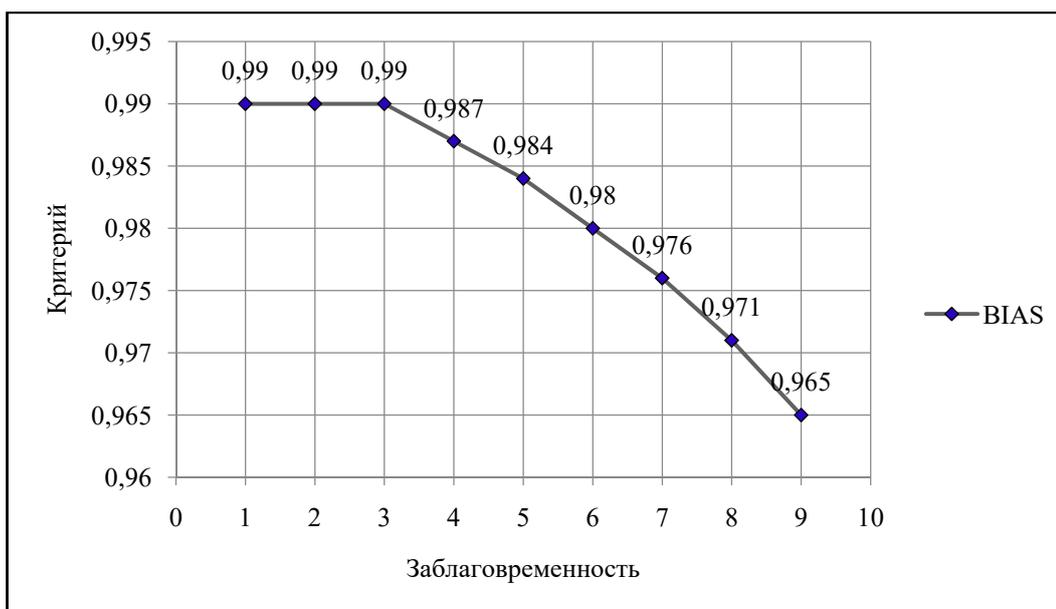


Рисунок 4.13 – График изменения оценки эффективности критерием BIAS(пост р. Омь – г. Омск).

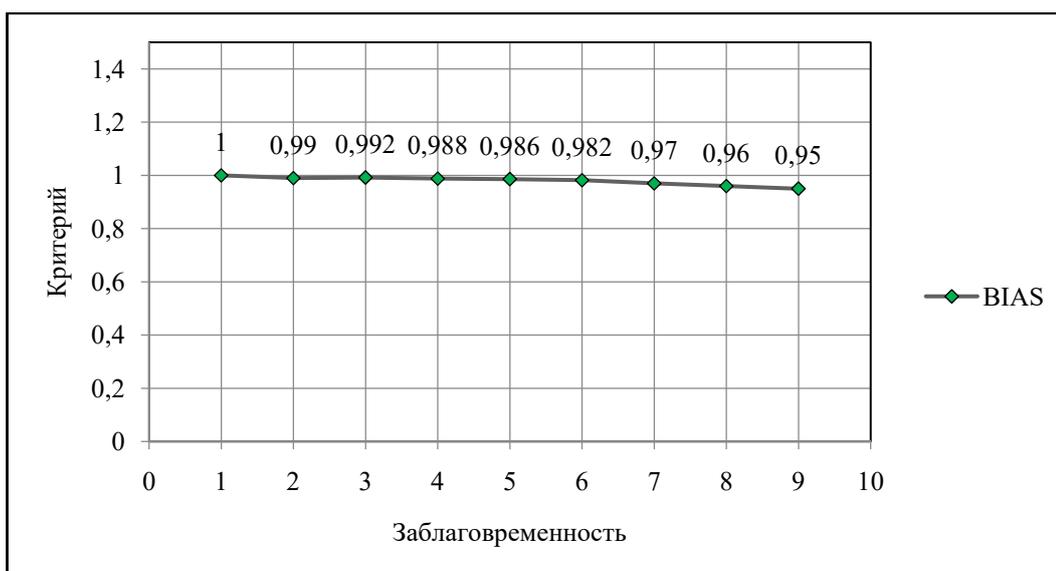


Рисунок 4.14 – График изменения оценки эффективности критерием BIAS(пост р. Тобол – с. Иевлево).

Одним из вариантов расчёта критерия Байеса является его вероятностный вид (формула 4.5).

На рисунке 4.14 наблюдается, как значения данного критерия уменьшаются и, согласно оценке прогноза, все значения не близкие к 0, говорят о преуменьшении прогнозных значений, а на рисунке 4.15 наоборот о их завышении.

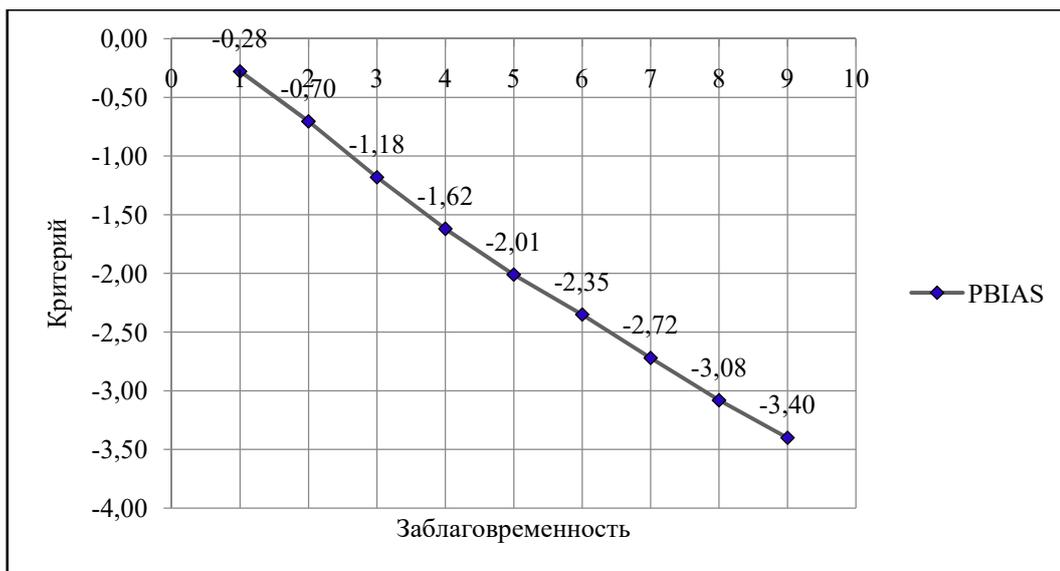


Рисунок 4.14 – График изменения оценки эффективности критерием PBIAS(пост р. Омь – г. Омск).

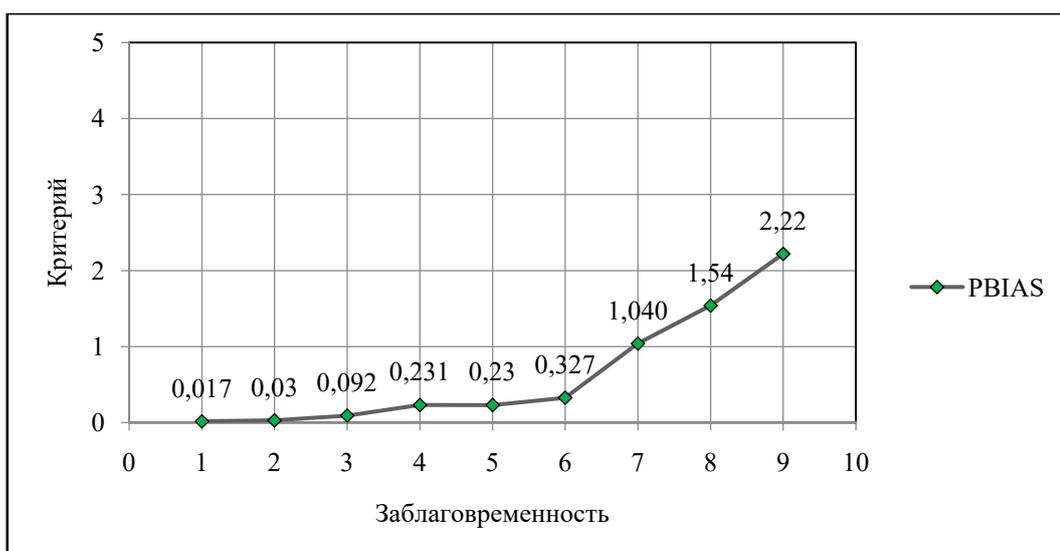


Рисунок 4.15 – График изменения оценки эффективности критерием PBIAS(пост р. Тобол – с. Иевлево).

Для контроля качества гидрологических прогнозов проводится их верификация. Для чего это необходимо? Во-первых, для того, чтобы понять и количественно оценить точность и успешность составления прогноза. Во-вторых, необходимо знать, насколько хорошо доступной является информация, указанная в прогнозе, для пользователей. Так, используя верификацию, можно улучшать сами прогнозы и исключать систематические ошибки, которые влияют на их качество.

Одним из оценочных критериев верификации является корреляционная диаграмма. В контексте гидрологических прогнозов она позволяет увидеть взаимосвязь между прогнозными и фактическими значениями.

Характеристикой корреляционной диаграммы является коэффициент корреляции Пирсона, который измеряет тесноту линейной связи между значениями. Они изменяются в диапазоне от  $-1$  до  $+1$ . Значение равное  $1$  указывает на полную корреляцию.

Корреляционные диаграммы делят на 4 вида, и каждая характеризует различную связь между значениями, но основной принцип заключается в том, что чем ближе выстраиваются точки вдоль диагональной линии с положительным наклоном, там больше положительная корреляция между прогнозным и фактическим (наблюденным) значениями.

При коэффициенте корреляции равному  $0$  корреляционная диаграмма покажет отсутствие взаимосвязи между значениями. Если коэффициент корреляции – это небольшое положительное число, то такая связь на диаграмме проиллюстрирована большим разбросом значений от диагональной линии с положительным наклоном. Если коэффициент стремится к отрицательному значению  $-1$ , то на диаграмме мы увидим, как значения будут выстроены вокруг диагональной линии с отрицательным наклоном. Отрицательная корреляция значит следующее: высоким прогнозируемым значениям будут соответствовать низкие наблюдаемые значения.

Точки, которые плотно выстроены вокруг диагональной линии с положительным наклоном говорят о сильной корреляции, и такая взаимосвязь считается самой лучшей. Коэффициент корреляции близок к 1.

Как одна из оценок прогноза, корреляционные диаграммы успешно применяется Национальной службой США.

В ходе работы было выполнено построение корреляционных диаграмм. Результаты представлены на рисунках 4.16 – 4.19, взаимосвязь между значениями уменьшается при увеличении заблаговременности.

Корреляционные диаграммы, представленные на рисунках 4.16 и 4.18, говорят о сильной корреляции между прогнозными и фактическими значениями. Коэффициенты корреляции данных диаграмм почти равны 1.

Корреляционные графики на рисунках 4.17 и 4.19 также имеют положительные значения коэффициента корреляции, но взаимосвязь между значениями слабая.

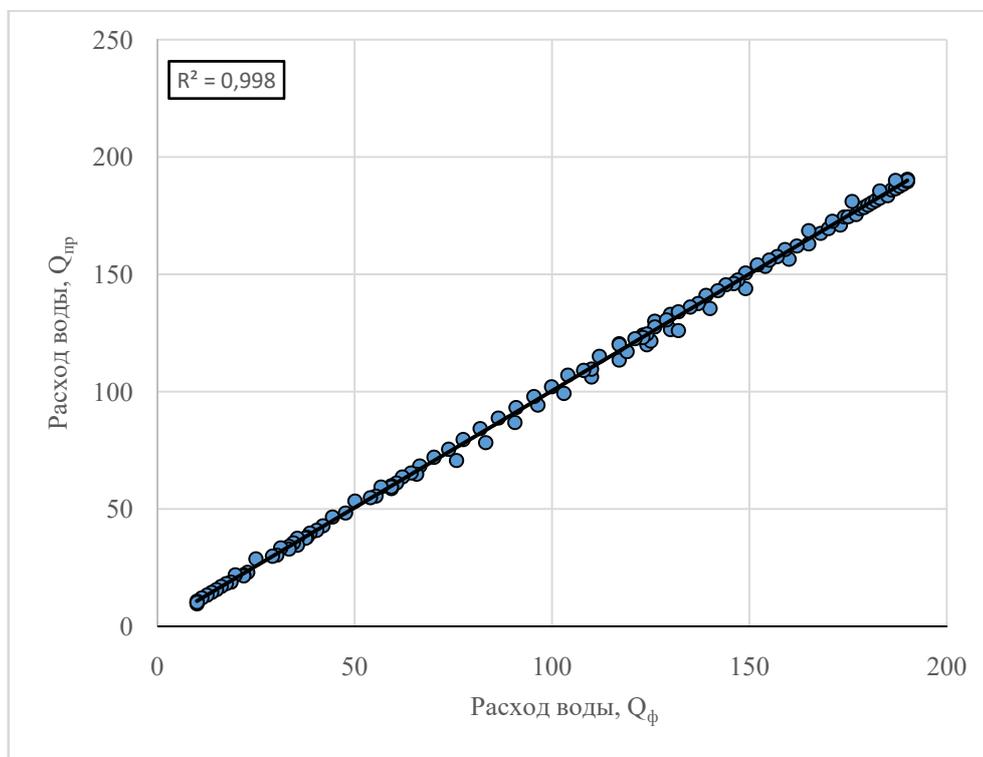


Рисунок 4.16 – График корреляции между прогнозными и фактическими значениями с заблаговременностью  $\tau=1$ . (пост р. Омь – г. Омск)

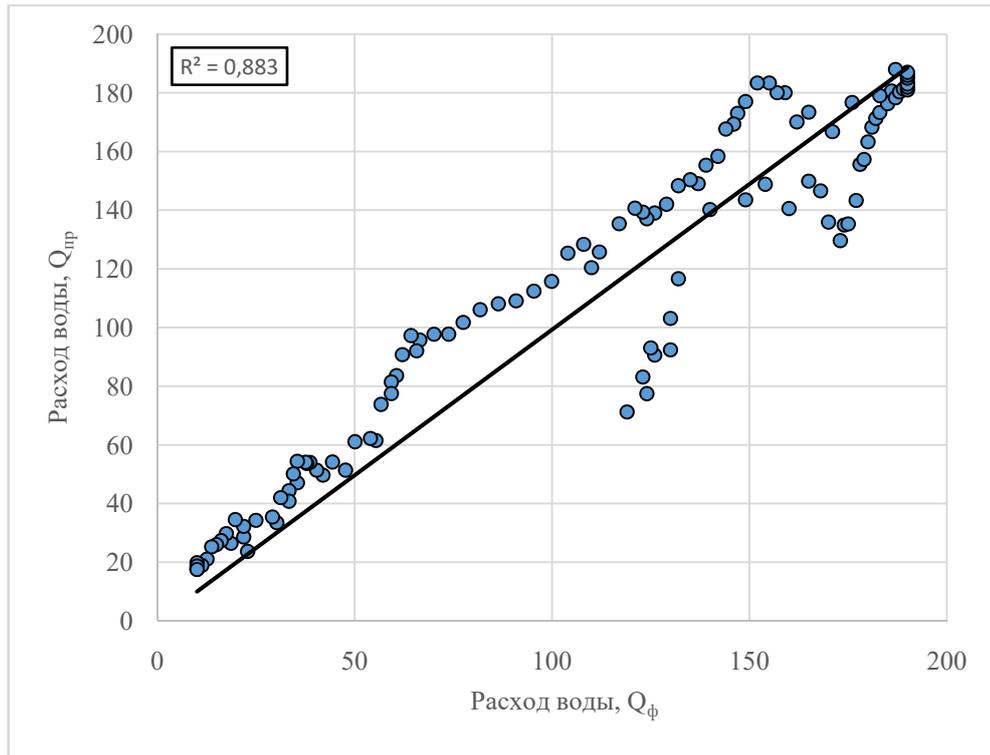


Рисунок 4.17 – График корреляции между прогнозными и фактическими значениями с заблаговременностью  $\tau=9$ . (пост р. Омь – г. Омск)

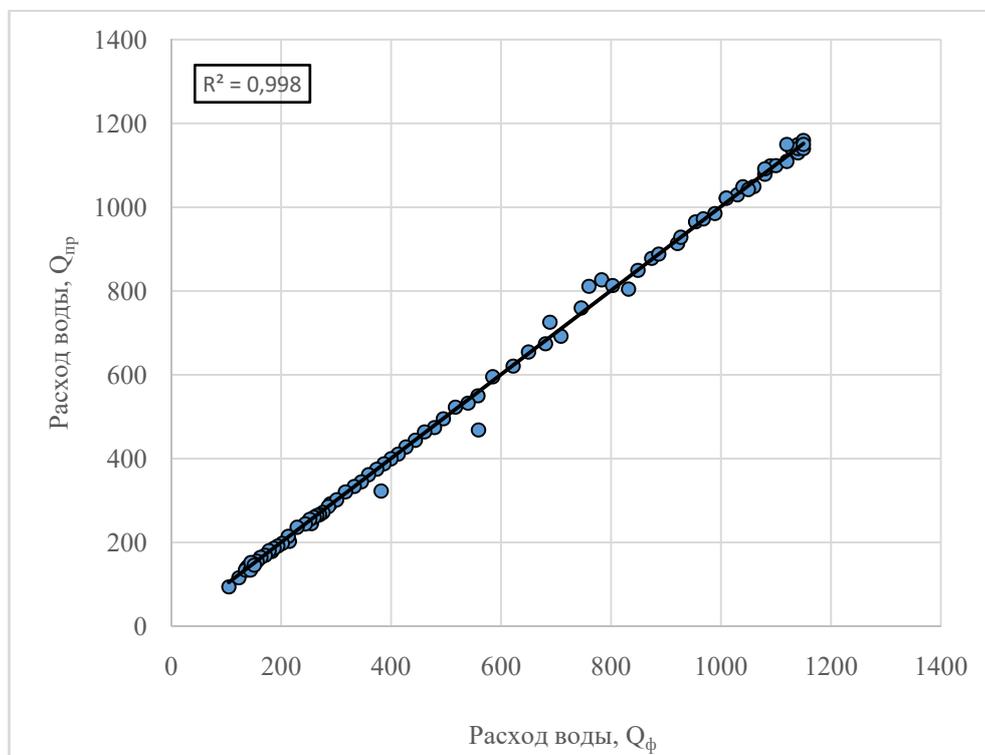


Рисунок 4.18 – График корреляции между прогнозными и фактическими значениями с заблаговременностью  $\tau=1$  (пост р. Тобол – с. Иевлево)

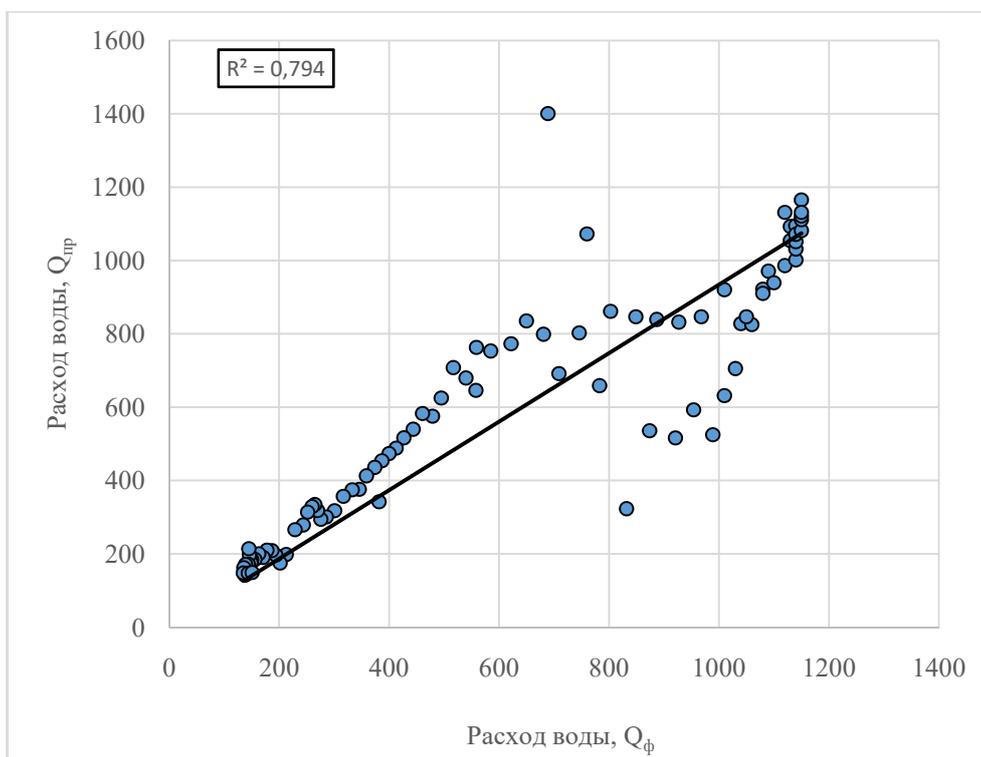


Рисунок 4.19 – График корреляции между прогнозными и фактическими значениями с заблаговременностью  $\tau=9$  (пост р. Тобол – с. Иевлево)

Таким образом, зарубежные критерии оценки показали следующее: с увеличением заблаговременности качество прогнозных значений будет ухудшаться. Оптимальной заблаговременностью для краткосрочного прогнозирования расходов воды весеннего половодья крупных рек будет являться заблаговременность равная 2–3 суткам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был произведен прогноз расходов воды весеннего половодья на двух крупных притоках реки Иртыш – р. Тобол и р.Омь. Площадь водосбора рек составляет 333000 и 52400 км<sup>2</sup>соответственно.

В начале работы были построены хронологические графики хода расходов воды, на которых было выявлено весеннее половодье: определено начало и конец фазы водного режима, его продолжительность.

Для составления прогностических зависимостей использовались данные о среднесуточных расходах воды в период с 2016 по 2020 гг.

Прогноз был дан на 2021 г. с различной заблаговременностью от 1 до 9 суток.

В качестве прогнозных методик был выбран метод тенденции двумя способами: линейный и нелинейный. Оценка эффективности прогноза была проведена методом ГМЦ и критерием Нэша–Сатклиффа, в дополнение определена природная обеспеченность прогноза.

Результат проверки оказался неутешительным: при увеличении заблаговременности и высоких значениях статистических характеристик, оценка методики показывала положительный результат, в то время как совмещение прогнозных и фактических значений на графиках демонстрировало полное несоответствие максимумов и минимумов хода расходов воды.

Дополнительный расчёт прогноза по методу нелинейной тенденции показал то, что в настоящее время расчётные формулы необходимо оптимизировать. Постоянные коэффициенты в расчётных формулах требуют доработки, и в связи с этим предлагается воспользоваться методом подбора для получения более точных результатов прогнозных величин.

При анализе исследования было принято решение воспользоваться зарубежными критериями и методиками оценки точности и эффективности прогнозов, что дало благоприятный результат.

Из всего многообразия критериев для оценки точности и эффективности рекомендуется использовать построение корреляционных диаграмм. Данный способ оценки прогноза является довольно простым и доступным в использовании, а также очень нагляден.

В ходе выполнения исследования были получены следующие результаты:

а) собрана база данных для крупных притоков реки Иртыш и выявлены районы, для которых актуальна задача прогнозирования стока;

б) выполнен прогноз расходов воды весеннего половодья с различной заблаговременностью на примере двух крупных притоков: р. Омь – г. Омск и р. Тобол – с. Иевлево.

в) при выполнении оценки прогноза были выявлены проблемы в критериях оценки прогнозных методик;

г) для оценки прогнозов предложены актуальные и альтернативные критерии, которые используются в мировой практике гидрологических прогнозов;

д) выполнен анализ полученных результатов по каждому предложенному критерию;

е) проведена верификация прогноза при помощи корреляционных диаграмм.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алехин, Ю. М. Краткосрочные прогнозы стока на равнинных реках / Ю. М. Алехин. – Л.: ГИМИЗ, 1956. – 259 с.
2. Гайдукова, Е. В., Викторова, Н. В. Гидрологические прогнозы / Е. В. Гайдукова, Н. В. Викторова. – Конспект лекций. – СПб.: РГГМУ, 2021. – 92 с.
3. Георгиевский, Ю. М., Шаночкин, С. В. Гидрологические прогнозы / Ю. М. Георгиевский, С. В. Шаночкин. – Учебник. – СПб.: РГГМУ, 2007. – 436 с.
4. Георгиевский, Ю. М. Краткосрочные гидрологические прогнозы / Ю. М. Георгиевский. – Учебное пособие. – Л.: ЛПИ, 1982. – 100 с.
5. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [сайт]. – URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 02.02.2024).
6. Руководство по гидрологическим прогнозам, вып. 1 – 3. – М. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.
7. Руководство по гидрологической практике (ВМО-№ 168), Том II – Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов, 2012 – 324 с.
8. Шулгина, Л.В. Весеннее половодье на реке Тобол в пределах Ялуторовского района / Шулгина, В. Л. // Лучшие выпускные квалификационные работы 2012 года. Том Часть 1. – Тюм.: Тюменский государственный университет, 2013. – с. 191-197.
9. Сабитов, З. М. Краткосрочное прогнозирование расходов воды на основе статистических методов / З. М. Сабитов, С. Е. Шамандин, В. В. Смирнов. // География и природные ресурсы. – 2016. – № № 2(68). – с. 91–99.

10. Чеканов, Ю. М. Использование гидрологической модели для прогнозирования расходов воды в речной системе / Ю. М. Чеканов, Е. И. Тимофеева, М. Н. Вавилов. // Водные ресурсы. – 2017. – № № 44(3). – с. 371–382.
11. Кулагин, О. А. Моделирование гидрологических процессов для прогнозирования расходов рек / О. А. Кулагин, В. Л. Туркин, П. М. Зайцев. // Водные ресурсы. – 2021. – № № 48(1). – с. 68–79.
12. Миронов, В. Л. Краткосрочное прогнозирование расходов реки Иртыш на основе метеорологических данных / В. Л. Миронов. // Гидрометеорология и экология. – 2018. – № 1(42). – с. 67–75.
13. Стециев, И. В. К вопросу о наводнениях на реке Иртыш и его притоках / И. В. Стециев. // Краеведение Омской области. – 2018. – № 1(42). – с. 224–227.
14. Борисов, П. В. Наводнения в бассейне реки Иртыш / Борисов, В. П. // Межвузовская научная географическая конференция. – Омск, 1970.
15. Борисов, П. В. Затопление населенных пунктов южных районов Омской области талыми водами / Борисов, В. П. // Межвузовская научная географическая конференция. – Омск, 1972.
16. Козыкеева, А. Т. Особенности формирования гидрологического режима водосбора бассейна реки Тобол / А. Т. Козыкеева, Ж. С. Мустафаев, Б. Е. Тастемирова. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения) с международным участием. Выпуск 16 Часть 1. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2018. – с. 173–178.
17. Матвеева, А. А. Затопление городских территорий (по материалам Ялуторовского городского округа) / А. А. Матвеева, О. Е. Вохмянина. // Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции. Выпуск 18. – Новочеркасск.: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», 2021. – с. 78–78.

18. Гиль, О. А. Перспектива использования водных ресурсов реки Оми с учётом влияния Красногорского гидроузла / О. А. Гиль, А. С. Паздникова. // Науки о Земле и смежные экологические науки. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2020. – с. 304-307.

19. Миронов, И. О. Анализ изменения гидрологического режима реки Омь / И. О. Миронов, Е. Ф. Петров. // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию образования кафедры почвоведения. — Омск : ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2020. – с. 306-310.

20. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 2010-2015 гг. Ч. 1. Реки и каналы. Ч. 2. Озера и водохранилища. Вып. 1 Бассейн реки Иртыш. СПб, 2015.

21. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 13. Многолетние данные. Ч. 1-6, Вып. 18. КазССР. Кн.2 Л.: Гидрометиздат, 1989. с. 445

Приложение А – Исходные данные и хронологические графики расходов воды весеннего половодья на реках Тобол и Омь в период 2016–2021 гг.

Таблица А.1 – Среднесуточные расходы воды на посту р. Тобол – с. Иев-лево в 2016 г.

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	179	140	130	181	1820	2600	994	346	178	192	211	114
2	178	139	130	183	1860	2500	958	337	176	194	208	114
3	176	139	130	186	1910	2440	922	330	174	198	204	114
4	174	138	130	188	1960	2360	889	322	172	201	196	115
5	172	137	130	191	2020	2320	851	314	172	206	187	115
6	170	136	130	193	2130	2270	818	307	171	213	178	115
7	168	135	131	234	2270	2220	782	299	169	218	167	115
8	166	135	131	286	2430	2160	746	291	168	218	157	115
9	164	134	131	366	2610	2110	720	284	167	219	151	115
10	163	133	131	479	2780	2070	695	277	166	222	147	115
11	161	132	131	611	2880	2030	666	270	166	222	143	115
12	159	131	133	749	2920	1990	640	263	166	222	140	116
13	157	130	136	902	2950	1950	618	256	167	222	135	116
14	155	130	138	1050	2960	1910	601	249	168	222	133	116
15	154	129	141	1090	2980	1870	583	242	168	221	130	116
16	153	128	143	1130	2990	1800	559	235	169	220	127	115
17	153	128	145	1170	2990	1730	533	231	171	220	126	114
18	152	128	148	1200	3000	1660	517	226	172	220	123	113
19	151	128	150	1240	3000	1570	507	221	173	220	120	112
20	150	129	152	1300	3000	1500	494	215	174	220	119	111
21	149	129	155	1350	3000	1430	479	211	174	220	119	110
22	148	129	157	1400	3000	1370	465	205	175	220	116	109
23	148	129	160	1450	3000	1310	453	200	177	221	113	108
24	147	129	162	1510	3000	1260	439	196	178	222	113	107
25	146	129	164	1560	2980	1220	425	194	180	222	113	106
26	145	129	167	1600	2950	1170	411	190	183	222	113	105
27	144	129	169	1650	2890	1120	394	189	184	219	114	104
28	144	130	172	1690	2810	1090	380	188	186	217	114	103
29	143	130	174	1740	2760	1060	372	184	188	217	114	103
30	142		176	1780	2710	1030	363	182	190	216	114	102
31	141		179		2680		355	180		213		102

Таблица А.2 – Среднесуточные расходы воды на посту р. Тобол –  
с.Иевлево в 2017 г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	101	92,5	97,5	125	1260	1450	1060	1010	322	211	204	158
2	101	92,3	97,8	126	1290	1450	1090	990	308	211	203	156
3	100	92,2	98,1	127	1320	1440	1130	966	292	210	202	152
4	99,8	92	98,4	128	1340	1430	1160	945	280	209	202	150
5	99,3	91,9	98,7	129	1360	1420	1180	915	273	209	202	149
6	98,7	91,7	99	130	1370	1380	1200	885	263	209	201	146
7	98,2	91,6	100	136	1380	1360	1220	852	255	208	201	144
8	97,7	91,4	101	149	1380	1340	1230	820	246	207	200	141
9	97,2	91,7	102	163	1390	1310	1240	788	239	206	200	138
10	96,6	92	103	180	1400	1280	1240	763	235	206	201	136
11	96,1	92,3	104	201	1410	1250	1250	738	231	206	200	131
12	95,6	92,6	105	225	1410	1210	1250	712	227	205	197	129
13	95,4	92,9	106	261	1410	1170	1250	680	223	205	195	127
14	95,3	93,2	107	307	1420	1130	1230	656	219	205	192	124
15	95,1	93,4	108	367	1420	1100	1230	632	216	205	191	122
16	95	93,7	109	435	1430	1080	1230	605	214	205	190	120
17	94,8	94	110	541	1430	1040	1220	580	212	206	190	115
18	94,7	94,3	111	665	1430	1000	1220	565	210	206	190	113
19	94,5	94,6	112	744	1440	1000	1200	559	209	207	188	111
20	94,4	94,9	113	817	1440	972	1200	537	209	207	186	111
21	94,2	95,2	114	883	1440	955	1190	511	209	207	185	110
22	94	95,5	115	938	1440	940	1170	488	209	207	184	110
23	93,9	95,8	116	990	1440	925	1170	475	210	207	183	109
24	93,7	96,1	117	1040	1450	915	1160	459	210	207	180	109
25	93,6	96,4	118	1080	1450	920	1150	444	211	208	177	108
26	93,4	96,7	119	1110	1450	935	1130	427	211	208	174	108
27	93,3	97	120	1150	1450	945	1120	407	212	207	170	107
28	93,1	97,2	121	1170	1450	960	1100	390	212	207	167	107
29	93	–	122	1210	1450	984	1090	371	212	206	164	106
30	92,8	–	123	1240	1450	1020	1070	352	212	205	161	106
31	92,6	–	124	–	1450	–	1040	336	–	204	–	106

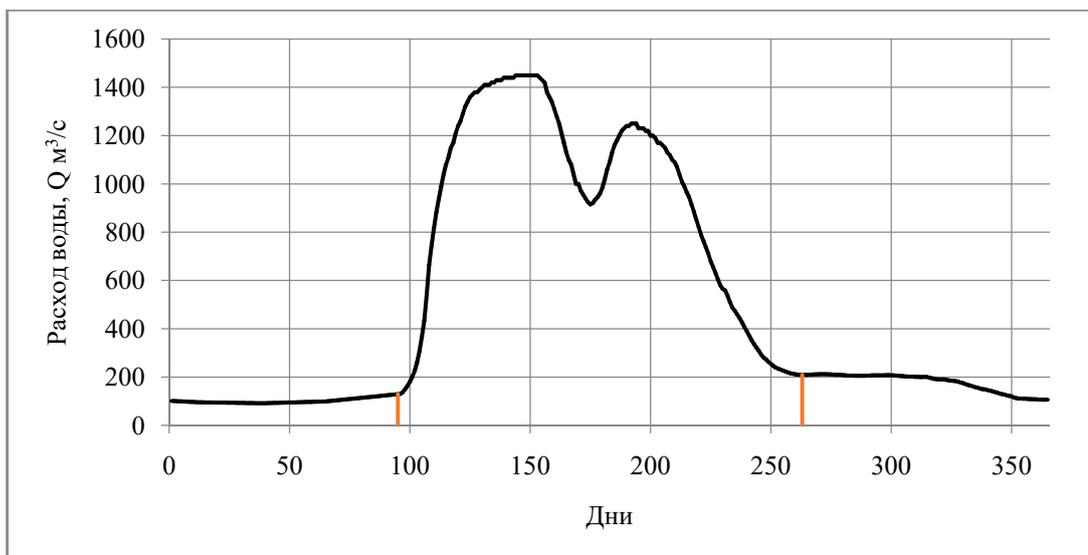


Рисунок А.1 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с.Иевлево за 2017 г

Таблица А.3 – Среднесуточные расходы воды на посту р. Тобол – с.Иевлево в 2018 г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	105	90,2	74,2	73,3	946	1250	672	483	338	183	252	169
2	105	89,4	73,9	73,8	974	1250	663	475	332	182	252	167
3	104	88,7	73,6	74,3	999	1250	657	468	326	181	252	164
4	104	88	73,3	74,7	1030	1250	649	459	320	180	252	162
5	103	87,3	73	75,2	1050	1230	644	448	315	180	251	160
6	103	86,6	72,7	75,7	1070	1180	640	442	308	180	248	157
7	102	85,9	72,3	78,2	1080	1130	634	438	302	180	245	154
8	102	85,2	72	80,8	1090	1080	629	433	297	179	243	152
9	101	84,4	71,7	85,9	1100	1010	623	428	292	177	240	149
10	101	83,7	71,4	90,9	1110	972	613	425	288	177	238	144
11	101	83	71,1	96	1120	944	604	422	280	178	229	139
12	100	82,3	70,8	104	1140	925	593	418	272	180	222	135
13	99,6	81,6	70,5	118	1150	900	581	412	263	182	218	132
14	99,1	80,9	70,2	131	1160	869	568	410	252	185	215	128
15	98,7	80,2	69,9	142	1160	838	557	408	244	188	213	127
16	98,2	79,4	69,5	155	1180	816	549	404	237	191	211	125
17	97,8	78,7	69,2	168	1190	799	539	400	231	194	210	124
18	97,3	78	68,9	186	1200	779	532	396	224	197	208	123
19	96,9	77,3	68,6	210	1210	768	531	392	217	201	209	122
20	96,4	77	68,3	244	1210	761	531	387	210	208	211	120
21	95,9	76,7	68	306	1220	747	531	383	205	217	209	119
22	95,5	76,4	68,5	389	1220	736	527	378	203	228	209	118
23	95	76,1	69	485	1230	725	527	376	200	235	207	117

24	94,6	75,7	69,4	582	1230	720	524	372	198	240	203	115
25	94,1	75,4	69,9	651	1240	713	522	369	196	244	197	114
26	93,7	75,1	70,4	734	1240	705	519	367	194	246	194	113
27	93,2	74,8	70,9	821	1240	698	517	366	189	247	188	112
28	92,8	74,5	71,4	908	1250	690	513	360	187	249	182	110
29	92,3		71,8	910	1250	684	508	354	186	250	176	109
30	91,6		72,3	921	1250	679	501	348	184	251	171	108
31	90,9		72,8		1250		493	344		251		107

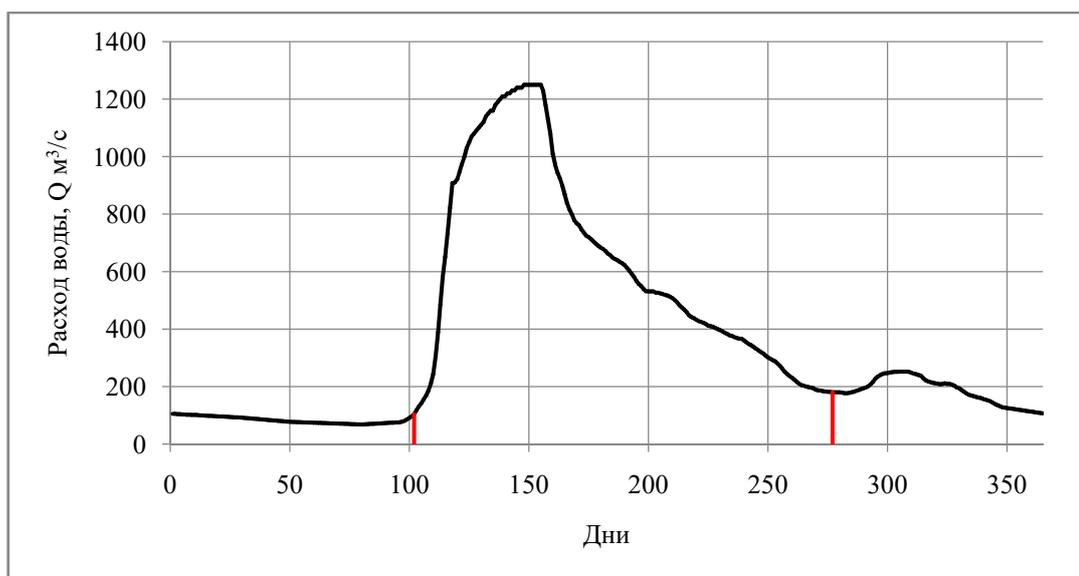


Рисунок А.2 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлевоза 2018 г,

Таблица А.4 – Среднесуточные расходы воды на посту р. Тобол – с. Иевлевоз 2019 г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	105	80,3	88,5	133	1350	1490	453	281	340	344	279	266
2	104	80,4	89,7	138	1360	1490	433	286	335	338	279	264
3	103	80,6	90,9	158	1370	1490	416	291	330	333	280	261
4	102	80,7	92,1	177	1380	1460	403	296	330	330	280	259
5	100	80,9	93,3	205	1390	1460	386	303	330	327	280	256
6	99,0	81,0	94,4	238	1400	1440	368	311	324	323	278	249
7	97,7	81,2	95,6	283	1410	1410	357	318	319	318	277	242
8	96,5	81,3	96,8	334	1420	1380	343	325	314	313	277	238
9	95,2	81,4	98,0	406	1430	1340	333	333	310	309	278	234
10	93,9	81,6	99,2	528	1440	1300	325	341	308	305	278	231
11	92,7	81,7	100	658	1440	1260	317	352	304	300	277	227
12	91,4	81,9	102	734	1450	1230	310	362	304	295	276	225
13	90,2	82,0	103	774	1450	1190	304	375	306	291	275	222

14	88,9	82,2	104	829	1460	1150	298	387	314	288	274	219
15	87,6	82,3	105	890	1460	1100	294	396	324	286	274	216
16	86,4	82,5	106	950	1470	1060	293	404	332	285	274	211
17	85,1	82,6	107	998	1470	1020	289	410	343	284	273	207
18	83,8	82,8	109	1050	1480	990	285	414	353	283	273	202
19	82,6	82,9	110	1090	1480	944	284	417	356	283	272	199
20	81,3	83,1	111	1120	1480	893	282	419	362	282	272	195
21	80,1	83,2	113	1150	1480	834	281	420	359	281	271	191
22	78,8	83,4	115	1170	1480	783	280	420	358	280	271	188
23	78,9	83,5	117	1200	1490	732	279	420	358	279	271	185
24	79,1	83,7	118	1220	1490	688	279	408	356	279	270	184
25	79,2	83,8	120	1250	1490	645	278	396	354	278	270	184
26	79,4	85	122	1270	1490	605	278	384	351	278	270	182
27	79,5	86,2	124	1280	1490	565	278	369	349	277	269	181
28	79,7	87,3	126	1310	1490	530	278	346	348	277	269	179
29	79,8		128	1330	1490	497	279	337	347	277	268	178
30	80		129	1340	1490	473	281	340	346	278	268	176
31	80,1		131		1490		280	346		278		174

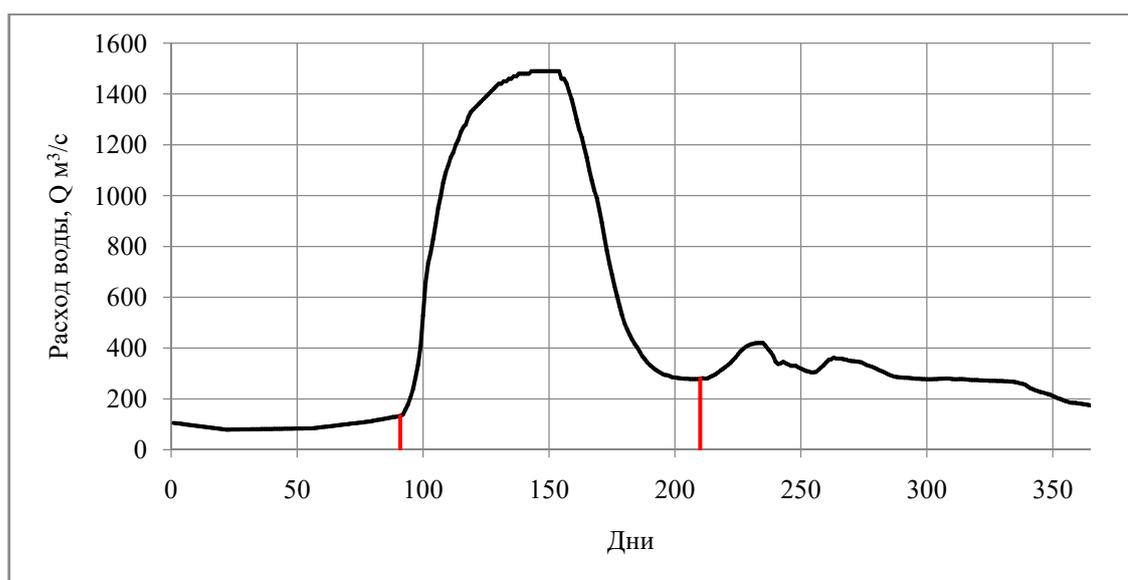


Рисунок А.3 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлевоза 2019 г

Таблица А5 – Среднесуточные расходы воды на посту р. Тобол – с. Иевлевоза 2020 г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	170	136	127	411	1660	1620	319	133	246	226	209	153
2	167	136	128	464	1670	1610	308	132	268	226	212	148
3	165	135	128	534	1670	1580	300	130	303	227	210	146

4	163	135	128	631	1680	1540	293	128	340	233	210	141
5	161	134	129	741	1690	1500	287	127	367	239	210	137
6	160	133	129	896	1690	1450	281	126	388	244	207	136
7	158	133	129	1020	1690	1410	276	125	407	246	209	132
8	156	132	130	1100	1700	1340	271	123	419	252	209	129
9	154	132	130	1160	1700	1280	265	122	419	257	205	128
10	153	131	131	1190	1700	1230	258	121	410	259	202	126
11	151	130	131	1190	1700	1150	252	121	402	259	202	123
12	150	130	131	1200	1700	1080	246	120	385	259	201	122
13	148	129	132	1200	1700	1010	239	121	374	256	198	119
14	146	129	132	1220	1700	938	231	121	359	252	194	118
15	145	128	133	1260	1700	861	223	121	347	246	186	116
16	144	128	133	1300	1710	795	211	120	335	241	174	115
17	143	127	139	1330	1710	742	200	122	322	234	164	112
18	143	126	145	1360	1710	685	193	122	309	229	160	110
19	142	126	151	1390	1710	630	189	126	295	225	156	109
20	141	125	157	1420	1710	584	185	130	280	220	155	106
21	141	125	163	1450	1710	541	179	133	268	218	158	105
22	141	124	169	1480	1710	505	173	138	260	214	160	102
23	141	124	178	1510	1710	467	165	147	252	211	162	101
24	141	125	184	1530	1710	437	159	155	244	210	164	99,5
25	140	125	196	1550	1710	419	155	165	240	205	164	96,7
26	140	126	211	1580	1710	402	150	182	236	205	162	95,5
27	139	126	229	1590	1700	379	147	190	232	206	159	92,9
28	139	126	253	1610	1700	357	143	199	228	210	157	91,7
29	138	127	280	1630	1670	346	140	207	226	207	155	90,6
30	137		316	1650	1650	334	137	218	226	205	155	88
31	137		361	–	1630		135	233		206		88

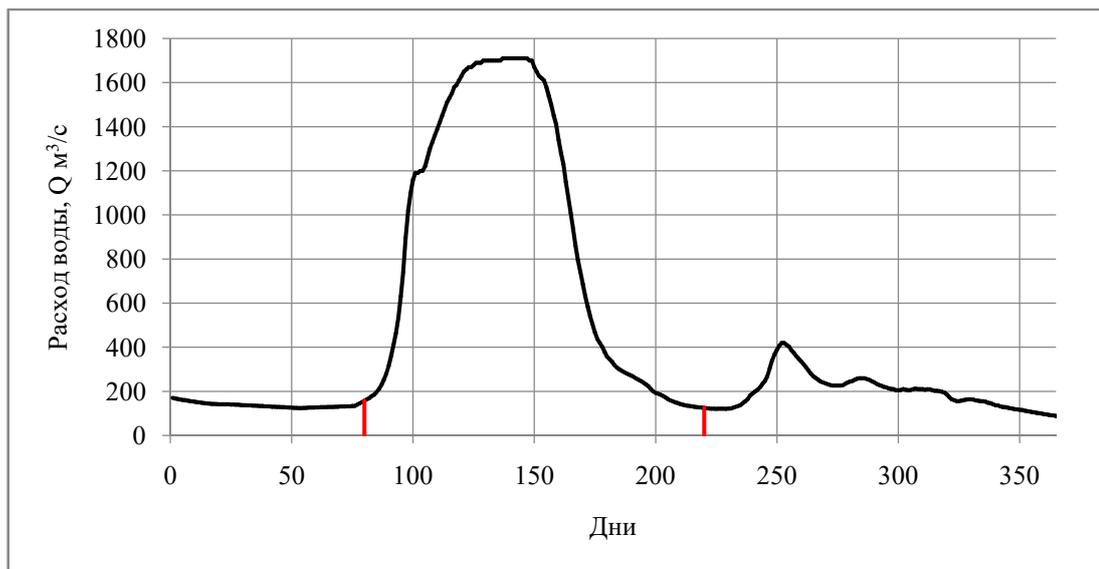


Рисунок А.4 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлевоза 2020 г

Таблица А.6 – Среднесуточные расходы воды на посту р. Тобол – с. Иев-  
лезов 2021 г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	86,9	81,0	79,0	90,6	1130	540	163	181	104	95,6	96,2	62,3
2	85,5	80,9	79,0	91,5	1130	517	156	165	102	98,6	93,3	62,5
3	85,5	80,8	78,9	92,5	1140	495	150	148	99,8	102	91,4	62,8
4	85,5	80,6	78,9	93,4	1140	479	149	138	99,8	105	88,4	63,0
5	85,5	80,5	78,9	105	1140	461	146	129	99,2	107	82,8	63,2
6	84,1	80,4	78,8	123	1140	444	144	125	97,4	108	81,0	63,5
7	84,1	80,3	78,8	144	1140	427	139	126	96,2	108	79,2	63,7
8	84,1	80,2	78,8	162	1150	413	138	127	95,6	108	78,7	64,0
9	82,7	80,1	78,7	183	1150	400	136	126	95,0	108	77,3	64,2
10	82,7	80	78,7	215	1150	387	135	127	92,0	108	75,4	64,5
11	82,7	79,8	78,7	255	1150	374	144	127	91,0	106	74,1	64,7
12	83,3	79,7	78,6	290	1150	359	145	127	90,0	104	74,6	65,0
13	83,2	79,6	78,6	382	1150	346	151	127	90,0	104	75,5	65,2
14	83,1	79,5	78,6	559	1150	333	168	127	89,0	103	74,5	65,4
15	82,9	79,5	78,5	689	1150	317	190	126	88,5	101	76,2	65,7
16	82,8	79,4	78,5	760	1120	301	224	126	88,5	98,6	76,1	65,9
17	82,7	79,4	78,5	783	1080	286	264	126	87,5	96,8	72,7	66,2
18	82,6	79,4	78,4	832	1050	276	306	126	87,0	96,8	71,3	66,4
19	82,5	79,3	78,4	874	1010	270	338	126	86,7	96,8	69,0	66,7
20	82,4	79,3	79,3	921	968	265	352	126	87,0	96,2	67,0	66,9
21	82,3	79,3	80,3	954	927	260	358	126	88,0	97,4	65,3	67,2
22	82,1	79,2	81,2	989	887	252	356	126	88,5	98,6	64,3	67,4
23	82,0	79,2	82,2	1010	849	244	348	124	89,0	96,8	63,3	67,3
24	81,9	79,2	83,1	1030	803	229	338	123	89,0	96,8	61,4	67,1
25	81,8	79,1	84,0	1040	746	213	323	121	89,5	98,0	60,4	67,0
26	81,7	79,1	85	1060	709	202	304	118	91,0	99,2	61,0	66,8
27	81,6	79,1	85,9	1080	681	194	276	116	91,0	99,8	61,3	66,7
28	81,4	79,0	86,8	1090	650	187	253	115	91,5	98,6	61,5	66,6
29	81,3		87,8	1100	622	178	235	113	92,6	98,6	61,8	66,4
30	81,2		88,7	1120	585	171	215	109	93,8	98	62,0	66,3
31	81,1		89,7		558		197	107		96,2		66,1

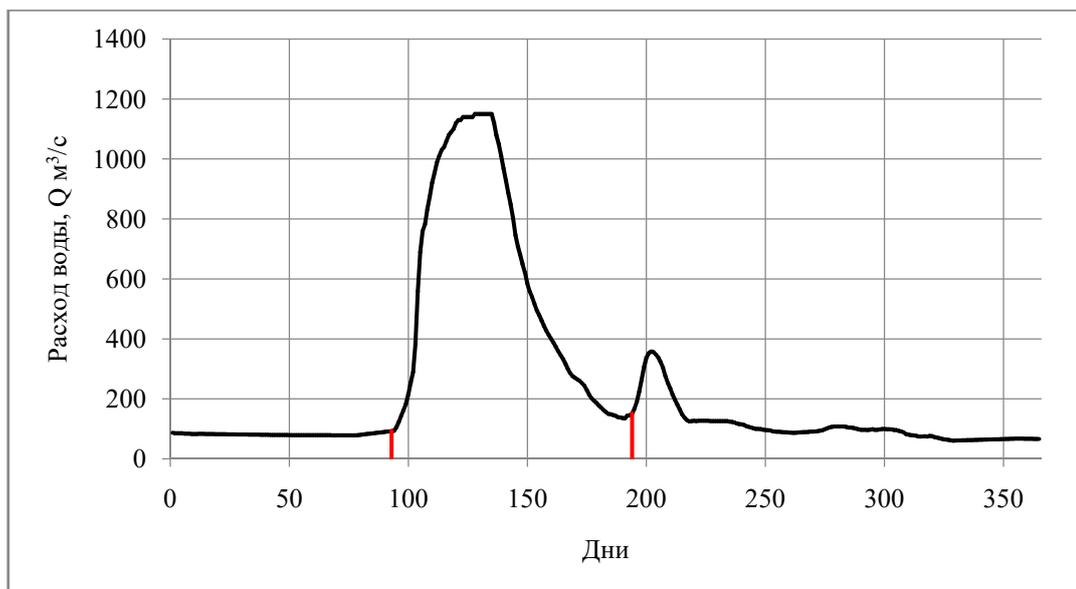


Рисунок А.5 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлевоза 2021 г

Таблица А.7 – Среднесуточные расходы воды на посту р.Омь – г. Омск в 2017г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	5,09	6,15	6,63	15,5	114	232	227	102	44,9	19,3	23,3	30,2
2	5,12	6,19	6,58	16,3	120	235	226	98,9	43,5	18,8	23,4	30,7
3	5,14	6,24	6,54	17,1	126	237	224	95,8	42,1	18,2	23,4	31,3
4	5,17	6,28	6,49	17,9	132	240	223	92,7	40,7	18,8	23,5	31,9
5	5,20	6,32	6,45	18,7	138	243	222	89,5	39,3	19,3	23,5	32,5
6	5,23	6,36	6,40	19,5	144	246	221	86,4	38,5	19,9	23,6	31,7
7	5,25	6,41	6,40	20,4	149	244	220	83,3	37,7	20,5	23,6	30,9
8	5,28	6,45	6,41	21,2	155	242	220	80,2	36,9	21,1	23,7	30,2
9	5,31	6,49	6,41	22,0	161	240	219	78,7	36,2	21,6	23,7	29,4
10	5,33	6,53	6,42	22,8	167	239	218	77,2	35,4	22,2	23,8	28,6
11	5,36	6,58	6,42	23,5	171	237	217	75,6	34,6	22,3	23,8	27,8
12	5,40	6,62	6,43	24,3	176	235	207	74,1	33,8	22,3	23,9	27,1
13	5,44	6,66	6,43	25,0	180	233	197	72,6	33,0	22,4	23,9	26,3
14	5,48	6,70	6,44	25,8	184	236	187	71,1	32,2	22,4	24,0	25,5
15	5,53	6,75	6,44	26,5	189	240	178	69,6	31,4	22,5	24,0	24,7
16	5,57	6,79	6,45	27,3	193	243	168	68,0	30,7	22,5	24,1	24,0
17	5,61	6,83	6,45	28,0	195	246	158	66,5	29,9	22,6	24,1	23,2
18	5,65	6,87	6,46	34,1	198	249	148	65,0	29,1	22,6	24,2	22,4
19	5,69	6,92	6,46	40,3	200	253	138	63,5	28,3	22,7	24,2	22,0
20	5,73	6,96	6,47	46,4	202	256	133	61,9	27,5	22,7	24,3	21,5
21	5,78	7,00	6,47	52,5	205	253	128	60,4	26,7	22,8	24,3	21,1
22	5,82	6,95	7,29	58,7	207	249	124	58,9	25,9	22,8	24,9	20,6

23	5,86	6,91	8,1	64,8	209	246	119	57,5	25,1	22,9	25,5	20,2
24	5,90	6,86	8,92	70,9	212	242	114	56,1	24,4	22,9	26,1	19,7
25	5,93	6,82	9,74	77,1	214	239	109	54,7	23,6	23,0	26,6	19,3
26	5,96	6,77	10,6	83,2	217	235	108	53,3	22,8	23,0	27,2	18,8
27	5,99	6,72	11,4	89,3	219	232	107	51,9	22,0	23,1	27,8	18,4
28	6,03	6,68	12,2	95,5	221	231	106	50,5	21,2	23,1	28,4	17,9
29	6,06		13,0	102	224	229	105	49,1	20,4	23,2	29,0	17,5
30	6,09		13,8	108	226	228	104	47,7	19,9	23,2	29,6	17,1
31	6,12		14,6		229		103	46,3		23,3		16,6

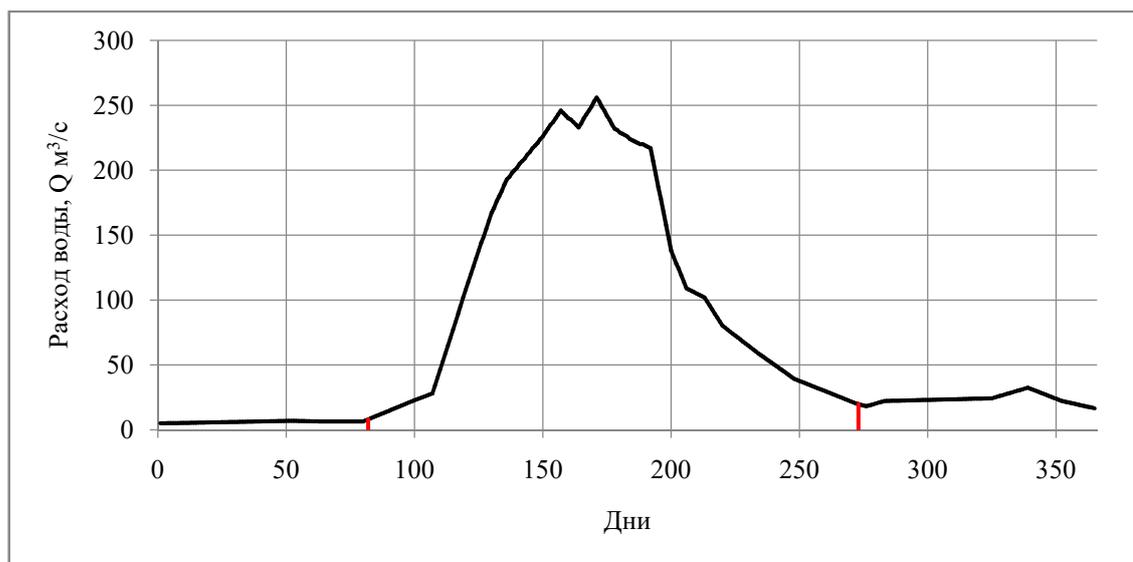


Рисунок А.6 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р.Омь – г. Омск за 2017 г

Таблица А.8 – Среднесуточные расходы воды на посту р.Омь – г. Омск в 2018г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	16,2	8,22	5,35	22,8	132	231	261	229	113	122	108	99,5
2	15,7	7,94	5,28	26,4	135	235	259	224	112	121	108	98,9
3	15,3	7,65	5,21	30,1	139	239	256	220	111	120	108	98,2
4	14,8	7,36	5,14	33,7	142	243	258	215	110	119	107	97,6
5	14,4	7,08	5,06	37,3	146	246	260	211	111	118	107	96,9
6	13,9	6,79	4,99	40,9	150	249	262	206	111	116	107	96,2
7	13,5	6,7	4,92	44,6	153	252	263	202	112	115	107	95,5
8	13,0	6,62	4,85	48,2	157	255	265	197	113	114	107	94,7
9	12,6	6,53	4,78	51,8	163	257	267	193	113	113	106	94,0
10	12,4	6,44	4,71	55,4	169	260	269	188	114	113	106	93,3
11	12,2	6,35	4,63	59,1	175	263	268	184	115	113	106	92,6
12	12,1	6,27	4,56	62,7	179	266	266	179	115	112	106	91,9

13	11,9	6,18	4,49	66,3	183	269	265	175	116	112	105	91,2
14	11,7	6,09	4,50	70,0	187	269	264	170	116	112	105	90,5
15	11,5	6,01	4,52	73,6	191	268	263	166	117	112	105	89,7
16	11,4	5,92	4,53	77,2	193	268	261	162	118	112	105	89,0
17	11,2	5,83	4,54	80,8	195	267	260	159	118	111	104	88,3
18	11,0	5,74	4,56	84,5	197	267	260	155	119	111	104	87,6
19	10,8	5,66	4,57	88,1	199	266	260	151	119	111	104	86,5
20	10,7	5,57	4,58	91,7	201	267	260	147	120	111	104	85,5
21	10,5	5,55	4,59	95,3	203	269	259	144	120	110	103	84,4
22	10,3	5,52	4,61	99,0	205	270	259	140	121	110	103	83,3
23	10,1	5,50	4,62	103	207	271	259	136	121	110	103	82,2
24	9,96	5,47	4,63	106	209	272	259	132	121	110	103	81,2
25	9,78	5,45	4,64	110	211	274	255	128	122	110	102	80,1
26	9,61	5,42	4,66	113	213	275	252	125	122	109	102	79,0
27	9,43	5,40	4,67	117	215	272	248	121	123	109	102	77,9
28	9,26	5,37	8,30	121	217	270	244	117	123	109	101	76,9
29	9,08		11,9	124	219	267	240	116	123	109	101	75,8
30	8,79		15,6	128	223	264	237	115	122	109	100	74,7
31	8,51		19,2		227		233	114		108		73,6

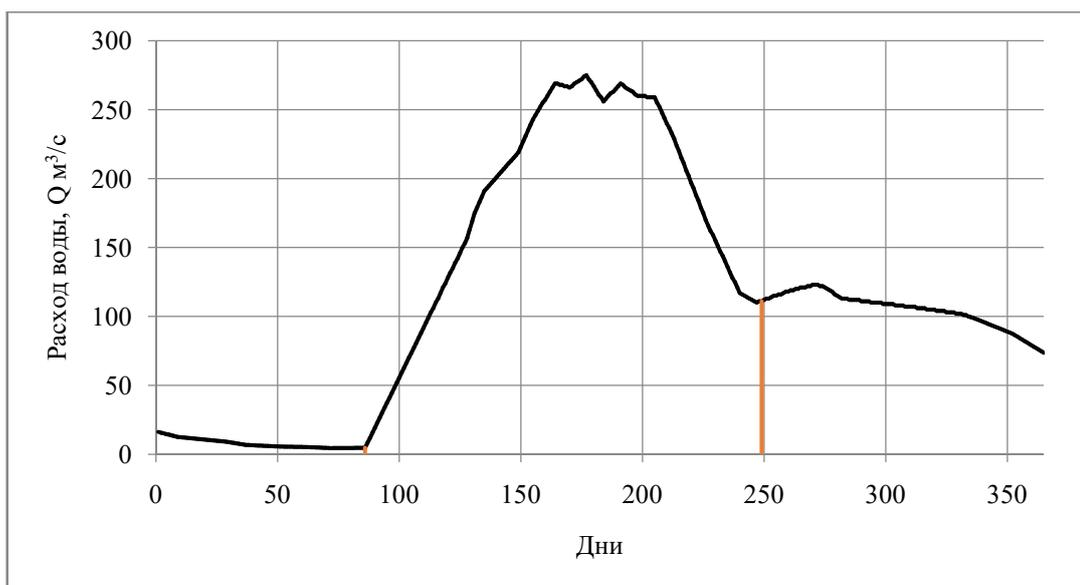


Рисунок А.7 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р.Омь – г. Омск за 2018 г

Таблица А.9 – Среднесуточные расходы воды на посту р.Омь – г. Омск в 2019г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	73,1	50,3	23,5	24,9	262	323	375	344	78,6	23,8	23,8	21
2	71,6	48,5	24,3	27,3	261	325	375	344	74,5	23,8	23,8	20,8

3	70,2	47,6	25,0	29,7	260	327	375	338	67,3	23,9	23,8	20,4
4	68,7	46,6	25,0	32,1	260	329	376	331	63,3	23,9	23,8	19,5
5	68,7	45,7	25,8	36,9	260	331	377	322	56,9	24,0	23,9	18,7
6	67,3	44,8	25,8	42,9	263	334	381	316	52,1	24,1	23,9	18,0
7	65,8	43,9	25,2	50,2	275	336	383	309	49,0	24,1	23,9	17,6
8	65,8	43,0	24,5	53,8	283	337	385	296	45,0	24,0	23,9	17,2
9	64,3	42,1	23,9	70,6	283	337	389	291	42,6	24,0	23,9	16,7
10	62,9	41,1	23,2	74,2	285	337	389	291	41,0	24,0	23,9	16,3
11	62,2	39,3	22,6	70,6	287	337	385	286	40,2	24,0	23,8	15,9
12	61,5	38,4	21,9	49,0	288	334	385	273	40,2	24,0	23,8	15,5
13	60,7	38,2	23,7	53,8	291	335	382	260	39,4	24,0	23,7	15,5
14	60,0	38,1	23,7	62,2	294	339	380	249	38,6	24,0	23,6	15,0
15	59,3	37,9	23,7	194	296	340	372	242	37,8	24,0	23,4	14,6
16	58,5	37,8	23,7	233	300	344	367	235	37,8	24,0	23,1	14,6
17	57,1	37,6	23,7	231	302	351	361	223	37,0	24,0	22,8	14,6
18	57,1	37,5	23,7	216	305	361	361	188	35,7	24,0	22,9	14,5
19	56,4	36,5	23,7	204	307	362	360	164	34,3	24,0	22,9	14,3
20	55,6	35,0	23,7	204	311	363	358	145	34,3	24,0	23,0	14,2
21	55,6	31,9	23,7	210	315	363	358	138	34,3	24,0	23,0	14,0
22	54,9	28,9	23,7	214	317	364	354	131	33,0	24,0	23,0	13,9
23	54,9	27,3	23,7	219	319	364	354	125	31,7	24,0	23,0	13,8
24	54,0	25,8	23,7	231	321	364	351	118	31,7	24,0	23,1	13,6
25	54,0	25,0	23,7	241	322	366	351	109	29,0	24,0	23,1	13,5
26	53,1	25,0	23,7	251	322	369	348	101	27,7	24,0	23,0	13,3
27	53,1	24,3	23,7	253	316	371	346	97,1	27,7	23,9	22,4	13,2
28	52,1	23,5	23,7	259	315	372	341	93,9	26,4	23,9	21,9	13,1
29	52,1		23,7	263	318	374	341	88,2	25	23,9	21,4	12,9
30	51,2		23,7	262	320	374	340	85	23,7	23,9	21,1	12,8
31	51,2		23,7		321	–	341	81,8		23,9		12,7

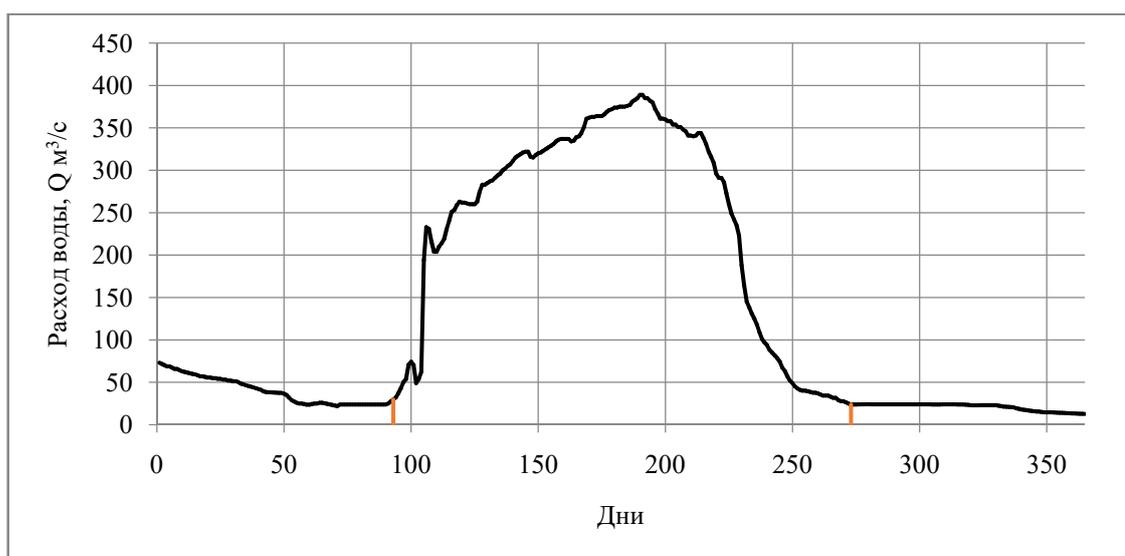


Рисунок А.8 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р.Омь – г. Омск за 2019 г

Таблица А.10 – Среднесуточные расходы воды на посту р.Омь – г. Омск в  
2020г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	12,5	7,49	9,76	84,5	162	268	175	54,3	16,8	17,5	20,8	27,9
2	12,4	7,98	9,75	85,5	166	265	170	50,3	16,8	17,5	21,1	27,8
3	12,2	8,48	9,75	88,5	171	262	164	46,4	16,7	17,6	21,4	27,8
4	12,1	8,97	9,67	92,0	175	259	159	42,4	16,7	17,7	21,3	27,7
5	12,0	9,03	9,59	95,0	177	256	154	41	16,7	17,7	21,2	27,6
6	11,8	9,09	9,51	98,5	180	254	148	39,6	16,7	17,8	21,1	27,6
7	11,7	9,15	9,43	101	182	251	143	38,2	16,6	17,8	21	27,5
8	11,5	9,20	9,35	102	184	248	139	36,7	16,6	17,7	20,9	27,5
9	11,4	9,26	9,27	104	186	245	135	35,3	16,6	17,7	20,7	27,4
10	11,3	9,32	9,19	111	188	244	131	33,9	16,5	17,6	20,6	27,3
11	11,1	9,38	9,1	130	190	243	128	32,5	16,5	17,6	20,5	27,3
12	11,0	9,44	9,02	138	195	242	124	31,1	16,5	17,5	20,4	27,2
13	10,8	9,50	8,94	163	198	240	120	29,7	16,5	17,5	20,3	27,1
14	10,7	9,56	8,86	180	200	239	116	28,3	16,4	17,5	20,2	27,1
15	10,4	9,61	8,78	113	202	238	112	26,8	16,4	17,4	20,1	27,0
16	10,1	9,67	8,7	105	208	237	107	25,1	16,5	17,4	20,0	26,5
17	9,76	9,73	8,62	96,5	214	234	103	24,0	16,5	17,3	19,9	26,0
18	9,45	9,79	13,7	93,0	220	232	99,0	22,6	16,6	17,3	19,8	25,5
19	9,13	9,79	18,7	91,5	226	229	94,7	22,6	16,7	17,2	19,7	25,0
20	8,82	9,78	23,8	97,5	232	226	90,4	22,5	16,7	17,2	19,5	24,6
21	8,51	9,78	28,9	106	238	223	86,2	22,5	16,8	17,5	19,4	24,1
22	8,19	9,78	33,9	116	243	221	83,9	22,5	16,9	17,8	19,3	23,6
23	7,88	9,77	39,0	124	250	218	81,6	22,5	16,9	18,1	19,2	23,1
24	7,57	9,77	44,0	128	256	213	79,3	22,4	17,0	18,4	19,1	22,6
25	7,25	9,77	49,1	133	262	207	77,0	22,4	17,1	18,7	19,0	22,1
26	6,94	9,77	54,1	136	267	202	74,7	21,6	17,1	19,0	20,5	21,6
27	6,63	9,76	59,2	142	270	197	72,4	20,8	17,2	19,3	22,0	21,1
28	6,31	9,76	64,3	148	272	191	70,1	20,0	17,3	19,6	23,4	20,6
29	6,00	9,76	69,3	154	273	186	66,1	19,2	17,3	19,9	24,9	20,2
30	6,50		74,4	159	273	181	62,2	18,4	17,4	20,2	26,4	19,7
31	6,99		79,4		271		58,2	17,6		20,5		19,2

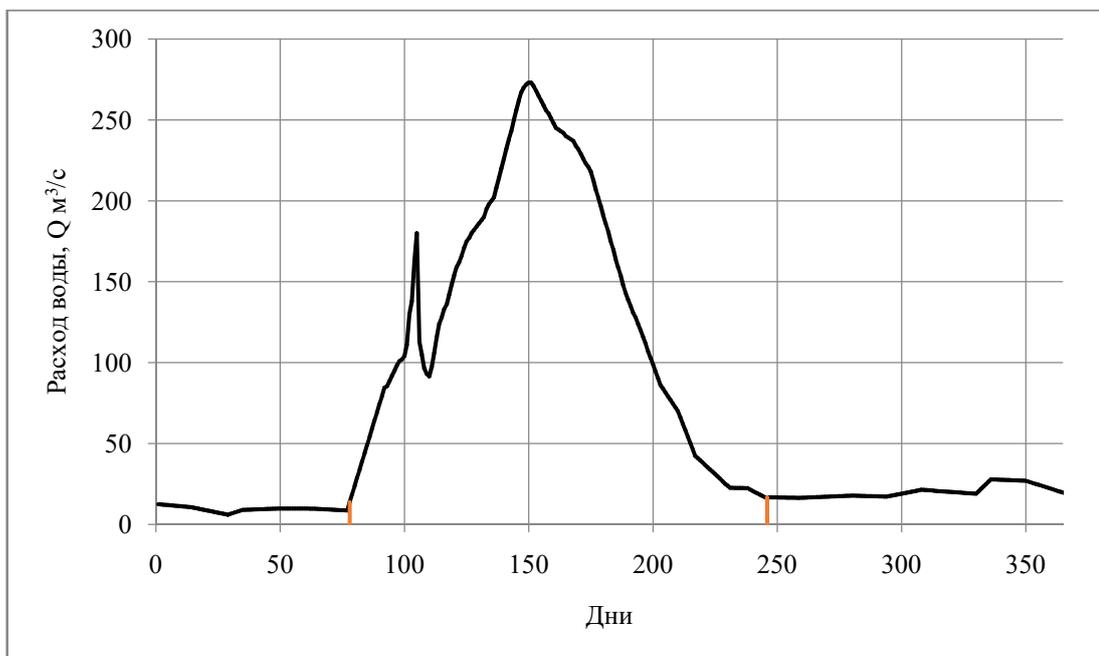


Рисунок А.9 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р.Омь – г. Омск за 2020 г

Таблица А.11 – Среднесуточные расходы воды на посту р.Омь – г. Омск в 2021г

Число	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	18,7	6,35	7,08	11,3	117	190	123	38,7	21,8	22,6	29	25,9
2	18,2	6,35	6,79	13	119	190	121	37,9	21,8	23	28,6	24,6
3	17,7	5,58	6,7	14,6	124	190	117	37,6	20,7	23,3	28,1	23,9
4	17,2	5,58	6,58	17,9	130	190	112	35,5	19,5	23,7	27,7	23,3
5	16,7	5,58	6,45	18,7	130	190	110	35,5	19,5	24,6	27,2	22
6	16,2	7,12	6,33	17,1	126	190	108	34,5	19,5	25,1	26,8	21,4
7	15,8	7,9	6,24	17,1	123	190	104	33,4	19,5	25,6	26,4	20,1
8	15,3	7,9	6,15	16,3	125	190	99,9	33,4	18,4	26,5	25,9	18,8
9	14,8	8,67	6,03	16,3	132	187	95,4	31,3	18,4	27,5	25,5	16,8
10	14,3	8,64	5,94	16,3	140	183	90,9	30,3	18,4	29,9	25	14,8
11	13,8	8,64	5,87	15,4	149	176	86,4	29,2	17,2	30,9	24,6	14,2
12	13,3	8,61	5,84	15,4	154	171	81,8	25	17,2	31,4	24,1	13,6
13	12,6	8,58	5,78	14,6	160	165	77,5	22,9	16,1	32,4	23,7	12,9
14	12	8,55	5,72	13,8	165	162	73,8	21,9	16,1	32,9	23,2	12,9
15	11,3	8,55	5,66	13	168	159	70,1	21,9	16,5	33,8	22,8	12,7
16	10,6	8,52	5,72	11,3	170	157	66,5	19,8	16,9	34,8	22,3	12,6
17	9,95	8,52	5,81	10,5	173	155	65,7	18,7	17,2	34,8	22	12,4
18	9,28	8,52	5,81	10,5	174	152	64,3	17,5	17,6	34,8	22,1	12,2
19	8,61	8,39	5,9	9,65	175	149	62,1	16,2	18	34,8	22,1	12,1
20	7,95	8,26	5,9	9,65	177	147	60,6	15	18,4	34,4	21,9	11,9

21	7,28	8,13	5,9	8,83	178	146	59,3	13,8	18,8	33,9	21,7	11,7
22	6,61	8,13	5,9	71,2	179	144	59,3	12,6	19,2	33,5	21,6	11,5
23	5,94	8	5,99	70,8	180	142	59,3	11,3	19,5	33	21,7	11,4
24	5,27	7,87	5,9	75,8	181	139	56,7	10,1	19,9	32,6	24,2	11,2
25	4,6	7,74	5,9	83,2	182	137	55,4	10,1	20,3	32,1	24,7	11
26	3,93	7,6	5,9	90,6	183	135	54	10,1	20,7	31,7	25	10,9
27	3,26	7,47	5,99	96,4	185	132	50,1	10,1	21,1	31,2	25,2	10,7
28	4,03	7,47	5,99	103	186	129	47,7	10,1	21,4	30,8	25,4	10,5
29	4,81		6,08	110	187	126	44,4	14	21,8	30,4	25,6	10,4
30	5,58		7,18	117	188	124	42	17,9	22,2	29,9	25,8	10,2
31	6,35		9,65		189	–	40,4	21,8		29,5	–	10

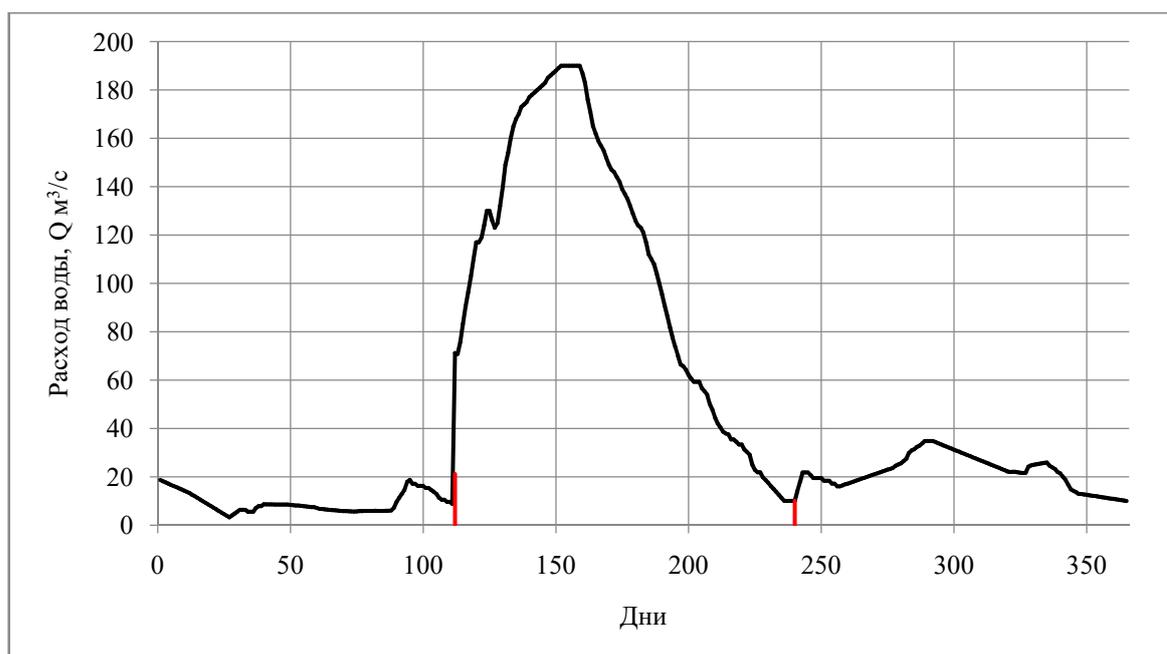


Рисунок А.10 – Хронологический график хода расходов воды весеннего половодья на посту р.Омь – г. Омск за 2021 г

Приложение Б – Таблицы прогноза расходов воды весеннего половодья

Таблица Б.1 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлевона 2021 г. ( $\tau=1$ сут.)

№ п.п.	Дата	$Q_3$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_1$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправды- ваемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	0,9	2				
3	05.04.2021	105	11,6	22	94	11	+	116
4	06.04.2021	123	18	35	116	7	+	50
5	07.04.2021	144	21	41	140	4	+	17
6	08.04.2021	162	18	35	164	-2	+	3
7	09.04.2021	183	21	41	179	4	+	17
8	10.04.2021	215	32	62	203	12	+	150
9	11.04.2021	255	40	78	245	10	+	98
10	12.04.2021	290	35	68	293	-3	+	7
11	13.04.2021	382	92	179	323	59		
12	14.04.2021	559	177	344	469	90		
13	15.04.2021	689	130	252	726	-37		
14	16.04.2021	760	71	138	811	-51		
15	17.04.2021	783	23	45	827	-44		
16	18.04.2021	832	49	95	805	27		
17	19.04.2021	874	42	82	878	-4	+	17
18	20.04.2021	921	47	91	914	7	+	56
19	21.04.2021	954	33	64	965	-11	+	126
20	22.04.2021	989	35	68	985	4	+	16
21	23.04.2021	1010	21	41	1022	-12	+	142
22	24.04.2021	1030	20	39	1030	0	+	0
23	25.04.2021	1040	10	19	1049	-9	+	78
24	26.04.2021	1060	20	39	1049	11	+	113
25	27.04.2021	1080	20	39	1079	1	+	1
26	28.04.2021	1090	10	19	1099	-9	+	78
27	29.04.2021	1100	10	19	1099	1	+	0
28	30.04.2021	1120	20	39	1109	11	+	113
29	01.05.2021	1130	10	19	1139	-9	+	78
30	02.05.2021	1130	0	0	1139	-9	+	88
31	03.05.2021	1140	10	19	1130	10	+	100
32	04.05.2021	1140	0	0	1149	-9	+	88
33	05.05.2021	1140	0	0	1140	0	+	0
34	06.05.2021	1140	0	0	1140	0	+	0
35	07.05.2021	1140	0	0	1140	0	+	0
36	08.05.2021	1150	10	19	1140	10	+	100
37	09.05.2021	1150	0	0	1159	-9	+	88
38	10.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
39	11.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0

№ п.п.	Дата	$Q_{\frac{3}{c}}$ м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_1$	$Q_{np}$	$\delta$	Оправды- ваемость	$\delta^2$
40	12.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
41	13.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
42	14.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
43	15.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
44	16.05.2021	1120	-30	-58	1150	-30		
45	17.05.2021	1080	-40	-78	1092	-12	+	138
46	18.05.2021	1050	-30	-58	1042	8	+	59
47	19.05.2021	1010	-40	-78	1022	-12	+	138
48	20.05.2021	968	-42	-82	972	-4	+	19
49	21.05.2021	927	-41	-80	928	-1	+	2
50	22.05.2021	887	-40	-78	888	-1	+	2
51	23.05.2021	849	-38	-74	849	0	+	0
52	24.05.2021	803	-46	-89	813	-10	+	104
53	25.05.2021	746	-57	-111	760	-14	+	187
54	26.05.2021	709	-37	-72	692	17	+	278
55	27.05.2021	681	-28	-54	674	7	+	47
56	28.05.2021	650	-31	-60	655	-5	+	21
57	29.05.2021	622	-28	-54	621	1	+	1
58	30.05.2021	585	-37	-72	596	-11	+	113
59	31.05.2021	558	-27	-52	550	8	+	62
60	01.06.2021	540	-18	-35	533	7	+	55
61	02.06.2021	517	-23	-45	523	-6	+	36
62	03.06.2021	495	-22	-43	495	0	+	0
63	04.06.2021	479	-16	-31	474	5	+	22
64	05.06.2021	461	-18	-35	464	-3	+	8
65	06.06.2021	444	-17	-33	444	0	+	0
66	07.06.2021	427	-17	-33	428	-1	+	1
67	08.06.2021	413	-14	-27	411	2	+	4
68	09.06.2021	400	-13	-25	400	0	+	0
69	10.06.2021	387	-13	-25	388	-1	+	1
70	11.06.2021	374	-13	-25	375	-1	+	1
71	12.06.2021	359	-15	-29	362	-3	+	8
72	13.06.2021	346	-13	-25	345	1	+	1
73	14.06.2021	333	-13	-25	334	-1	+	1
74	15.06.2021	317	-16	-31	321	-4	+	14
75	16.06.2021	301	-16	-31	302	-1	+	1
76	17.06.2021	286	-15	-29	286	0	+	0
77	18.06.2021	276	-10	-19	272	4	+	17
78	19.06.2021	270	-6	-12	267	3	+	12
79	20.06.2021	265	-5	-10	264	1	+	0
80	21.06.2021	260	-5	-10	260	0	+	0
81	22.06.2021	252	-8	-16	255	-3	+	11
82	23.06.2021	244	-8	-16	244	0	+	0
83	24.06.2021	229	-15	-29	236	-7	+	55
84	25.06.2021	213	-16	-31	215	-2	+	3

№ п.п.	Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправды- ваемость	$\delta^2$
85	26.06.2021	202	-11	-21	198	4	+	17
86	27.06.2021	194	-8	-16	192	2	+	6
87	28.06.2021	187	-7	-14	186	1	+	0
88	29.06.2021	178	-9	-17	180	-2	+	6
89	30.06.2021	171	-7	-14	170	1	+	2
90	01.07.2021	163	-8	-16	164	-1	+	2
91	02.07.2021	156	-7	-14	155	1	+	0
92	03.07.2021	150	-6	-12	149	1	+	0
93	04.07.2021	149	-1	-2	144	5	+	22
94	05.07.2021	146	-3	-6	148	-2	+	4
95	06.07.2021	144	-2	-4	143	1	+	1
96	07.07.2021	139	-5	-10	142	-3	+	10
97	08.07.2021	138	-1	-2	134	4	+	14
98	09.07.2021	136	-2	-4	137	-1	+	1
99	10.07.2021	135	-1	-2	134	1	+	1
100	11.07.2021	144	9	17	134	10	+	99
101	12.07.2021	145	1	2	152	-7	+	55
102	13.07.2021	151	6	12	146	5	+	26
Сум.							93	3429
$\delta_{доп}$	24							
$\sigma_{\Delta}$	35							
$\sigma$	641							

Таблица Б.2 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлевона 2021 г ( $\tau=2\text{сут.}$ )

№ п.п.	Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправды- ваемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	1					
3	05.04.2021	105	12	33				
4	06.04.2021	123	18	51	125	-2	+	4
5	07.04.2021	144	21	59	144	0	+	0
6	08.04.2021	162	18	51	164	-2	+	4
7	09.04.2021	183	21	59	174	9	+	88
8	10.04.2021	215	32	90	203	12	+	142
9	11.04.2021	255	40	113	252	3	+	8
10	12.04.2021	290	35	99	296	-6	+	32
11	13.04.2021	382	92	259	314	68	+	4686
12	14.04.2021	559	177	499	514	45	+	2001
13	15.04.2021	689	130	366	789	-100		9988
14	16.04.2021	760	71	200	748	12	+	134
15	17.04.2021	783	23	65	759	24	+	573

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
16	18.04.2021	832	49	138	754	78		6130
17	19.04.2021	874	42	118	898	-24	+	577
18	20.04.2021	921	47	132	901	20	+	389
19	21.04.2021	954	33	93	964	-10	+	108
20	22.04.2021	989	35	99	967	22	+	488
21	23.04.2021	1010	21	59	1020	-10	+	91
22	24.04.2021	1030	20	56	1013	17	+	287
23	25.04.2021	1040	10	28	1045	-5	+	28
24	26.04.2021	1060	20	56	1038	22	+	482
25	27.04.2021	1080	20	56	1086	-6	+	39
26	28.04.2021	1090	10	28	1096	-6	+	39
27	29.04.2021	1100	10	28	1088	12	+	143
28	30.04.2021	1120	20	56	1108	12	+	143
29	01.05.2021	1130	10	28	1146	-16	+	264
30	02.05.2021	1130	0	0	1128	2	+	4
31	03.05.2021	1140	10	28	1120	20	+	406
32	04.05.2021	1140	0	0	1158	-18	+	326
33	05.05.2021	1140	0	0	1130	10	+	103
34	06.05.2021	1140	0	0	1140	0	+	0
35	07.05.2021	1140	0	0	1140	0	+	0
36	08.05.2021	1150	10	28	1140	10	+	103
37	09.05.2021	1150	0	0	1168	-18	+	326
38	10.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
39	11.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
40	12.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
41	13.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
42	14.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
43	15.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
44	16.05.2021	1120	-30	-85	1150	-30	+	891
45	17.05.2021	1080	-40	-113	1065	15	+	217
46	18.05.2021	1050	-30	-85	1037	13	+	167
47	19.05.2021	1010	-40	-113	1035	-25	+	638
48	20.05.2021	968	-42	-119	967	1	+	1
49	21.05.2021	927	-41	-116	931	-4	+	20
50	22.05.2021	887	-40	-113	894	-7	+	53
51	23.05.2021	849	-38	-107	855	-6	+	37
52	24.05.2021	803	-46	-130	820	-17	+	279
53	25.05.2021	746	-57	-161	757	-11	+	124
54	26.05.2021	709	-37	-104	688	21	+	435
55	27.05.2021	681	-28	-79	699	-18	+	307
56	28.05.2021	650	-31	-88	667	-17	+	286
57	29.05.2021	622	-28	-79	621	1	+	0
58	30.05.2021	585	-37	-104	602	-17	+	286
59	31.05.2021	558	-27	-76	546	12	+	156
60	01.06.2021	540	-18	-51	546	-6	+	33

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_2$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
61	02.06.2021	517	-23	-65	534	-17	+	292
62	03.06.2021	495	-22	-62	493	2	+	4
63	04.06.2021	479	-16	-45	478	1	+	1
64	05.06.2021	461	-18	-51	472	-11	+	115
65	06.06.2021	444	-17	-48	444	0	+	0
66	07.06.2021	427	-17	-48	431	-4	+	15
67	08.06.2021	413	-14	-40	413	0	+	0
68	09.06.2021	400	-13	-37	404	-4	+	19
69	10.06.2021	387	-13	-37	390	-3	+	10
70	11.06.2021	374	-13	-37	376	-2	+	5
71	12.06.2021	359	-15	-42	363	-4	+	18
72	13.06.2021	346	-13	-37	345	1	+	2
73	14.06.2021	333	-13	-37	337	-4	+	18
74	15.06.2021	317	-16	-45	322	-5	+	27
75	16.06.2021	301	-16	-45	301	0	+	0
76	17.06.2021	286	-15	-42	288	-2	+	3
77	18.06.2021	276	-10	-28	275	1	+	2
78	19.06.2021	270	-6	-17	273	-3	+	7
79	20.06.2021	265	-5	-14	269	-4	+	15
80	21.06.2021	260	-5	-14	262	-2	+	3
81	22.06.2021	252	-8	-23	256	-4	+	14
82	23.06.2021	244	-8	-23	242	2	+	3
83	24.06.2021	229	-15	-42	237	-8	+	69
84	25.06.2021	213	-16	-45	210	3	+	12
85	26.06.2021	202	-11	-31	199	3	+	11
86	27.06.2021	194	-8	-23	198	-4	+	15
87	28.06.2021	187	-7	-20	190	-3	+	11
88	29.06.2021	178	-9	-26	182	-4	+	17
89	30.06.2021	171	-7	-20	168	3	+	6
90	01.07.2021	163	-8	-23	167	-4	+	17
91	02.07.2021	156	-7	-20	155	1	+	0
92	03.07.2021	150	-6	-17	151	-1	+	1
93	04.07.2021	149	-1	-3	146	3	+	9
94	05.07.2021	146	-3	-9	153	-7	+	49
95	06.07.2021	144	-2	-6	141	3	+	7
96	07.07.2021	139	-5	-14	143	-4	+	18
97	08.07.2021	138	-1	-3	132	6	+	39
98	09.07.2021	136	-2	-6	141	-5	+	25
99	10.07.2021	135	-1	-3	133	2	+	3
100	11.07.2021	144	9	25	135	9	+	80
101	12.07.2021	145	1	3	161	-16	+	263
102	13.07.2021	151	6	17	138	13	+	178
Сум.							97	33575
$\delta_{доп}$		70						
$\sigma_{\Delta}$		104						

Таблица Б.3 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлевона 2021 г ( $\tau=3$ сут.)

№ п.п.	Дата	$Q_3$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_3$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	1					
3	05.04.2021	105	12					
4	06.04.2021	123	18	65				
5	07.04.2021	144	21	76	157	-13	+	182
6	08.04.2021	162	18	65	169	-7	+	53
7	09.04.2021	183	21	76	170	13	+	170
8	10.04.2021	215	32	116	199	16	+	260
9	11.04.2021	255	40	145	260	-5	+	23
10	12.04.2021	290	35	127	307	-17	+	285
11	13.04.2021	382	92	334	310	72	+	5225
12	14.04.2021	559	177	642	549	10	+	105
13	15.04.2021	689	130	472	897	-208		43449
14	16.04.2021	760	71	257	762	-2	+	3
15	17.04.2021	783	23	83	639	144		20603
16	18.04.2021	832	49	178	642	190		36050
17	19.04.2021	874	42	152	867	7	+	55
18	20.04.2021	921	47	170	912	9	+	79
19	21.04.2021	954	33	119	953	1	+	0
20	22.04.2021	989	35	127	951	38	+	1410
21	23.04.2021	1010	21	76	1001	9	+	86
22	24.04.2021	1030	20	72	997	33	+	1098
23	25.04.2021	1040	10	36	1026	14	+	189
24	26.04.2021	1060	20	72	1025	35	+	1231
25	27.04.2021	1080	20	72	1082	-2	+	5
26	28.04.2021	1090	10	36	1102	-12	+	150
27	29.04.2021	1100	10	36	1076	24	+	580
28	30.04.2021	1120	20	72	1096	24	+	580
29	01.05.2021	1130	10	36	1152	-22	+	494
30	02.05.2021	1130	0	0	1126	4	+	17
31	03.05.2021	1140	10	36	1100	40	+	1632
32	04.05.2021	1140	0	0	1156	-16	+	253
33	05.05.2021	1140	0	0	1130	10	+	108
34	06.05.2021	1140	0	0	1130	10	+	108
35	07.05.2021	1140	0	0	1140	0	+	0
36	08.05.2021	1150	10	36	1140	10	+	108
37	09.05.2021	1150	0	0	1176	-26	+	672
38	10.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	108
39	11.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	108
40	12.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
41	13.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0

№ п.п.	Дата	$Q_3$ м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_3$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
42	14.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
43	15.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
44	16.05.2021	1120	-30	-109	1150	-30	+	876
45	17.05.2021	1080	-40	-146	1041	39	+	1549
46	18.05.2021	1050	-30	-109	1004	46	+	2086
47	19.05.2021	1010	-40	-146	1041	-31	+	939
48	20.05.2021	968	-42	-153	974	-6	+	40
49	21.05.2021	927	-41	-149	927	0	+	0
50	22.05.2021	887	-40	-146	901	-14	+	187
51	23.05.2021	849	-38	-138	864	-15	+	235
52	24.05.2021	803	-46	-167	830	-27	+	707
53	25.05.2021	746	-57	-207	760	-14	+	183
54	26.05.2021	709	-37	-135	680	29	+	866
55	27.05.2021	681	-28	-102	714	-33	+	1103
56	28.05.2021	650	-31	-113	701	-51	+	2591
57	29.05.2021	622	-28	-102	633	-11	+	121
58	30.05.2021	585	-37	-135	607	-22	+	480
59	31.05.2021	558	-27	-98	546	12	+	139
60	01.06.2021	540	-18	-66	552	-12	+	133
61	02.06.2021	517	-23	-84	556	-39	+	1539
62	03.06.2021	495	-22	-80	501	-6	+	37
63	04.06.2021	479	-16	-59	478	1	+	2
64	05.06.2021	461	-18	-66	481	-20	+	420
65	06.06.2021	444	-17	-62	451	-7	+	52
66	07.06.2021	427	-17	-62	433	-6	+	34
67	08.06.2021	413	-14	-51	417	-4	+	15
68	09.06.2021	400	-13	-48	410	-10	+	95
69	10.06.2021	387	-13	-48	396	-9	+	88
70	11.06.2021	374	-13	-48	379	-5	+	29
71	12.06.2021	359	-15	-55	365	-6	+	41
72	13.06.2021	346	-13	-48	345	1	+	1
73	14.06.2021	333	-13	-48	339	-6	+	41
74	15.06.2021	317	-16	-59	326	-9	+	88
75	16.06.2021	301	-16	-59	300	1	+	0
76	17.06.2021	286	-15	-55	287	-1	+	2
77	18.06.2021	276	-10	-37	278	-2	+	4
78	19.06.2021	270	-6	-22	280	-10	+	106
79	20.06.2021	265	-5	-19	279	-14	+	191
80	21.06.2021	260	-5	-19	267	-7	+	55
81	22.06.2021	252	-8	-29	257	-5	+	30
82	23.06.2021	244	-8	-29	241	3	+	12
83	24.06.2021	229	-15	-55	236	-7	+	43
84	25.06.2021	213	-16	-59	205	8	+	62
85	26.06.2021	202	-11	-40	193	9	+	72
86	27.06.2021	194	-8	-29	204	-10	+	93

№ п.п.	Дата	$Q_3$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_3$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
87	28.06.2021	187	-7	-26	200	-13	+	157
88	29.06.2021	178	-9	-33	187	-9	+	84
89	30.06.2021	171	-7	-26	169	2	+	4
90	01.07.2021	163	-8	-29	168	-5	+	27
91	02.07.2021	156	-7	-26	158	-2	+	2
92	03.07.2021	150	-6	-22	152	-2	+	5
93	04.07.2021	149	-1	-4	149	0	+	0
94	05.07.2021	146	-3	-11	159	-13	+	168
95	06.07.2021	144	-2	-8	145	-1	+	0
96	07.07.2021	139	-5	-19	142	-3	+	11
97	08.07.2021	138	-1	-4	130	8	+	57
98	09.07.2021	136	-2	-8	142	-6	+	36
99	10.07.2021	135	-1	-4	136	-1	+	2
100	11.07.2021	144	9	32	135	9	+	82
101	12.07.2021	145	1	3	170	-25	+	639
102	13.07.2021	151	6	21	139	12	+	139
Сум.							95	132282
δдоп		92						
σΔ		137						

Таблица Б.4 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлево на 2021 г (τ=4сут.)

№ п.п.	Дата	$Q_3$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_4$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	1					
3	05.04.2021	105	12					
4	06.04.2021	123	18					
5	07.04.2021	144	21	91				
6	08.04.2021	162	18	78	184	-22	+	465
7	09.04.2021	183	21	91	171	12	+	136
8	10.04.2021	215	32	139	196	19	+	359
9	11.04.2021	255	40	174	262	-7	+	52
10	12.04.2021	290	35	152	318	-28	+	795
11	13.04.2021	382	92	402	314	68	+	4581
12	14.04.2021	559	177	774	585	-26	+	663
13	15.04.2021	689	130	568	989	-300		89835
14	16.04.2021	760	71	310	823	-63	+	3975
15	17.04.2021	783	23	100	600	183		33541
16	18.04.2021	832	49	214	482	350		122636
17	19.04.2021	874	42	183	773	101	+	10285

№ п.п.	Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_4$	$Q_{np}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
18	20.04.2021	921	47	205	872	49	+	2406
19	21.04.2021	954	33	144	965	-11	+	117
20	22.04.2021	989	35	152	927	62	+	3898
21	23.04.2021	1010	21	91	984	26	+	660
22	24.04.2021	1030	20	87	965	65	+	4218
23	25.04.2021	1040	10	43	1008	32	+	1045
24	26.04.2021	1060	20	87	997	63	+	3980
25	27.04.2021	1080	20	87	1076	4	+	19
26	28.04.2021	1090	10	43	1097	-7	+	45
27	29.04.2021	1100	10	43	1073	27	+	734
28	30.04.2021	1120	20	87	1083	37	+	1375
29	01.05.2021	1130	10	43	1147	-17	+	278
30	02.05.2021	1130	0	-1	1123	7	+	50
31	03.05.2021	1140	10	43	1089	51	+	2585
32	04.05.2021	1140	0	-1	1143	-3	+	9
33	05.05.2021	1140	0	-1	1119	21	+	435
34	06.05.2021	1140	0	-1	1129	11	+	118
35	07.05.2021	1140	0	-1	1129	11	+	118
36	08.05.2021	1150	10	43	1139	11	+	118
37	09.05.2021	1150	0	-1	1183	-33	+	1083
38	10.05.2021	1150	0	-1	1139	11	+	118
39	11.05.2021	1150	0	-1	1139	11	+	118
40	12.05.2021	1150	0	-1	1139	11	+	118
41	13.05.2021	1150	0	-1	1149	1	+	1
42	14.05.2021	1150	0	-1	1149	1	+	1
43	15.05.2021	1150	0	-1	1149	1	+	1
44	16.05.2021	1120	-30	-132	1149	-29	+	850
45	17.05.2021	1080	-40	-176	1018	62	+	3860
46	18.05.2021	1050	-30	-132	974	76	+	5759
47	19.05.2021	1010	-40	-176	1018	-8	+	62
48	20.05.2021	968	-42	-185	974	-6	+	37
49	21.05.2021	927	-41	-180	935	-8	+	70
50	22.05.2021	887	-40	-176	900	-13	+	162
51	23.05.2021	849	-38	-167	874	-25	+	631
52	24.05.2021	803	-46	-202	843	-40	+	1589
53	25.05.2021	746	-57	-250	766	-20	+	394
54	26.05.2021	709	-37	-163	677	32	+	1042
55	27.05.2021	681	-28	-123	724	-43	+	1870
56	28.05.2021	650	-31	-137	726	-76	+	5719
57	29.05.2021	622	-28	-123	666	-44	+	1980
58	30.05.2021	585	-37	-163	623	-38	+	1416
59	31.05.2021	558	-27	-119	546	12	+	138
60	01.06.2021	540	-18	-80	562	-22	+	484
61	02.06.2021	517	-23	-101	570	-53	+	2850

№ п.п.	Дата	$Q_3$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_4$	$Q_{np}$	$\delta$	Оправдывае- мость	$\delta^2$
62	03.06.2021	495	-22	-97	521	-26	+	650
63	04.06.2021	479	-16	-71	488	-9	+	79
64	05.06.2021	461	-18	-80	487	-26	+	683
65	06.06.2021	444	-17	-75	460	-16	+	268
66	07.06.2021	427	-17	-75	442	-15	+	218
67	08.06.2021	413	-14	-62	420	-7	+	46
68	09.06.2021	400	-13	-58	417	-17	+	285
69	10.06.2021	387	-13	-58	403	-16	+	265
70	11.06.2021	374	-13	-58	386	-12	+	150
71	12.06.2021	359	-15	-66	369	-10	+	105
72	13.06.2021	346	-13	-58	347	-1	+	0
73	14.06.2021	333	-13	-58	342	-9	+	86
74	15.06.2021	317	-16	-71	329	-12	+	150
75	16.06.2021	301	-16	-71	303	-2	+	5
76	17.06.2021	286	-15	-66	288	-2	+	5
77	18.06.2021	276	-10	-45	280	-4	+	12
78	19.06.2021	270	-6	-27	288	-18	+	338
79	20.06.2021	265	-5	-23	290	-25	+	620
80	21.06.2021	260	-5	-23	278	-18	+	334
81	22.06.2021	252	-8	-36	263	-11	+	127
82	23.06.2021	244	-8	-36	240	4	+	15
83	24.06.2021	229	-15	-66	234	-5	+	26
84	25.06.2021	213	-16	-71	199	14	+	210
85	26.06.2021	202	-11	-49	189	13	+	165
86	27.06.2021	194	-8	-36	203	-9	+	81
87	28.06.2021	187	-7	-31	208	-21	+	447
88	29.06.2021	178	-9	-40	198	-20	+	381
89	30.06.2021	171	-7	-31	173	-2	+	3
90	01.07.2021	163	-8	-36	171	-8	+	57
91	02.07.2021	156	-7	-31	158	-2	+	5
92	03.07.2021	150	-6	-27	156	-6	+	30
93	04.07.2021	149	-1	-5	151	-2	+	4
94	05.07.2021	146	-3	-14	166	-20	+	391
95	06.07.2021	144	-2	-10	149	-5	+	25
96	07.07.2021	139	-5	-23	146	-7	+	55
97	08.07.2021	138	-1	-5	127	11	+	115
98	09.07.2021	136	-2	-10	144	-8	+	61
99	10.07.2021	135	-1	-5	136	-1	+	2
100	11.07.2021	144	9	39	139	5	+	27
101	12.07.2021	145	1	4	178	-33	+	1059
102	13.07.2021	151	6	25	142	9	+	90
Сум.							94	327556
$\delta_{доп}$		114						
$\sigma_{\Delta}$		170						

Таблица Б.5 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлево на 2021 г ( $\tau=5$ сут.)

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_5$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	1					
3	05.04.2021	105	12					
4	06.04.2021	123	18					
5	07.04.2021	144	21					
6	08.04.2021	162	18	91				
7	09.04.2021	183	21	106	183	0	+	0
8	10.04.2021	215	32	162	200	15	+	239
9	11.04.2021	255	40	202	267	-12	+	139
10	12.04.2021	290	35	177	325	-35	+	1246
11	13.04.2021	382	92	465	321	61	+	3723
12	14.04.2021	559	177	896	627	-68	+	4689
13	15.04.2021	689	130	658	1079	-390		151848
14	16.04.2021	760	71	359	873	-113	+	12724
15	17.04.2021	783	23	116	614	169		28497
16	18.04.2021	832	49	248	406	426		181261
17	19.04.2021	874	42	212	630	244		59612
18	20.04.2021	921	47	238	771	150		22376
19	21.04.2021	954	33	167	927	27	+	744
20	22.04.2021	989	35	177	927	62	+	3861
21	23.04.2021	1010	21	106	960	50	+	2501
22	24.04.2021	1030	20	101	938	92	+	8440
23	25.04.2021	1040	10	50	975	65	+	4216
24	26.04.2021	1060	20	101	971	89	+	7840
25	27.04.2021	1080	20	101	1055	25	+	622
26	28.04.2021	1090	10	50	1090	0	+	0
27	29.04.2021	1100	10	50	1060	40	+	1564
28	30.04.2021	1120	20	101	1080	40	+	1564
29	01.05.2021	1130	10	50	1141	-11	+	123
30	02.05.2021	1130	0	0	1110	20	+	382
31	03.05.2021	1140	10	50	1080	60	+	3619
32	04.05.2021	1140	0	0	1140	0	+	0
33	05.05.2021	1140	0	0	1100	40	+	1612
34	06.05.2021	1140	0	0	1120	20	+	406
35	07.05.2021	1140	0	0	1130	10	+	103
36	08.05.2021	1150	10	50	1130	20	+	406
37	09.05.2021	1150	0	0	1190	-40	+	1637
38	10.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
39	11.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
40	12.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
41	13.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_5$	$Q_{np}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
42	14.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
43	15.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
44	16.05.2021	1120	-30	-152	1150	-30	+	891
45	17.05.2021	1080	-40	-203	998	82	+	6723
46	18.05.2021	1050	-30	-152	947	103	+	10527
47	19.05.2021	1010	-40	-203	998	12	+	144
48	20.05.2021	968	-42	-213	947	21	+	425
49	21.05.2021	927	-41	-208	937	-10	+	106
50	22.05.2021	887	-40	-203	912	-25	+	642
51	23.05.2021	849	-38	-192	877	-28	+	806
52	24.05.2021	803	-46	-233	858	-55	+	2972
53	25.05.2021	746	-57	-289	777	-31	+	963
54	26.05.2021	709	-37	-187	679	30	+	879
55	27.05.2021	681	-28	-142	740	-59	+	3432
56	28.05.2021	650	-31	-157	745	-95	+	9050
57	29.05.2021	622	-28	-142	692	-70	+	4893
58	30.05.2021	585	-37	-187	661	-76	+	5796
59	31.05.2021	558	-27	-137	559	-1	+	0
60	01.06.2021	540	-18	-91	572	-32	+	1036
61	02.06.2021	517	-23	-117	590	-73	+	5292
62	03.06.2021	495	-22	-112	533	-38	+	1477
63	04.06.2021	479	-16	-81	510	-31	+	992
64	05.06.2021	461	-18	-91	504	-43	+	1837
65	06.06.2021	444	-17	-86	467	-23	+	517
66	07.06.2021	427	-17	-86	454	-27	+	718
67	08.06.2021	413	-14	-71	431	-18	+	317
68	09.06.2021	400	-13	-66	424	-24	+	575
69	10.06.2021	387	-13	-66	413	-26	+	679
70	11.06.2021	374	-13	-66	395	-21	+	443
71	12.06.2021	359	-15	-76	378	-19	+	363
72	13.06.2021	346	-13	-66	351	-5	+	24
73	14.06.2021	333	-13	-66	347	-14	+	197
74	15.06.2021	317	-16	-81	334	-17	+	291
75	16.06.2021	301	-16	-81	306	-5	+	24
76	17.06.2021	286	-15	-76	293	-7	+	47
77	18.06.2021	276	-10	-51	283	-7	+	48
78	19.06.2021	270	-6	-31	295	-25	+	637
79	20.06.2021	265	-5	-25	302	-37	+	1405
80	21.06.2021	260	-5	-25	292	-32	+	995
81	22.06.2021	252	-8	-41	276	-24	+	554
82	23.06.2021	244	-8	-41	245	-1	+	2
83	24.06.2021	229	-15	-76	235	-6	+	40
84	25.06.2021	213	-16	-81	194	19	+	364
85	26.06.2021	202	-11	-56	184	18	+	329
86	27.06.2021	194	-8	-41	204	-10	+	103

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_5$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
87	28.06.2021	187	-7	-36	211	-24	+	593
88	29.06.2021	178	-9	-46	208	-30	+	925
89	30.06.2021	171	-7	-36	183	-12	+	151
90	01.07.2021	163	-8	-41	177	-14	+	208
91	02.07.2021	156	-7	-36	161	-5	+	29
92	03.07.2021	150	-6	-31	158	-8	+	71
93	04.07.2021	149	-1	-5	156	-7	+	56
94	05.07.2021	146	-3	-15	173	-27	+	717
95	06.07.2021	144	-2	-10	156	-12	+	136
96	07.07.2021	139	-5	-25	153	-14	+	188
97	08.07.2021	138	-1	-5	131	7	+	56
98	09.07.2021	136	-2	-10	145	-9	+	77
99	10.07.2021	135	-1	-5	139	-4	+	14
100	11.07.2021	144	9	45	141	3	+	10
101	12.07.2021	145	1	5	189	-44	+	1971
102	13.07.2021	151	6	30	144	7	+	50
Сум.							91	579213
$\delta_{доп}$		136						
$\sigma_{\Delta}$		201						

Таблица Б.6 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлево на 2021 г ( $\tau=6$ сут.)

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_6$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	1					
3	05.04.2021	105	12					
4	06.04.2021	123	18					
5	07.04.2021	144	21					
6	08.04.2021	162	18					
7	09.04.2021	183	21	119				
8	10.04.2021	215	32	182	212	3	+	9
9	11.04.2021	255	40	228	275	-20	+	419
10	12.04.2021	290	35	199	333	-43	+	1818
11	13.04.2021	382	92	524	322	60	+	3580
12	14.04.2021	559	177	1008	668	-109	+	11832
13	15.04.2021	689	130	740	1170	-481		231209
14	16.04.2021	760	71	404	923	-163		26628
15	17.04.2021	783	23	131	619	164		26836
16	18.04.2021	832	49	279	386	446		199070
17	19.04.2021	874	42	239	569	305		93089
18	20.04.2021	921	47	268	621	300		89982

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_6$	$Q_{np}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
19	21.04.2021	954	33	188	827	127	+	16255
20	22.04.2021	989	35	199	877	112	+	12594
21	23.04.2021	1010	21	119	959	51	+	2584
22	24.04.2021	1030	20	114	902	128	+	16272
23	25.04.2021	1040	10	57	946	94	+	8884
24	26.04.2021	1060	20	114	931	129	+	16694
25	27.04.2021	1080	20	114	1035	45	+	2048
26	28.04.2021	1090	10	57	1068	22	+	495
27	29.04.2021	1100	10	57	1046	54	+	2938
28	30.04.2021	1120	20	114	1067	53	+	2831
29	01.05.2021	1130	10	57	1144	-14	+	189
30	02.05.2021	1130	0	0	1097	33	+	1103
31	03.05.2021	1140	10	57	1060	80	+	6425
32	04.05.2021	1140	0	0	1137	3	+	10
33	05.05.2021	1140	0	0	1090	50	+	2516
34	06.05.2021	1140	0	0	1100	40	+	1612
35	07.05.2021	1140	0	0	1120	20	+	406
36	08.05.2021	1150	10	57	1130	20	+	406
37	09.05.2021	1150	0	0	1187	-37	+	1354
38	10.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
39	11.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
40	12.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
41	13.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
42	14.05.2021	1150	0	0	1140	10	+	103
43	15.05.2021	1150	0	0	1150	0	+	0
44	16.05.2021	1120	-30	-171	1150	-30	+	891
45	17.05.2021	1080	-40	-228	979	101	+	10201
46	18.05.2021	1050	-30	-171	922	128	+	16372
47	19.05.2021	1010	-40	-228	979	31	+	961
48	20.05.2021	968	-42	-239	922	46	+	2112
49	21.05.2021	927	-41	-234	911	16	+	267
50	22.05.2021	887	-40	-228	916	-29	+	862
51	23.05.2021	849	-38	-217	892	-43	+	1853
52	24.05.2021	803	-46	-262	863	-60	+	3653
53	25.05.2021	746	-57	-325	788	-42	+	1754
54	26.05.2021	709	-37	-211	685	24	+	565
55	27.05.2021	681	-28	-160	757	-76	+	5796
56	28.05.2021	650	-31	-177	767	-117	+	13780
57	29.05.2021	622	-28	-160	710	-88	+	7797
58	30.05.2021	585	-37	-211	689	-104	+	10897
59	31.05.2021	558	-27	-154	592	-34	+	1165
60	01.06.2021	540	-18	-103	592	-52	+	2713
61	02.06.2021	517	-23	-131	606	-89	+	7981
62	03.06.2021	495	-22	-125	550	-55	+	3010
63	04.06.2021	479	-16	-91	525	-46	+	2075

№ п.п.	Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_6$	$Q_{np}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
64	05.06.2021	461	-18	-103	531	-70	+	4862
65	06.06.2021	444	-17	-97	482	-38	+	1470
66	07.06.2021	427	-17	-97	461	-34	+	1158
67	08.06.2021	413	-14	-80	443	-30	+	902
68	09.06.2021	400	-13	-74	437	-37	+	1378
69	10.06.2021	387	-13	-74	421	-34	+	1143
70	11.06.2021	374	-13	-74	405	-31	+	949
71	12.06.2021	359	-15	-86	387	-28	+	773
72	13.06.2021	346	-13	-74	358	-12	+	154
73	14.06.2021	333	-13	-74	353	-20	+	392
74	15.06.2021	317	-16	-91	339	-22	+	476
75	16.06.2021	301	-16	-91	309	-8	+	60
76	17.06.2021	286	-15	-86	296	-10	+	95
77	18.06.2021	276	-10	-57	288	-12	+	154
78	19.06.2021	270	-6	-34	302	-32	+	1017
79	20.06.2021	265	-5	-29	312	-47	+	2179
80	21.06.2021	260	-5	-29	304	-44	+	1969
81	22.06.2021	252	-8	-46	288	-36	+	1323
82	23.06.2021	244	-8	-46	255	-11	+	127
83	24.06.2021	229	-15	-86	240	-11	+	127
84	25.06.2021	213	-16	-91	190	23	+	510
85	26.06.2021	202	-11	-63	179	23	+	542
86	27.06.2021	194	-8	-46	202	-8	+	67
87	28.06.2021	187	-7	-40	214	-27	+	744
88	29.06.2021	178	-9	-51	212	-34	+	1155
89	30.06.2021	171	-7	-40	193	-22	+	466
90	01.07.2021	163	-8	-46	189	-26	+	675
91	02.07.2021	156	-7	-40	167	-11	+	127
92	03.07.2021	150	-6	-34	162	-12	+	144
93	04.07.2021	149	-1	-6	160	-11	+	114
94	05.07.2021	146	-3	-17	181	-35	+	1236
95	06.07.2021	144	-2	-12	161	-17	+	281
96	07.07.2021	139	-5	-29	159	-20	+	418
97	08.07.2021	138	-1	-6	134	4	+	13
98	09.07.2021	136	-2	-12	150	-14	+	200
99	10.07.2021	135	-1	-6	138	-3	+	12
100	11.07.2021	144	9	51	143	1	+	1
101	12.07.2021	145	1	6	197	-52	+	2714
102	13.07.2021	151	6	34	150	1	+	2
Сумма							89	905440
$\delta_{\text{доп}}$		157						
$\sigma_{\Delta}$		232						

Таблица Б.7 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлево на 2021 г ( $\tau=7$ сут.)

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_7$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	1					
3	05.04.2021	105	12					
4	06.04.2021	123	18					
5	07.04.2021	144	21					
6	08.04.2021	162	18					
7	09.04.2021	183	21					
8	10.04.2021	215	32	197				
9	11.04.2021	255	40	248	290	-35	+	1208
10	12.04.2021	290	35	216	341	-51	+	2597
11	13.04.2021	382	92	575	321	61	+	3706
12	14.04.2021	559	177	1109	698	-139	+	19194
13	15.04.2021	689	130	813	1253	-564		318119
14	16.04.2021	760	71	442	975	-215		46434
15	17.04.2021	783	23	141	625	158		24809
16	18.04.2021	832	49	304	356	476		226891
17	19.04.2021	874	42	260	559	315		99126
18	20.04.2021	921	47	292	550	371		137537
19	21.04.2021	954	33	204	674	280		78635
20	22.04.2021	989	35	216	763	226		51280
21	23.04.2021	1010	21	128	905	105	+	10999
22	24.04.2021	1030	20	122	888	142	+	20138
23	25.04.2021	1040	10	59	905	135	+	18278
24	26.04.2021	1060	20	122	891	169		28586
25	27.04.2021	1080	20	122	996	84	+	7089
26	28.04.2021	1090	10	59	1043	47	+	2227
27	29.04.2021	1100	10	59	1013	87	+	7582
28	30.04.2021	1120	20	122	1048	72	+	5195
29	01.05.2021	1130	10	59	1132	-2	+	3
30	02.05.2021	1130	0	-4	1089	41	+	1687
31	03.05.2021	1140	10	59	1036	104	+	10807
32	04.05.2021	1140	0	-4	1119	21	+	444
33	05.05.2021	1140	0	-4	1076	64	+	4090
34	06.05.2021	1140	0	-4	1086	54	+	2911
35	07.05.2021	1140	0	-4	1096	44	+	1932
36	08.05.2021	1150	10	59	1116	34	+	1153
37	09.05.2021	1150	0	-4	1189	-39	+	1515
38	10.05.2021	1150	0	-4	1126	24	+	574
39	11.05.2021	1150	0	-4	1136	14	+	195
40	12.05.2021	1150	0	-4	1136	14	+	195
41	13.05.2021	1150	0	-4	1136	14	+	195

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_7$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
42	14.05.2021	1150	0	-4	1136	14	+	195
43	15.05.2021	1150	0	-4	1136	14	+	195
44	16.05.2021	1120	-30	-193	1146	-26	+	678
45	17.05.2021	1080	-40	-255	957	123	+	15030
46	18.05.2021	1050	-30	-193	895	155	+	24173
47	19.05.2021	1010	-40	-255	957	53	+	2766
48	20.05.2021	968	-42	-268	895	73	+	5399
49	21.05.2021	927	-41	-262	882	45	+	2030
50	22.05.2021	887	-40	-255	888	-1	+	2
51	23.05.2021	849	-38	-243	895	-46	+	2073
52	24.05.2021	803	-46	-293	877	-74	+	5491
53	25.05.2021	746	-57	-362	787	-41	+	1664
54	26.05.2021	709	-37	-237	688	21	+	457
55	27.05.2021	681	-28	-180	773	-92	+	8536
56	28.05.2021	650	-31	-199	788	-138	+	19039
57	29.05.2021	622	-28	-180	728	-106	+	11261
58	30.05.2021	585	-37	-237	707	-122	+	14879
59	31.05.2021	558	-27	-174	612	-54	+	2958
60	01.06.2021	540	-18	-117	629	-89	+	7969
61	02.06.2021	517	-23	-149	629	-112	+	12513
62	03.06.2021	495	-22	-142	560	-65	+	4280
63	04.06.2021	479	-16	-105	539	-60	+	3565
64	05.06.2021	461	-18	-117	545	-84	+	7130
65	06.06.2021	444	-17	-111	505	-61	+	3704
66	07.06.2021	427	-17	-111	474	-47	+	2223
67	08.06.2021	413	-14	-92	447	-34	+	1166
68	09.06.2021	400	-13	-86	448	-48	+	2305
69	10.06.2021	387	-13	-86	431	-44	+	1963
70	11.06.2021	374	-13	-86	409	-35	+	1246
71	12.06.2021	359	-15	-98	393	-34	+	1177
72	13.06.2021	346	-13	-86	363	-17	+	280
73	14.06.2021	333	-13	-86	358	-25	+	640
74	15.06.2021	317	-16	-105	341	-24	+	591
75	16.06.2021	301	-16	-105	308	-7	+	55
76	17.06.2021	286	-15	-98	295	-9	+	89
77	18.06.2021	276	-10	-67	289	-13	+	162
78	19.06.2021	270	-6	-42	307	-37	+	1381
79	20.06.2021	265	-5	-35	317	-52	+	2737
80	21.06.2021	260	-5	-35	311	-51	+	2561
81	22.06.2021	252	-8	-54	298	-46	+	2080
82	23.06.2021	244	-8	-54	263	-19	+	351
83	24.06.2021	229	-15	-98	247	-18	+	315
84	25.06.2021	213	-16	-105	188	25	+	639
85	26.06.2021	202	-11	-73	171	31	+	934
86	27.06.2021	194	-8	-54	197	-3	+	8

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_7$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
87	28.06.2021	187	-7	-48	211	-24	+	564
88	29.06.2021	178	-9	-61	212	-34	+	1158
89	30.06.2021	171	-7	-48	191	-20	+	418
90	01.07.2021	163	-8	-54	196	-33	+	1091
91	02.07.2021	156	-7	-48	175	-19	+	351
92	03.07.2021	150	-6	-42	165	-15	+	226
93	04.07.2021	149	-1	-10	160	-11	+	128
94	05.07.2021	146	-3	-23	184	-38	+	1426
95	06.07.2021	144	-2	-17	164	-20	+	407
96	07.07.2021	139	-5	-35	161	-22	+	505
97	08.07.2021	138	-1	-10	136	2	+	6
98	09.07.2021	136	-2	-17	153	-17	+	281
99	10.07.2021	135	-1	-10	139	-4	+	20
100	11.07.2021	144	9	53	140	4	+	18
101	12.07.2021	145	1	2	202	-57	+	3208
102	13.07.2021	151	6	34	148	3	+	7
Сумма							85	1324030
$\delta_{доп}$		177						
$\sigma_{\Delta}$		263						

Таблица Б.8 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлево на 2021 г ( $\tau=8$ сут.)

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_8$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	1					
3	05.04.2021	105	12					
4	06.04.2021	123	18					
5	07.04.2021	144	21					
6	08.04.2021	162	18					
7	09.04.2021	183	21					
8	10.04.2021	215	32					
9	11.04.2021	255	40	268				
10	12.04.2021	290	35	234	360	-70	+	4954
11	13.04.2021	382	92	624	327	55	+	3018
12	14.04.2021	559	177	1205	729	-170		28816
13	15.04.2021	689	130	884	1328	-639		408919
14	16.04.2021	760	71	480	1028	-268		71724
15	17.04.2021	783	23	152	642	141	+	19871
16	18.04.2021	832	49	329	335	497		247468
17	19.04.2021	874	42	282	544	330		108587
18	20.04.2021	921	47	316	537	384		147788

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_8$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
19	21.04.2021	954	33	220	606	348		121252
20	22.04.2021	989	35	234	602	387		149788
21	23.04.2021	1010	21	138	793	217		47236
22	24.04.2021	1030	20	131	827	203		41270
23	25.04.2021	1040	10	63	891	149	+	22199
24	26.04.2021	1060	20	131	846	214		45980
25	27.04.2021	1080	20	131	963	117	+	13687
26	28.04.2021	1090	10	63	1005	85	+	7224
27	29.04.2021	1100	10	63	984	116	+	13556
28	30.04.2021	1120	20	131	1017	103	+	10698
29	01.05.2021	1130	10	63	1120	10	+	100
30	02.05.2021	1130	0	-6	1073	57	+	3298
31	03.05.2021	1140	10	63	1024	116	+	13425
32	04.05.2021	1140	0	-6	1103	37	+	1401
33	05.05.2021	1140	0	-6	1054	86	+	7373
34	06.05.2021	1140	0	-6	1074	66	+	4338
35	07.05.2021	1140	0	-6	1084	56	+	3121
36	08.05.2021	1150	10	63	1094	56	+	3121
37	09.05.2021	1150	0	-6	1183	-33	+	1061
38	10.05.2021	1150	0	-6	1124	26	+	669
39	11.05.2021	1150	0	-6	1124	26	+	669
40	12.05.2021	1150	0	-6	1134	16	+	252
41	13.05.2021	1150	0	-6	1134	16	+	252
42	14.05.2021	1150	0	-6	1134	16	+	252
43	15.05.2021	1150	0	-6	1134	16	+	252
44	16.05.2021	1120	-30	-211	1134	-14	+	200
45	17.05.2021	1080	-40	-280	939	141	+	19931
46	18.05.2021	1050	-30	-211	870	180		32261
47	19.05.2021	1010	-40	-280	939	71	+	5066
48	20.05.2021	968	-42	-293	870	98	+	9529
49	21.05.2021	927	-41	-286	857	70	+	4942
50	22.05.2021	887	-40	-280	864	23	+	550
51	23.05.2021	849	-38	-266	870	-21	+	457
52	24.05.2021	803	-46	-321	884	-81	+	6573
53	25.05.2021	746	-57	-396	799	-53	+	2843
54	26.05.2021	709	-37	-259	684	25	+	623
55	27.05.2021	681	-28	-197	791	-110	+	12082
56	28.05.2021	650	-31	-218	813	-163		26409
57	29.05.2021	622	-28	-197	750	-128	+	16378
58	30.05.2021	585	-37	-259	730	-145	+	20883
59	31.05.2021	558	-27	-191	628	-70	+	4888
60	01.06.2021	540	-18	-129	658	-118	+	14008
61	02.06.2021	517	-23	-163	674	-157		24632
62	03.06.2021	495	-22	-156	583	-88	+	7696
63	04.06.2021	479	-16	-115	553	-74	+	5413

№ п.п.	Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_8$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
64	05.06.2021	461	-18	-129	566	-105	+	10948
65	06.06.2021	444	-17	-122	521	-77	+	5921
66	07.06.2021	427	-17	-122	500	-73	+	5298
67	08.06.2021	413	-14	-102	463	-50	+	2479
68	09.06.2021	400	-13	-95	456	-56	+	3172
69	10.06.2021	387	-13	-95	445	-58	+	3383
70	11.06.2021	374	-13	-95	422	-48	+	2320
71	12.06.2021	359	-15	-109	400	-41	+	1695
72	13.06.2021	346	-13	-95	370	-24	+	599
73	14.06.2021	333	-13	-95	366	-33	+	1100
74	15.06.2021	317	-16	-115	349	-32	+	1035
75	16.06.2021	301	-16	-115	312	-11	+	113
76	17.06.2021	286	-15	-109	298	-12	+	135
77	18.06.2021	276	-10	-74	291	-15	+	240
78	19.06.2021	270	-6	-47	313	-43	+	1823
79	20.06.2021	265	-5	-40	327	-62	+	3853
80	21.06.2021	260	-5	-40	319	-59	+	3471
81	22.06.2021	252	-8	-61	306	-54	+	2907
82	23.06.2021	244	-8	-61	272	-28	+	806
83	24.06.2021	229	-15	-109	256	-27	+	750
84	25.06.2021	213	-16	-115	192	21	+	421
85	26.06.2021	202	-11	-81	171	31	+	984
86	27.06.2021	194	-8	-61	195	-1	+	1
87	28.06.2021	187	-7	-54	209	-22	+	501
88	29.06.2021	178	-9	-67	211	-33	+	1104
89	30.06.2021	171	-7	-54	193	-22	+	464
90	01.07.2021	163	-8	-61	198	-35	+	1241
91	02.07.2021	156	-7	-54	183	-27	+	750
92	03.07.2021	150	-6	-47	175	-25	+	636
93	04.07.2021	149	-1	-13	166	-17	+	291
94	05.07.2021	146	-3	-26	189	-43	+	1874
95	06.07.2021	144	-2	-20	168	-24	+	557
96	07.07.2021	139	-5	-40	167	-28	+	809
97	08.07.2021	138	-1	-13	138	0	+	0
98	09.07.2021	136	-2	-20	158	-22	+	497
99	10.07.2021	135	-1	-13	143	-8	+	71
100	11.07.2021	144	9	56	143	1	+	1
101	12.07.2021	145	1	1	206	-61	+	3688
102	13.07.2021	151	6	35	150	1	+	1
Сум.							79	1834922
$\delta_{доп}$		197						
$\sigma_{\Delta}$		292						

Таблица Б.9 – Прогноз расходов воды весеннего половодья на посту р. Тобол – с. Иевлево на 2021 г ( $\tau=9$ сут.)

№ п.п.	Дата	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_9$	$Q_{пр}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
1	03.04.2021	92,5						
2	04.04.2021	93,4	1					
3	05.04.2021	105	12					
4	06.04.2021	123	18					
5	07.04.2021	144	21					
6	08.04.2021	162	18					
7	09.04.2021	183	21					
8	10.04.2021	215	32					
9	11.04.2021	255	40					
10	12.04.2021	290	35	250				
11	13.04.2021	382	92	670	342	40	+	1591
12	14.04.2021	559	177	1296	763	-204		41641
13	15.04.2021	689	130	950	1401	-712		507004
14	16.04.2021	760	71	515	1073	-313		97775
15	17.04.2021	783	23	161	659	124	+	15399
16	18.04.2021	832	49	353	323	509		258892
17	19.04.2021	874	42	301	536	338		114390
18	20.04.2021	921	47	338	516	405		163863
19	21.04.2021	954	33	235	593	361		130288
20	22.04.2021	989	35	250	525	464		215410
21	23.04.2021	1010	21	146	632	378		143174
22	24.04.2021	1030	20	139	705	325		105335
23	25.04.2021	1040	10	65	828	212		44911
24	26.04.2021	1060	20	139	825	235		55044
25	27.04.2021	1080	20	139	922	158		24939
26	28.04.2021	1090	10	65	971	119	+	14142
27	29.04.2021	1100	10	65	939	161		25797
28	30.04.2021	1120	20	139	986	134	+	17853
29	01.05.2021	1130	10	65	1093	37	+	1363
30	02.05.2021	1130	0	-8	1054	76	+	5717
31	03.05.2021	1140	10	65	1002	138	+	19129
32	04.05.2021	1140	0	-8	1095	45	+	1990
33	05.05.2021	1140	0	-8	1032	108	+	11730
34	06.05.2021	1140	0	-8	1052	88	+	7798
35	07.05.2021	1140	0	-8	1072	68	+	4666
36	08.05.2021	1150	10	65	1082	68	+	4666
37	09.05.2021	1150	0	-8	1165	-15	+	237
38	10.05.2021	1150	0	-8	1112	38	+	1467
39	11.05.2021	1150	0	-8	1122	28	+	801
40	12.05.2021	1150	0	-8	1122	28	+	801
41	13.05.2021	1150	0	-8	1132	18	+	335

№ п.п.	Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_9$	$Q_{np}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
42	14.05.2021	1150	0	-8	1132	18	+	335
43	15.05.2021	1150	0	-8	1132	18	+	335
44	16.05.2021	1120	-30	-229	1132	-12	+	137
45	17.05.2021	1080	-40	-303	911	169		28690
46	18.05.2021	1050	-30	-229	847	203		41239
47	19.05.2021	1010	-40	-303	921	89	+	7989
48	20.05.2021	968	-42	-318	847	121	+	14659
49	21.05.2021	927	-41	-310	832	95	+	8989
50	22.05.2021	887	-40	-303	840	47	+	2251
51	23.05.2021	849	-38	-288	847	2	+	4
52	24.05.2021	803	-46	-347	862	-59	+	3442
53	25.05.2021	746	-57	-428	803	-57	+	3216
54	26.05.2021	709	-37	-281	692	17	+	301
55	27.05.2021	681	-28	-215	799	-118	+	13932
56	28.05.2021	650	-31	-237	835	-185		34357
57	29.05.2021	622	-28	-215	773	-151	+	22876
58	30.05.2021	585	-37	-281	753	-168		28344
59	31.05.2021	558	-27	-207	646	-88	+	7750
60	01.06.2021	540	-18	-141	680	-140	+	19523
61	02.06.2021	517	-23	-178	708	-191		36499
62	03.06.2021	495	-22	-170	625	-130	+	16953
63	04.06.2021	479	-16	-126	576	-97	+	9326
64	05.06.2021	461	-18	-141	583	-122	+	14832
65	06.06.2021	444	-17	-134	540	-96	+	9225
66	07.06.2021	427	-17	-134	516	-89	+	7996
67	08.06.2021	413	-14	-111	488	-75	+	5688
68	09.06.2021	400	-13	-104	474	-74	+	5406
69	10.06.2021	387	-13	-104	454	-67	+	4475
70	11.06.2021	374	-13	-104	436	-62	+	3831
71	12.06.2021	359	-15	-119	413	-54	+	2905
72	13.06.2021	346	-13	-104	376	-30	+	909
73	14.06.2021	333	-13	-104	375	-42	+	1755
74	15.06.2021	317	-16	-126	357	-40	+	1592
75	16.06.2021	301	-16	-126	318	-17	+	282
76	17.06.2021	286	-15	-119	301	-15	+	219
77	18.06.2021	276	-10	-82	294	-18	+	330
78	19.06.2021	270	-6	-53	318	-48	+	2304
79	20.06.2021	265	-5	-45	334	-69	+	4827
80	21.06.2021	260	-5	-45	329	-69	+	4740
81	22.06.2021	252	-8	-67	314	-62	+	3825
82	23.06.2021	244	-8	-67	279	-35	+	1207
83	24.06.2021	229	-15	-119	266	-37	+	1350
84	25.06.2021	213	-16	-126	198	15	+	220
85	26.06.2021	202	-11	-89	175	27	+	741
86	27.06.2021	194	-8	-67	197	-3	+	7

№ п.п.	Дата	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$\Delta Q_1$	$\Delta Q_9$	$Q_{np}$	$\delta$	Оправдываемость	$\delta^2$
87	28.06.2021	187	-7	-60	209	-22	+	473
88	29.06.2021	178	-9	-75	210	-32	+	1031
89	30.06.2021	171	-7	-60	190	-19	+	375
90	01.07.2021	163	-8	-67	200	-37	+	1377
91	02.07.2021	156	-7	-60	185	-29	+	826
92	03.07.2021	150	-6	-53	184	-34	+	1163
93	04.07.2021	149	-1	-16	176	-27	+	755
94	05.07.2021	146	-3	-30	197	-51	+	2634
95	06.07.2021	144	-2	-23	172	-28	+	761
96	07.07.2021	139	-5	-45	171	-32	+	1021
97	08.07.2021	138	-1	-16	142	-4	+	15
98	09.07.2021	136	-2	-23	162	-26	+	693
99	10.07.2021	135	-1	-16	148	-13	+	168
100	11.07.2021	144	9	58	147	-3	+	11
101	12.07.2021	145	1	-1	214	-69	+	4763
102	13.07.2021	151	6	36	149	2	+	4
Сум.							73	2434030
$\delta_{доп}$		216						
$\sigma_{\Delta}$		320						