

УДК 330.42

*Д. А. Тамбиева*

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь,  
e-mail: tamjannet@mail.ru

*М. У. Эркенова*

Северо-Кавказская государственная академия, Черкесск,  
e-mail: madina033@mail.ru

*С. А. Лепшокова*

Северо-Кавказская государственная академия, Черкесск,  
e-mail: salimalepshokova@mail.ru

**МИНИМИЗАЦИИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ЭКОНОМИКУ РЕГИОНА  
МЕТОДАМИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
(НА МАТЕРИАЛАХ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ)**

**Ключевые слова:** речная система, фрактальная структура, временной ряд, гидрологические риски, нелинейная динамика, фрактальный анализ.

Во многих регионах нашей страны гидрологическая система является источником наиболее разрушительных неблагоприятных событий природного характера. А процессы, лежащие в основе гидрологических рисков, изучаются не только гидрологами, географами, физиками, химиками. Тенденцией времени можно считать повышенный интерес к данной проблеме специалистов в области математического, экономического моделирования и информационных технологий. В работе рассматривается проблема гидрологических рисков и возможные направления разработки и развития математических методов и инструментальных средств прогнозирования этих рисков. В качестве одного из перспективных направлений авторы рассматривают применение методов фрактальной анализа. Рассмотрена методика определения экономической эффективности реализации мероприятий, связанных с минимизацией негативного воздействия вод и оптимизацией защиты разрушительных неблагоприятных событий, природного характера на территории Карачаево-Черкесской республики. Так как в последние годы на территории Карачаево-Черкесской Республики наблюдается рост ущерба от затопления и подтопления территорий водами весеннего половодья и дождевых паводков. А мировая практика утверждает, что затраты на прогнозирование и обеспечение готовности к стихийным бедствиям в 15 раз ниже затрат на предотвращение причиненного ущерба.

*D. A. Tambieva*

Stavropol State Agrarian University, Stavropol, e-mail: tamjannet@mail.ru

*M. U. Erkenova*

North Caucasus State Academy, Cherkessk, e-mail: madina033@mail.ru

*S. A. Lepshokova*

North Caucasian State Academy, Cherkessk, e-mail: salimalepshokova@mail.ru

**MINIMIZING THE NEGATIVE IMPACT OF HYDROLOGICAL  
RISKS ON THE REGIONAL ECONOMY METHODS  
OF GEOINFORMATIONAL TECHNOLOGY (ON THE MATERIALS  
OF THE KARACHAYEVO-CHERKESS REPUBLIC)**

**Keywords:** river system, fractal structure, time series, hydrological risks, nonlinear dynamics, fractal analysis.

In many regions of our country, the hydrological system is the source of the most destructive adverse natural events. And the processes underlying hydrological risks are studied not only by hydrologists, geographers, physicists, and chemists. The trend of the time can be considered an increased interest in this problem of specialists in the field of mathematical, economic modeling and information technology. The paper considers the problem of hydrological risks and possible directions for the development and development of mathematical methods and tools for predicting these risks. The authors consider the use of fractal analysis methods as one of the promising areas. The methodology for determining the economic efficiency of the implementation of measures related to minimizing the negative impact of water and optimizing the protection of destructive adverse events of a natural nature on the territory of the Karachay-Cherkess Republic. Since in recent years, in the territory of the Karachay-Cherkess Republic, there has been an increase in damage from flooding and flooding of territories by the waters of spring floods and rain floods. And world practice claims that the costs of forecasting and ensuring preparedness for natural disasters are 15 times lower than the costs of preventing damage caused.

Неблагоприятные события, потенциальные угрозы, являются неотъемлемой частью законов существования природы и общества. При этом, по мере развития научно-технического прогресса, повышается запрос социума на разработку и развитие адекватных математических методов и инструментальных средств прогнозирования, призванных минимизировать негативные последствия наступления этих событий.

Во многих регионах нашей страны гидрологическая система является источником наиболее разрушительных неблагоприятных событий природного характера. Известно, что примерно 90% ущерба от стихийных бедствий приходится на 4 вида: 40% - на наводнения, 20% – на тайфуны, по 15% – на землетрясения и засухи. Остальные стихийные бедствия приносят 10% ущерба.

Наводнения как стихийное бедствие не могут быть целиком предотвращены везде и повсюду. Их можно только ослабить и локализовать. Борьба с наводнениями – дело весьма трудоёмкое и дорогостоящее.

Прогнозируемые потепление климата и активация гидрологических процессов несомненно приведут к увеличению повторяемости и увеличению разрушительной силы наводнений. Поэтому неотложной задачей является разработка действенных мер предотвращения наводнений и защиты от них, поскольку это в десятки раз уменьшает затраты на ликвидацию последствий от причиненных ими бедствий.

Территория Карачаево-Черкесской Республики, практически вся ее площадь, это верховья бассейна реки Кубани. По характеру рельефа это горная и возвышенная части бассейна реки.

Общая площадь водосбора реки Кубани 57 тыс. кв.км, протяженность 870 км, суммарная длина всех ее притоков (более 10 км) 14328 км. Крупные основные притоки в верховьях реки это Теберда, Малый и Большой Зеленчуки, Уруп, Большая Лаба. Площадь территории КЧР в пределах Кубанского бассейна 11,7 тыс. кв.км.

Водохозяйственное влияние реки Кубани шире ее гидрографического бассейна и распространяется еще на 80 тыс. кв.км на безводные степные районы Предкавказья, такое влияние связано с действием крупной водохозяйственной системы Большого Ставропольского канала, головные сооружения которого расположены на территории КЧР.

В верховьях бассейна реки Кубани сосредоточены уникальные месторождения пресных подземных вод. Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод составляют 2,5 млн куб.м/сут. Эксплуатационные запасы пресных подземных вод составляют 783,11 тыс. куб.м/сут., в т.ч. подготовлено для промышленного освоения 83,91 тыс. куб.м/сут.

Протяженность р. Кубань на территории КЧР составляет 177 км и ее основные притоки: Б. Зеленчук – 120 км, М. Зеленчук – 57 км, Теберда – 59,9 км.

Суммарный водно-ресурсный потенциал рек и подземных вод составляет 27,6 куб.км.

Из приведенных данных в таблице видно, что на территории республики 92,7% составляют мельчайшие и малые реки с длиной каждой реки до 100 км. Суммарная длина этих рек составляет 3896,2 км. Суммарная длина средних рек (101–500 км) составляет 307 км или 7,3%.

Градации рек, в зависимости от своей протяженности

№ п/п	Градация рек, водотоков	Длина рек, км	Число единиц	%	Суммарная длина рек, км	%
1	2	3	4	5	6	7
<b>На территории республики Карачаево-Черкесия</b>						
1.	Мельчайшие	< 10	311	74,22	1788,3	42,55
2.	Самые малые	10–25	86	20,53	1208,1	28,74
3.	Малые	26–100	20	4,77	899,8	21,41
4.	Средние	101–500	2	0,48	307	7,3
5.	Большие	> 500				
6.	Всего		419	100	4203,2	100

Водохранилища в зоне деятельности республики используются для срезки пиков паводков, энергетики, рыболовства, орошения земель, обводнения, рекреации [1].

Пруды в основном используются для орошения земель, сельхозводоснабжения и рыбного хозяйства.

Оценка риска наводнений на рассматриваемой территории проводится периодически в интересах управления риском. При оценке риска все основные влияющие факторы являются неопределенными, и используются их оценочные значения. Оценка риска состоит в оценке повторяемости чрезвычайной ситуации и предполагаемого ущерба от них. Заблаговременная оценка последствий ЧС представляет собой частную задачу оценки риска при условии, что инициирующее событие произошло (опасность реализовалась). Прогноз осуществляется по расчетным параметрам неопределенных факторов с учетом преобладающих среднегодовых метеоусловий. Результаты прогнозирования используются для планирования превентивных мер по защите населения и территорий.

Частота наводнений различна в различных регионах. Низкие наводнения повторяются через 5-10 лет, высокие через 20-25 лет, выдающиеся через 50-100 лет, катастрофические не чаще одного раза в 100-200 лет.

В настоящей работе исследуется проблема наводнений в контексте структуры речной системы. В качестве примера рассматривается часть речной системы Карачаево-Черкесской республики, верховья реки Кубань и ее приток река Теберда. Одно из наиболее разрушительных наводнений на указанной территории наблюдалось в 2002 г.

Ливневые дожди, длившиеся несколько дней, спровоцировали резкий паводок на реках, активизацию оползней и селей, сход снегозапасов. Все это в комплексе привело к великому наводнению по руслу реки Кубань. Последствия ливневых дождей в июне 2002 года ощутила на себе не только Карачаево-Черкесская республика. Пострадали территории Краснодарского, Ставропольского краев, а также еще ряд республик Северного Кавказа.

Как сообщала пресс-служба МЧС России, «число погибших в результате наводнения на юге России достигло 105 человек, среди которых 51 житель Ставропольского края, 36 жителей Краснодарского края, 7 – Карачаево-Черкессии, 6 – Северной Оссе-

тии, 4 – Чечни, 1 – Кабардино-Балкарии. Общее число пострадавших – 311970 человек. В зоне затопления оказались 18 городов и 71 сельский район, в которых полностью разрушено 11773 жилых дома и повреждено 47061. Восстановлено 11155 поврежденных домов (что составляет 18,9% от их общего числа). В свои дома вернулись 89523 человека из 105963 эвакуированных. В пострадавших районах практически полностью восстановлены системы жизнеобеспечения, а также налажено автомобильное и железнодорожное сообщение между всеми населенными пунктами региона. Материальный ущерб составил 14 млрд 709 млн рублей» ([https://www.gazeta.ru/2002/06/21/box\\_2068.shtml](https://www.gazeta.ru/2002/06/21/box_2068.shtml)).

Отсутствие адекватных прогнозов в оценке гидрологической ситуации привело к катастрофическим последствиям, в виде человеческих жертв и разрушений объектов жизнедеятельности. В указанный период Гидрометцентром прогнозировались длительные дожди, которые не должны были привести к катастрофическим последствиям. По данным стационарных гидропостов ситуация также квалифицировалась как стабильная. Возможно, последнее было связано с тем, что многие гидропосты давно требовали ремонта и не показывали полную и достоверную картину гидрологической ситуации. Более того, известные методики прогнозирования гидрологических рисков оказались не вполне адекватными.

### **Фрактальная структура речной системы**

Одним из наиболее достоверных современных источников информации являются аэрофотоснимки и космические изображения различного масштаба. Благодаря космической съемке, появляется возможность исследования речной системы практически с любой степенью приближения. Самым доступным и не менее достоверным способом является Google Карты (рисунок 1), на которых можно максимально точно представить рельеф исследуемой территории. На рисунке 1 представлена часть территории Карачаево-Черкесской республики, верховья реки Кубань и ее приток река Теберда.

На рисунке 1 отчетливо видна древовидная структура речных бассейнов реки Кубань и одного из ее притоков, реки Теберда. Истоки этих рек начинаются соответственно в Кубанском и Тебердинском ущельях Карачаево-Черкесской республики.

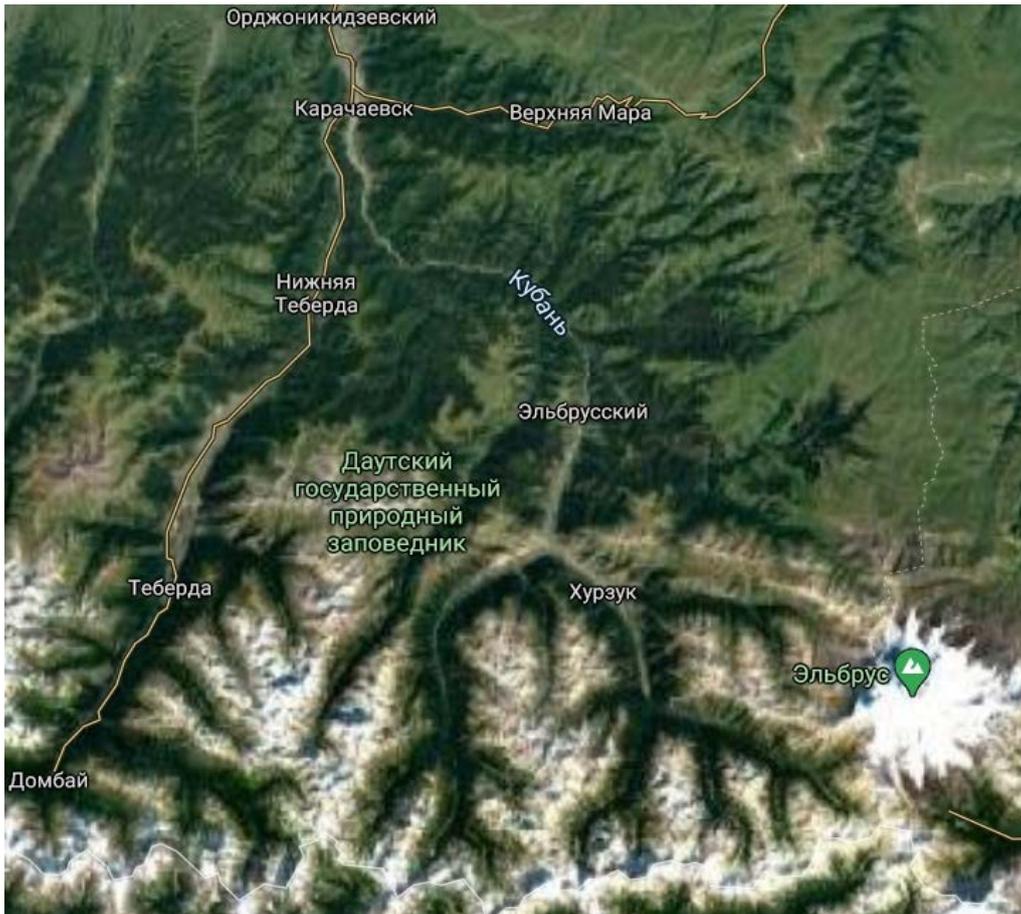


Рис. 1. Часть территории Карачаево-Черкесской республики:  
 верховья реки Кубань и ее приток река Теберда  
 (<https://www.google.com/maps/@43.7028648,41.9227658,40294m/data=!3m1!1e3?hl=ru>)

Интересным являлся тот факт, что ситуация во время наводнения 2002 года по Кубанскому и Тебердинскому ущельям значительно отличалась. А именно, по совокупности факторов по Кубанскому ущелью, по руслу реки Кубань на территории Карачаево-Черкесской республики разрушительное воздействие стихии привело к гораздо более ощутимым негативным последствиям в соответствующий период, чем по Тебердинскому ущелью и руслу реки Теберда [2]. В качестве одной из причин сложившейся ситуации, авторами настоящей работы высказывается гипотеза, связанная с особенностью фрактальной структуры речной системы в верховьях реки Кубань и ее притока реки Теберда.

Фрактальный анализ речной системы, на наш взгляд, является одним из наиболее перспективных направлений прогнозирования гидрологических рисков.

В работах [3, 4] рассматриваются проблемы масштабных эффектов изменения стока в русловой сети территории, фрактальные свойства речных систем и их использование в гидрологических расчетах, реализована методика построения схемы речной сети Северных рек.

Процесс стекания дождевых и талых вод называется стоком. Речной сток представляет собой перемещение воды в виде потока по речному руслу за какой-то период времени. Речной сток характеризуется изменчивостью в пространстве и времени, что обуславливает выбор системного подхода для прогнозирования состояний речной системы.

Фрактальными свойствами в гидрологии обладает речной бассейн, который в свою очередь может отличаться по типу рисунка речной сети.

В [4] представлена классификация речной сети по структуре (рисунку).

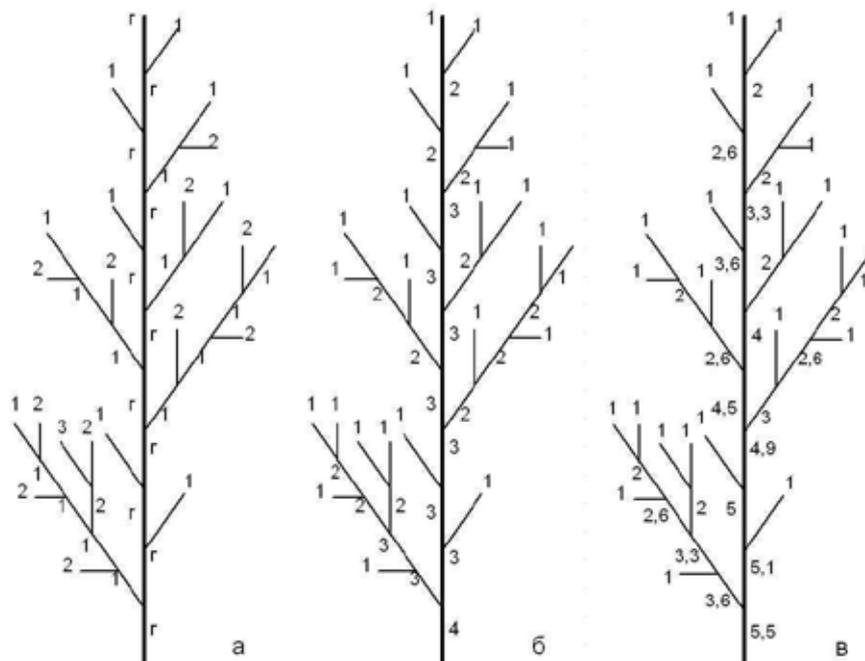


Рис. 2. Схемы определения порядков рек:  
 а – классическая; б – Стралера-Философова, в – Шейдеггера [4]

Характеристики русловой сети многие исследователи [4] связывают с фрактальной размерностью речной системы.

Одной из стандартных процедур вычисления фрактальной размерности является кодирование рисунка «снизу-вверх», которая предполагает сперва назначение устья и истока для главной реки, затем для всех притоков, впадающих в главную реку, далее для притоков этих притоков и в такой последовательности, вплоть до бесприточных водотоков. Существует также система выделения водотоков «сверху-вниз» по Хортону [5], когда назначаются точки истоков бесприточных водотоков 1-го порядка, слияние которых дает исток водотока 2-го порядка и т.д. [6]. В данном исследовании использован принцип присвоения порядка по Хортону.

Согласно построенной фрактальной структуре исследуемого отрезка реки Кубань, количество рек 1-го порядка соответствует  $P = 21$ .

Согласно построенной фрактальной структуре реки Теберды, количество рек 1-го порядка соответствует  $P = 19$ .

Отсюда следует, что выдвинутая гипотеза оправдывает себя тем, что  $P_K > P_T$ , обозначающее то, что притоков у Кубани больше, чем у Теберды.

Подъем воды в каждом из притоков, приводит к общему увеличению уровня воды в главной реке. Особенно, беря в расчет еще то, что Кубань имеет ледниковое происхождение, а река Теберда является самым крупным левым притоком Кубани.

Фрактальность русловой сети в максимальной степени характеризует величина порядков рек, определенная по схеме А. Шейдеггера ( $N_w$ ) (см. рисунок 2):

$$N_w = 1 + \log_2 P, \quad (1)$$

где  $P$  – количество рек первого порядка в речном бассейне выше створа определения  $N_w$ .

Подставляем значения  $P$ , полученные для реки Кубань в формулу, и находим величину порядков:  $N_w = 5,39$ .

Аналогичная характеристика для реки Теберда соответствует значению  $N_w = 5,25$ .

В соответствии со справочником «Гидрологическая изученность» серии «Ресурсы поверхностных вод СССР» в качестве  $P$  принимаем количество рек длиной менее 10 км.

Следует отметить, что данная оценка в некоторой степени условна, т.к. в верховьях реки Кубань, в условиях высокогорья в период обильных дождей русловая сеть может меняться, появляются речки длиной 10 км, у которых русло пересыхает в другое время.

**Фрактальные свойства в динамике гидрологических временных рядов**

Известно, что процесс сбора, обработки и хранения информации по ключевым показателям, характеризующим состояние гидрологической системы уже многие десятилетия, а в отдельных регионах и столетия, организуется и контролируется на государственном уровне (рисунок 3).

Накопленная таким образом статистика позволяет специалистам в области математического моделирования, математической статистики и информационных технологий проводить анализ динамики временных рядов.

На территории Российской Федерации, в местах, наиболее подверженных рисковым событиям, на системной основе функционируют специализированные пункты (гидропосты), ежедневно фиксирующие основные показатели состояния гидрологической системы региона, а именно, уровень воды в реках, температуру воздуха, объемы выпадаемых осадков, уровень снежного покрова и др. Было бы ошибочно считать, что накопленной таким образом, информации достаточно для построения универсальной прогнозной модели (моделей) на долгосроч-

ную перспективу, так как гидрологическая система достаточно сложна, а динамика процессов, лежащих в основе гидрологических рисков многими специалистами в соответствующих областях знаний квалифицируются как нелинейные. Данное утверждение означает, что эти процессы плохо поддаются анализу классическими методами теории вероятностей и математической статистики.

Исследователи, специализирующиеся в области гидрологии, обосновывают целесообразность применения методов нелинейной динамики и необходимость более детальной проработки исследований в контексте допущения гипотезы о наличии фрактальных свойств в динамике временных рядов основных показателей речной системы.

Современные исследования гидрологической системы все чаще проводятся на базе методов нелинейной динамики [8-11]. При этом качество прогноза зависит от того, насколько точно система была оценена с точки зрения соотношения «детерминированность – стохастичность».

Самыми распространенным методом оценки степени стохастичности системы являются методы фрактального (R/S-анализа) [9-11].

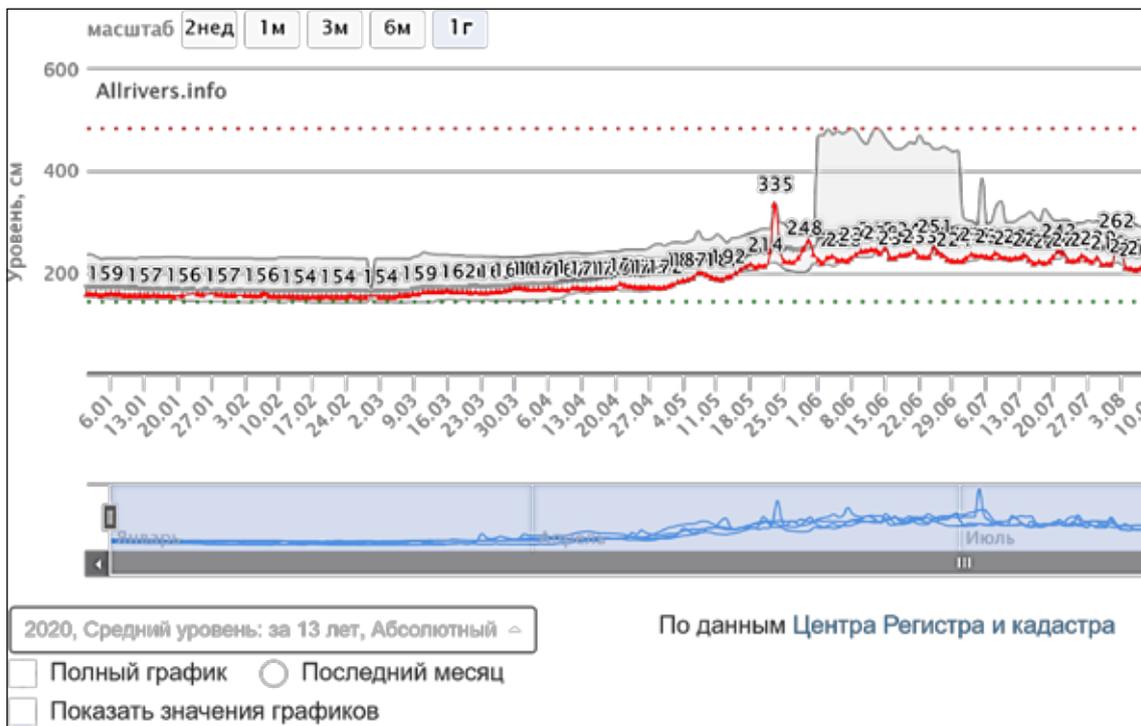


Рис. 3. Уровень воды в р. Теберда по гидропосту г. Теберда [7]

*R/S*-анализ – алгоритм относительно нового статистического метода, описанного гидрологом Гарольдом Херстом. Данный анализ временных рядов позволяет различить случайный и фрактальный временные ряды, определить, имеет ли временной ряд непериодические циклы, является ли случайным или обладает долговременной памятью (персистентный) [9, 11].

Показатель Хёрста связан с фрактальной размерностью соотношением:

$$D = 2 - H,$$

где  $D$  – фрактальная размерность, а  $H$  – показатель Хёрста динамической системы.

Показатель Хёрста представляет собой оценку изменчивости уровней ряда и определяется как:

$$R/S = c \times n^H,$$

где  $c$  – константа, масштаба;  $n$  – количество элементов выборки;  $H$  – показатель Хёрста;  $R/S$  – нормированный размах [9-11].

Алгоритм *R/S*-анализа состоит из нескольких этапов. Исходный гидрологический ряд разбивается на блоки одинаковой длины, для каждого из которых вычисляется размах  $R$  и среднеквадратичное отклонение  $S$ . Затем для всех блоков находится среднее отношение  $R/S$ , размер блока увеличивается и алгоритм повторяется снова, до тех пор, пока размер блока не сравняется с размером исходного гидрологического ряда. В итоге, для каждого размера блока получив среднее значение  $R/S$  и, выполнив регрессию методом наименьших квадратов, находится показатель Хёрста  $H$ . Чем ближе показатель Хёрста к 1, тем более точный можно построить прогноз. Если показатель Хёрста  $H \approx 0,5$ , то это говорит о случайном процессе. В терминах «*R/S*-анализа» близкие к 0,5 значения показателя Хёрста называют «белым шумом». Персистентным или же трендоустойчивым временной ряд называют, когда  $0,5 < H < 1$ , характеризующийся эффектом долговременной памяти. Антиперсистентным же ряд называется, когда  $0 < H < 0,5$ . Чем ближе показатель  $H$  приближается к 1, тем менее зашумленным является ряд и мы имеем дело с детерминированным процессом («черным шумом»).

Алгоритм построения *R/S*-траекторий и  $H$ -траекторий состоит в итеративной последовательности, на вход которой в первую очередь поступает исходный времен-

ной ряд наблюдений длины  $n$  ( $1, 2, \dots, n$ ). На втором шаге на вход подается временной ряд, полученный путем удаления первого наблюдения из исходного ряда, т.е. к полученному ряду, уже из  $(n - 1)$  наблюдений вновь применяем алгоритм *R/S*-анализа. На третьем этапе удаляем следующее – второе значение наблюдения и получаем временной ряд из  $(n - 2)$  – наблюдений и т.д. Такой последовательный *R/S*-анализ позволяет проанализировать динамику временного ряда на факт наличия или отсутствия фрактальных свойств по всей длине временного ряда. Последовательное удаление элементов во временном ряде (ВР), называется отсечением и для каждого из них вычисляется «глубина памяти».

В [14] показано, что ВР ежедневных наблюдений сезонных колебаний температуры (среднесуточные показатели по КЧР – ВР Temp<sub>г</sub>) за период с 1 января 2016 г. по 31 декабря 2016 г. (см. рисунок 4) однозначно демонстрирует наличие долговременной памяти (рисунок 5) – значения показателя Хёрста ( $H$ ) находятся в области черного шума [9].

С практической точки зрения, исследование фрактальных свойств позволит получать более точную оценку прогнозируемых значений основных показателей состояния гидрологической системы [12, 13]. Так, например, благодаря исследованию фрактальных свойств в русловой сети можно сделать выводы об ожидаемых показателях увеличения или уменьшения уровня воды в реках, об ожидаемой площади водосбора. За счет этого могут быть получены рекомендации, необходимые для уменьшения ущерба или предотвращения гидрологических рисков.

Наличие заблаговременной и достаточно точной прогнозной информации позволяет рационально спланировать и провести превентивные мероприятия по недопущению, либо минимизации ущерба.

Все это приводит к необходимости в системных исследованиях гидрологических явлений, в том числе с учетом региональных особенностей, адаптации известных и разработке новых подходов к изучению динамики гидрологической системы региона, анализу статистической информации, накопленной за многие годы наблюдений за природными процессами и явлениями, происходящими в регионе, использованию новейших достижений в области информационных технологий.

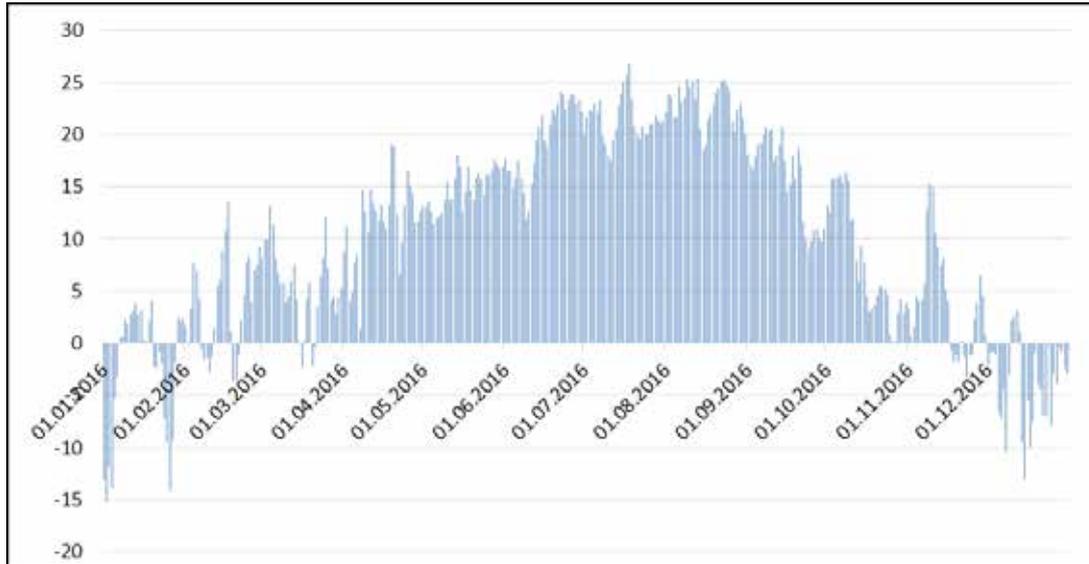


Рис. 4. Временной ряд ежедневных наблюдений сезонных колебаний температуры (среднесуточные показатели по КЧР) (BP Temp) с 1 января 2016 г. по 31 декабря 2016 г.

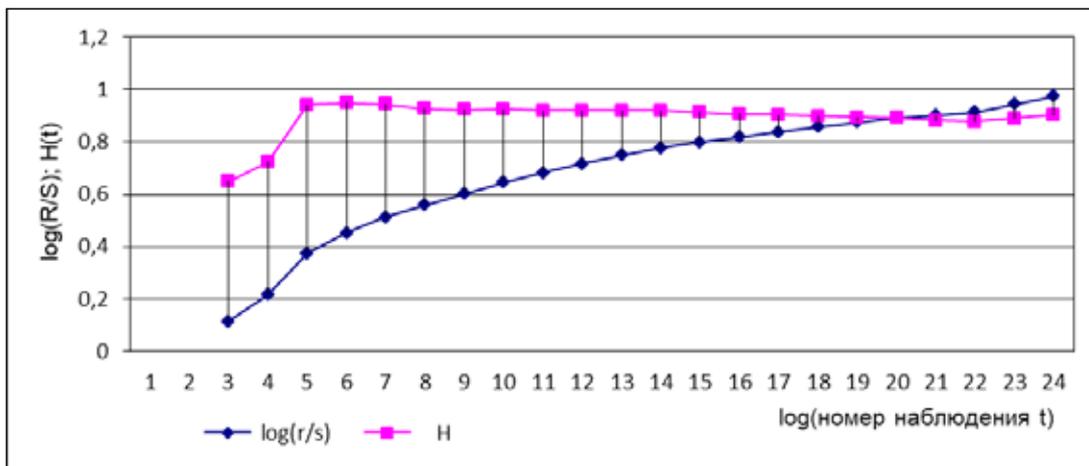


Рис. 5. Визуальное представление R/S- и H-траекторий для отсечения под номером 2. Имеет место трендостойчивость R/S-траектории почти по всей длине ряда

### Заключение

Прогнозирование опасных гидрологических явлений заключается в определении вероятности их возникновения и развития в определенном месте и в определенное время, а также оценке возможных последствий их проявлений.

Опыт неоднократно показал, что в области эффективного обеспечения готовности и осуществления превентивных мер одним из наиболее действенных средств для снижения ущерба является хорошо функционирующая система своевременно предупреждения.

Предвидеть наводнение можно практически всегда, но с различной заблаговременностью. В зависимости от многих факторов заблаговременность предупреждения о наводнении может колебаться от многих дней и даже недель до нескольких часов. К сожалению, пока прогнозирование природных ЧС представляет собой весьма сложную и слабо разработанную проблему.

Использование современных моделей требует очень мощной вычислительной техники и полной автоматизации процесса получения данных, в том числе, с помощью геоинформационных технологий.

*Библиографический список*

1. Государственный доклад об экологической ситуации в Карачаево-Черкесской республике, Правительство Карачаево-Черкесской республики, 2014.
2. Сайт новостей катастроф, стихийных бедствий, природы, погоды, климата. URL: <https://stormnews.ru>.
3. Алексеевский Н.И., Айбулатов Д.Н., Косицкий А.Г. Масштабные эффекты изменения стока в русловой сети территории // География, Общество, Окружающая среда. Т. VI. М.: Городец, 2004. С. 345-374.
4. Алексеевский Н.И., Косицкий А.Г., Христофоров А.В. Фрактальные свойства речных систем и их использование в гидрологических расчетах // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 371. С. 167-170.
5. Хортон Р. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: Иностранная литература, 1948. 158 с.
6. Сидорчук А.Ю. Фрактальная геометрия речных сетей // Геоморфология. 2014. №1. С. 3-14.
7. Сервис ежедневного мониторинга уровня воды в водных объектах России и бывшего СССР. URL: <https://allrivers.info>.
8. Зиненко А.В. R/S анализ на фондовом рынке // Бизнес-информатика, 2012. № 3(21). С. 24-30
9. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике. М.: Интернет-Трейдинг, 2004. 304 с.
10. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000. 333 с.
11. Перепелица В.А., Тебуева Ф.Б., Темирова Л.Г. Структурирование данных методами нелинейной динамики для двухуровневого моделирования. Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 2005. 284 с.
12. Гайдукова Е.В. Сравнительный анализ методов фрактальной диагностики гидрологических рядов // Учёные записки РГГМУ. 2016. № 42. С. 9-14.
13. Гайдукова Е.В. Фрактальное самоподобие временных гидрологических рядов // Наука сегодня: теоретические и практические аспекты: сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции. Научный центр «Диспут». Вологда: изд-во «Маркер», 2015. С. 63-66.
14. Тамбиева Д.А., Эркенова М.У., Байрамуков Д.И.Б., Тамбиев А.Х.М. Методы фрактального анализа в диагностике гидрологической системы региона (на материалах КЧР) // Управление экономическими системами. 2019. № 3 (121). С. 37.