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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему **Краткосрочное прогнозирование речного стока с элементами фрактального диагностирования**

Исполнитель *Суслов Максим Евгеньевич*
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)
Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)
к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)
Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«13» июня 2022 г.

Санкт–Петербург
2022

Содержание

		Стр.
	Введение	3
1	Методы фрактального диагностирования временны*х* рядов	5
1.1	Метод, основанный на корреляционном интеграле	6
1.2	Метод, основанный на *R*/*S* анализе	8
1.3	Функциональный метод	11
2	Методы прогнозирования, основанные на математических моделях	13
2.1	Модель первого порядка	13
2.2	Модель второго порядка	15
3	Физико-географическая и климатическая характеристика	16
4	Формирование базы данных	23
4.1	Гидрологическая информация	23
4.2	Метеорологическая информация	28
5	Результаты прогнозирования с учетом фрактальной размерности ряда	30
	Заключение	53
	Список использованных источников	55
	Приложение А – Исходные данные среднесуточного расхода стока	57
	Приложение Б – Исходные данные суточных осадков	61
	Приложение В – Исходные данные среднесуточной температуры воздуха	65

ВВЕДЕНИЕ

Гидрологические прогнозы имеют большое значение для оптимизации хозяйственной деятельности страны. Гидрологические прогнозы позволяют наладить производство во время строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений. Так же прогнозирование речного стока крайне важно при перекрытиях русла реки на время возведения или ремонта гидротехнических сооружений. В сфере гидроэнергетики прогнозирование помогает в регулировании режима стока рек, в оптимизации работы гидроузлов и при выработке электроэнергии на гидроэлектростанциях.

В период навигации краткосрочные прогнозы регулярно передаются в судоходные компании, где используются для определения судоходных уровней.

Своевременное информирование об ожидаемых наводнениях позволяет принять меры по защите и уменьшению возможных неблагоприятных последствий народному хозяйству.

Отсутствие своевременных прогнозов может привести к масштабным последствиям, которые несут не только громадный экономический ущерб, но так же могут нести опасность для жизни людей, попавших в зону очага катастрофы. В качестве примера катастроф, произошедших по причине отсутствия достоверных краткосрочных прогнозов стоит рассмотреть несколько случаев, произошедших в различных регионах России за последнее десятилетие. В 2013 году в республике Саха (Якутия) произошел весенний паводок, затопивший поселения и важные транспортные коммуникации. В экономическом плане ущерб составил около 1 миллиарда рублей. Произошло затопление 5 населенных пунктов. Пострадали 1356 человек проживающих в 419 жилых домах, а так же другие социально-значимые объекты. Еще больший ущерб из-за отсутствия своевременного прогнозирования был нанесен наводнением на реке Амур в июле – ноябре 2013 года, в следствии которого

были затоплены территории сразу пяти регионов страны на дальнем востоке. Затопленными оказались части Амурской области, Хабаровского края, Еврейской автономной области, Приморского края и республики Саха (Якутия). В результате было затоплено более 11 тысяч домов. Более 100 тысяч человек остались без своего жилья и имущества. Наводнение распространилось на 130 населенных пунктов, а общий экономический ущерб от него составил более 30 миллиардов рублей.

При осуществлении прогнозирования в данном примере удалось бы предотвратить или минимизировать гуманитарный ущерб и экономические затраты по восстановлению подтопленных территорий.

В связи с вышеизложенным, целью исследования является разработка методики краткосрочного прогнозирования речного стока с элементами фрактального диагностирования.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

а) сформировать базу исходных данных гидрологических и метеорологических величин по гидрологическим ежегодникам и данным опубликованным в открытом доступе.

б) провести расчеты прогнозирования в период весеннего половодья и осенних паводков с применением математических моделей первого и второго порядка.

в) проанализировать полученные результаты, определить эффективность исследуемой методики и дать качественную оценку.

1 Методы фрактального диагностирования временны*х* рядов

Фрактальная диагностика является первым этапом в построении математической модели объекта. Возможное применение фрактальных характеристик для целей диагностирования временных рядов связано с тем, что графики рядов замеров речного стока имеют самоподобную фрактальную структуру. Установление факта фрактальности ряда позволяет нам установить характерные особенности и спрогнозировать его поведение в дальнейшем.
Над изучением сущности фрактальности и ее свойств занимались такие ученые как Б. Мандельброт, Х. Херст, Э. Лоренц, Е. Федер.

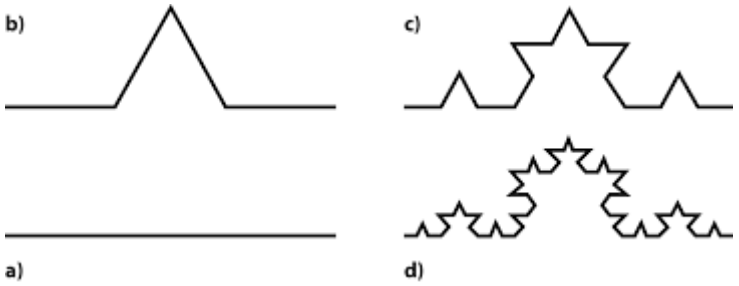

Рисунок 1.1 − Фрактальная размерность [14]

Само понятие фрактальности связано с пространствами так называемой дробной размерности. Фрактальная размерность объемного шара, куба и т.п. равна трем, размерность листа бумаги равна двум, а прямая линия будет иметь размерность равную одному. Рассмотрим, например, лист бумаги. Представим, что толщина листа равна нулю, только тогда он будет двумерен. В этом состоянии он является куском евклидовой плоскости. Возьмем этот лист, сомнем его в шарообразный комок. В этом состоянии его фрактальная размерность уже составляет больше двух, но менее трех. Диапазон фрактальной размерности этого смятого листа от двух до трех будет меняться по мере его схожести с идеальным шаром, размерность которого как раз равна трем. То есть, по мере увеличения его схожести с шаром, его фрактальная

размерность будет стремиться к трем. Таким образом, понятие фрактальной размерности можно описать как степень заполненности определенным объектом своего пространства вложения. В данном примере, потерей фрактальной размерности будут пустоты, образованные во вписанном в шар смятом листе бумаги. Этим объектом может быть и ряд значений расходов стока. Его фрактальность завязывается на влияющих на него факторов. Если таких факторов много и все они случайны и имеют равную вероятность события, то все сводится к белому шуму, который хаотично заполняет пространство наподобие ничем не связанных между собой молекул газа, заполняющего объемное пространство. В случае, если в ряду присутствуют корреляции, то они образуют группы членов ряда. Таким образом ряд обретает свою собственную размерность.

1.1 Метод, основанный на корреляционном интеграле

Одним из методов фрактального диагностирования временных рядов является метод расчета корреляционной размерности, либо метод корреляционного интеграла. Эта размерность вычисляется путем образования множества точек (N) в фазовом пространстве. Далее вычисляются расстояния (S) между парами этих точек по формуле:

$$S_{ij} = |x_i - x_j|,$$

где x_i, x_j - координаты точек.

На следующем этапе рассчитывается корреляционная функция как:

$$C(r) = \lim_{N\to\infty}\left(\frac{1}{N^2}\right)$$

(число пар (i, j), для которых расстояние $S_{ij} < r$).

Так как для многих аттракторов данная функция зависит от r при $r \to 0$ по степенному закону, то есть $limC(r) = ar^d$, корреляционную размерность можно определить по формуле: $d_G = \lim_{r \to 0} \frac{\log C(r)}{\log r}$ [1], [2]. Корреляционная размерность C(r) так же может быть определена другим способом. В фазовом пространстве описывается сфера на каждой точке x_i, затем подсчитывается количество попавших точек в каждой сфере:

$$C(r) = \lim_{N \to \infty} \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} H\left(r - \left|x_i - x_j\right|\right) \quad (1.1)$$

,

где $H(S)$=1 (функция Хевисайда) при s>0 и H(S)=0 при S<0

Важное свойство фрактальной размерности заключается в том, что она монотонно убывает : $D_f \geq D_f$ при $f' > f$ (см. на рисунок 1.2).

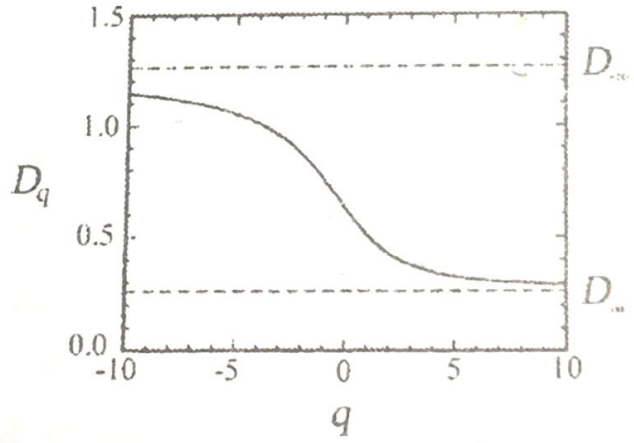

Рисунок 1.2 − Монотонное убывание фрактальной размерности [1]

Знание фрактальной размерности аттракторов помогает оценить минимальное количество переменных, нужных для описания изучаемого процесса, т.е. размерность вложения. Математик Флорис Такенс изучал возможность нахождения размерности аттракторов в фазовом пространстве n

по временному ряду только одного компонента аттрактора. По его мнению этот компонент несет информацию обо всех остальных переменных, из которых состоит этот аттрактор. То есть каждый параметр влияет на совокупность всех остальных параметров. Почти всегда работает закон $d < n$, который математически объясняется некомпактностью фрактала [1]. Следовательно, произведя вычисление по данным временного ряда фрактальной размерности, следующее целое число можно считать минимальным количеством переменных, которые понадобятся для построения модели. Это число определяет наименьшее число дифференциальных уравнений первого порядка, описывающих динамику изучаемой системы.

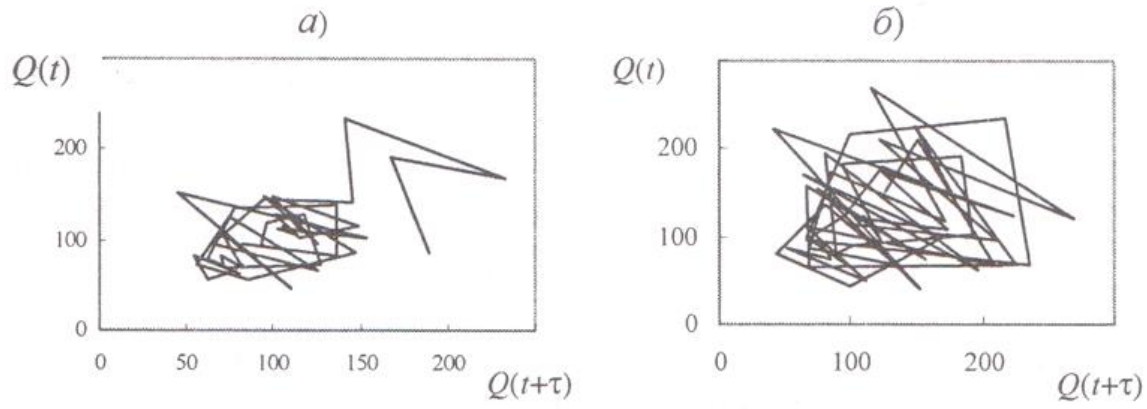

Рисунок 1.3 − Пример эволюции гидрологического режима в двумерном пространстве [1]

1.2 Метод, основанный на *R*/*S* анализе

Для сравнения фрактальных свойств различных процессов наиболее распространенным в настоящее время является метод Херста, который заключается в том, что для анализа временных рядов используется безразмерный показатель, показывающий отношение размаха R накопленного отклонения от среднего к среднеквадратическому отклонению S (R/S).

Зависимость параметра (R/S) от времени наблюдения, представленная в двойном логарифмическом масштабе, показывает процесс в виде фрактальной функции. Угловой коэффициент H (показатель Херста) определяется прямой линией с помощью аппроксимации фрактальной функции. Показатель Херста используется для вычисления фрактального параметра – размерности Хаусдорфа – Безиковича. Эта размерность является интегральной характеристикой объекта: $D = 2 - H$.

В зависимости от значения показателя H (Показатель изменяется в пределах от 0 до 1.) в методе Херста, рассматриваемые процессы могут быть классифицированы как: антиперсистентные, персистентные, процессы, в которых отсутствует тренд, а степень зашумленности не зависит от факторов, учитываемых в методе Херста, если H=0,5. Для антиперсистентных процессов характерна знакопеременная тенденция с относительно высоким уровнем зашумленности. Фрактальные линии расположены в области, где $0<H<0{,}5$. Для персистентных процессов характерно сохранение наблюдаемой устойчивой тенденции при относительно низком уровне зашумленности, в отличии от антиперсистентных процессов. Фрактальные линии расположены в области, где $0{,}5<H<1$ [2].

Алгоритм R/S анализа:

Имея исходный ряд значений S_t, рассчитываем логарифмические отношения.

$$N_t = \ln \frac{S_t}{S_{t-1}}$$

Разделяем ряд на (a) смежных периодов длиной n. Каждый период отметим как I_a, где a – обозначение номера периода. Для каждого периода I_a определяется среднее значение:

$$E(I_a) = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} N_{k,a}$$

Рассчитывается отклонение от среднего значения для каждого периода I_a:

$$X_{k,a} = \sum_{i=1}^{k}\left(N_{i,a} - E(I_a)\right)$$

Рассчитывается размах в пределах каждого периода:

$$R_{I_a} = max\left(X_{k,a}\right) - min\left(X_{k,a}\right)$$

Рассчитывается стандартное отклонение для каждого периода $\mathrm{I_a}$:

$$S_{I_a} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\left(N_{k,a} - E(I_a)\right)^2}$$

Каждое значение R_{I_a} делится на S_{I_a}, после чего рассчитывается среднее значение *R/S*:

$$R/S(n) = \frac{\sum_{a=1}^{A} R/S(a)}{a}$$

После этого шага увеличивается значение (n) и заново повторяется процесс с момента разделения ряда на смежные периоды до расчета среднего значения *R/S*. Повторение процесса с увеличением значения (n) производится до момента, пока уравнение не примет вид: $n \leq N/2$.

Строится график зависимости $\log(R/S(n))$ от $\log(n)$ и с помощью метода наименьших квадратов находится регрессия вида $\log(R/S(n)) = H * \log(n) + c$, где H – показатель Херста. Далее полученный результат проверяется на значимость. Для этого проверяем гипотезу о том, что анализируемая структура является нормально-распределенной. *R/S* являются случайными переменными, нормально распределенными, тогда можно предположить,

что H также распределены нормально. Асимптотическим пределом для независимого процесса является показатель Херста равный 0,5.

По предложению Ллойда, Эниса и Петерса используются следующие ожидаемые показатели R/S:

$$E(R/S(n)) = \frac{n-0,5}{n} * \left(n * \frac{\pi}{2}\right)^{-0,5} * \sum_{r=1}^{n-r} \sqrt{\frac{n-r}{n}},$$

для (n) ряда наблюдений находится значение ожидаемого показателя Херста - $E(H)$. Ожидаемая дисперсия примет вид: $D(H)=1/T$, где T – величина ряда наблюдений. Выборочная статистика: $Z = \frac{|E(H)-H|}{D(H)}$.

Полученное по формуле значение сравнивается с критическим значением нормированного нормального распределения.

1.3 Функциональный метод

Функциональный метод заключается в том, чтобы в определенной последовательности значений определить наличие функциональной зависимости, которая бы описывала исследуемый временной ряд. Метод ориентирован на выявление и изучение функций объектов или систем. Подразумевается, что между y_n членом временного ряда и предыдущими значениями $y_{n-1}, y_{n-2}, y_{n-3}$ и т.д. должна существовать функция f. Внутри этой последовательности y_n выбирается еще одна последовательность длиной n и рассматриваются все возможные векторы:

$$\vec{\omega}^{(n)} = \{y_{n-(n+1)}, y_{n-(n+2)}, \cdots, y_{n-1}, y_n\}$$

Фиксируется одна случайная последовательность, начинающаяся с n_0, и обозначается как ω(0). Рассматривается расстояние между произвольным вектором и этой случайной последовательностью:

$$p_k(n, n_0) = \left|\omega_{p_{(n)}} - \omega_{p_{(0)}}\right| = \left[\sum_{i=1}^{k}(y_{n-k+i} - y_{n_0-k+i})^2\right]^{1/2},$$

величина $r(n, n_0) = \left|y_{n+1} - y_{n_0+1}\right|$.

Алгоритм по определению числа переменных с помощью функционального метода производится следующим образом:

Первым шагом, для различных n находятся значения $p_k(n, n_0)$ и $r(n, n_0)$.

Далее соответствующие точки наносят на плоскости (r, p). Полученные точки последовательности соединяют. Если при выбранном k, наблюдается функциональная зависимость, то это значение обозначает размерность пространства вложения, другими словами, k – число переменных в математической модели.

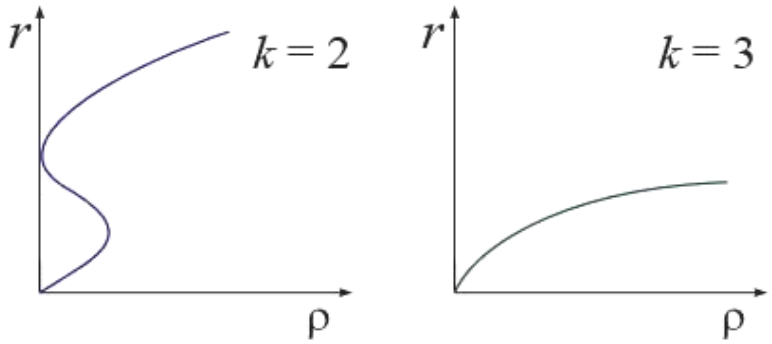

Рисунок 1.3 − Графики зависимости r (ρ).

2 Методы прогнозирования, основанные на математических моделях

Модели по своей сущности можно разделить на физические и математические. В гидрологии применяются как физические, так и математические модели для проецирования на них различных процессов, происходящих с водными объектами. Если, например физическая модель водосбора помогает наглядно увидеть принцип, либо эффективность его работы, то математическая модель поможет вычислить и дать прогнозное значение для той или иной гидрометрической характеристики.

Математическое моделирование широко распространено повсеместно. Модели помогают оптимизировать эксплуатацию и обслуживание гидротехнических сооружений, дают возможность дать более точный прогноз расходов стока, уровня воды и т.д.

2.1 Модель первого порядка

Формула для расчета модели первого порядка:

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{k\tau}Q + \frac{\dot{X}}{\tau}$$

где Q – расход стока;

X – интенсивность осадков;

k – коэффициент стока;

τ – время релаксации речного бассейна.

Для численной реализации модели используется аппроксимация, при которой модель стока первого порядка принимает вид:

$$\frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta t} = -\frac{1}{k\tau}Q_i + \frac{\dot{X}_i}{\tau} \quad (2.1)$$

Преобразовавшаяся формула для прогноза из уравнения (2.1):

$$Q_{i+1} = \left(-\frac{1}{k\tau}Q_i + \frac{\dot{\mathrm{X}}_i}{\tau}\right)\Delta t + Q_i$$

Дифференциальное уравнение первого порядка имеет вид:

$$F(x, y, y') = 0 \qquad (2.2)$$

где x – независимая переменная;

$y=y(x)$ – искомая функция;

$y'(x) = \frac{dy}{dx}$ – производная функции.

Если уравнение (3) можно записать как:

$$y' = f(x, y),$$

то оно разрешимо относительно производной. Часто можно встретить дифференциальную форму уравнения первого порядка:

$$P(x, y)dx + Q(x, y)dy = 0$$

Удобство при ее использовании заключается в том, что в роли искомой функции может быть либо $x=x(y)$, либо $y=y(x)$.

Решением дифференциального уравнения первого порядка является функция $y=y(x)$, при которой обе стороны уравнения становятся равны. Интегральной кривой является график данной функции.

2.2 Модель второго порядка

Формула для расчета модели второго порядка:

$$\tau_2 \frac{d^2Q}{dt^2} + \left(\frac{\tau_2}{k\tau_1} + 1\right)\frac{dQ}{dt} + \frac{1}{k\tau_1}Q = \frac{1}{\tau_1}\dot{\mathrm{X}},$$

где τ_1 – время добегания поверхностного стока;

τ_2 – время добегания подземного стока.

При прогнозировании стока во время снеготаяния интенсивность осадков (X) рассматривается как произведение коэффициента снеготаяния (a) на сумму температуры воздуха за этот период [3].

Численная реализация модели второго порядка с помощью конечно-разностной аппроксимации:

$$\tau_2 \frac{Q_{i+1} - 2Q_i + Q_{i-1}}{(\Delta t)^2} + \left(\frac{\tau_2}{k\tau_1} + 1\right)\left(\frac{Q_{i+1} - Q_i}{\Delta t}\right) + \frac{1}{k\tau_1}Q_i = \frac{\dot{X}_\imath}{\tau_i} \qquad (2.3)$$

где i – момент времени (сут).

Конечное выражение для прогноза по модели склонового стока второго порядка из уравнения (2.3) принимает вид:

$$Q_{i+1} = \frac{(\dot{\mathrm{X}}_i/\tau_i - Q_i/k\tau_1)\Delta t^2 + Q_i(((\tau_2 + k\tau_1)/k\tau_1)\Delta t + 2\tau_2) - \tau_2 Q_{i-1}}{(\tau_2 + ((\tau_2 + k\tau_1)/k\tau_1)\Delta t)}$$

3 Физико-географическая и климатическая характеристика района

В состав Северо-Западного региона входят 11 субъектов РФ: Архангельская, Вологодская, Калининградская, Ленинградская, Мурманская, Новгородская Псковская области, Республика Карелия, Республика Коми, Ненецкий автономный округ и Санкт-Петербург. Общая площадь региона составляет 1 686 972 км^2, что составляет около 10% от всей площади Российской Федерации

Рисунок 3.1 − Расположение Северо-Западного региона РФ [15]

Округ расположен в пределах двух климатических зон, умеренной и субарктической. К субарктической зоне относятся Мурманское побережье Кольского полуострова и заполярная часть территории к востоку от Белого моря.

Климат Северо-Западного региона в основном умеренно континентальный. На побережье Белого моря и Финского залива имеются черты морского климата. Средняя температура января составляет −7, −9 ℃. В республике Карелии, Вологодской и Мурманской области средние температуры января ниже, чем на остальной части региона и составляют около −11, −13 ℃.

Рельеф на территории Северо-Запада преимущественно равнинный. На территории региона сосредоточено огромное количество лесных ресурсов. Преобладают смешанные леса, тайга, тундра и лесотундра. Для этой территории характерно обилие поверхностных вод, связанных густой речной сетью. Водные ресурсы округа составляют практически половину от всех водных ресурсов европейской части России. Помимо рек, часто можно встретить многочисленные болота и озера, как малые, так и достаточно крупные, например Чудское, Ильмень, Псковское, Онежское и Ладожское – самое крупное пресноводное озеро на европейской части России. Его площадь составляет 17,7 тысяч км^2. Реки Северо-Запада распределены по трем бассейнам: Северного Ледовитого океана, Атлантического океана (Балтийское море) и внутреннему бессточному бассейну.

Крупнейшими реками на территории региона являются Северная Двина, Вычегда, Сухона, Онега, Мезень, Печора, Нева [15].

Краткое физико-географическое описание бассейнов рек исследования.

Река Пинега протекает по территории Архангельской области, состоит в речном бассейне р. Северной Двины и является ее правым притоком. Имеет протяженность - 779 км и площадь бассейна - 42 000 км^2. Река берет начало в слиянии рек Белой и Черной на высоте - 135,2 м над уровнем моря и течет параллельно Северной Двине на северо-запад. Пинега судоходна от деревни Согра до устья. Этот участок составляет 654 км. Питание реки преимущественно осуществляется за счет таяния снежного покрова, в теплое время питание дождевое.

Основные притоки: правобережные – Илеша, Нюхча, Шоча, Ёжуга, Чуплега, Явзора, Тиньга;

левобережные – Выя, Юла, Покшеньга, Пюла, Шуйга, Нижняя Поча, Юбра, Охтома, Сура, Сия, Угзеньга, Паланьга.

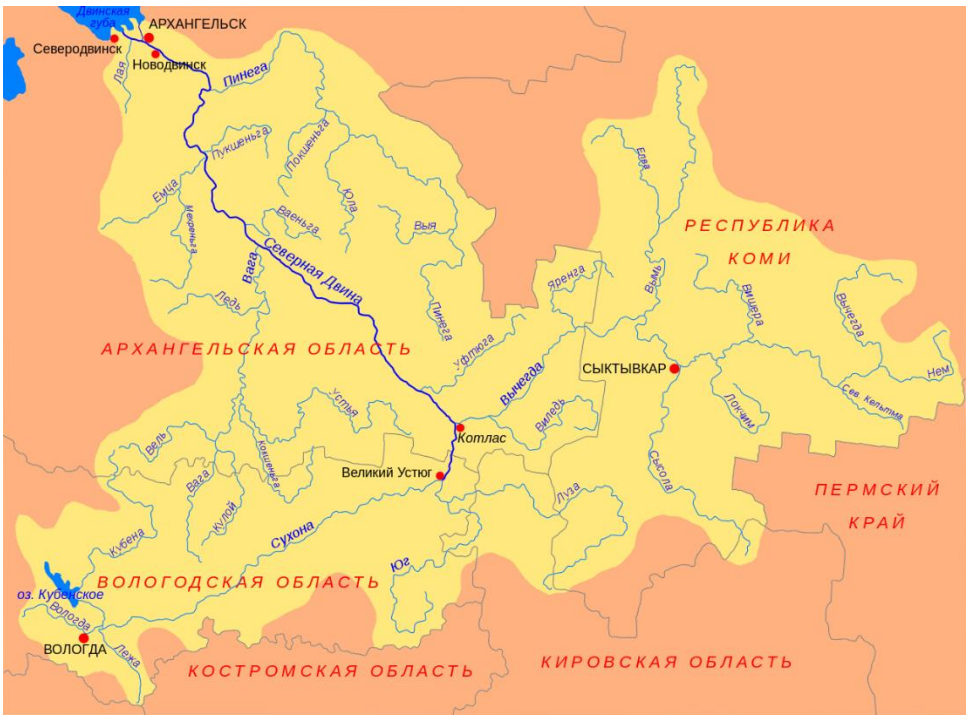

Рисунок 3.2 − Географическое положение бассейна р. Пинега [6]

Река Поной протекает на территории Мурманской области, относится к бассейну Белого моря. Общая длина реки – 391 км. Площадь водосбора – 15 467 км^2. По протяженности является самой продолжительной рекой на Кольском полуострове. Водосбор реки со всеми ее многочисленными притоками вытянут в ширину более чем на 200 км и расположен в центральной части восточной половины Кольского полуострова. Исток реки находится в центральной части полуострова, устье в горле Белого моря. Общий уклон реки от истока до устья – 292 м. Средний расход стока составляет 175 м^3/с. В отличии от большинства рек Кольского полуострова Поной отличает низкая озерность бассейна. Она составляет – 2,1%. Питание реки в основном снеговое. Притоки: лепобережные – Сахарная, Ельрека, Пятчема, Лосинга, Сухая, Лебяжья, Альденга, Югонька, Ача, Колмак, Томба; правобережные – Коевейка, Кукша, Тицка, Кривая речка, Медвежья, Кинемур, Пача, Патманьга, Пурнач, Рябога. На реке находятся населенные пункты: Краснощелье, Каневка, Корабельное [6], [9].

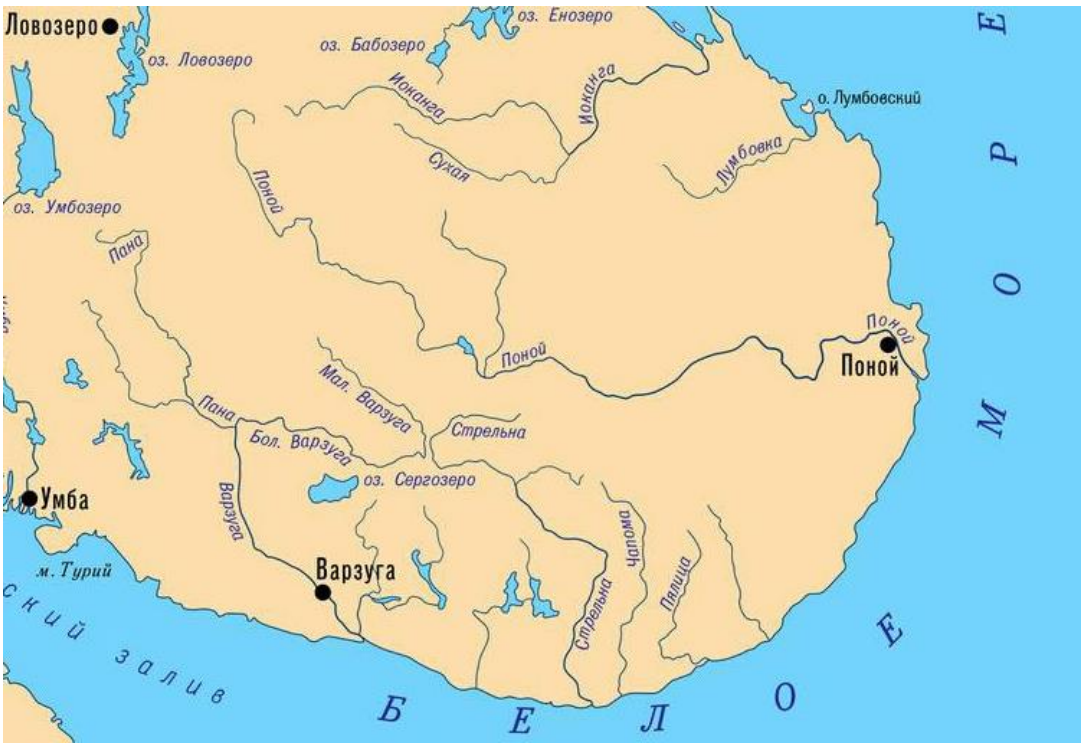

Рисунок 3.3 − Географическое положение бассейна р. Поной [12]

Тихвинка – река, протекающая по территории Ленинградской области в ее восточной части на Валдайской возвышенности. Относится к бассейну Ладожского озера, входит в состав Тихвинской водной системы. Длина реки – 144 км, площадь водосборного бассейна – 2140 км^2. Средний расход в устье – 20 м^3/с. Исток – озеро Еглино. Протекает с востока на запад и впадает в реку Сясь. Берега преимущественно каменистые и высокие. Питание реки – смешанное, с преобладанием снегового. Основные притоки: левобережные – Угница, Межник, Рядань, Дымка, Таборы, Дубно; правобережные – Медведица, Парцева, Куново, Рутка, Рыбежка, Колыванец, Шомушка [5], [9], [11]. Вдоль реки расположено множество населенных пунктов. Крупнейшим из них является город Тихвин (население 58 000 человек). Характеристика рельефа района преимущественно равнинная, с незначительными абсолютными высотами (50 – 150 м).

Рисунок 3.4 − Географическое положение р. Тихвинки [11]

Река Великая протекает на территории восьми районов Псковской области на Бежаницкой возвышенности. Относится к системе Балтийского моря. Исток реки находится в Новосокольническом районе Бежаницкой возвышенности. Впадает в Чудско-Псковское озеро. Длина реки – 430 км, Площадь водосборного бассейна – 25 200 км^2, среднегодовой расход в устье – 134 м$^3/с$. Тип питания – смешанный (снеговое, дождевое).

Высотка устья находится на отметке 30,1 м над уровнем моря.

Основные притоки: левобережные – Идрица, Синяя, Утроя, Кухва, Вяда, Кудеб, Исса; правобережные – Алоля, Кудка, Сороть, Черёха, Пскова [5], [7], [9].

Крупнейшие населенные пункты: г. Опочка (расстояние до устья – 220 км), г. Остров (расстояние до устья – 95 км), г. Псков (расстояние до устья – 18 км).

Рисунок 3.5 − Географическое положение бассейна р. Великая [7]

Ловать – река, протекающая по территориям Витебской, Псковской и Новгородской областей. Длина реки – 530 км, площадь водосборного бассейна – 21 900 км^2, средний расход в устье – 170 м$^3/с$. Принадлежит к бассейну Балтийского моря. Исток находится к северо-западу от озера Завесно (Витебская область), либо к юго-западу от озера Ловатец (Псковская область). Высота истока – 168 м над уровнем моря, высота устья – 18,1 м, впадает в озеро Ильмень. Является самой длинной и второй по водности рекой, впадающей в данное озеро. Притоки: левобережные – Еменка, Балаздынь, Сверетица, Насва, Локня, Хлавица, Рытовица, Вица, Пахомовка, Мазуровка, Загарка, Городянка, Самбатовка, Рубеженка, Редья, Полисть; правобережные – Комля, Лазавица,

Крупица, Ольшанка, Рубежниц, Большая Смота, Кунья, Шульга, Хоболька, Рогатка, Паньковка, Заробская Робья, Робья [5].

Населенные пункты расположенные на реке: г. Холм, г. Великие Луки, ПГТ Парфино.

Рисунок 3.6 − Географическое положение р. Ловать [10]

4 Формирование базы данных

Расчеты проводилось на основе гидрологической и метеорологической информации, собранной для гидрологических и метеорологических постов в районе исследования, а именно была сформирована база данных с информацией о водосборах рек, рядами среднесуточных расходов воды [4], суточные значения осадков, средняя суточная температура, а так же данные по снегозапасам [8].

4.1 Гидрологическая информация

На территории Северо-Западного региона были выбраны 5 речных бассейнов, расположенных в разных частях района, с площадью водосборов в пределах от 1500 до 50 000 км^2. Для исследования использовались данные наблюдений, собранные на гидрологических станциях, расположенных в пределах выбранных водосборов речных бассейнов (см. рисунок 4.1). Для каждого из них была взята база данных по суточным расходам воды за 2019 год:

- Р. Пинега, д. Засурье (F=17100 км^2)
- Р. Поной, с. Краснощелье (F=3810 км^2)
- Р. Тихвинка, д. Горелуха (F=2070 км^2)
- Р. Ловать, г. Холм (F=14700 км^2)
- Р. Великая, г. Опочка (F=3500 км^2)

F – площадь водосбора для створа наблюдения.

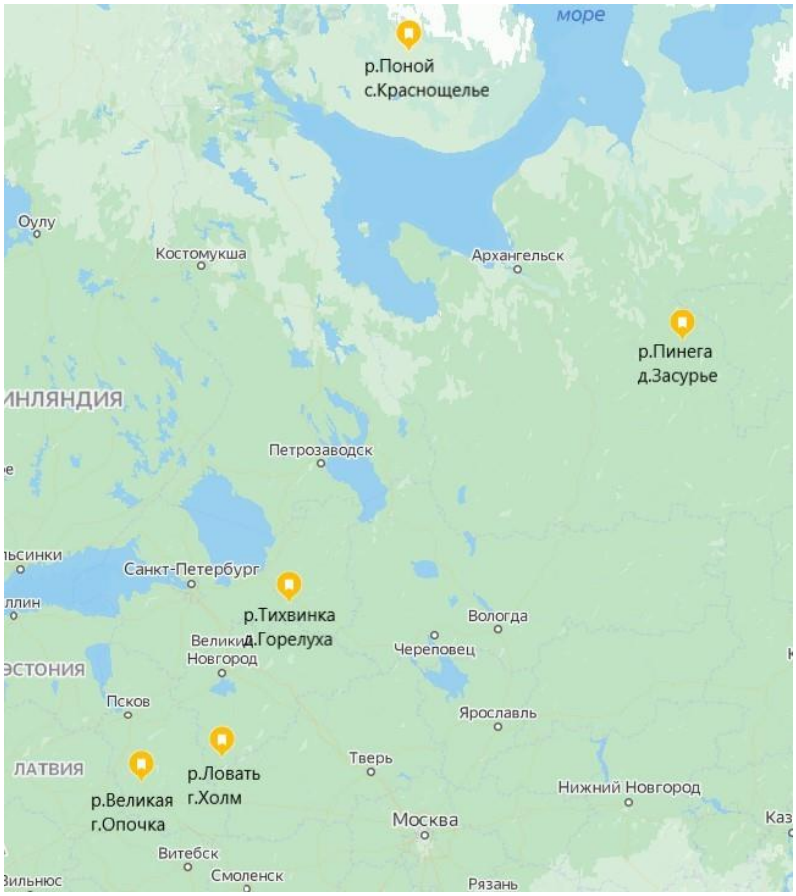

Рисунок 4.1 − Географическое расположение гидрологических постов

Данные по расходам стока представлены в приложении А.

На рисунке 4.2 представлены совместные хронологические графики среднесуточных расходов стока на реке Пинега, д. Засурье и ежедневных осадков (метеостанция Сура) за 2019 год. Весеннее половодье длилось с 14 апреля по 19 июня. Пик половодья – 11 мая, расход - 2040 $м^3/с$. Максимум расходов в период осенних паводков – 895 $м^3/с$, 24 октября. Коэффициент корреляции в период осенних паводков с учетом времени добегания τ=5 суток составил – 0.31

Рисунок 4.2 − Гидрограф р. Пинега, д. Засурье за 2019 год

Рисунок 4.3 − Гидрограф р. Пинега, д. Засурье в период весеннего половодья

По гидрографу р. Ловать, пост г. Холм за 2019 год, (см. рисунок 4.4) видно четко выраженный период весеннего половодья с максимальным расходом 24 марта – 370 м$^3/с$ и осенних паводков, наблюдавшихся с 3 ноября по 4 декабря с максимальным расходом – 542 м$^3/с$, зафиксированным 7 ноября. На графике так же показаны стокоформирующие осадки (станция Старая Русса). Коэффициент корреляции с учетом времени добегания τ=3 суток – 0.47

Рисунок 4.4 – Гидрограф р. Ловать, г. Холм

На рисунке 4.5 показан гидрограф реки Поной, пост с. Краснощелье за 2019 год со среднесуточными осадками (станция Старая Русса). Весеннее половодье продолжалось с 20 апреля до 30 мая. Пик весеннего половодья пришелся на 15 мая, максимальный расход – 324 $м^3/с$. С 3 ноября по 4 декабря наблюдаются интенсивные осенние паводки с максимальным расходом – 54,8 $м^3/с$ на момент 4 октября. Коэффициент корреляции с учетом времени добегания τ=3 суток – 0.54

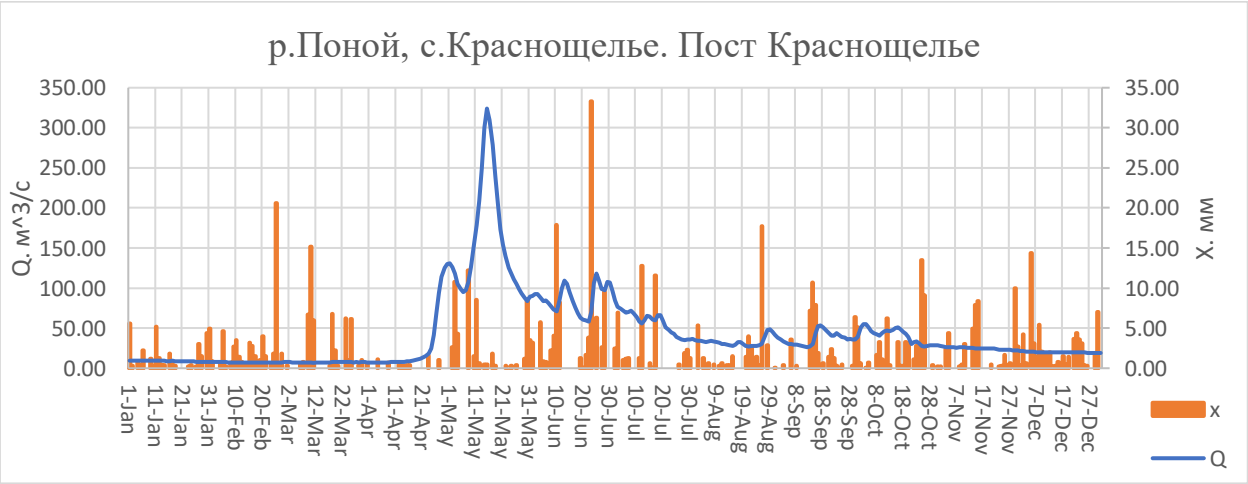

Рисунок 4.5 – Гидрограф р. Поной, с. Краснощелье

На рисунке 4.6 показан график среднесуточных расходов на реке Тихвинка, пост д. Горелуха и ежедневные осадки (данные со станции Тихвин)

за 2019 год. Границы весеннего половодья – 13 марта и 23 мая. Максимальный расход зафиксирован 11 апреля и составил 97,6 $м^3/с$. Осенние паводки продолжаются с 1 октября по 25 ноября с пиком расходов 137 $м^3/с$ зафиксированным 14 ноября. Коэффициент корреляции с учетом времени добегания τ=3 суток – 0.42

Рисунок 4.6 − Гидрограф р. Тихвинка, д. Горелуха

По данным с гидрологического поста р. Великая г. Опочка и метеорологической станции Пушкинские Горы построены графики ежедневных расходов стока в створе р. Великая и суточных осадков за 2019 год (см. рисунок 4.7). Период весеннего половодья длится с 18 марта до 22 мая. Максимальный расход – 11 апреля – 97,6 $м^3/с$. Осенние паводки начинаются с 28 октября, пиковое значение достигается 22 ноября – 69,5 $м^3/с$. Коэффициент корреляции с учетом времени добегания τ=3 суток – 0.16

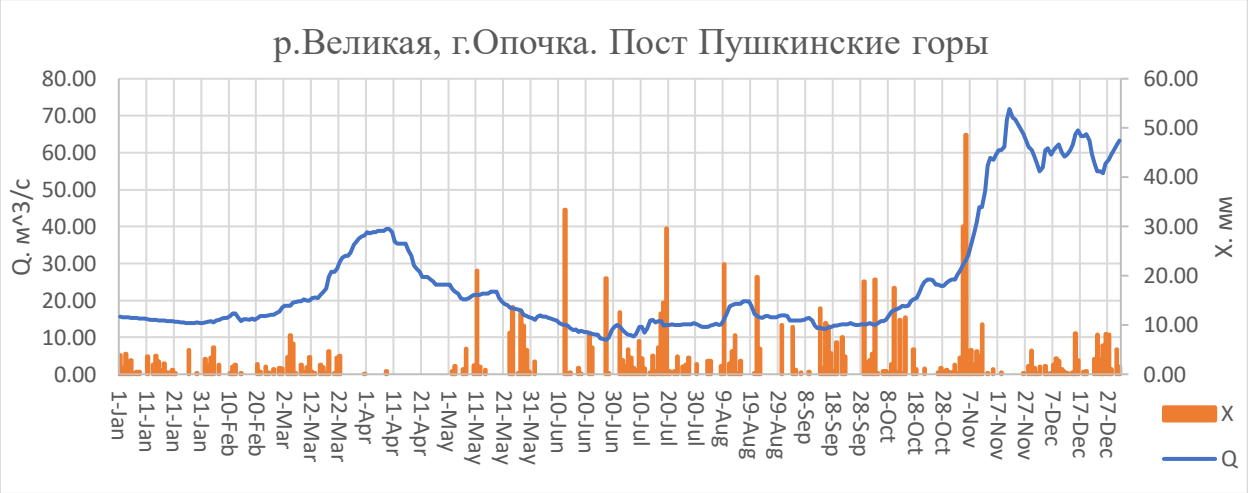

Рисунок 4.7 – Гидрограф р. Великая, г. Опочка

4.2 Метеорологическая информация

Для определения выпавших осадков и температуры воздуха были выбраны несколько метеорологических станций, способные дать репрезентативную информацию для сопоставления с данными с гидрологических постов в створе исследуемых рек. Критерием выбора было максимально близкое расстояние к центру водосбора исследуемой реки

Список станций:

- Сура (координаты 53°23’41’’ с.ш. ; 46°56’27’’ в.д.)
- Пушкинские Горы (координаты 57°01’15’’ с.ш. ; 28°54’37’’ в.д.)
- Старая Русса (координаты 57°59’39’’ с.ш. ; 31°21’38’’ в.д.)
- Краснощелье (координаты 67°20’00’’ с.ш. ; 37°01’59’’ в.д.)
- Тихвин (координаты 59°38’39’’ с.ш. ; 33°32’32’’ в.д.)

Полученные данные по суточным осадкам и среднесуточной температуре с этих станций представлены в приложениях Б и В соответственно.

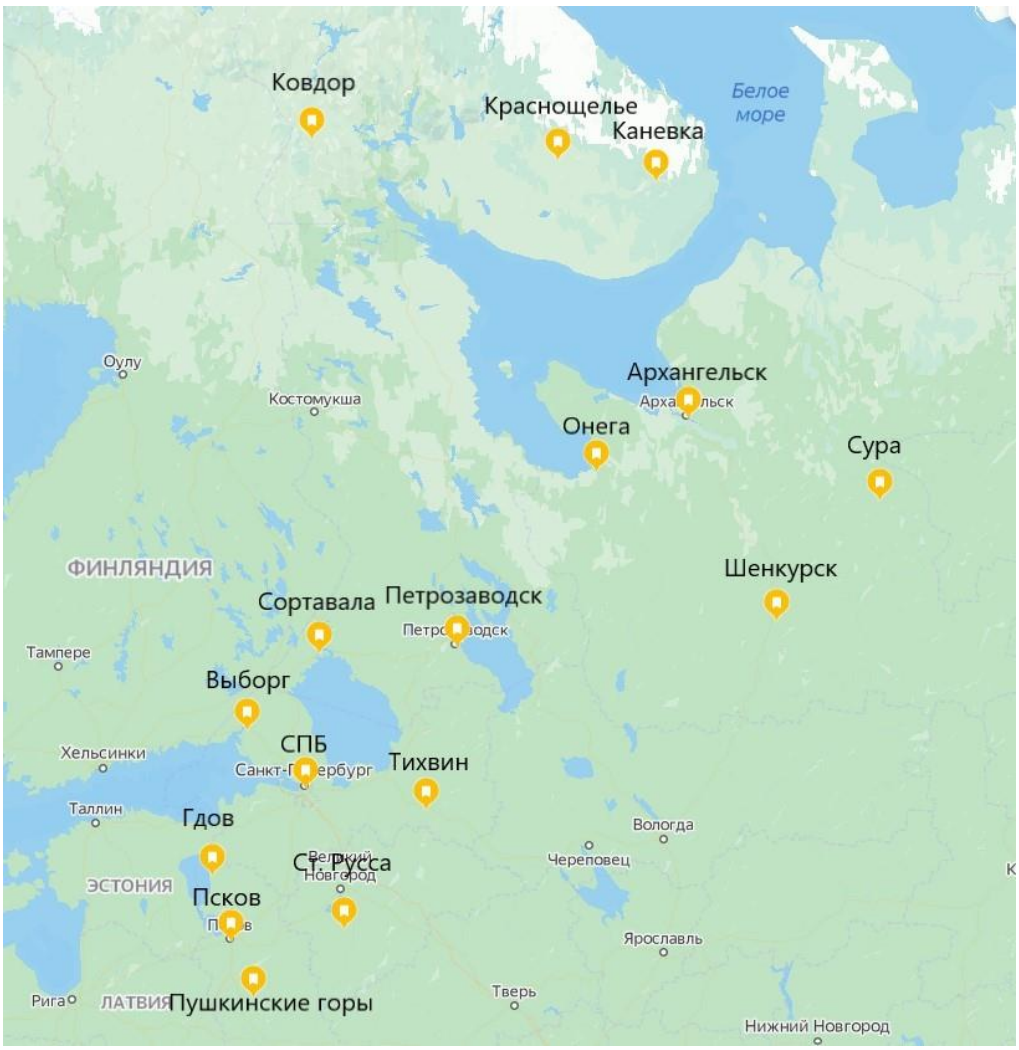

Рисунок 4.1 − Географическое расположение метеорологических станций

5 Результаты прогнозирования с учетом фрактальной размерности ряда

Прогноз речного стока осуществлялся с заблаговременностью в 1 сутки. Перед каждыми последующими сутками проводилась диагностика временного ряда в пределах 15 суток. На основе диагностики, учитывающей эти значения, проводилась выборка варианта расчета прогноза на следующие сутки между моделью первого порядка и моделью второго порядка.

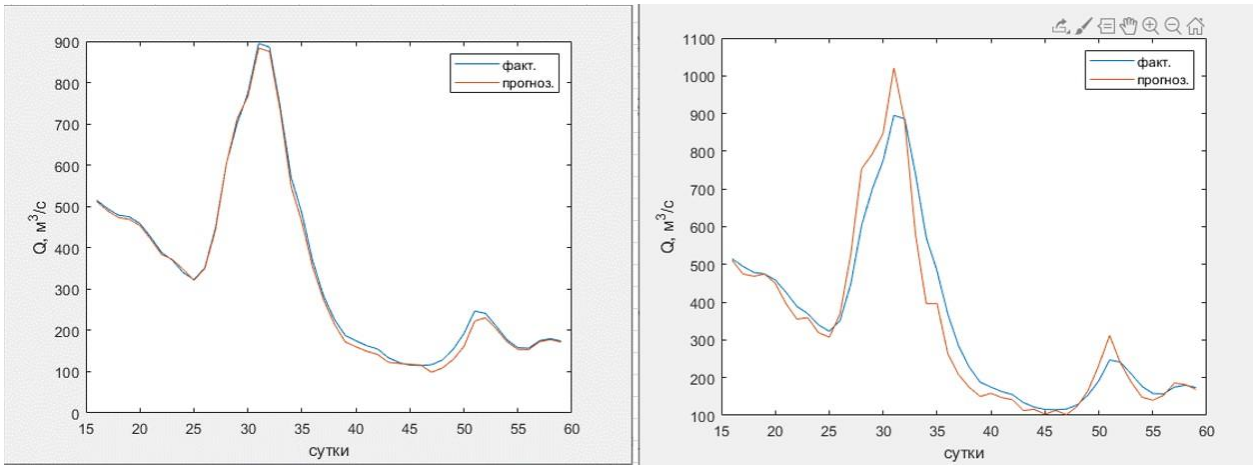

Рисунок 5.1 − Гидрографы осенних паводков р. Пинега д. Засурье

На рисунке 5.1 показаны гидрографы осенних паводков за 2019 год на реке Пинега, пост д. Засурье, построенные по модели первого порядка (слева) и второго порядка (справа) в сравнении с фактическими расходами воды. Анализируя графики, можно отметить, что в данном случае модель первого порядка дала более точный прогноз.

В таблице 5.1 представлены результаты прогнозирования стока в период осеннего паводка по модели первого порядка, второго порядка и погрешности прогнозов этих моделей. Так же представлены результаты фрактальной диагностики и оправдываемость ее применения для прогноза на каждые сутки. Оправдываемость методики составила 33.3%.

Таблица 5.1 − Пост р. Пинега, д. Засурье. Осенний паводок

Дата	Qф, м³/с	Qпр 1 порядок, м³/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м³/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
12.окт	515	512	0.57	511	0.79	1	+
13.окт	495	490	1.03	475	4.06	1	+
14.окт	479	473	1.23	469	2.09	1	+
15.окт	475	469	1.25	475	0.05	1	-
16.окт	459	454	1.06	450	2.00	1	+
17.окт	426	421	1.25	396	7.09	1	+
18.окт	389	384	1.25	355	8.67	1	+
19.окт	370	372	-0.44	359	2.93	2	-
20.окт	340	348	-2.37	320	6.00	2	-
21.окт	323	321	0.57	307	4.99	2	-
22.окт	351	349	0.54	368	-4.92	2	-
23.окт	448	443	1.09	526	-17.52	2	-
24.окт	603	602	0.18	754	-24.96	2	-
25.окт	700	712	-1.73	793	-13.30	2	-
26.окт	775	767	1.09	848	-9.39	2	-
27.окт	895	884	1.25	1021	-14.06	2	-
28.окт	886	875	1.23	880	0.73	2	+
29.окт	740	730	1.29	580	21.69	1	+
30.окт	571	549	3.93	396	30.63	2	-
31.окт	483	462	4.42	396	17.95	2	-
01.ноя	368	353	4.14	263	28.41	2	+
02.ноя	284	274	3.45	208	26.88	2	+
03.ноя	227	216	4.94	174	23.44	2	+
04.ноя	188	172	8.33	150	20.06	2	+
05.ноя	175	160	8.33	159	9.38	2	+
06.ноя	163	149	8.33	147	9.63	2	-
07.ноя	155	142	8.33	141	8.81	2	-
08.ноя	134	123	8.33	113	15.71	2	-
09.ноя	122	120	1.69	116	4.77	1	+
10.ноя	116	118	-1.59	103	11.25	1	+
11.ноя	115	116	-1.09	113	1.74	1	+
12.ноя	117	98.5	15.78	102	12.93	1	-
13.ноя	128	109	14.88	124	2.79	1	-
14.ноя	154	129	16.06	165	-7.47	1	-
15.ноя	192	161	16.24	233	-21.46	1	+
16.ноя	247	223	9.88	312	-26.21	2	-
17.ноя	241	231	4.34	239	0.87	2	+
18.ноя	210	203	3.13	188	10.44	2	-
19.ноя	177	172	2.63	148	16.17	2	-
20.ноя	158	154	2.75	140	11.34	2	-
21.ноя	157	154	2.18	153	2.40	1	+
22.ноя	175	173	1.33	186	-6.07	2	-
23.ноя	180	178	1.25	182	-1.13	2	+
24.ноя	174	172	1.25	169	2.97	2	-

На рисунке 5.2 показан результат диагностики, производимой с помощью инструмента Excel для прогноза на 17 октября в створе реки Пинега, д. Засурье в период осеннего паводка. На правом графике наблюдается изгиб и уравнивание кривой до отметки 1, что свидетельствует о первом порядке при прогнозировании на эти сутки. Вертикальная ось показывает значение фрактальной размерности

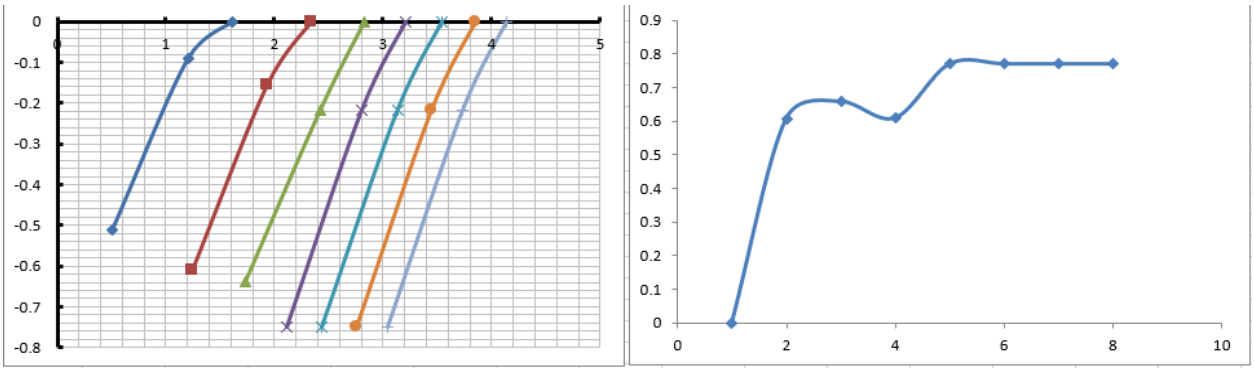

Рисунок 5.2 − Фрактальная диагностика (17 октября)

Для створа р. Пинега, д. Засурье так же было произведено прогнозирование с элементами фрактального диагностирования и его анализ для периода весеннего половодья. Результаты с анализом методики представлены в таблице 5.2. Так же на рисунке 5.3 отображены прогнозные и фактические гидрографы весеннего половодья по первой модели (слева) и второй модели (справа).

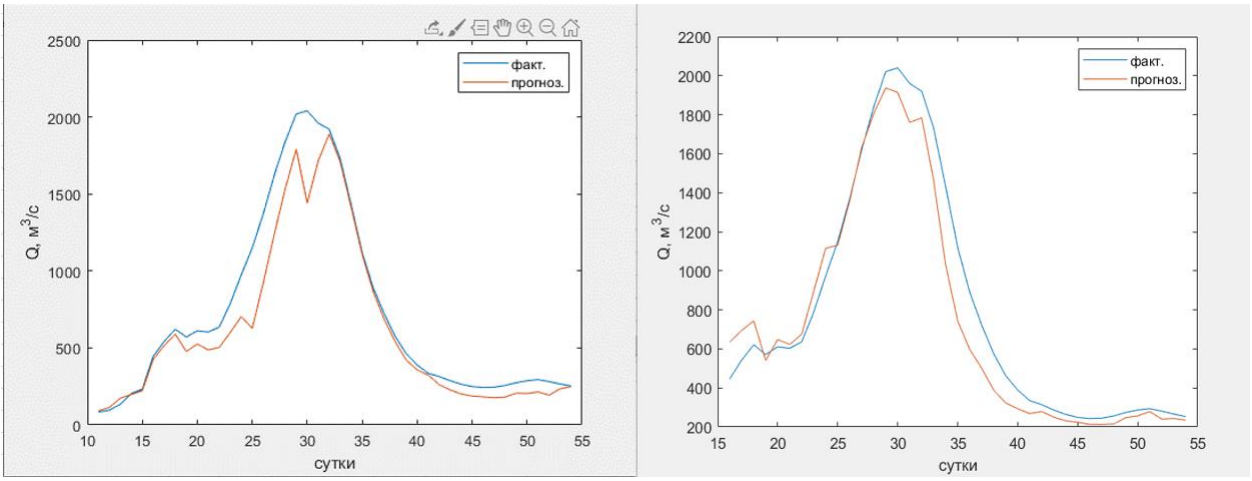

Рисунок 5.3 − Гидрографы весеннего половодья р. Пинега д. Засурье

По данным, снятым с графиков, видно, что обе модели прогнозирования дали заниженные значения расхода стока в точке максимума. В фазе подъема уровня точнее проявила себя вторая модель, однако на спаде уровня прогнозные значения, полученные с помощью первой модели оказались ближе к фактическим.

Таблица 5.2 − Пост р. Пинега, д. Засурье. Весеннее половодье

Дата	*Q*ф, м^3/с	*Q*пр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	*Q*пр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
27.апр	446	424	4.9	634	-42.2	2	-
28.апр	543	526	3.2	695	-27.9	2	-
29.апр	621	590	5.0	744	-19.8	2	-
30.апр	571	473	17.2	541	5.2	2	+
01.май	611	518	15.2	648	-6.0	2	+
02.май	603	491	18.5	622	-3.2	2	+
03.май	636	509	20.0	676	-6.2	2	+
04.май	788	615	22.0	895	-13.5	2	+
05.май	974	740	24.1	1116	-14.5	2	+
06.май	1150	671	41.7	1131	1.6	2	+
07.май	1370	1073	21.7	1359	0.8	2	+
08.май	1620	1233	23.9	1632	-0.7	2	+
09.май	1840	1610	12.5	1806	1.9	2	+
10.май	2020	1779	11.9	1937	4.1	2	+
11.май	2040	1530	25.0	1914	6.2	2	+
12.май	1960	1715	12.5	1760	10.2	2	+
13.май	1920	1888	1.7	1784	7.1	2	-
14.май	1730	1708	1.3	1461	15.5	1	+

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
15.май	1430	1412	1.3	1029	28.1	2	-
16.май	1120	1107	1.2	743	33.6	2	-
17.май	891	868	2.6	598	32.9	2	-
18.май	722	692	4.1	501	30.7	2	-
19.май	575	542	5.7	389	32.4	2	-
20.май	463	422	8.8	323	30.2	2	-
21.май	389	346	11.1	293	24.6	2	-
22.май	335	291	13.2	269	19.8	1	+
23.май	314	262	16.5	279	11.2	1	-
24.май	287	227	20.8	250	12.8	1	-
25.май	264	198	25.0	232	12.2	1	-
26.май	249	187	25.0	224	10.1	1	-
27.май	243	193	20.5	213	12.3	1	-
28.май	245	178	27.3	212	13.3	1	-
29.май	256	187	27.1	215	15.9	1	-
30.май	274	198	27.8	248	9.6	1	-
31.май	287	225	21.7	256	10.7	1	-
01.июн	294	221	25.0	279	5.2	1	-
02.июн	281	203	27.8	241	14.4	2	+
03.июн	266	200	24.7	243	8.5	1	-
04.июн	253	254	-0.4	235	6.9	1	+

Отличие методики прогнозирования в период весеннего половодья заключается в том, что в прошлом случае брался период, предшествующий моменту выпуска прогноза величиной в 15 суток, а в данном случае за этот период принимались значения расходов того же дня за последние 12 лет, то есть данные за одно число 2007 – 2018 года. Оправдываемость методики на данном створе при прогнозировании в период весеннего половодья составила 45 %.

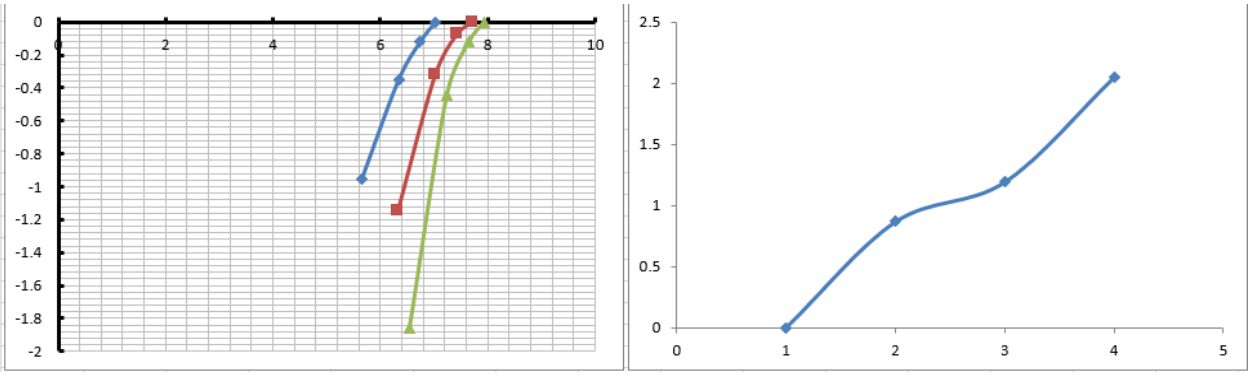

Рисунок 5.4 – Фрактальная диагностика при прогнозировании в период весеннего половодья

Таблица 5.3 – Пост р. Ловать, г. Холм. Осенний паводок

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
9 окт	130	125	3.57	116	10.73	1	+
10 окт	121	117	3.57	109	9.86	1	+
11 окт	118	139	-17.78	108	8.19	2	+
12 окт	120	120	-0.04	145	-20.72	2	-
13 окт	131	149	-13.81	130	0.44	2	+
14 окт	166	169	-1.75	199	-19.74	2	-
15 окт	185	209	-12.86	188	-1.55	2	+
16 окт	191	186	2.40	221	-15.59	2	-
17 окт	180	176	2.50	163	9.24	2	-
18 окт	163	172	-5.42	145	10.88	2	-
19 окт	154	152	1.44	156	-1.17	2	+
20 окт	146	140	3.91	136	7.12	2	-
21 окт	137	130	5.13	129	5.69	2	-
22 окт	128	127	0.58	120	6.14	2	-
23 окт	120	115	3.82	115	4.14	2	-
24 окт	113	109	3.70	106	6.44	2	-
25 окт	107	104	2.75	98.5	7.94	2	-
26 окт	100	96.0	3.97	92.2	7.80	2	-
27 окт	93.4	95.2	-1.88	85.6	8.39	2	-
28 окт	91.2	98.8	−8.36	88.1	3.38	2	+
29 окт	90.1	85.1	5.56	90.1	0.00	2	+
30 окт	87.9	88.1	-0.19	82.6	6.08	1	+
31 окт	83.5	78.7	5.71	80.4	3.68	1	-
1 ноя	81.3	75.8	6.78	77.7	4.38	1	-
2 ноя	77.2	72.5	6.11	72.8	5.67	1	-
3 ноя	76.4	73.0	4.43	74.0	3.16	1	-
4 ноя	89.0	88.4	0.67	102	-14.18	1	+
5 ноя	231	337	-46.05	382	-65.25	1	+
6 ноя	486	686	-41.12	802	-65.07	1	+

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
7 ноя	542	534	1.48	638	-17.62	1	+
8 ноя	486	456	6.25	431	11.28	1	+
9 ноя	408	384	5.99	340	16.56	1	+
10 ноя	363	368	-1.35	315	13.18	1	+
11 ноя	383	353	7.81	372	2.82	1	+
12 ноя	531	591	-11.34	576	-8.49	1	+
13 ноя	516	487	5.58	518	-0.31	2	+
14 ноя	451	423	6.25	385	14.66	2	-
15 ноя	401	375	6.58	371	7.60	2	-
16 ноя	354	336	5.04	302	14.72	2	-
17 ноя	308	290	5.80	265	13.93	1	+
18 ноя	277	260	5.96	241	12.99	2	-
19 ноя	253	236	6.83	221	12.56	2	-
20 ноя	233	211	9.52	216	7.51	2	+
21 ноя	215	188	12.50	197	8.25	2	+
22 ноя	198	178	10.10	184	7.05	2	+
23 ноя	178	156	12.50	166	6.96	2	+
24 ноя	152	138	9.26	139	8.58	2	+
25 ноя	129	113	12.50	116	10.02	2	+
26 ноя	125	109	12.50	113	9.35	2	+
27 ноя	118	107	9.52	105	11.24	1	+
28 ноя	114	101	11.11	106	6.78	1	-
29 ноя	110	98.4	10.53	104	5.86	1	-
30 ноя	103	98.3	4.53	95.2	7.53	2	-
1 дек	97.8	90.5	7.46	92.0	5.97	2	+

Оправдываемость методики на данном створе за период расчетов осеннего паводка составила 50 %.

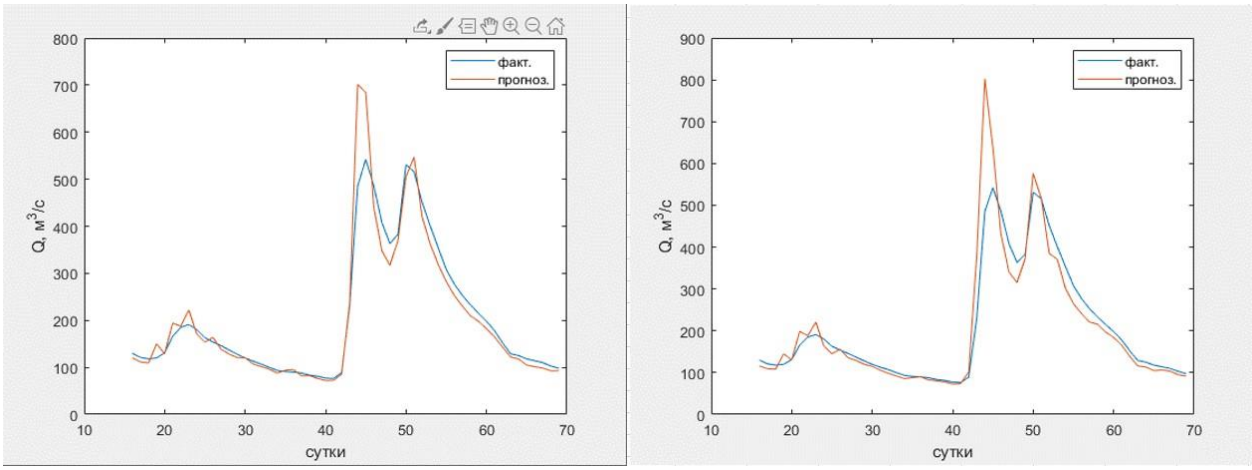

Рисунок 5.5 − Гидрографы осеннего паводка р. Ловать г. Холм

На данном створе модель первого порядка более корректно отразила данные. Даты с максимальными значениями расходов совпали, однако пиковые значения оказались выше при применении и той и другой модели.

Оправдываемость методики прогноза с элементами фрактального диагностирования по расчетам на створе р. Ловать, г. Холм составила 50%. Выборочные изображения результатов фрактальной диагностики при прогнозе на 27 ноября 2019 года показаны на рисунке 5.6

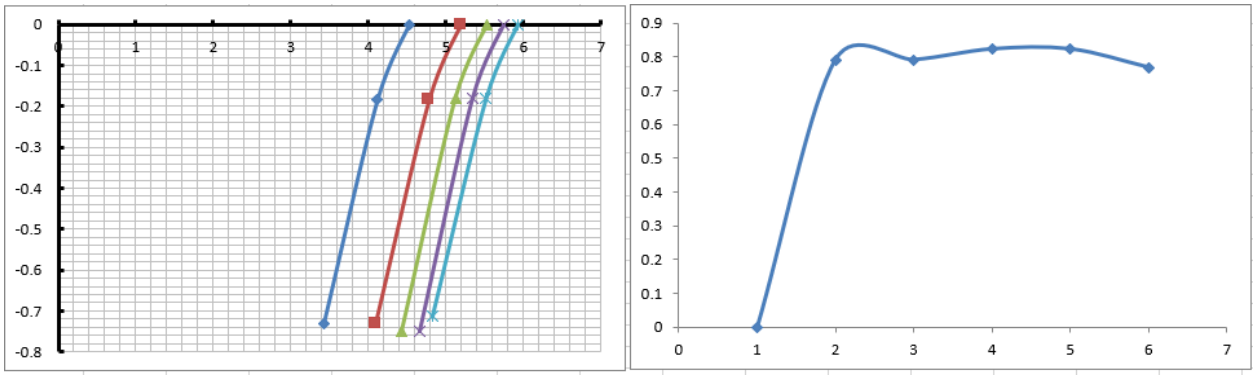

Рисунок 5.6 – Фрактальная диагностика

В таблице 5.4 приведены результаты прогнозирования по первой и второй модели на створе р. Ловать, г. Холм в период весеннего половодья.

Таблица 5.4 – Пост р. Ловать, г. Холм. Весеннее половодье

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %
24 фев	32.9	32.9	0.0	32.3	1.9
25 фев	32.9	32.8	0.4	33.8	-2.8
26 фев	36.9	36.3	1.7	38.8	-5.3
27 фев	39.2	45.5	-16.2	40.6	-3.6
28 фев	39.8	38.9	2.4	40.6	-1.9
1 мар	40.9	38.2	6.6	41.9	-2.5
2 мар	40.9	38.0	7.0	41.4	-1.2
3 мар	42.0	41.5	1.3	43.0	-2.3
4 мар	42.6	43.1	-1.2	43.3	-1.6
5 мар	45.6	47.1	-3.2	47.5	-4.2
6 мар	48.6	48.3	0.5	50.8	-4.6
7 мар	51.1	51.8	-1.4	53.4	-4.6
8 мар	54.2	54.5	-0.6	56.4	-4.1

Дата	Qф, $м^3/с$	Qпр 1 порядок, $м^3/с$	погрешность, %	Qпр 2 порядок, $м^3/с$	погрешность, %
9 мар	61.3	68.1	-11.2	67.2	-9.7
10 мар	73.9	73.5	0.5	89.7	-21.4
11 мар	86.5	85.4	1.3	100	-15.8
12 мар	100	104	-3.8	115	-14.7
13 мар	111	110	1.3	123	-10.8
14 мар	116	115	1.0	119	-2.7
15 мар	123	126	-2.2	130	-5.7
16 мар	123	121	1.5	120	2.2
17 мар	125	124	1.2	126	-1.0
18 мар	129	127	1.3	132	-2.6
19 мар	141	140	1.0	154	-9.2
20 мар	176	174	1.1	233	-32.2
21 мар	225	223	1.1	292	-29.6
22 мар	271	273	-0.9	326	-20.4
23 мар	330	326	1.1	404	-22.3
24 мар	370	366	1.0	418	-13.0
25 мар	291	289	0.6	218	25.1
26 мар	286	285	0.4	284	0.8
27 мар	270	267	1.3	245	9.4
28 мар	243	240	1.1	215	11.3
29 мар	225	221	1.7	202	10.2
30 мар	218	213	2.3	203	6.7
31 мар	225	218	3.1	229	-1.8
1 апр	250	247	1.2	263	-5.4
2 апр	256	270	-5.6	281	-9.8
3 апр	236	200	15.2	246	-4.3
4 апр	210	200	4.9	173	17.6
5 апр	191	183	4.3	168	11.8
6 апр	175	167	4.5	153	12.4
7 апр	162	156	3.8	159	1.7
8 апр	152	147	3.6	143	5.9
9 апр	143	138	3.6	136	4.8
10 апр	138	132	4.5	133	3.7
11 апр	131	122	7.1	126	3.6
12 апр	121	106	12.5	115	5.3
13 апр	111	97.6	12.1	103	7.0
14 апр	101	90.9	10.0	92.1	8.8
15 апр	93.4	86.7	7.1	84.1	9.9
16 апр	85.7	80.1	6.6	77.5	9.6
17 апр	80.2	74.9	6.6	73.6	8.2
18 апр	76.4	71.4	6.6	72.3	5.3
19 апр	73.2	68.4	6.6	69.5	5.1
20 апр	70.8	64.1	9.5	67.4	4.8
21 апр	67.7	60.2	11.1	64.2	5.2
22 апр	65.4	57.6	11.9	62.2	5.0

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %
23 апр	62.3	55.7	10.5	58.6	5.9
24 апр	59.3	55.3	6.7	55.2	6.9
25 апр	56.2	52.3	6.9	51.7	7.9
26 апр	53.9	51.3	4.8	50.9	5.6
27 апр	50.9	48.6	4.5	47.9	5.9
28 апр	47.9	45.7	4.5	45.5	5.0
29 апр	44.8	42.7	4.8	42.3	5.5
30 апр	42.5	40.4	5.0	40.9	3.9
1 май	39.5	37.4	5.3	37.9	4.0
2 май	37.2	35.1	5.6	35.8	3.7
3 май	35.7	33.7	5.6	34.5	3.4
4 май	34.2	32.4	5.4	33.1	3.3
5 май	31.9	30.1	5.5	31.2	2.3
6 май	31.1	30.3	2.6	29.7	4.5

На рисунке 5.7 видно, что модель первого порядка предоставила более надежный прогноз по ходу всего периода весеннего половодья. Максимумы расходов при использовании второго порядка значительно завышены по сравнению с фактическими значениями.

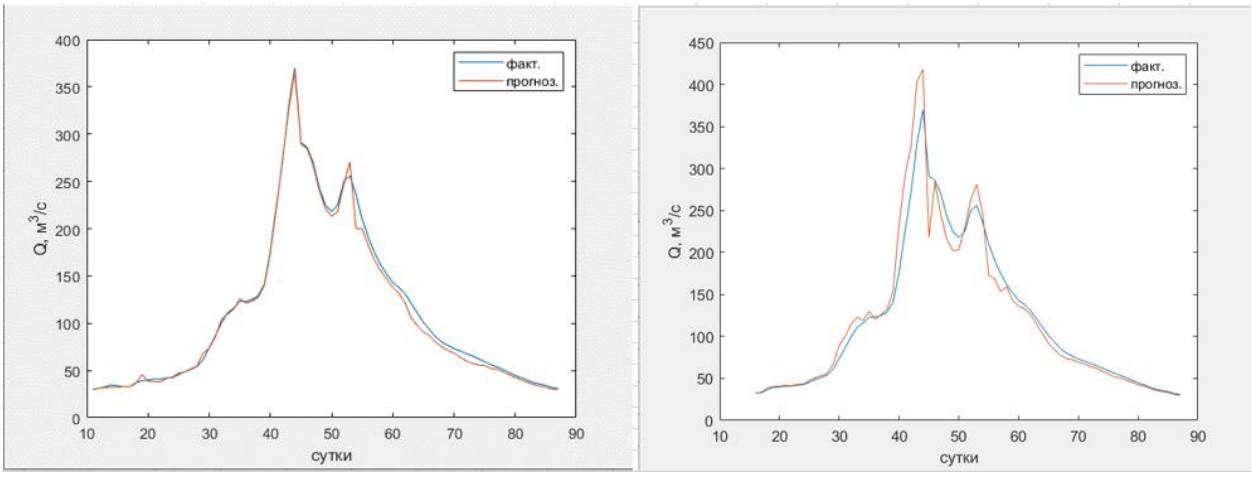

Рисунок 5.7 − Гидрографы весеннего половодья р. Ловать г. Холм

Таблица 5.5 − Пост р. Поной, с. Краснощелье. Осенний паводок

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
27.сен	36.1	34.8	3.57	33.5	7.26	2	-
28.сен	36.8	35.3	4.17	36.3	1.40	2	+
29.сен	35.5	33.6	5.31	33.5	5.52	2	-
30.сен	36.1	37.7	-4.46	35.9	0.43	1	-
01.окт	39.4	40.0	-1.44	42.2	-7.03	2	-
02.окт	50.6	49.8	1.52	62.1	-22.67	2	-
03.окт	54.8	54.1	1.25	57.1	-4.18	2	+
04.окт	54.8	54.1	1.21	54.8	-0.07	2	+
05.окт	50.6	50.1	0.94	48.2	4.83	2	-
06.окт	46.3	45.7	1.25	43.6	5.90	1	+
07.окт	43.5	42.9	1.32	41.1	5.41	1	+
08.окт	42.1	41.9	0.51	41.6	1.16	1	+
09.окт	40.7	41.0	-0.64	40.8	-0.37	2	+
10.окт	43.5	43.2	0.69	45.0	-3.42	2	-
11.окт	46.3	45.9	0.87	47.6	-2.90	2	-
12.окт	47.0	47.8	-1.67	48.6	-3.35	2	-
13.окт	46.3	45.8	1.06	45.7	1.31	2	+
14.окт	47.7	47.1	1.25	48.3	-1.24	2	+
15.окт	49.8	49.2	1.25	51.0	-2.48	2	+
16.окт	51.3	51.4	-0.17	51.6	-0.63	2	+
17.окт	48.4	47.9	1.11	46.2	4.50	2	+
18.окт	45.6	44.6	2.11	43.4	4.88	2	+
19.окт	42.8	42.5	0.67	40.9	4.46	2	-
20.окт	39.4	39.1	0.70	37.3	5.30	2	-
21.окт	29.9	29.0	3.13	20.8	30.51	2	+
22.окт	32.3	31.7	1.75	32.4	-0.41	2	+
23.окт	33.7	33.6	0.43	34.1	-1.10	2	-

Оправдываемость методики на данном створе при прогнозировании в период осеннего паводка составила 29.7 %.

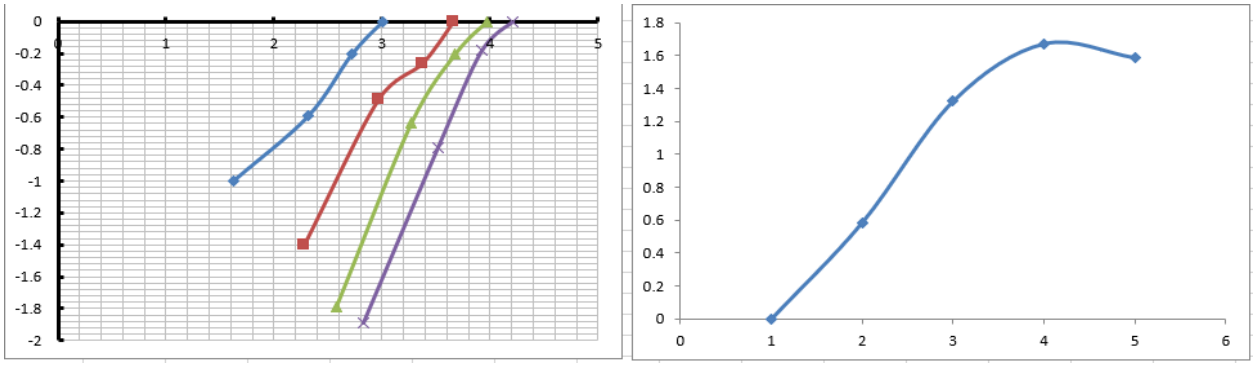

Рисунок 5.8 − Фрактальная диагностика (14 октября)

На рисунке 5.9 представлены гидрографы р. Поной на створе с. Краснощелье. Слева продемонстрированы совместные графики фактических расходов стока и прогнозных расходов при помощи модели первого порядка, справа фактические с прогнозными с использованием модели второго порядка. Модель первого порядка дала более приближенный прогноз, хотя максимальное значение на пике паводка оказалось немного занижено. Во второй модели напротив, наблюдается завышенное значение в прогнозе.

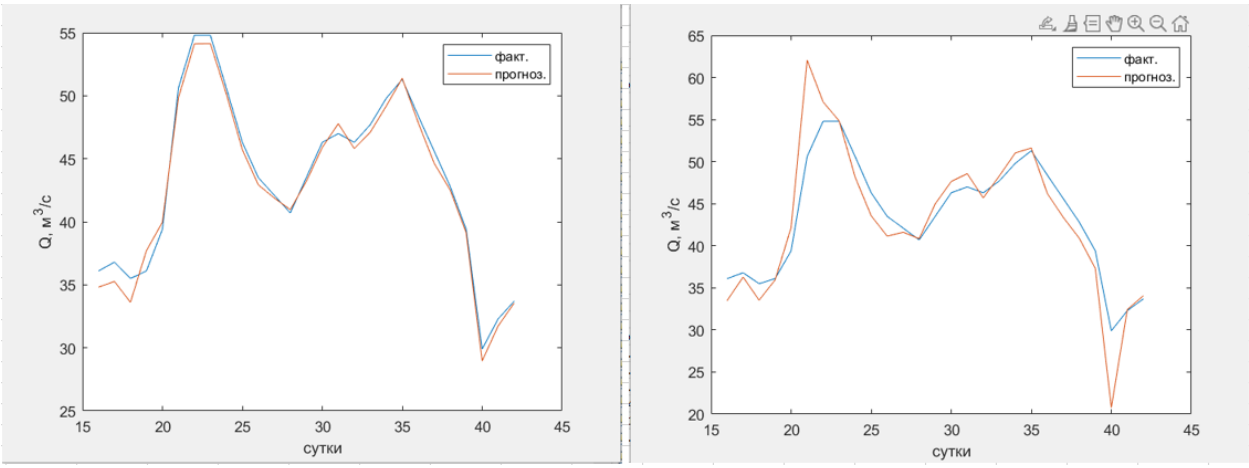

Рисунок 5.9 − гидрографы осеннего паводка р. Поной с. Краснощелье

Таблица 5.6 − Пост р. Поной, с. Краснощелье. Весеннее половодье

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %
19.апр	11.0	11.0	0.4	11.6	-5.3
20.апр	12.0	11.9	0.5	13.0	-8.7
21.апр	13.5	13.3	1.2	15.1	-11.7
22.апр	15.2	15.0	1.3	17.2	-12.9
23.апр	18.4	18.2	1.2	21.7	-17.9
24.апр	24.3	24.0	1.3	32.6	-34.2
25.апр	41.1	40.6	1.3	78.3	-90.6
26.апр	68.4	68.5	-0.2	115	-67.9
27.апр	94.2	95.9	-1.8	130	-38.4
28.апр	114	117	-2.8	134	-17.4
29.апр	125	123	1.3	128	-2.4
30.апр	130	128	1.6	126	2.9
01.май	131	128	2.0	126	3.9
02.май	126	105	16.7	114	9.2

Дата	Qф, $м^3/с$	Qпр 1 порядок, $м^3/с$	погрешность, %	Qпр 2 порядок, $м^3/с$	погрешность, %
03.май	118	94.4	20.0	107	8.9
04.май	105	88.8	15.4	91.7	12.6
05.май	99.2	87.5	11.8	93.5	5.8
06.май	95.0	89.8	5.5	90.2	5.1
07.май	97.0	96.9	0.1	100	-2.6
08.май	108	104	3.9	122	-13.2
09.май	126	117	7.4	155	-22.8
10.май	150	138	8.0	175	-16.7
11.май	179	167	6.7	196	-9.3
12.май	209	206	1.5	226	-8.1
13.май	250	246	1.6	272	-9.0
14.май	300	296	1.3	329	-9.5
15.май	324	322	0.7	309	4.7
16.май	310	306	1.2	285	7.9
17.май	279	271	2.8	237	15.2
18.май	240	237	1.2	202	15.8
19.май	206	204	1.2	162	21.4
20.май	173	169	2.5	121	30.3
21.май	154	149	3.3	118	23.7
22.май	140	134	4.0	110	21.4
23.май	125	117	6.3	95.9	23.3
24.май	118	108	8.3	96.7	18.0
25.май	111	99.7	10.2	94.3	15.1
26.май	105	88.9	15.3	91.5	12.8
27.май	99.3	80.0	19.5	88.2	11.2
28.май	93.0	75.4	18.9	81.5	12.3
29.май	87.9	71.6	18.5	77.6	11.7
30.май	83.7	72.7	13.2	74.3	11.2
31.май	89.6	76.4	14.7	77.8	13.2
01.июн	90.5	76.4	15.6	83.7	7.5
02.июн	92.2	79.7	13.6	85.3	7.5
03.июн	92.2	82.0	11.0	85.5	7.3
04.июн	87.9	77.7	11.6	80.0	9.0
05.июн	83.7	76.0	9.2	83.0	0.9
06.июн	84.5	76.1	10.0	83.8	0.9
07.июн	81.3	79.2	2.6	79.0	2.8
08.июн	77.3	77.2	0.2	74.1	4.1
09.июн	73.5	72.4	1.5	73.9	-0.6
10.июн	71.3	69.6	2.4	74.1	-3.9
11.июн	83.7	75.3	10.0	107	-27.7
12.июн	100	80.0	20.0	114	-14.2
13.июн	109	82.7	24.2	113	-3.3
14.июн	105	82.7	21.2	92.5	11.9

На створе р. Поной с. Краснощелье расчет по модели второго порядка показывает, что прогнозные значения расхода стока в среднем на 1 сутки обгоняет фактические значения. Максимальные значения совпадают с фактическими в обеих моделях.

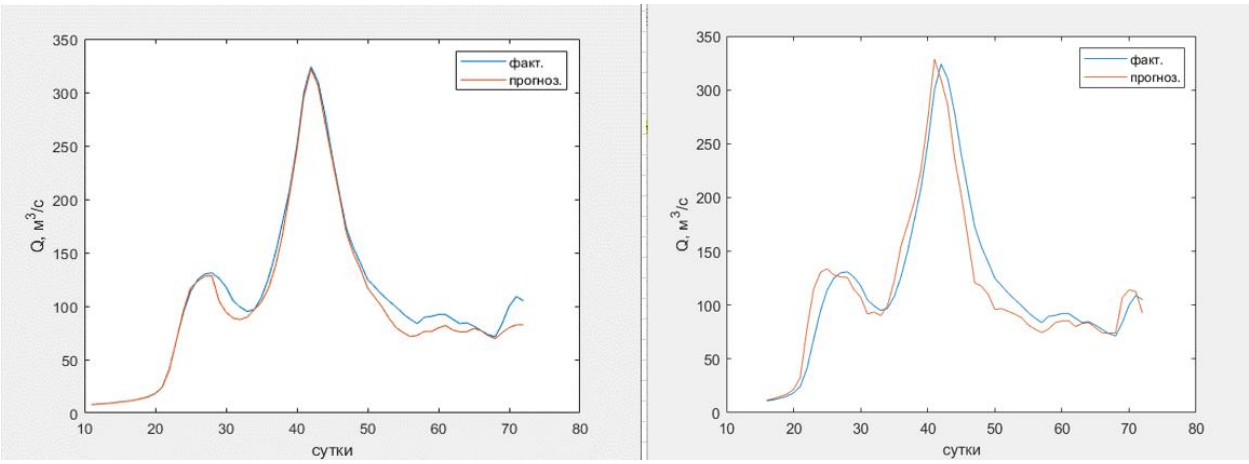

Рисунок 5.10 − гидрографы весеннего половодья р. Поной с. Краснощелье

Таблица 5.7 − Пост р. Тихвинка, д. Горелуха. Осенний паводок

Дата	*Q*ф, м^3/с	*Q*пр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	*Q*пр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
09.окт	17.5	17.4	0.49	17.6	-0.79	1	+
10.окт	14.4	14.0	2.63	11.8	17.83	2	-
11.окт	14.0	13.6	2.82	13.4	4.32	2	-
12.окт	14.2	15.9	-12.23	15.9	-11.96	2	+
13.окт	16.2	18.1	-11.79	18.9	-16.68	2	-
14.окт	23.9	25.3	-5.68	29.2	-22.29	2	-
15.окт	29.9	29.4	1.79	32.8	-9.86	2	-
16.окт	32.9	32.0	2.78	33.5	-1.77	2	+
17.окт	32.2	33.8	-4.86	32.5	-1.01	2	+
18.окт	31.9	31.4	1.45	30.8	3.50	2	-
19.окт	38.6	38.2	0.91	42.2	-9.41	2	-
20.окт	42.0	41.7	0.68	44.4	-5.81	2	-
21.окт	37.5	38.0	-1.35	35.8	4.47	1	+
22.окт	39.7	39.4	0.80	41.3	-3.96	2	-
23.окт	41.1	40.6	1.10	42.5	-3.45	2	-
24.окт	35.3	34.9	1.05	34.1	3.36	1	+
25.окт	33.3	32.9	1.25	32.9	1.19	2	+
26.окт	28.5	29.3	-2.89	26.6	6.82	1	+
27.окт	30.8	31.9	-3.71	31.7	-3.02	2	+
28.окт	42.5	42.4	0.29	47.1	-10.73	2	-

Дата	Qф, $м^3/с$	Qпр 1 порядок, $м^3/с$	погрешность, %	Qпр 2 порядок, $м^3/с$	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
29.окт	61.0	60.7	0.52	75.9	-24.41	2	-
30.окт	62.7	62.0	1.17	64.8	-3.41	2	-
31.окт	53.2	52.6	1.16	45.0	15.33	2	-
01.ноя	42.0	41.8	0.47	34.1	18.85	2	-
02.ноя	37.2	36.5	1.98	32.3	13.28	2	-
03.ноя	35.5	35.9	-1.26	35.9	-1.02	2	+
04.ноя	37.2	38.4	-3.22	41.5	-11.52	2	-
05.ноя	51.5	60.1	-16.68	66.4	-28.84	2	-
06.ноя	96.0	95.5	0.49	135	-40.89	2	-
07.ноя	114	109	4.17	121	-5.87	2	-
08.ноя	118	114	2.97	116	1.57	2	+
09.ноя	101	100	0.51	89.2	11.64	2	-
10.ноя	83.6	80.8	3.33	69.9	16.35	2	-
11.ноя	97.2	98.2	-1.05	105	-8.09	2	-
12.ноя	116	112	3.10	124	-7.12	2	-
13.ноя	131	128	2.19	135	-3.34	2	-
14.ноя	137	135	1.47	139	-1.75	2	-
15.ноя	129	127	1.67	119	7.66	2	-
16.ноя	106	103	3.10	87.8	17.16	2	-
17.ноя	79.7	76.0	4.70	60.6	23.92	2	-
18.ноя	63.8	60.6	5.00	51.6	19.18	2	-
19.ноя	53.5	50.2	6.14	45.1	15.62	2	+
20.ноя	48.4	46.0	4.90	42.9	11.38	2	+
21.ноя	41.1	39.4	4.18	34.7	15.46	2	+
22.ноя	38.3	35.9	6.25	34.8	9.01	2	+
23.ноя	32.2	29.5	8.33	27.2	15.50	2	-
24.ноя	18.9	17.3	8.33	10.0	47.15	2	-
25.ноя	19.8	18.6	6.25	19.6	0.77	2	+
26.ноя	20.7	19.6	5.09	20.1	2.67	1	-
27.ноя	21.6	20.5	5.31	20.5	5.25	1	+
28.ноя	22.5	20.1	10.87	20.3	9.93	2	+
29.ноя	23.2	24.0	-3.51	20.3	12.37	1	+
30.ноя	22.7	23.9	-5.15	22.7	0.01	2	+
01.дек	20.7	17.1	17.36	18.4	11.35	2	+
02.дек	20.7	20.8	-0.65	19.7	4.87	2	-
03.дек	20.2	17.5	13.16	18.2	10.05	2	+
04.дек	19.8	19.8	-0.14	18.7	5.70	1	+
05.дек	19.3	17.6	8.76	17.8	7.67	1	-
06.дек	23.7	27.0	-13.98	26.5	-11.69	1	-
07.дек	42.0	40.3	4.00	54.2	-28.99	2	-
08.дек	59.9	60.5	-1.04	77.5	-29.35	2	-
09.дек	72.4	71.2	1.67	84.8	-17.17	2	-
10.дек	79.3	78.4	1.08	86.3	-8.84	2	-
11.дек	80.9	79.9	1.22	81.2	-0.34	2	+
12.дек	66.6	63.8	4.17	50.2	24.67	1	+

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
13.дек	57.0	54.2	4.92	48.9	14.15	1	+
14.дек	50.7	47.5	6.25	44.9	11.49	1	+
15.дек	43.9	41.8	4.74	38.4	12.45	1	+
16.дек	41.7	44.5	-6.73	42.1	-0.90	2	+
17.дек	37.8	36.9	2.27	34.9	7.75	2	-
18.дек	39.2	42.7	-8.94	42.2	-7.70	2	+
19.дек	50.1	53.8	-7.35	58.5	-16.78	2	-
20.дек	71.0	67.5	5.00	84.4	-18.82	2	-
21.дек	67.0	64.2	4.17	61.8	7.69	2	-
22.дек	58.4	56.1	4.01	50.8	13.09	2	-
23.дек	52.9	51.4	2.91	47.6	10.11	2	-
24.дек	54.6	51.9	5.00	52.7	3.41	2	+
25.дек	55.8	54.2	2.91	55.1	1.33	2	+
26.дек	55.8	52.8	5.44	55.3	0.97	2	+
27.дек	57.5	55.3	3.75	57.2	0.51	2	+

На створе р. Тихвинка д. Горелуха за период осенних паводков как при прогнозировании с помощью модели первого порядка, так и второго порядка наблюдается высокая оправдываемость прогноза (см. рисунок 5.11). Обе модели показали завышенное значение на момент первого пика паводков. Оправдываемость методики фрактального прогнозирования составила 40 %.

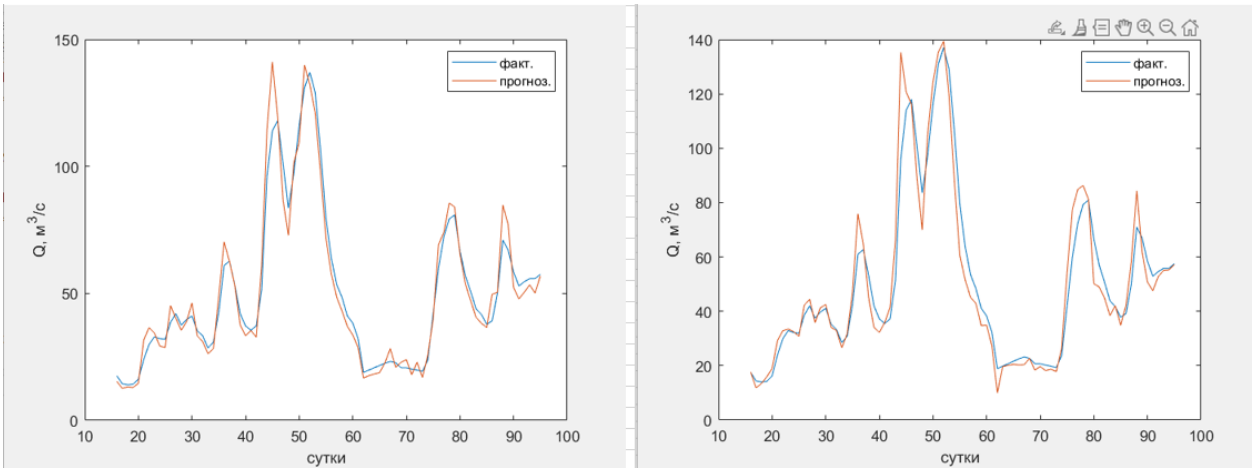

Рисунок 5.11 − гидрографы осеннего паводка р. Тихвинка д. Горелуха

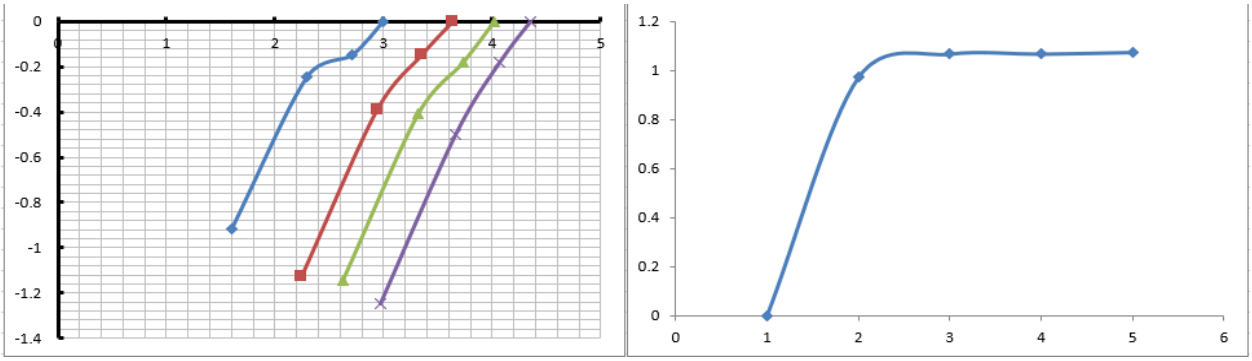

Рисунок 5.12 − Фрактальная диагностика р. Тихвинка (27 октября)

Таблица 5.8 − Пост р. Тихвинка, д. Горелуха. Весеннее половодье

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %
23.мар	21.1	21.0	0.6	23.4	-11.0
24.мар	25.3	25.1	0.9	29.7	-17.3
25.мар	32.9	34.0	-3.2	40.3	-22.5
26.мар	42.7	45.6	-6.9	54.0	-26.5
27.мар	41.9	40.8	2.6	47.4	-13.1
28.мар	40.1	38.7	3.5	40.0	0.2
29.мар	37.5	32.8	12.5	37.0	1.3
30.мар	39.5	37.9	4.0	42.6	-7.9
31.мар	45.6	47.5	-4.2	45.2	1.0
01.апр	57.0	48.6	14.7	59.0	-3.5
02.апр	64.5	54.1	16.1	61.0	5.4
03.апр	67.4	55.1	18.2	59.7	11.5
04.апр	67.4	56.6	16.0	55.1	18.2
05.апр	69.5	58.3	16.1	58.4	16.0
06.апр	71.3	61.1	14.3	61.7	13.4
07.апр	77.4	68.2	11.9	69.8	9.9
08.апр	80.9	77.5	4.2	70.1	13.4
09.апр	88.0	84.0	4.5	76.7	12.8
10.апр	95.2	92.9	2.4	83.5	12.3
11.апр	97.6	92.4	5.4	81.4	16.6
12.апр	90.4	84.9	6.1	68.1	24.7
13.апр	78.5	77.7	1.1	54.8	30.2
14.апр	72.4	71.5	1.2	55.6	23.2
15.апр	66.3	65.5	1.3	50.5	23.9
16.апр	64.1	63.3	1.2	52.3	18.4
17.апр	65.6	64.5	1.6	59.4	9.4
18.апр	70.2	67.9	3.3	67.8	3.4
19.апр	72.4	65.2	10.0	69.3	4.3
20.апр	75.4	62.8	16.7	72.7	3.5
21.апр	79.3	52.0	34.5	75.9	4.3
22.апр	77.0	54.4	29.4	72.5	5.9

Дата	Qф, $м^3/с$	Qпр 1 порядок, $м^3/с$	погрешность, %	Qпр 2 порядок, $м^3/с$	погрешность, %
23.апр	73.9	61.6	16.7	66.7	9.7
24.апр	77.8	69.6	10.5	71.6	8.0
25.апр	82.1	78.8	4.0	74.2	9.6
26.апр	75.8	74.9	1.2	69.8	7.9
27.апр	66.3	65.5	1.3	64.0	3.4
28.апр	57.5	56.5	1.7	56.2	2.3
29.апр	49.8	48.4	2.8	51.7	-3.7
30.апр	41.7	40.0	4.2	44.7	-7.3
01.май	36.1	34.1	5.6	36.2	-0.4
02.май	31.1	29.2	6.3	29.4	5.5
03.май	29.1	27.2	6.6	27.8	4.5
04.май	28.3	25.9	8.4	27.5	2.7
05.май	26.9	23.5	12.5	25.1	6.6
06.май	25.2	21.2	15.9	23.5	6.9
07.май	21.7	18.7	13.7	19.1	12.0
08.май	24.2	19.5	19.6	24.0	0.8
09.май	31.3	22.6	27.8	35.4	-13.1
10.май	32.7	23.1	29.4	29.0	11.2
11.май	29.7	24.6	17.3	24.7	16.8
12.май	28.5	21.6	24.2	24.3	14.6
13.май	23.7	19.8	16.5	21.6	8.9
14.май	23.2	20.4	12.1	21.3	8.1
15.май	19.9	19.4	2.7	18.8	5.3
16.май	18.9	18.0	4.5	17.8	5.7
17.май	16.5	16.3	1.1	14.5	12.3
18.май	14.9	14.2	5.0	13.3	11.0
19.май	13.3	12.2	8.3	11.8	11.4
20.май	12.6	10.5	16.7	11.4	9.2
21.май	11.3	10.2	10.0	10.0	11.2
22.май	11.3	9.08	19.6	10.5	7.3

На створе р. Тихвинка д. Горелуха прогнозирование дало неудовлетворительный результат в обоих случаях. Максимальные значения расходов оказались занижены по сравнению с фактическими значениями.

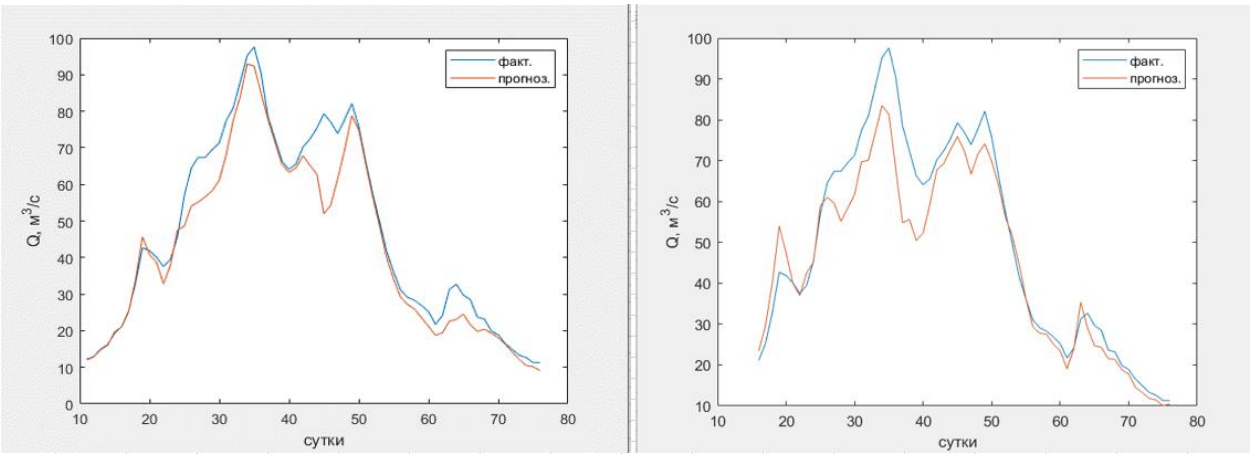

Рисунок 5.13 − гидрографы весеннего половодья р. Тихвинка д. Горелуха

Таблица 5.9 − Пост р. Великая, г. Опочка. Осенний паводок

Дата	*Q*ф, м^3/с	*Q*пр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	*Q*пр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
10.окт	17.4	20.1	-15.46	17.9	-2.90	2	+
11.окт	17.7	17.0	4.09	17.9	-1.31	2	+
12.окт	18.0	19.3	-6.99	18.4	-1.95	2	+
13.окт	18.6	17.7	4.89	19.0	-2.17	2	+
14.окт	18.3	19.8	-8.35	18.4	-0.53	1	-
15.окт	18.6	17.8	4.17	18.9	-1.52	1	-
16.окт	19.7	19.0	3.33	20.4	-3.47	1	+
17.окт	20.3	20.7	-2.17	20.9	-2.94	1	+
18.окт	20.6	20.5	0.48	21.0	-2.18	1	+
19.окт	22.0	21.7	1.25	22.9	-3.91	1	+
20.окт	23.8	23.5	1.25	24.8	-4.39	1	+
21.окт	25.0	24.9	0.27	26.0	-3.83	1	+
22.окт	25.7	25.4	1.25	26.4	-2.88	1	+
23.окт	25.7	25.4	1.25	26.1	-1.64	1	+
24.окт	25.4	25.1	1.25	25.3	0.29	1	-
25.окт	24.3	24.0	1.25	23.3	3.96	1	+
26.окт	24.3	24.1	0.92	24.4	-0.27	1	-
27.окт	24.0	24.0	0.15	23.8	0.85	2	-
28.окт	24.0	23.8	0.83	24.1	-0.38	2	+
29.окт	24.7	24.6	0.51	25.3	-2.57	2	-
30.окт	25.3	25.1	0.93	25.8	-1.94	2	-
31.окт	25.6	25.4	0.93	25.9	-1.15	1	+
01.ноя	25.7	25.8	-0.25	25.9	-0.67	2	-
02.ноя	27.0	26.7	1.02	27.9	-3.50	2	-
03.ноя	28.0	28.3	-1.22	29.0	-3.68	2	-
04.ноя	29.4	35.1	-19.50	31.1	-5.74	2	+
05.ноя	30.9	39.7	-28.42	32.8	-6.07	2	+
06.ноя	32.4	31.5	2.75	33.6	-3.77	2	-
07.ноя	35.0	35.1	-0.22	37.4	-6.93	2	-

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %	порядок модели по фрактальной диагностике	оправдываемость методики
08.ноя	38.3	38.1	0.41	41.5	-8.39	1	+
09.ноя	41.2	41.6	-1.07	44.1	-7.15	1	+
10.ноя	45.2	45.4	-0.37	49.4	-9.39	1	+
11.ноя	45.2	46.7	-3.29	46.9	-3.68	1	+
12.ноя	49.5	48.9	1.25	51.9	-4.86	1	+
13.ноя	56.5	55.9	1.14	62.5	-10.57	1	+
14.ноя	58.5	57.8	1.25	61.1	-4.38	1	+

Оправдываемость использования методики фрактальной диагностики при прогнозировании расходов стока на створе реки Великая, г. Опочка составила 70 %.

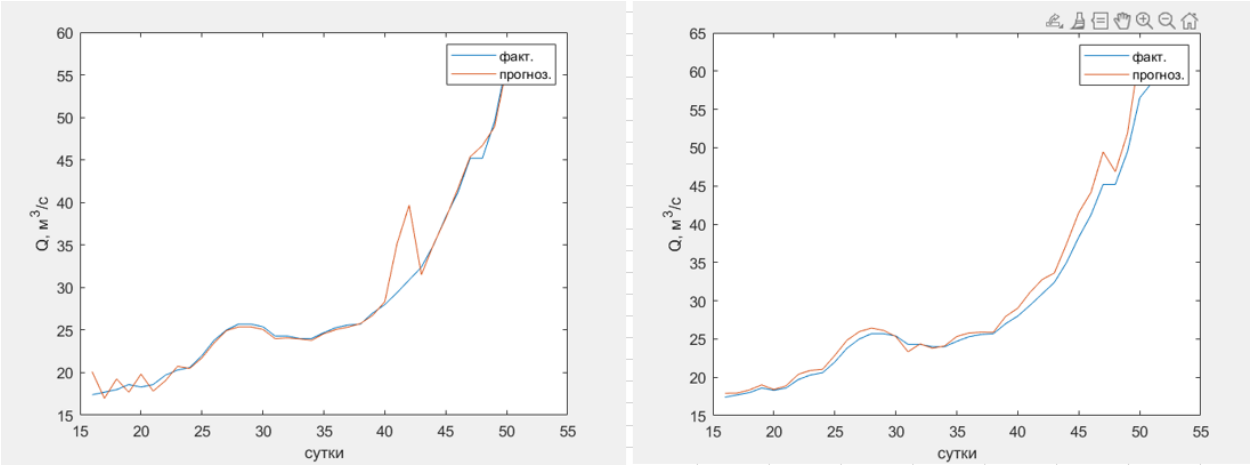

Рисунок 5.14 – график расхода стока р. Великая, г. Опочка в период осеннего паводка

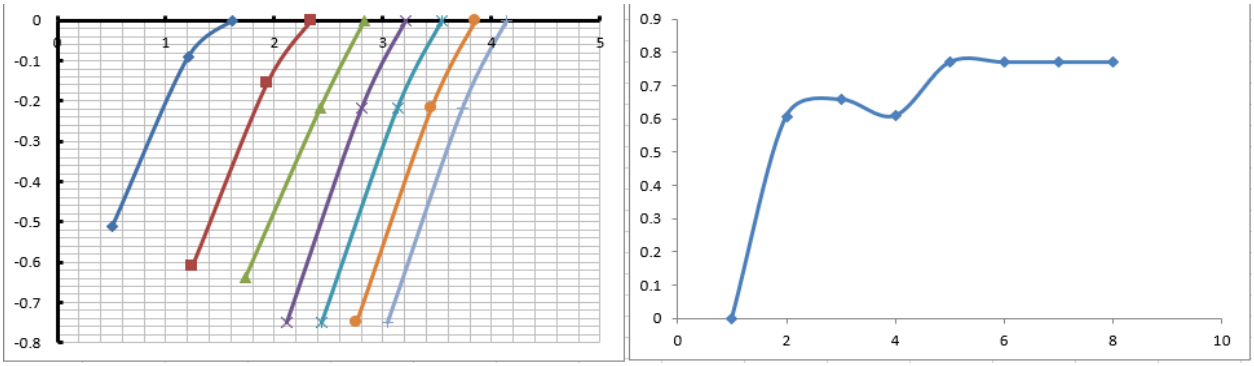

Рисунок 5.15 – Фрактальная диагностика (21 октября)

Таблица 5.10 − Пост р. Великая, г. Опочка. Весеннее половодье

Дата	*Q*ф, $м^3/с$	*Q*пр 1 порядок, $м^3/с$	погрешность, %	*Q*пр 2 порядок, $м^3/с$	погрешность, %
20.фев	15.3	15.5	-1.0	15.5	-1.4
21.фев	15.8	16.0	-1.4	16.1	-1.7
22.фев	15.8	15.9	-0.4	15.9	-0.8
23.фев	15.7	15.8	-0.6	15.8	-0.4
24.фев	15.9	16.5	-3.8	16.1	-1.4
25.фев	16.1	16.6	-3.2	15.5	4.0
26.фев	16.1	16.4	-2.1	14.9	7.3
27.фев	16.6	17.3	-4.5	16.1	3.1
28.фев	16.9	15.3	9.5	17.1	-1.1
01.мар	18.0	16.5	8.3	17.2	4.6
02.мар	18.6	16.5	11.4	17.8	4.5
03.мар	18.6	16.7	10.0	18.3	1.7
04.мар	18.5	17.2	6.9	18.3	0.8
05.мар	19.4	17.9	7.9	19.2	0.8
06.мар	19.6	17.9	8.8	19.9	-1.4
07.мар	19.8	19.3	2.7	20.2	-1.8
08.мар	19.7	21.0	-6.6	20.4	-3.5
09.мар	20.3	21.2	-4.3	21.1	-4.1
10.мар	19.9	19.7	1.0	20.7	-4.1
11.мар	20.0	19.7	1.3	20.8	-4.2
12.мар	20.6	20.4	1.0	21.5	-4.5
13.мар	20.8	19.9	4.2	21.7	-4.5
14.мар	20.7	19.9	3.6	21.5	-4.1
15.мар	21.5	19.5	9.2	21.7	-1.1
16.мар	22.1	16.7	24.5	21.7	1.8
17.мар	23.3	17.5	24.8	22.3	4.2
18.мар	26.4	13.2	50.0	25.0	5.2
19.мар	27.7	14.2	48.6	21.4	22.8
20.мар	27.7	12.6	54.4	23.4	15.5
21.мар	28.6	12.7	55.5	21.7	24.3
22.мар	30.3	16.1	46.8	22.8	24.6
23.мар	31.6	15.8	50.0	23.1	27.0
24.мар	32.0	28.1	12.3	30.5	4.8
25.мар	32.0	32.1	-0.2	31.1	2.7
26.мар	32.9	32.9	-0.1	31.2	5.2
27.мар	35.0	34.3	2.0	29.7	15.1
28.мар	35.9	35.0	2.6	37.1	-3.5
29.мар	36.7	35.7	2.8	37.9	-3.2
30.мар	37.2	36.2	2.8	38.3	-3.0
31.мар	37.6	36.4	3.1	38.5	-2.4
01.апр	38.5	37.3	3.1	39.8	-3.4
02.апр	38.1	37.6	1.3	39.6	-4.0
03.апр	38.5	38.0	1.3	42.9	-11.5
04.апр	38.5	38.0	1.2	42.9	-11.3

Дата	Qф, $м^3/с$	Qпр 1 порядок, $м^3/с$	погрешность, %	Qпр 2 порядок, $м^3/с$	погрешность, %
05.апр	38.9	38.4	1.3	40.3	-3.5
06.апр	38.9	38.1	2.0	40.5	-4.1
07.апр	38.9	38.0	2.4	41.5	-6.6
08.апр	39.4	38.4	2.5	42.1	-6.8
09.апр	39.4	38.3	2.8	42.0	-6.6
10.апр	38.5	37.2	3.3	40.0	-3.9
11.апр	35.9	35.5	1.2	36.1	-0.5
12.апр	35.4	35.1	0.8	38.0	-7.2
13.апр	35.4	35.0	1.2	36.6	-3.3
14.апр	35.4	35.0	1.2	36.3	-2.7
15.апр	35.4	35.0	1.2	35.2	0.5
16.апр	33.7	33.2	1.4	34.6	-2.8
17.апр	32.0	31.4	1.9	32.9	-2.7
18.апр	29.4	28.6	2.8	30.7	-4.5
19.апр	28.6	27.7	3.1	29.3	-2.3
20.апр	27.7	26.8	3.3	27.9	-0.6
21.апр	26.4	25.6	2.9	26.4	0.1
22.апр	26.4	25.7	2.8	25.9	1.9
23.апр	26.4	25.6	2.9	25.5	3.3
24.апр	25.6	24.7	3.3	24.6	4.0
25.апр	25.2	22.1	12.5	24.7	2.2
26.апр	24.3	21.1	13.3	23.5	3.1
27.апр	24.3	21.3	12.5	23.4	3.6
28.апр	24.3	23.8	2.0	23.0	5.2
29.апр	24.3	23.9	1.7	22.2	8.6
30.апр	24.3	24.0	1.4	22.5	7.5
01.май	24.3	24.0	1.3	22.5	7.5
02.май	23.1	22.8	1.3	22.5	2.5
03.май	22.3	21.9	1.7	21.4	4.1
04.май	21.9	21.6	1.5	21.5	1.7
05.май	20.7	20.3	1.9	21.4	-3.2
06.май	20.3	20.1	1.0	20.8	-2.6
07.май	20.3	20.3	0.2	20.0	1.6
08.май	20.7	20.3	1.8	20.6	0.3
09.май	21.1	20.7	1.7	20.5	2.6
10.май	21.5	18.1	15.7	21.0	2.1
11.май	21.5	22.1	-2.7	20.6	4.3
12.май	21.5	21.2	1.6	20.5	4.8
13.май	21.9	21.6	1.3	21.3	2.9
14.май	21.9	22.0	-0.4	20.3	7.5
15.май	21.9	25.6	-17.0	19.5	10.9
16.май	22.3	22.1	0.8	21.2	4.9
17.май	22.3	21.9	2.0	21.2	5.0
18.май	22.3	22.0	1.5	20.7	7.1
19.май	20.7	20.1	3.1	22.8	-10.1

Дата	Qф, м^3/с	Qпр 1 порядок, м^3/с	погрешность, %	Qпр 2 порядок, м^3/с	погрешность, %
20.май	19.7	19.0	3.6	21.1	-7.2
21.май	19.1	18.4	3.6	20.6	-7.7
22.май	18.7	18.0	3.8	18.9	-1.2
23.май	18.0	17.3	4.2	18.5	-3.0
24.май	17.9	17.2	4.2	17.7	1.2
25.май	17.7	17.2	2.8	17.9	-1.4
26.май	17.5	17.0	2.8	17.8	-1.9
27.май	17.3	18.4	-6.3	17.0	1.6
28.май	16.2	18.1	-11.5	15.9	1.8
29.май	15.7	14.9	5.0	15.9	-1.1
30.май	15.5	14.8	4.6	15.3	1.2
31.май	15.2	16.9	-11.0	14.8	2.4

Гидрографы весеннего половодья на створе р. Великая, г. Опочка показаны на рисунке 5.16. Во время фазы подъема и спада половодья прогноз по модели второго порядка дал более репрезентабельные данные, но максимальные расходы оказались завышены. Прогноз стока в пике половодья оказался точнее при использовании модели первого порядка.

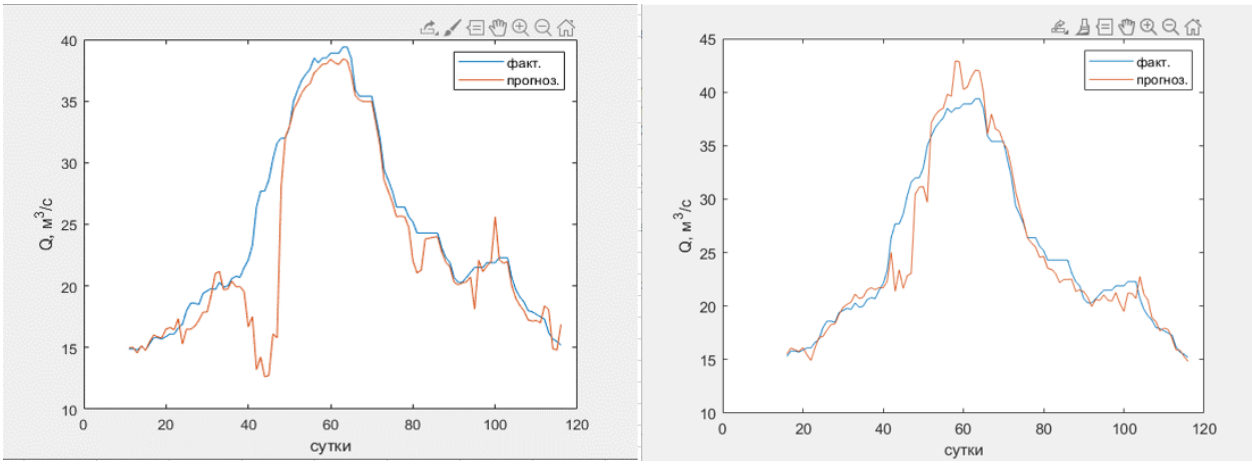

Рисунок 5.16 − гидрограф р. Великая, г. Опочка. Весеннее половодье

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе была произведена проверка и оценка методики краткосрочного прогнозирования с помощью элементов фрактального диагностирования на реках Северо-Западного федерального округа.

В исследовании были выбраны пять рек в разных районах округа: р. Пинега, р. Ловать, р. Поной, р. Тихвинка и р. Великая. Для каждого объекта была подобрана метеорологическая станция, способная предоставить репрезентативные данные. Была сформирована база данных по гидрологической и метеорологической информации для выбранных створов за 2019 год, а именно, среднесуточные расходы стока, ежедневные осадки, средняя температура воздуха, данные о снегозапасах и характеристики водосборов.

Изначально по собранным данным были построены графики расхода стока и среднесуточных осадков. Были найдены стокоформирующие осадки и параметры времени добегания, так как данные об осадках брались не на створе исследования, а на расстоянии в 30 – 50 км на подходящей для этого метеостанции.

Прогнозирование на каждом створе проводилось по моделям первого и второго порядка в период осенних паводков и весеннего половодья. Сравнивались фактические и прогнозные значения по той и другой модели. Для всех рек исследования была проведена фрактальная диагностика за период осенних паводков, а так же для створа р. Пинега, д. Засурье, для периода весеннего половодья.

Оправдываемость методики прогнозирования с учетом фрактальной размерности ряда в зависимости от исследуемой реки за полный период осенних паводков составила до 70 %. При анализе результата и рассмотрении отдельных фаз паводков, можно сказать, что в период спада уровня, методика предоставляет результат с 80 – 90 % оправдываемостью. Результат прогнозирования в период весеннего половодья, на единственном створе, где

была применена фрактальная диагностика, показал оправдываемость – 45 %. Диагностика справилась с фазой подъема уровня и процент оправдываемости методики за этот период составил около 80 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Коваленко, В. В. Моделирование гидрологических процессов. Учебник. Изд. 2-е исправ. и доп. [Текст] / В. В. Коваленко, Н. В. Викторова, Е. В. Гайдукова Е. В.– СПб., изд. РГГМУ, 2006. – 559 с

2 Гайдукова, Е. В. Фрактальная диагностика в моделировании гидрологических процессов [Текст]: монография / Е. В. Гайдукова. – СПб. : Астерион, 2017. – 98 с.

3 Коваленко, В. В. Гидролгические прогнозы: модели и ГИС-технологии при краткосрочном прогнозировании изменения водности. Учебное пособие.[Текст] / В. В. Коваленко, Е. В Гайдукова, Н. В. Викторова – СПБ.: РГГМУ, 2013. – 30 с.

4 Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [Электронный ресурс] // – URL: https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=60 (Дата обращения 01.05.2022).

5 Информационный сайт о реках России (Все Реки) [Электронный ресурс] //– URL: http://vsereki.ru/ (Дата обращения 02.04.2022).

6 Информационный сайт о реках России, река Пенега (Все Реки) [Электронный ресурс] //– URL: https://waterresources.ru/reki/pinega-reka/ (Дата обращения 02.04.2022).

7 Информационный сайт о реках России, река Великая (Все Реки) [Электронный ресурс] //– URL: https://waterresources.ru/reki/velikaya-reka-vpadaet-v-pskovskoe-ozero/

8 Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Метео.ру) [Электронный ресурс] //– URL: http://meteo.ru/data (Дата обращения 05.04.2022).

9 Справочник водных ресурсов [Электронный ресурс] //– URL: https://waterresources.ru/reki (Дата обращения 01.04.2022).

10 Река Ловать, справочник водных ресурсов [Электронный ресурс] //– URL: https://waterresources.ru/reki/lovat/ (Дата обращения 01.04.2022).

11 Река Тихвинка, справочник водных ресурсов [Электронный ресурс] //– URL: http://vsereki.ru/atlanticheskij-okean/bassejn-baltijskogo-morya/bassejn-ladozhskogo-ozera/syas/tixvinka (Дата обращения 01.04.2022).

12 Река Поной, справочник водных ресурсов [Электронный ресурс] //– URL: http://vsereki.ru/severnyj-ledovityj-okean/bassejn-belogo-morya/ponoj (Дата обращения 01.04.2022).

13 Коваленко, В. В. Моделирование гидрологических процессов [Текст] / В. В. Коваленко – СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. – 256 с.

14 Тугой И. Фракталы и мир вокруг нас [Электронный ресурс] //– URL: http://www.ghcube.com/fractals/general.html И. Тугой, 2000.

15 Природа России, национальный портал [Электронный ресурс] //– URL: http://www.priroda.ru/regions/info/ (Дата обращения 06.04.2022).

Приложение А – Исходные данные среднесуточного расхода стока

Среднесуточный расход стока р. Пинега д. Засурье [4]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	49.8	35	37.4	43.5	611	294	135	159	327	199	368	109
2	48.5	35	36.3	43.5	603	281	147	175	298	197	284	104
3	50	33.7	37.3	43.5	636	266	147	191	262	203	227	104
4	50.1	34.2	37.7	43.5	788	253	145	253	230	214	188	99.4
5	50.1	32.8	38.2	43.5	974	243	135	323	203	226	175	98.6
6	50.8	33.3	37.5	43.5	1150	235	147	463	187	258	163	95.2
7	50	32.4	38	45.9	1370	232	167	519	171	362	155	94.5
8	49.2	32.9	38.4	46.4	1620	230	183	559	157	406	134	93.7
9	48.5	33.4	38.9	46.9	1840	224	199	632	141	459	122	93.7
10	48.5	33.4	39.3	47.4	2020	220	201	653	129	519	116	93.7
11	47.7	33.4	39.3	48	2040	239	189	527	117	531	115	95.2
12	45.7	33.9	39.8	48	1960	256	181	471	110	515	117	96.7
13	45.7	35.4	39.8	48	1920	258	181	389	110	495	128	98.3
14	45.7	35.4	40.3	50.5	1730	241	177	325	110	479	154	101
15	44.4	35.4	40.3	53	1430	216	173	281	121	475	192	103
16	45.1	35.4	40.3	57.9	1120	195	173	251	185	459	247	103
17	43.8	35.4	40.7	63.6	891	173	173	235	245	426	241	103
18	43.8	35.9	40.7	70.1	722	157	171	218	272	389	210	104
19	42.4	35.9	40.7	73.2	575	147	153	203	260	370	177	104
20	42.4	35.9	40.7	77.9	463	139	131	195	253	340	158	104
21	41.1	36.4	40.7	79.5	389	131	117	189	245	323	157	106
22	41.1	36.4	40.7	83.4	335	121	112	179	232	351	175	106
23	39.8	36.9	40.7	95.6	314	114	104	173	222	448	180	106
24	39.8	36.9	41.2	134	287	135	100	169	211	603	174	107
25	39.1	36.9	41.2	204	264	169	100	173	203	700	167	104
26	39.1	37.4	41.2	233	249	155	104	209	193	775	165	106
27	37.7	37.4	43.1	446	243	153	108	251	195	895	151	107
28	37.7	37.4	43.1	543	245	141	110	287	207	886	135	104
29	36.4		43.5	621	256	131	112	318	214	740	119	105
30	36.4	-	43.5	571	274	127	123	343	209	571	109	107
31	36.4	-	43.5	-	287	-	143	343	-	483	-	107

Среднесуточный расход стока р. Ловать г. Холм [4]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	18.4	18.6	40.9	250	39.5	139	22.4	50.9	79.1	44.8	81.3	97.8
2	18.7	18.6	40.9	256	37.2	107	20.5	45.6	74	47.9	77.2	98.9
3	19	19.4	42	236	35.7	86.8	20.5	41.8	66.9	63.1	76.4	94.5

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4	19	20.5	42.6	210	34.2	71.6	19.8	38.7	61.5	112	89	98.9
5	19.6	21.1	45.6	191	31.9	60.8	19.2	34.9	57.7	176	231	100
6	19.3	21.7	48.6	175	31.1	53.2	19.2	31.9	56.2	179	486	104
7	19.3	22.8	51.1	162	32.7	45.6	19.8	28.9	53.9	159	542	112
8	18.6	23.3	54.2	152	36.5	39.5	23	28.9	51.7	143	486	122
9	18	24.5	61.3	143	46.3	34.9	26.6	53.9	48.6	130	408	132
10	17.3	25.1	73.9	138	57	31.9	27.3	258	45.6	121	363	153
11	17.3	25.7	86.5	131	59.3	29.6	28.9	405	42.5	118	383	170
12	17.1	26.8	100	121	62.3	31.1	28.9	324	39.5	120	531	167
13	16.9	26.8	111	111	78	34.9	28.1	261	38	131	516	157
14	17.4	26.8	116	101	92.3	41	26.6	239	38	166	451	146
15	18.2	26.8	123	93.4	96.7	44.1	25.1	258	36.5	185	401	141
16	18.5	27.9	123	85.7	92.3	39.5	23.7	286	40.3	191	354	134
17	19	29	125	80.2	82.4	34.2	23	277	44.8	180	308	135
18	19.3	29.6	129	76.4	74	30.4	23.7	228	51.7	163	277	140
19	19.1	29.6	141	73.2	67.7	25.8	25.8	187	56.2	154	253	141
20	19.1	31.2	176	70.8	61.5	23	56.2	163	55.5	146	233	137
21	19.1	32.9	225	67.7	55.5	21.1	134	167	53.2	137	215	132
22	18.8	34.7	271	65.4	50.9	20.5	166	193	53.2	128	198	128
23	18.2	34	330	62.3	46.3	20.5	143	191	53.2	120	178	129
24	18	32.9	370	59.3	41.8	21.1	122	166	54.7	113	152	139
25	17.5	32.9	291	56.2	38	19.8	107	141	53.2	107	129	150
26	18	36.9	286	53.9	36.5	18.5	92.3	126	51.7	100	125	159
27	18	39.2	270	50.9	34.9	18.5	81.3	113	49.4	93.4	118	187
28	18.6	39.8	243	47.9	37.2	19.2	75.6	101	47.1	91.2	114	218
29	18.6		225	44.8	41.8	18.5	70	87.9	45.6	90.1	110	224
30	18.6	-	218	42.5	57.7	20.5	63.1	75.6	44.1	87.9	103	204
31	18.6	-	225	-	124	-	56.2	74	-	83.5	-	191

Среднесуточный расход стока р. Поной с. Краснощелье [4]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	9.62	7.71	7.46	7.23	131	90.5	96.6	34.8	38.1	39.4	27.5	21.8
2	9.62	7.71	7.61	7.23	126	92.2	84.5	34.2	35.5	50.6	26.7	21.1
3	9.62	7.71	7.29	7.35	118	92.2	76.5	34.2	33.5	54.8	26	20.7
4	9.62	7.64	7.43	7.35	105	87.9	74.3	33.5	31.7	54.8	26.5	20.3
5	9.62	7.64	7.43	7.35	99.2	83.7	72	32.9	30.5	50.6	26.3	20.3
6	9.62	7.64	7.11	7.08	95	84.5	69	33.5	29.9	46.3	26.1	20.3
7	9.4	7.4	7.24	7.08	97	81.3	70.5	34.2	29.3	43.5	25.4	19.9
8	9.4	7.4	7.24	7.08	108	77.3	72	33.5	29.3	42.1	25.9	20.2
9	9.4	7.4	6.91	7.48	126	73.5	68.3	32.9	28.7	40.7	26.4	19.8
10	9.4	7.15	7.04	7.48	150	71.3	63.8	31.7	28.1	43.5	26.4	19.8
11	9.4	7.15	6.7	7.48	179	83.7	57.8	30.5	26.9	46.3	25.7	19.8

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
12	9.17	7.15	7.04	7.87	209	100	55.6	29.9	26.4	47	25.3	19.7
13	9.17	6.9	7.04	7.87	250	109	60	29.3	26.9	46.3	25.3	19.7
14	9.17	6.9	7.17	7.87	300	105	65.3	28.7	30.5	47.7	24.9	19.7
15	8.95	6.9	7.17	8.51	324	94.8	64.5	28.1	42.8	49.8	24.9	20
16	8.95	6.81	7.17	8.9	310	83.7	60.8	29.3	52.7	51.3	24.9	19.6
17	9.18	6.81	7.17	9.44	279	75.8	60	32.3	53.4	48.4	24.9	19.9
18	8.95	6.81	7.51	10.4	240	68.3	66	32.3	50.6	45.6	24.9	20.2
19	8.95	6.96	7.51	11	206	63	66	30.5	47.7	42.8	24.9	20.1
20	8.95	6.71	7.51	12	173	60.8	59.3	28.1	43.5	39.4	24.5	20.1
21	8.72	6.71	7.51	13.5	154	60	51.3	26.9	40.7	29.9	24.5	20.1
22	8.49	6.85	7.66	15.2	140	58.5	47.7	27.5	40.7	32.3	24.2	20.1
23	8.7	6.85	8	18.4	125	69.8	44.9	28.1	43.5	33.7	23.3	19.6
24	8.46	6.73	7.8	24.3	118	106	42.8	28.1	41.4	31.2	23	19.6
25	8.46	6.73	7.8	41.1	111	118	39.4	28.7	39.4	27.8	23	19.6
26	8.23	6.88	7.44	68.4	105	109	37.4	30.5	38.1	27.3	23.3	19.2
27	8.23	7.18	7.58	94.2	99.3	99.3	36.1	40	36.1	28	23.3	19.2
28	8.19	7.48	7.35	114	93	97.5	34.8	47.7	36.8	28.7	22.5	19.4
29	8.19		7.48	125	87.9	108	35.5	48.4	35.5	28.7	22.5	19.4
30	7.95	-	7.61	130	83.7	107	36.1	45.6	36.1	28.3	22.5	19
31	7.95	-	7.23	-	89.6	-	36.8	41.4	-	28.6	-	19

Среднесуточный расход стока р. Тихвинка д. Горелуха [4]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	6.33	6.44	9.63	57	36.1	14	5.35	4.12	4.97	9.56	42	20.7
2	6	6.64	9.96	64.5	31.1	12.8	6.75	4.01	4.97	10.2	37.2	20.7
3	5.89	6.64	9.96	67.4	29.1	11.8	7.73	4.03	4.81	12.6	35.5	20.2
4	6.12	6.86	9.94	67.4	28.3	9.9	11.8	3.98	5.03	17	37.2	19.8
5	6.34	6.96	9.47	69.5	26.9	9.7	10.3	3.87	5.03	20.8	51.5	19.3
6	6.45	6.8	10.1	71.3	25.2	10.5	12.4	4.05	5.08	23.7	96	23.7
7	6.34	6.8	10.2	77.4	21.7	8.7	11.3	5.25	4.92	21.3	114	42
8	6.45	6.91	10.3	80.9	24.2	7.34	8.12	4.11	6.02	17.1	118	59.9
9	6	7.05	10.5	88	31.3	8.9	10.1	4.86	5.75	17.5	101	72.4
10	5.78	7.35	10.5	95.2	32.7	7.73	8.12	4.42	5.35	14.4	83.6	79.3
11	6	7.35	11	97.6	29.7	6.05	7.34	3.62	5.35	14	97.2	80.9
12	6.42	7.15	12	90.4	28.5	7.14	7.34	3.65	4.28	14.2	116	66.6
13	6.52	7.15	11.7	78.5	23.7	7.14	5.88	3.93	4.28	16.2	131	57
14	6.27	7.05	11.3	72.4	23.2	6.23	6.75	3.49	7.14	23.9	137	50.7
15	6.38	7.15	11.7	66.3	19.9	6.58	6.95	3.15	6.4	29.9	129	43.9
16	6.25	7.15	11.2	64.1	18.9	6.95	6.05	5.29	8	32.9	106	41.7
17	6.36	7.05	11.8	65.6	16.5	6.95	6.05	3.85	10.6	32.2	79.7	37.8
18	6.56	7.11	12.2	70.2	14.9	6.95	6.4	5.32	11.7	31.9	63.8	39.2
19	6.31	7.11	12.9	72.4	13.3	6.75	6.75	4.92	16.3	38.6	53.5	50.1

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
20	6.31	7.22	15	75.4	12.6	6.58	9.5	4.45	15.2	42	48.4	71
21	6.28	7.32	16.2	79.3	11.3	4.86	9.1	3.46	12.8	37.5	41.1	67
22	6.07	7.01	19.3	77	11.3	5.53	8.7	4.97	12.1	39.7	38.3	58.4
23	6.04	7.81	21.1	73.9	10.9	5.35	8.51	6.43	11.9	41.1	32.2	52.9
24	6.14	8.12	25.3	77.8	12	5.35	6.6	6.6	12	35.3	18.9	54.6
25	6	8.12	32.9	82.1	10.3	4.71	5.2	9.27	11.9	33.3	19.8	55.8
26	6.1	8.63	42.7	75.8	10.3	4.57	5.46	7.3	11.3	28.5	20.7	55.8
27	6.1	9.63	41.9	66.3	12.6	5.53	4.82	9.45	10.6	30.8	21.6	57.5
28	6.1	9.63	40.1	57.5	13	5.88	4.48	6.25	9.82	42.5	22.5	54.6
29	5.9		37.5	49.8	15.1	5.53	4.42	6.43	9.37	61	23.2	44.8
30	5.9	-	39.5	41.7	17	5.53	4.36	5.13	9.37	62.7	22.7	31.1
31	6.24	-	45.6	-	15.3	-	4.31	4.97	-	53.2	-	37.8

Среднесуточный расход стока р. Великая г. Опочка [4]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	15.6	14.1	18	38.5	24.3	14.8	13.3	12.9	15.7	13.9	25.7	57
2	15.5	14.1	18.6	38.1	23.1	15.6	12.8	12.9	14.5	13.6	27	55
3	15.4	14.3	18.6	38.5	22.3	15.9	11.9	12.9	14.5	13.4	28	56
4	15.4	14.1	18.5	38.5	21.9	15.6	11.2	13.2	14.5	13.9	29.4	60.6
5	15.3	14.6	19.4	38.9	20.7	15.6	10.8	13.4	14.5	14.3	30.9	61.1
6	15.2	14.8	19.6	38.9	20.3	15.3	10.5	13.7	14.5	14.3	32.4	59.5
7	15.2	15	19.8	38.9	20.3	15	10.3	13.3	14.8	14.8	35	60.6
8	15.1	15.3	19.7	39.4	20.7	14.8	10.9	13.6	15.1	15.9	38.3	61.6
9	15	15.3	20.3	39.4	21.1	14.5	12.9	14.7	15.3	16.9	41.2	62.2
10	15	15.8	19.9	38.5	21.5	13.8	12.9	16.7	14.6	17.4	45.2	60
11	14.9	16.4	20	35.9	21.5	13.5	11.2	18.3	13.2	17.7	45.2	59
12	14.8	16.4	20.6	35.4	21.5	13.3	12.3	18.8	12.5	18	49.5	59.5
13	14.8	15.2	20.8	35.4	21.9	13.2	14.5	19.1	12.7	18.6	56.5	60.6
14	14.7	14.4	20.7	35.4	21.9	12.5	14.7	19.1	12.3	18.3	58.5	62.2
15	14.6	14.9	21.5	35.4	21.9	11.9	14.1	19.1	12.3	18.6	58	65
16	14.6	14.9	22.1	33.7	22.3	12.1	14.4	19.7	12.7	19.7	59.5	66.1
17	14.5	14.8	23.3	32	22.3	11.4	14.4	19.7	12.9	20.3	60.6	64.4
18	14.4	15.1	26.4	29.4	22.3	11.8	13.2	19.7	13.2	20.6	60.6	64.4
19	14.4	14.8	27.7	28.6	20.7	11.5	13.4	18.6	13.2	22	61.6	65
20	14.3	15.3	27.7	27.7	19.7	11.5	13.4	16.3	13.4	23.8	68.9	63.3
21	14.2	15.8	28.6	26.4	19.1	11.1	13.6	15.8	13.6	25	71.8	59.5
22	14.2	15.8	30.3	26.4	18.7	11	13.4	15.4	13.6	25.7	69.5	57
23	14.1	15.7	31.6	26.4	18	10.8	13.4	15.2	13.6	25.7	68.9	55
24	14	15.9	32	25.6	17.9	10.8	13.4	15.7	13.9	25.4	67.8	55
25	13.9	16.1	32	25.2	17.7	9.7	13.6	15.7	13.6	24.3	66.6	54.5
26	13.9	16.1	32.9	24.3	17.5	9.53	13.6	15.4	13.4	24.3	65	57
27	13.9	16.6	35	24.3	17.3	9.31	13.6	15.4	13.4	24	63.3	58

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
28	13.9	16.9	35.9	24.3	16.2	9.96	13.6	15.4	13.6	24	61.6	59.5
29	14.1		36.7	24.3	15.7	11.9	13.8	15.7	13.6	24.7	60.6	60.6
30	13.9	-	37.2	24.3	15.5	12.8	13.6	16	13.6	25.3	59	62.2
31	13.9	-	37.6	-	15.2	-	13.1	16	-	25.6	-	63.3

Приложение Б – Исходные данные суточных осадков

Суточные осадки на станции Засурье [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0.2	3.1	0.2	0.0	0.0	0.0	4.3	3.3	0.0	1.8	0.7	0.0
2	4.4	2.1	0.5	0.5	0.0	0.7	0.6	0.3	0.0	7.7	0.8	0.3
3	2.4	1.0	0.0	0.0	1.2	5.2	4.4	14.5	0.0	2.3	1.6	1.4
4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	6.9	11.7	0.0	8.4	0.6	1.1
5	0.0	5.0	1.3	0.0	0.0	10.8	2.7	4.0	0.5	8.1	0.0	7.8
6	0.4	1.5	4.8	0.0	2.3	0.0	5.6	0.4	0.0	0.9	0.0	5.6
7	7.0	0.9	0.5	0.0	0.9	1.3	0.3	9.2	0.1	4.5	0.0	0.3
8	5.7	0.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	1.4
9	1.8	2.3	3.1	1.7	1.2	23.5	0.9	2.9	0.0	2.4	0.0	2.3
10	0.0	1.5	0.6	4.0	0.0	5.1	0.5	0.4	0.0	0.7	6.7	3.0
11	0.2	0.4	0.0	3.8	0.0	3.9	2.4	0.0	0.0	2.4	11.4	5.9
12	0.7	0.0	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.7	0.0	15.6	0.0
13	0.7	0.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	3.5	2.9	0.9
14	1.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	6.0	7.6	1.1	3.3	0.0
15	2.0	2.0	0.0	3.8	0.8	3.5	1.2	3.6	29.6	0.1	0.7	0.0
16	1.0	2.3	0.0	1.4	0.0	1.2	0.3	0.8	7.5	0.0	0.5	0.0
17	0.4	4.5	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.4	0.0	0.9	0.3	0.0
18	3.2	0.7	0.0	0.1	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.4
19	1.0	2.9	0.1	0.0	0.0	5.8	0.0	0.5	1.2	0.0	0.0	4.5
20	1.2	8.7	0.8	0.0	0.0	6.3	0.0	0.3	1.2	6.3	0.0	2.9
21	0.4	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	4.0	12.4	0.3	0.3
22	0.3	0.0	0.3	0.9	0.5	0.7	1.0	2.0	1.6	2.2	0.5	7.8
23	0.2	1.0	0.0	0.6	0.1	9.0	11.6	6.6	0.0	2.5	0.5	0.4
24	2.8	1.4	0.6	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	4.6	0.7	0.0	5.6
25	0.6	5.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.9	6.5	0.0	0.4
26	0.0	3.7	0.7	0.1	10.9	0.3	0.0	2.2	5.9	14.3	2.7	4.1
27	1.8	0.0	0.0	2.5	1.1	0.0	1.9	2.8	2.7	2.1	8.2	5.6
28	2.0	2.9	0.0	0.0	1.6	0.0	5.5	0.0	0.1	0.0	0.4	0.0
29	0.0		0.5	0.0	0.0	8.5	3.7	0.0	0.0	0.2	2.5	0.0
30	5.5		1.2	0.0	12.7	4.9	19.6	0.0	0.4	0.2	0.6	1.6
31	6.5		0.0		0.0		0.0	0.0		0.4		2.2

Суточные осадки на станции Старая Русса [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	4.5	3.7	2.4	2.8	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0	5.5	0.8	0.0
2	0.5	0.8	0.4	0.0	0.4	0.0	7.8	1.0	0.0	4.4	1.4	0.3
3	6.9	11.4	1.6	0.0	3.3	0.0	6.3	2.9	0.0	18.3	5.0	0.0
4	0.3	9.4	1.2	0.0	0.0	0.0	7.6	0.0	5.1	1.8	33.6	3.7
5	1.2	0.3	6.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.3	50.0	0.0
6	0.8	1.8	0.8	0.0	1.0	0.0	3.3	1.9	0.4	0.0	5.2	1.3
7	2.9	0.2	0.0	0.0	12.6	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	1.2
8	1.3	0.0	3.9	0.0	0.0	1.0	7.2	4.3	0.0	0.0	1.7	1.1
9	0.6	0.0	0.6	0.5	0.0	5.4	25.0	43.9	0.0	0.0	8.6	4.7
10	0.0	0.0	0.7	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	11.3	0.4	3.5
11	1.8	1.6	3.7	0.0	8.0	0.0	0.0	1.4	0.0	1.8	18.8	0.7
12	0.4	2.4	0.5	0.0	0.5	3.8	0.0	0.1	0.0	11.3	0.7	0.0
13	0.5	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.2	5.3	3.4	0.0	0.0
14	2.7	0.8	0.3	0.0	0.0	7.7	5.6	0.5	6.8	14.3	0.0	0.0
15	2.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.9	0.3	17.0	10.6	0.1	1.5	3.3
16	1.1	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	1.1	3.4
17	4.9	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	7.3	0.9	0.8
18	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.6	0.5	2.4
19	0.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
20	2.5	1.7	0.9	1.1	0.0	0.0	5.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.6	0.6	2.3	0.0	0.0	0.7	1.4	4.7	2.4	4.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.5	0.0	21.4	1.0	0.1	0.0	2.3
23	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
24	1.4	0.5	0.3	0.0	1.6	0.0	0.0	1.3	0.0	0.7	0.0	3.0
25	0.0	0.3	0.0	0.0	7.3	0.0	7.9	0.0	3.9	0.0	0.0	2.3
26	3.0	0.0	0.6	0.0	0.1	0.9	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	5.5
27	0.5	0.0	0.4	0.0	5.3	19.5	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	5.7
28	0.0	1.2	0.0	0.0	14.0	9.6	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
29	0.6		0.8	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0	4.0	5.7	5.9	0.0
30	0.0		0.0	0.0	7.9	0.0	0.0	0.0	1.3	1.2	2.5	5.5
31	1.1		3.3		0.3		1.7	0.0		0.3		0.0

Суточные осадки на станции Краснощелье [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	5.6	0.9	0.3	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	5.1	0.2	0.4
2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	5.3	0.0	0.6	0.0	4.2
3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	6.9	0.0	0.4	0.0	2.4	0.6
4	0.7	0.6	0.0	1.1	10.8	5.7	0.0	1.3	0.0	0.1	4.4	0.0

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5	0.4	4.6	0.0	0.0	4.3	0.9	1.0	0.4	0.0	0.7	0.0	14.4
6	2.2	0.2	0.5	0.0	0.0	0.8	1.2	0.6	3.6	0.0	0.0	3.1
7	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
8	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	2.2	0.0	0.5	0.3	1.7	0.2	5.4
9	1.2	2.7	6.7	0.0	12.2	4.1	0.0	0.0	0.0	3.3	0.5	2.1
10	0.3	3.5	15.2	0.0	0.0	17.9	0.0	0.3	0.0	1.1	3.0	1.9
11	5.2	1.4	6.0	0.0	1.5	8.2	1.3	0.6	0.0	0.8	0.0	0.7
12	1.3	0.8	0.0	0.5	8.5	0.0	12.8	0.0	0.0	6.2	0.0	2.0
13	0.4	0.6	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.4	7.2	0.4	4.9	0.2
14	0.4	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	10.7	0.0	7.9	0.3
15	0.0	3.2	0.0	0.4	0.5	0.0	0.6	1.5	7.9	0.0	8.4	0.8
16	1.8	2.8	0.0	0.4	0.5	0.0	0.1	0.0	1.9	3.3	0.0	0.4
17	0.8	1.5	0.3	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.5
18	0.3	0.3	6.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	0.0	0.5
19	0.0	1.0	2.2	0.0	0.3	1.3	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	1.4
20	0.0	4.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	1.4	1.4	3.2	0.5	0.0
21	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	4.0	2.4	0.0	0.0	3.7
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	2.7	1.3	1.1	0.0	4.4
23	0.2	0.4	6.2	1.6	0.3	33.3	0.0	0.4	0.3	2.8	0.2	3.6
24	0.4	1.8	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.4	0.1	1.2	0.3	3.1
25	0.0	20.6	6.1	0.0	0.3	6.3	0.0	0.4	0.5	13.5	1.7	0.4
26	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	17.7	0.0	9.1	0.4	0.3
27	3.0	1.8	0.0	1.0	0.4	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
28	1.5	0.0	0.4	0.0	0.0	9.6	1.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0		1.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.3	0.4	10.0	1.9
30	4.4		0.0	0.0	1.2	0.0	1.3	0.0	6.4	0.0	2.7	7.0
31	4.9		0.6		8.4		0.0	0.1		0.2		0.0

Суточные осадки на станции Тихвин [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2.5	0.0	0.8	3.1	0.0	0.0	8.6	0.6	0.0	8.7	2.9	0.3
2	3.6	0.7	0.0	0.0	1.2	3.7	13.9	2.1	0.0	2.3	0.2	5.6
3	5.1	9.0	10.8	0.0	5.3	0.0	8.6	3.0	0.0	9.8	10.0	0.0
4	0.2	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	2.1	7.8	4.8	14.2	4.9
5	0.9	4.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.3	5.0	0.0	1.1	23.2	1.5
6	0.7	1.3	0.5	0.0	0.0	0.0	4.1	3.3	3.8	0.1	9.2	10.2
7	2.4	0.7	0.9	0.0	19.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
8	1.3	0.0	3.1	1.3	1.8	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.6	7.0
9	5.8	0.0	2.6	1.2	0.3	9.9	0.4	0.1	0.4	1.5	9.0	4.0
10	5.3	0.0	0.5	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	1.1	0.5	2.9	1.1
11	4.2	2.0	5.3	0.0	3.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.4	11.8	0.2
12	1.4	3.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	4.1	0.0	10.7	3.1	0.0

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
13	0.0	1.2	0.3	0.0	3.7	0.0	0.5	3.1	8.7	11.7	0.5	0.1
14	2.6	1.0	0.0	0.0	0.0	5.2	0.7	0.6	13.9	7.0	0.0	0.0
15	2.5	0.0	0.7	0.0	0.0	5.6	0.0	10.7	9.4	1.1	0.0	1.1
16	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	11.7	0.0	0.1	9.0
17	13.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	9.0	10.5	0.5	2.5
18	4.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.6	9.8	2.0	1.3	1.2	0.0	9.9
19	1.6	0.1	1.3	0.0	0.0	0.0	29.8	0.0	0.0	1.1	0.1	9.8
20	5.7	4.5	0.4	0.0	0.0	0.0	5.4	4.0	3.0	2.0	0.1	0.0
21	1.9	7.1	1.3	0.0	8.8	0.0	0.0	0.5	8.1	8.1	0.1	0.0
22	0.3	0.0	4.5	0.0	0.0	1.2	0.0	17.4	1.7	1.5	0.0	1.2
23	0.5	5.0	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	2.3
24	5.7	0.4	2.4	0.0	0.0	2.1	0.8	13.8	0.0	0.6	0.0	0.0
25	0.4	6.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
26	3.6	0.0	2.8	0.0	0.6	0.0	0.0	0.4	0.0	9.8	0.4	1.4
27	0.7	0.0	7.1	0.0	7.0	5.7	0.0	0.0	2.0	12.7	0.9	0.6
28	0.2	4.3	0.0	0.0	1.2	6.9	0.0	0.0	0.0	3.4	0.4	0.0
29	0.7		2.2	0.0	12.8	0.0	0.1	0.0	0.9	3.7	5.4	0.0
30	1.5		0.0	0.0	0.0	1.3	0.5	0.0	3.3	0.4	6.7	16.3
31	0.2		2.1		0.3		2.5	0.0		0.4		6.5

Суточные осадки на станции Пушкинские Горы [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	3.9	3.1	1.2	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	2.9	1.9	0.3
2	1.3	1.8	0.0	0.0	0.7	0.0	12.6	0.0	0.0	4.2	0.3	1.5
3	4.1	3.4	3.5	0.0	1.7	0.0	2.9	2.7	9.6	19.2	3.4	0.0
4	0.4	5.5	7.9	0.0	0.0	0.0	1.7	2.7	0.9	0.3	30.0	1.7
5	2.9	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	48.6	0.1
6	0.3	1.9	0.2	0.0	1.0	0.0	3.4	0.0	0.4	0.6	0.6	0.3
7	0.5	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	1.3	0.0	0.0	0.7	4.9	1.9
8	0.5	0.0	2.0	0.7	0.0	0.0	0.8	1.7	0.0	0.3	2.0	3.2
9	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	6.7	22.3	0.5	2.1	4.7	2.7
10	0.0	0.3	1.4	0.0	1.8	0.0	3.2	0.0	0.0	17.5	3.6	1.0
11	3.6	1.6	3.5	0.0	21.0	0.0	1.2	2.2	0.0	0.4	10.1	0.5
12	0.0	2.0	0.5	0.0	1.5	33.4	0.0	4.7	0.0	11.1	0.0	0.3
13	1.9	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.4	7.9	13.4	0.1	0.3	0.1
14	3.8	0.3	0.0	0.0	0.9	0.4	3.8	0.3	1.3	11.6	0.0	0.4
15	2.6	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.6	2.7	10.4	0.0	1.0	8.3
16	0.8	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	9.7	0.0	0.0	2.9
17	2.2	0.0	0.1	0.0	0.0	1.3	12.3	0.0	4.3	5.1	0.0	0.0
18	0.4	0.0	4.7	0.0	0.0	0.1	14.6	0.0	0.7	1.0	0.4	0.5
19	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.7	0.0	6.5	0.0	0.0	0.7
20	0.9	2.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
21	0.3	0.5	3.4	0.0	0.0	8.4	0.0	19.8	7.5	1.2	0.0	0.0
22	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	5.4	0.7	5.2	3.6	0.0	0.0	3.1
23	0.0	1.6	0.0	0.0	8.4	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0
24	0.0	0.4	0.0	0.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
26	4.9	1.0	0.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	0.0	0.4	0.3	8.2
27	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	19.5	3.4	0.0	0.0	1.3	0.0	8.1
28	0.0	1.3	0.0	0.0	9.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	1.7	1.0
29	0.3		0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	18.9	0.9	4.8	0.0
30	0.0		0.0	0.0	0.5	0.0	2.1	10.0	2.3	0.4	1.3	5.1
31	0.0		0.1		0.0		0.0	0.0		0.4		1.5

Приложение В – Исходные данные среднесуточной температуры воздуха

Среднесуточная температура воздуха на станции Сура [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-8.7	-6.3	-14.0	-2.9	13.8	13.8	13.6	9.9	9.5	8.1	-6.5	-1.9
2	-4.1	-9.6	-12.4	-1.1	11.9	11.9	15.3	9.6	10.4	8.4	-9.7	-5.4
3	-7.5	-21.8	-10.4	1.6	10.9	10.9	16.7	7.3	11.7	3.0	-7.7	-3.0
4	-14.3	-24.3	-16.3	2.4	9.9	9.9	16.0	6.1	14.4	-0.8	-0.3	-5.3
5	-22.5	-17.9	-11.1	3.7	13.2	13.2	15.1	7.7	12.4	1.0	-5.8	-6.3
6	-19.4	-13.7	-10.1	0.3	13.6	13.6	16.3	9.5	13.6	0.9	-10.6	0.1
7	-10.0	-9.6	-11.5	2.6	15.7	15.7	15.3	10.0	13.0	0.5	-5.0	-1.0
8	-3.2	-9.4	-5.4	3.2	18.7	18.7	15.0	10.2	9.0	2.0	-10.3	0.6
9	-9.5	-3.7	-2.1	2.4	21.2	21.2	15.6	10.6	11.4	1.9	-10.2	0.6
10	-16.2	0.1	-1.2	-0.1	19.7	19.7	12.6	10.0	11.0	2.3	-5.2	1.2
11	-10.0	-2.5	-2.0	0.6	16.5	16.5	8.8	7.2	15.9	2.7	-2.1	-4.1
12	-8.0	-2.4	0.2	-0.7	5.8	5.8	9.8	9.5	14.7	4.5	-5.0	-7.3
13	-7.3	-0.7	-4.0	-1.4	8.7	8.7	13.2	9.0	13.9	6.1	-5.6	-2.6
14	-6.2	-5.3	-12.5	-0.1	10.8	10.8	14.5	9.9	11.6	4.5	-2.4	-0.3
15	-6.8	-9.5	-8.6	2.7	8.9	8.9	16.3	14.1	8.4	2.7	2.1	-2.3
16	-4.7	-3.7	-0.6	0.6	9.2	9.2	16.1	13.6	6.0	1.3	-0.4	-3.4
17	-9.4	-2.5	-3.7	-2.9	10.0	10.0	15.7	14.2	6.6	0.8	-3.6	-2.8
18	-8.7	-7.8	0.2	1.0	13.9	13.9	17.0	13.8	6.2	-0.4	-5.5	-3.9
19	-12.6	-10.6	2.1	3.3	11.7	11.7	15.7	15.0	1.8	-0.2	-11.5	-2.0
20	-18.6	-4.7	1.9	3.0	12.8	12.8	13.6	18.3	0.9	4.1	-14.2	-3.7
21	-26.8	-8.8	0.0	4.1	13.8	13.8	12.1	17.8	2.0	0.3	-3.3	-5.7
22	-30.2	-17.5	0.8	4.8	19.8	19.8	14.0	14.3	1.2	-1.7	0.8	-4.9
23	-24.2	-12.8	0.2	3.5	16.8	16.8	13.7	14.1	1.4	2.6	-0.8	-2.8
24	-21.4	-3.9	1.3	7.0	10.7	10.7	17.3	11.9	3.1	1.6	-8.5	-3.6

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
25	-28.5	-1.7	1.5	3.1	9.6	9.6	19.0	10.8	3.1	3.8	-9.6	-5.6
26	-34.4	-4.8	-1.3	0.3	12.8	12.8	21.4	9.3	3.6	6.5	-5.9	-5.3
27	-22.9	-20.1	-0.9	0.9	13.6	13.6	16.7	11.1	4.2	-1.5	-4.6	-5.9
28	-12.7	-11.4	-1.8	-1.6	17.1	17.1	8.6	6.1	3.6	-7.3	-3.5	-11.3
29	-23.7		-2.7	-2.4	15.2	15.2	7.8	9.2	4.9	-3.4	-1.9	-15.3
30	-12.3		2.1	0.1	14.5	14.5	8.8	8.0	5.2	-5.8	0.8	-8.4
31	-7.6		1.5				10.8	8.7		-4.0		-2.5

Среднесуточная температура воздуха на станции Старая Русса [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-1.2	-1.7	-5.2	2.5	9.5	14.7	21.2	12.0	17.0	11.1	1.9	-4.3
2	1.0	-0.5	-7.5	2.3	10.1	16.6	17.0	13.0	16.7	8.9	1.5	-1.2
3	-1.0	1.0	-2.6	2.9	6.1	14.9	13.7	12.6	13.8	7.1	5.0	-3.8
4	-4.3	0.9	-3.2	4.1	5.9	18.1	12.0	10.6	14.0	4.6	7.3	0.0
5	-6.0	-2.6	2.5	4.4	9.6	20.8	11.3	12.9	14.9	2.3	3.4	4.3
6	-6.6	-2.6	-6.1	5.1	7.3	22.1	11.2	15.4	15.2	0.3	0.4	2.7
7	-6.6	-4.1	-2.3	6.2	9.4	23.3	12.4	15.8	13.7	1.3	-0.1	2.5
8	-4.9	-0.1	2.9	8.4	7.9	23.0	13.1	13.8	13.9	2.9	3.3	2.6
9	-7.3	1.9	3.3	3.5	7.4	21.3	13.3	15.3	17.8	4.6	5.6	4.9
10	-13.8	0.7	2.9	2.7	14.9	18.6	14.5	15.8	18.8	7.0	9.5	3.8
11	-8.5	1.2	-0.9	-0.1	12.9	17.0	11.5	15.1	18.7	9.0	7.1	-2.5
12	-2.9	1.2	-4.6	0.8	14.0	17.4	12.1	17.8	16.3	10.1	3.1	0.2
13	-4.1	-2.6	-2.9	2.8	15.0	16.6	13.1	17.3	14.4	10.6	5.8	2.2
14	-0.4	-0.8	-1.8	3.7	14.0	19.7	13.5	18.3	12.0	7.1	8.1	1.7
15	-2.1	3.2	2.0	4.8	11.6	17.8	14.1	16.4	8.0	5.3	6.3	1.0
16	-3.9	3.4	1.8	6.8	12.0	18.2	16.1	14.6	10.7	7.3	3.1	2.3
17	-2.3	2.7	1.7	6.1	12.0	19.5	16.0	14.6	9.5	10.2	6.8	3.0
18	-4.5	-2.8	4.0	8.1	14.0	20.3	15.4	15.7	7.0	10.6	7.7	4.2
19	-6.7	0.7	3.9	7.4	15.6	19.8	16.5	18.9	5.8	12.3	5.5	3.4
20	-3.4	2.3	1.9	8.7	18.2	21.6	17.1	18.3	3.7	12.5	2.8	0.8
21	-12.3	-4.9	3.6	7.0	18.5	22.0	18.2	15.4	4.1	11.4	3.0	3.0
22	-16.6	-6.3	3.2	9.9	19.2	20.9	18.5	16.5	6.0	8.6	-3.9	4.4
23	-11.3	-5.5	3.6	12.4	14.5	17.3	18.8	15.6	4.3	11.8	-6.4	4.8
24	-8.7	1.2	4.9	12.8	12.7	16.7	17.6	17.6	4.7	9.6	-4.0	4.5
25	-16.5	2.7	2.7	14.3	16.1	16.7	17.3	13.9	3.3	9.5	-4.6	6.4
26	-9.9	1.8	1.0	15.6	12.1	16.5	22.1	16.2	6.3	11.2	-4.3	2.7
27	-10.1	-1.4	-0.4	13.2	13.6	13.7	22.9	17.6	8.4	10.8	-0.9	0.4
28	-13.9	1.4	0.2	9.1	15.9	15.0	20.8	14.9	10.2	2.9	1.5	-1.8
29	-5.5		7.6	6.4	18.9	14.3	12.6	15.3	7.6	0.5	1.0	-3.4
30	0.4		7.4	8.5	13.3	17.1	12.7	15.6	12.1	-1.3	0.2	-0.4
31	-2.1		6.4		12.6		10.8	15.5		-1.1		3.8

Среднесуточная температура воздуха на станции Краснощелье [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-6.2	-15.0	-10.8	-3.7	-1.5	6.4	11.0	8.6	13.9	4.6	-10.2	-12.1
2	-9.6	-23.4	-20.2	-1.8	-3.9	8.0	13.0	6.9	15.8	1.6	-7.7	-5.7
3	-16.4	-26.0	-23.6	2.3	-3.3	6.0	14.0	5.8	14.2	-0.1	-3.5	-15.9
4	-15.3	-22.3	-20.5	0.8	-0.4	7.0	13.2	5.2	12.8	0.0	-5.3	-8.0
5	-9.5	-16.9	-16.8	-2.9	0.5	11.2	10.0	7.2	12.3	1.2	-9.3	-5.5
6	-8.1	-18.2	-15.9	-3.8	2.2	11.1	10.5	7.9	13.3	0.8	-5.4	-3.8
7	-3.0	-27.6	-11.9	-2.8	2.1	16.4	9.3	9.1	9.8	0.4	-8.1	-4.4
8	-13.5	-17.1	-18.8	-3.0	3.1	22.5	6.1	9.4	7.3	1.0	-9.7	-3.5
9	-13.7	-7.7	-6.7	-5.6	6.3	14.4	8.8	7.3	11.7	0.5	-7.2	-7.1
10	-17.3	-3.9	-6.2	-6.0	6.6	11.9	6.0	6.9	12.0	-0.3	-6.9	-8.0
11	-5.4	0.1	-6.4	-4.2	8.3	4.9	4.9	8.0	10.4	-0.3	-4.6	-12.3
12	-6.3	-2.7	-10.5	-0.5	11.9	4.7	6.9	11.3	13.3	-0.8	-6.4	-1.1
13	-7.3	-8.9	-15.3	-1.2	10.1	8.4	9.6	9.8	11.8	2.1	-8.6	-1.5
14	-10.0	-15.0	-14.3	2.5	5.5	9.8	8.9	12.3	8.0	0.3	-2.3	-1.2
15	-13.6	-3.3	-6.0	3.2	5.3	8.2	8.2	13.4	5.9	0.4	-0.2	-1.5
16	-7.9	-4.9	-1.2	1.8	4.6	9.7	7.9	11.0	7.1	-0.5	-7.1	-2.1
17	-12.2	-3.4	-1.3	1.2	3.1	10.3	8.5	13.2	4.4	-2.8	-15.1	-1.7
18	-13.9	-12.1	-1.7	2.4	2.9	8.7	13.7	17.0	1.1	-1.3	-8.7	-1.6
19	-23.0	-11.2	0.1	1.5	2.7	7.0	13.6	15.9	2.1	0.4	-7.7	-4.3
20	-20.2	-9.6	-3.5	3.5	4.8	7.9	12.4	16.5	1.5	-2.9	-0.9	-10.5
21	-19.7	-11.8	-3.6	4.4	5.4	10.0	16.9	14.1	2.2	-7.7	1.2	-12.7
22	-21.8	-10.2	-2.9	5.1	2.1	9.2	19.2	13.0	2.8	-5.2	-1.2	-7.1
23	-21.6	-4.2	-2.7	5.2	1.3	4.9	16.2	10.9	2.8	-1.1	-0.8	-6.0
24	-17.6	-0.3	0.0	4.2	1.8	6.9	16.5	10.0	2.6	-2.7	-1.4	-5.8
25	-21.4	0.4	-1.9	1.5	5.7	10.1	15.7	8.7	3.9	-2.4	-1.1	-8.2
26	-26.6	-6.5	-4.8	2.2	6.5	12.6	18.0	9.3	3.2	-1.1	-1.5	-7.3
27	-20.4	-5.2	-9.1	-0.6	4.8	12.0	12.8	8.0	3.0	-8.7	-6.4	-6.0
28	-19.9	-10.2	-0.9	-0.9	4.9	8.1	6.9	9.5	6.4	-9.0	-13.1	-7.3
29	-20.3		2.3	-0.3	8.4	12.9	6.1	10.6	7.2	-8.6	-1.5	-4.8
30	-12.6		-1.7	0.1	10.5	9.4	6.2	12.2	6.5	-6.2	-2.9	-2.1
31	-12.7		-2.7		9.8		7.8	10.8		-15.3		-7.7

Среднесуточная температура воздуха на станции Тихвин [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-2.3	-3.0	-7.6	1.4	8.3	14.0	16.7	10.9	16.3	9.8	0.2	-3.9
2	0.3	-3.7	-8.9	2.1	12.6	14.7	15.9	12.7	16.6	7.3	-0.7	-1.7
3	-1.7	-3.7	-4.7	1.5	5.7	13.7	14.1	10.8	17.5	4.5	1.7	-2.9
4	-4.9	-2.5	-7.0	2.2	4.8	17.5	14.3	9.5	12.9	2.4	1.5	-1.2
5	-8.4	-4.4	-1.5	3.6	9.9	20.7	13.4	9.0	14.1	1.8	0.5	2.8
6	-7.6	-4.1	-8.9	4.1	8.5	22.4	11.9	10.6	15.2	0.3	-2.5	2.8
7	-6.4	-5.3	-4.8	3.7	11.0	23.7	13.9	11.9	12.1	0.8	-8.4	2.7

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
8	-4.8	-1.1	1.4	3.1	7.7	24.2	15.0	16.1	12.0	2.1	-3.0	1.4
9	-5.7	1.4	1.9	3.5	7.9	21.4	14.7	15.9	13.9	4.0	1.5	3.8
10	-7.8	0.7	1.7	1.7	17.3	18.3	15.4	15.3	18.3	5.1	5.6	4.1
11	-8.1	0.8	-1.5	0.7	18.5	16.8	10.6	11.5	18.4	6.8	6.9	-4.9
12	-2.7	0.8	-6.4	1.5	15.1	13.7	8.9	14.8	16.3	9.1	2.7	-1.1
13	-5.0	-3.6	-5.0	2.2	13.2	12.5	12.4	16.3	14.0	8.9	2.9	1.3
14	-2.6	-2.4	-4.9	1.2	13.5	12.6	13.4	17.5	11.0	5.2	7.0	0.9
15	-1.3	2.5	1.2	2.5	10.8	12.8	12.4	15.0	7.1	2.5	6.2	0.7
16	-4.2	-0.2	1.7	4.2	9.9	15.6	16.0	14.6	10.0	2.8	2.5	0.4
17	-4.3	0.8	1.3	4.3	11.8	18.0	15.2	14.0	8.0	4.9	3.9	1.5
18	-4.9	-4.4	3.2	4.6	13.6	19.4	16.3	14.3	7.4	4.3	4.9	2.4
19	-10.5	-0.2	2.7	6.0	14.4	20.7	17.1	17.5	5.9	9.7	4.2	0.6
20	-5.0	1.9	1.2	4.2	15.5	20.9	15.7	18.3	2.0	8.3	5.0	0.0
21	-14.5	-6.0	1.3	5.1	17.7	23.7	18.5	15.5	2.6	8.2	1.6	0.5
22	-15.1	-9.5	1.7	8.5	14.6	20.9	16.8	16.2	4.0	5.9	-5.9	2.0
23	-13.7	-6.5	2.8	14.4	9.4	17.5	18.4	15.0	3.7	10.7	-9.3	3.1
24	-11.1	0.7	3.2	12.6	8.8	15.0	16.1	15.3	3.4	8.1	-8.1	3.3
25	-15.8	1.4	1.6	11.8	13.7	16.0	17.3	14.4	3.4	8.3	-8.3	5.0
26	-11.7	0.7	0.0	13.5	11.6	15.9	22.8	15.1	4.6	9.6	-5.7	2.9
27	-12.3	-2.9	-1.5	11.4	10.7	13.9	22.8	16.0	6.7	6.1	-2.4	-0.3
28	-16.7	0.6	-2.3	4.6	15.3	12.6	16.3	14.3	4.8	-1.3	0.5	-3.7
29	-8.4		5.3	2.7	19.1	13.7	10.5	16.4	9.0	-3.1	0.8	-7.8
30	-0.7		5.6	4.9	12.8	15.7	8.5	15.6	11.0	-3.6	0.1	-1.4
31	-1.4		2.9		11.7		10.0	15.4		-3.4		1.9

Среднесуточная температура воздуха на станции Пушкинские Горы [8]

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0.9	0.4	1.2	8.6	18.2	19.7	26.9	15.9	20.0	12.5	4.8	-1.0
2	1.3	1.8	-1.5	10.4	13.6	21.0	20.9	18.0	24.7	13.2	6.0	0.1
3	-0.7	2.1	0.4	12.7	8.9	20.8	14.4	17.6	18.1	8.3	8.7	-0.8
4	-3.7	1.4	3.6	13.0	12.8	25.6	17.6	17.1	20.1	7.8	11.5	2.8
5	-4.8	-2.1	5.8	14.0	16.1	28.6	14.0	18.5	22.4	5.3	11.5	5.2
6	-5.6	0.7	-0.8	13.8	9.9	29.1	13.4	21.2	18.3	3.6	2.4	4.2
7	-6.2	0.0	4.0	13.5	9.0	29.1	18.2	23.0	20.1	4.1	4.1	2.7
8	-4.3	0.9	7.9	14.8	13.6	29.3	18.4	18.9	22.4	5.8	8.3	3.5
9	-5.0	3.0	6.3	4.5	16.3	25.9	17.5	17.2	25.9	6.0	8.0	6.6
10	-11.4	2.0	5.2	5.5	18.1	24.1	17.6	22.1	25.3	9.7	12.0	5.4
11	-5.9	1.8	1.8	2.4	12.5	27.7	14.8	18.6	21.7	11.5	9.2	3.9
12	-0.1	1.6	-1.9	1.3	18.5	23.1	18.0	24.7	22.4	11.5	6.8	1.0
13	-0.9	0.0	2.5	8.1	21.8	24.5	19.7	19.6	17.6	13.3	11.5	2.6
14	0.9	2.4	6.7	8.8	14.8	26.8	20.3	21.4	16.1	17.4	10.8	2.3
15	0.0	5.0	6.7	8.2	17.1	23.7	20.4	20.4	11.4	14.5	9.5	2.1

Число	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
16	-3.0	6.3	3.5	16.1	18.1	25.9	22.6	21.8	14.3	18.7	4.8	4.3
17	1.8	5.0	4.1	15.6	21.2	21.9	19.4	22.3	13.5	14.8	9.9	4.3
18	1.8	2.9	5.7	16.8	24.4	24.5	17.7	23.7	13.5	13.2	9.4	7.9
19	-2.9	5.4	7.0	17.1	25.7	27.2	17.4	26.8	9.4	17.5	6.5	6.5
20	-0.6	3.7	3.6	14.9	26.8	28.4	24.5	23.8	10.6	16.2	4.3	3.0
21	-4.9	-2.7	9.9	15.6	27.6	27.4	26.0	19.7	11.4	14.6	4.5	3.1
22	-11.9	-2.9	6.9	19.5	24.9	24.1	24.4	20.3	10.5	14.0	1.6	6.6
23	-5.8	-1.2	10.6	21.2	25.6	22.9	25.5	22.1	10.0	13.2	-4.1	5.8
24	-4.7	1.7	9.1	23.1	18.7	23.1	25.2	23.4	10.2	10.2	-1.6	6.0
25	-9.1	6.1	7.1	23.8	21.4	24.1	21.2	22.3	9.6	16.0	-2.2	6.9
26	-8.8	4.2	4.3	24.7	15.8	22.4	25.5	24.5	13.4	13.4	-1.6	3.2
27	-7.9	2.0	4.5	25.0	18.3	17.0	28.8	25.1	15.1	13.9	0.0	0.0
28	-7.6	4.2	8.3	14.5	18.4	18.9	30.0	22.7	16.6	8.8	2.2	-0.8
29	-1.4		9.0	14.2	21.9	19.7	21.1	23.2	13.3	3.7	1.7	-3.4
30	1.2		14.5	16.1	17.3	24.7	14.5	17.8	12.7	0.5	2.9	2.6
31	-1.0		11.6		19.6		13.8	22.0		3.2		4.6