



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

Кафедра Гидрологии суши

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(дипломный проект)

**ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА**

На тему:

**Исполнитель**     Н.А. Поляков Г-64 ФЗО

**Руководитель**     д.г.н. , профессор Науменко М.А

**«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой**

(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Санкт–Петербург  
2016

## Содержание

Введение	3
1.Физико-географическое описание	4
2.Характеристики исходных данных и методики расчета статистических параметров	9
3.Результаты и анализ полученных характеристик.	14
Вывод	25
Заключение	26
Приложения	27
Список использованной литературы	56

## Введение

Исходными данными, на основе которых создан данный дипломный проект, являются сведения об измерениях температуры поверхности воды на рейдовых вертикалях в южной части Ладожского озера начиная с 50х годов XX века.



Ладожское озеро (также Ладога; в древности – Нево) — озеро в Республике Карелия (северный и восточный берег) и Ленинградской области (западный, южный и юго-восточный берег), крупнейшее пресноводное озеро в Европе.

Относится к бассейну Балтийского моря Атлантического океана. Площадь озера без островов составляет от 17,9 тысяч км<sup>2</sup> (с островами 18,3 тысяч км<sup>2</sup>); объём водной массы 838 км<sup>3</sup>; длина с юга на север 219 км, наибольшая ширина 125 км.

Высота над уровнем моря 4,84 м. Глубина изменяется неравномерно: в северной части она колеблется от 70 до 230 м, в южной от 20 до 70 м.

В Ладожское озеро впадают не менее 40 рек и крупных ручьёв, а вытекает одна река Нева. В южной половине озера три крупных залива: Свирская, Волховская и Шлиссельбургская губы.

Цель дипломного проекта – оценка климатических трендов температуры поверхности воды Ладожского озера.

Для выполнения этой цели поставлены следующие задачи:

- исследовать данные о физико-географической характеристике Ладожского озера;
- изучить методическую и научную литературу по выбранной теме дипломного проекта;
- собрать необходимые исходные данные из баз данных Института Озероведения РАН по термике Ладожского озера;
- обработать и проанализировать собранные данные.

## **1. Физико-географическое описание Ладожского озера**

Площадь Ладожского озера 18400 км<sup>2</sup>(с островами). Береговая линия более 1000 км. Длина, с юга на север, свыше 200 км, наибольшая ширина, с запада на восток, около 130 км. Наибольшая глубина 230 м (в отдельных ямах даже 260—380 м); средняя глубина 51 м. Высота над уровнем Балтийского моря 4 м. Объем воды 910 км<sup>3</sup>. Вытянутое с северо-запада на юго-восток, оно может быть разделено на две почти равные части: северную и южную, различающиеся по физическим, биологическим и промысловым признакам.



Валаамский архипелаг вид с севера.

Ладожское озеро богато островами (до 500 островов площадью около 300 км<sup>2</sup>). Почти все острова находятся на севере озера. Среди них выделяются размерами Валаамские острова, с отвесно спускающимися в воду береговыми склонами. Из других островов крупными являются Коневец, Воссинансаари, Хейнясенсаари, Мантинсаари, Лункулансаари. В южной половине озера островов очень мало и размеры их небольшие: Зеленцы (в Шлиссельбургской губе), Птинов (в Волховской губе). Береговая линия северной Ладоги сильно изрезана, здесь множество глубоко заходящих в материк заливов. Береговая линия южной половины озера, наоборот, изрезана мало, и ее однообразие сохраняется на десятки километров.

Северное побережье Ладожского озера сильно холмистое, берега покрыты преимущественно хвойными лесами. Южное побережье низменное, с болотами, бедное древесной растительностью.

Северная половина Ладожского озера наиболее глубокая, здесь, именно в северо-западном углу, самые большие глубины вблизи материковых и островных берегов. Нередко глубины в 100 м встречаются на расстоянии менее 3 км от берега: на таком расстоянии 100-метровая изобата проходит у северного

берега; впадина с глубинами свыше 200 м расположена около группы Валаамских островов.



### Остров Ореховый

Прибрежное мелководье южной части озера простирается почти на сотню километров — от устья Волхова до истока Невы. В южной половине глубины увеличиваются постепенно, уходя на значительные расстояния от берега; даже такая сравнительно небольшая глубина, как 20 м, лежит от береговой линии на 13—15, а в некоторых местах на 25—30 км. Приблизительно в 25 км к северу от южного побережья Шлиссельбургской губы находится мель с глубиной менее 10 м, а к северу от устья Волхова на расстоянии 35 км — еще большая мель (глубиной около 4 м). Мелководны также Свир-ская губа и небольшие луды близ устьев рек Морьи и Тайпале.

Рельеф дна Ладожского озера, имея общий уклон с юга на север, во многих участках, преимущественно северной половины озера, нарушается мелководьями, а также углублениями и глубокими ямами.

Преобладающие грунты илистые и песчаные, много каменистых россыпей и отдельных камней. В южной трети озера преобладают песчаные и песчано-илистые грунты. Прибрежная зона озера очень различна по составу грунтов. К северу от истока Невы, начинаясь песчаным мелководьем, озерное побережье за устьем реки Морьи переходит в каменистое, продолжаясь до Приозерска. Дальше, в северном Приладожье, береговая полоса озера, сильно изрезанная заливами различной глубины, сложена из различных грунтов, но чаще каменистых. Такой характер грунтов в общем сохраняется и вдоль восточного побережья до устья реки Олонки и даже местами до устья р. Свири. От Свири вдоль всего южного Приозерья до истока Невы у берегов преобладают пески.

В Ладожское озеро впадает не менее 40 рек и речек. Многие реки связывают Ладогу с озерами: р. Волхов — с Ильменем, р. Свирь — с Онежским, р. Видлица — с Ведлозером, р. Тулема — с Тулмозером, р. Ляскеля, или Янисъёки — с озером Янисъярви, р. Вуокса — с большими озерами Финляндии (система оз. Саймы), р. Тайпале — с озером Суходольским (Сувантоярви). Большинство рек, впадающих в Ладожское озеро, обладает быстрым, порожистым течением, но многие реки в устьевых участках сильно снижают скорость течения. Ладожские реки, за исключением немногих, известны как реки сиговые и лососевые, но существующие на реках плотинные сооружения лишают рыб возможности проходить на их нерестилища.

Речки южной Ладоги (Липка, Назия, Шельдиха, Лава, Кобона, Морья, Влога и др.) несут в озеро болотные воды, потоки которых несколько увеличивают окисляемость и изменяют окраску и прозрачность озерной воды в приустьевых участках. Воды с прозрачностью 3-4 м занимают наибольшую часть озера.

Уровень воды в озере подвержен значительным многолетним колебаниям (2,9 м за 93 года), обусловленным не ежегодными, обычными для небольших водоемов весенними паводками, а степенью насыщения водой всего обширнейшего (превышающего площадь самого озера раз в 15) бассейна, сливающего свои воды в Ладогу. Обычные ежегодные колебания уровня озера

в общем небольшие (0,5—1 м). В летние и осенние месяцы уровень более высок, низкий уровень бывает в январе — феврале. Распространенное издавна среди приладожского населения мнение, что в Ладоге уровень поднимается каждые 7—8 лет, не соответствует действительности. По отдельным местам озера колебания его уровня обуславливаются и более краткосрочными факторами, среди которых главная роль принадлежит ветрам, вызывающим в одних участках нагон (поднятие) воды, в других сгон (снижение). Подобное явление резко выражается на уровне Шлиссельбургской губы, где при сильных западных ветрах происходит сгон воды, а при восточных — нагон. Нагонные и сгонные колебания уровня иногда достигают очень больших размеров: до 200 и более сантиметров.

Ветровое влияние на распределение и поведение рыб не ограничивается только поднятием или падением уровня в том или ином месте. Существенное воздействие ветры оказывают на образование ветровых (дрейфовых) потоков озерной воды, которые могут вызывать перемещения рыб. Ветры же сильно влияют и на изменение температуры воды, что в свою очередь также сказывается на поведении рыб.

Помимо упомянутых временных ветровых течений воды, в Ладожском озере существует постоянное течение, идущее вдоль восточного берега с юга на север, и есть основание считать, что в Ладожском озере, подобно многим другим большим водоемам, существует постоянное круговое течение (против движения часовой стрелки), создающее в озере своеобразную „внутриозерную“ реку, управляющую миграциями многих ладожских рыб (корюшки, сига, лососей и др.).

Круговое течение воды в Ладожском озере некоторыми исследователями отрицается. Ладожскому озеру присущи большие весенние и осенние и туманы. Волна в озере „высокая, короткая, отрубистая и неправильная“, поэтому ладожские суда должны иметь хорошую остойчивость.

Ладожское озеро — водоем холодноводный. Летом, когда в южных участках поверхностный слой воды нагревается до 20° и более, в северных частях в то же время температура воды держится около 12—13°; осенью



быстрее охлаждается южная половина с малыми глубинами. Так, в ноябре температура воды в северной Ладоге продолжает держаться около тех же 12—13°, а в южной она ниже 10°. В южной части Ладоги летом вода прогревается до 24—25°, в центральной части — до 18—20°, а в северной — до 15—17°. Температура воды в глубоких слоях летом около 4—4,5°, к концу зимы около 3°. Климат северной Ладоги напоминает морской: лето наступает здесь позднее, запаздывает и наступление зимы, так как озеро замерзает поздно. В северной части раньше (в конце ноября) покрываются льдом заливы близ г. Сортавалы; около Валаамских островов озеро замерзает в конце декабря, между островами Валаамом и Коневцем ледостав наступает лишь в январе. Бывают зимы, когда центральная часть озера вовсе не замерзает. Толщина льда достигает 1 м. Плавающие льды в озере можно встретить до конца июня. Начало зимы в южной Ладоге бывает в первой половине ноября, начало весны в первой половине апреля. Замерзанию Волховской губы обычно предшествует, а также сопровождает появление донного льда. Озеро лучше прогревается в районах восточного-побережья.

Вода в Ладожском озере отличается высоким содержанием кислорода, обычно близким к нормальному насыщению (около 90—100%); окисляемость сравнительно небольшая (8—10 мгО<sub>2</sub>/л), активная реакция нейтральная с отклонением в сторону щелочности (рН 7—8). Вообще природные свойства воды Ладожского озера необычайно высокого качества, что издавна отмечается всеми исследователями и прошлого (Менделеев), и настоящего времени.

## **2. Характеристики исходных данных и методики расчета статистических параметров**

### **2.1. Характеристики исходных данных**

Исходными данными, на основе которых создан данный дипломный проект, являются сведения об измерениях температуры поверхности воды на

рейдовых вертикалях в южной части Ладожского озера начиная с 50х годов XX века.

Информация получена по результатам термической съемки Ладожского озера с судов Института Озероведения РАН и Гидрометеослужбой за период с 1958 по 2013 годов для определения многолетних трендов.

Исходный массив данных представляет собой таблицу, в которую сведена информация по датам измерений, координатах, глубине и температуре поверхности воды. Всего таблица содержит **1336** строк значений.

*Таблица 1 – Сокращенная таблица данных измерений поверхностных температур воды на исследуемом участке*

№ п/п	Дата	Долгота, мин	Широта, мин	Температура, °С	Глубина, м
1	11.6.58	113,54	33,73	5,1	30,4
2	11.6.58	117,09	34,3	3,2	34,7
3	11.6.58	115,31	34,02	3,1	34,1
4	11.6.58	118,87	34,58	2,9	38,4
5	11.6.58	120,65	34,87	2,6	38,9
6	11.6.58	124,42	35,47	2,5	48,5
7	11.6.58	124,43	35,47	2,5	42,4
8	11.6.58	126,31	35,76	2,3	41,9
9	11.6.58	128,2	36,06	2,8	41,4
10	13.6.58	127,51	35,76	3,2	41,5
11	13.6.58	125,62	35,46	2,9	42,1
12	13.6.58	124,36	35,26	3	43
13	13.6.58	124,36	35,26	3	42,4
14	18.6.58	113,01	33,65	4,1	30,2
15	18.6.58	114,06	33,82	3,9	33,5
16	18.6.58	115,1	33,98	6,8	33,9
17	18.6.58	116,15	34,15	5,3	34,3

18	18.6.58	117,2	34,32	4,5	34,7
19	18.6.58	118,25	34,48	3,9	38,1
20	18.6.58	119,29	34,65	4,1	38,4
21	18.6.58	120,34	34,82	3,5	38,9
22	18.6.58	124,42	35,47	3,7	44
...	...	...	...	...	...
1334	12.9.12	118,8	30,14	13,94	18,4
1335	5.6.13	123,904	35,314	11,1261	42,5
1336	4.8.13	123,967	35,29	19,6	41

Из исходного массива данных были получены значения температуры поверхности воды за периоды с масштабом осреднения 10, 20 дней и по месяцам. На рисунке № 1 представлен пример графика за июль месяц.

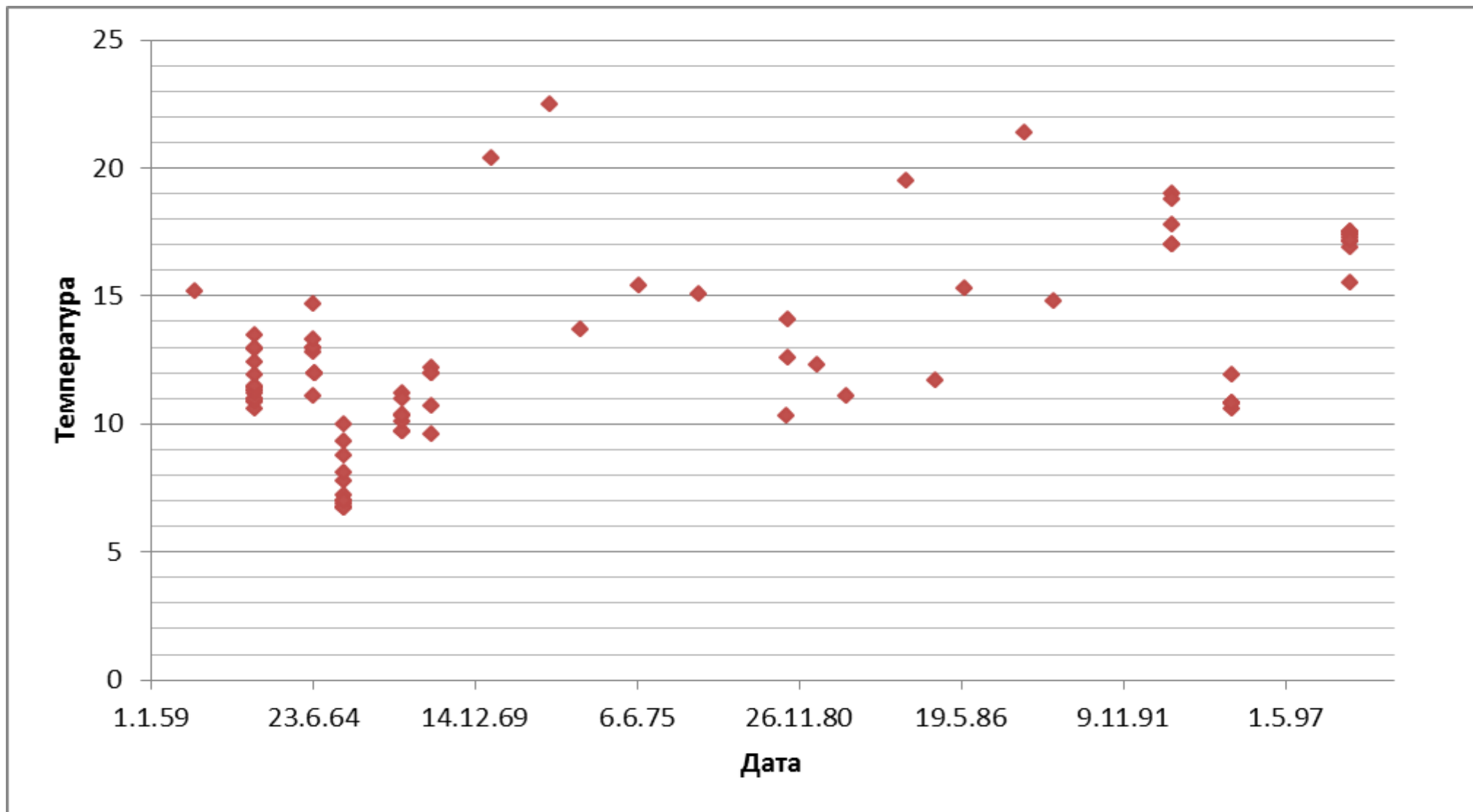


Рисунок № 1 - 1-10 июля

## 2.2. Методики расчета статистических параметров

Для расчета гидрологических характеристик в гидрологии используются методы теории вероятностей и математической статистики, а также методы гидрологической аналогии и пространственной интерполяции. Выбор того или иного метода зависит, прежде всего, от объема имеющейся гидрометрической информации.

При расчете гидрологических характеристик водных объектов существуют три варианта, каждый из которых имеет свои специфические особенности:

1. Расчет при наличии длинного ряда гидрометрических наблюдений. Расчет базируется на статистической обработке имеющегося ряда.

2. Расчет при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. В основе расчетной методики лежит метод гидрологической аналогии. Ряд на расчетной реке приводится к многолетнему периоду по данным рек-аналогов с более продолжительными рядами наблюдений.

3. Расчет при отсутствии данных гидрометрических наблюдений производится с использованием формул и карт.

Хотя расчет каждой гидрологической характеристики имеет свои особенности, методический подход во всех случаях един и базируется на использовании методов теории вероятностей и математической статистики.

В данном дипломном проекте погрешность расчета среднего значения ряда принята 5%. Это означает, что будет использована 1 методика, т.е. расчет при наличии длинного ряда гидрометрических наблюдений.

В силу того, что данные наблюдений неравномерно распределялись по времени, при анализе трендов использовались ряды не короче 25 лет.

### **3. Результаты и анализ полученных характеристик**

Для каждого периода осреднения были построены уравнения линейной регрессии. Пример получившейся зависимости для июля месяца представлен на рисунке № 2,. Остальные зависимости помещены в Приложение А.

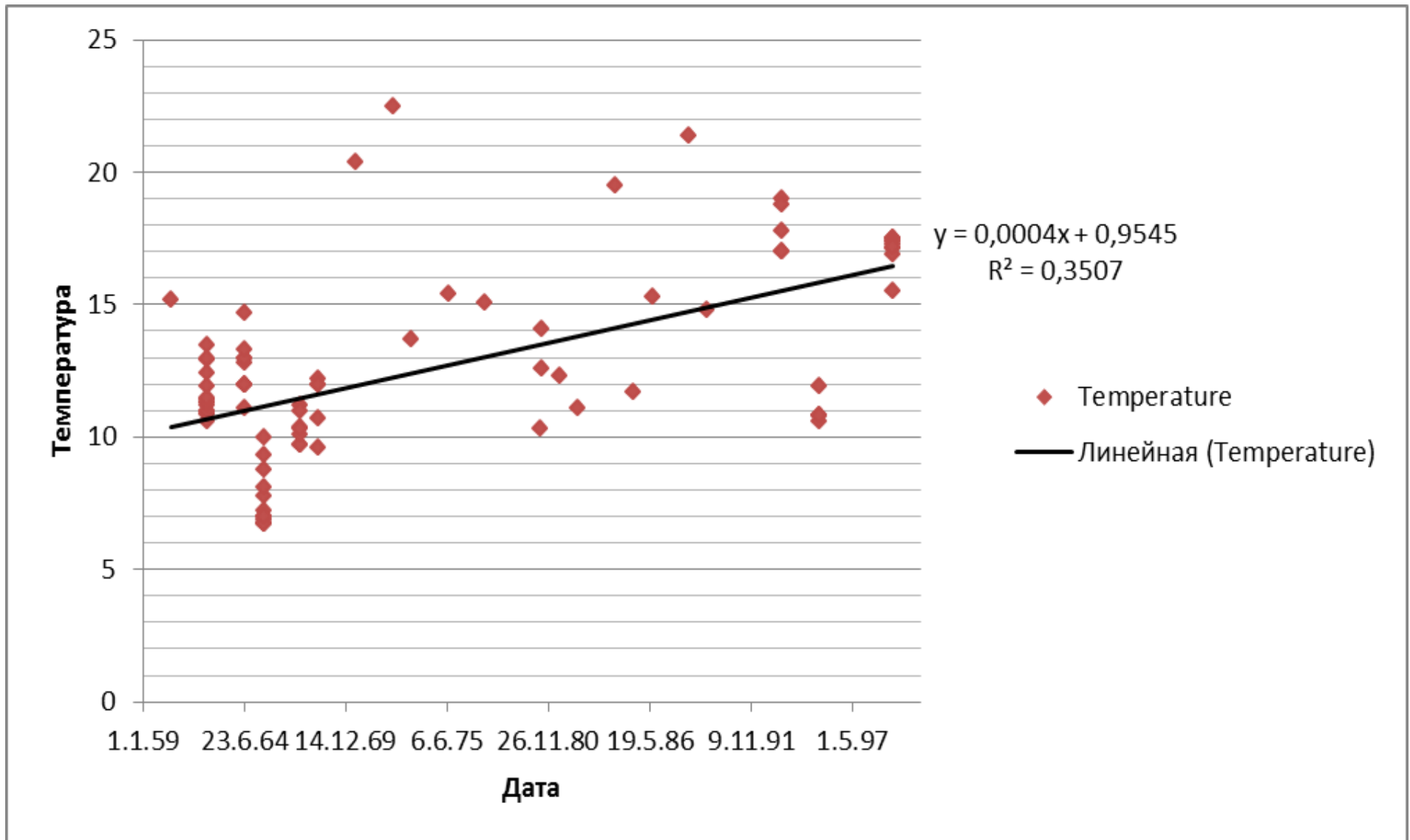


Рисунок № 2 - Уравнение линейной регрессии для данных с 1 по 10 июля

Далее для каждого случая был рассчитан коэффициент детерминации и оценена его значимость.

Для анализа общего качества уравнения линейной регрессии используют множественный коэффициент детерминации, называемый также квадратом коэффициента множественной корреляции  $R$ . Множественный коэффициент детерминации рассчитывается по формуле

$$R^2 = \frac{\sigma_{\phi}^2}{\sigma_y^2}$$

и определяет долю вариации результативного признака, обусловленную изменением факторных признаков, входящих в регрессионную модель.

Величина  $R$ -квадрат, называемая также мерой определенности, характеризует качество полученной регрессионной прямой. Это качество выражается степенью соответствия между исходными данными и регрессионной моделью (расчетными данными). Мера определенности всегда находится в пределах интервала  $[0;1]$ .

В большинстве случаев значение  $R$ -квадрат находится между этими значениями, называемыми экстремальными, т.е. между нулем и единицей.

Если значение  $R$ -квадрата близко к единице, это означает, что построенная модель объясняет почти всю изменчивость соответствующих переменных. И наоборот, значение  $R$ -квадрата, близкое к нулю, означает плохое качество построенной модели.

Так как в большинстве случаев уравнение регрессии приходится строить на основе выборочных данных, то возникает вопрос об адекватности построенного уравнения данным генеральной совокупности. Для этого проводится проверка статистической значимости коэффициента детерминации на основе  $F$ -критерия Фишера:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m},$$

- где  $n$  – число наблюдений;
- $m$  – число факторов в уравнении регрессии.



Если в уравнении регрессии свободный член  $a_0 = 0$ , то числитель  $n-m-1$  следует увеличить на 1, т.е. он будет равен  $n-m$ .

В математической статистике доказывается, что если гипотеза  $H_0:R^2=0$  выполняется, то величина  $F$  имеет  $F$ -распределение с  $k=m$  и  $i=n-m-1$  числом степеней свободы, т.е.

$$\frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} = F(k=m, l=n-m-1).$$

Гипотеза  $H_0:R^2=0$  о незначимости коэффициента детерминации  $R^2$  отвергается, если  $F_p > F_{np,\alpha}^{kp}$ .

При значениях  $R^2 > 0,7$  считается, что вариация результативного признака  $Y$  обусловлена в основном влиянием включенных в регрессионную модель факторов  $X$ .

В данной работе был использован пакет анализа регрессии программы MS Excell. Ниже в таблицах приведены примеры использования данного пакета для периода осреднения с 1 по 10 июля.

*Таблица №2 - Регрессионная статистика*

Множественный R	0,59
R-квадрат	0,35
Нормированный R-квадрат	0,34
Стандартная ошибка	2,95
Наблюдения	85

Где

- Множественный R – коэффициент корреляции R;
- R-квадрат – коэффициент детерминации  $R^2$ ;
- Стандартная ошибка – остаточное стандартное отклонение
- Наблюдения – число наблюдений  $n$ .

Таблица № 3- Дисперсионный анализ

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	Значимость <i>F</i>
Регрессия	1	391	391	44,8	2,37115E-09
Остаток	83	724	8,72		
Итого	84	1115			

Столбец «df» – число степеней свободы

Для строки «Регрессия» число степеней свободы определяется количеством факторных признаков  $m$  в уравнении регрессии  $k_{\phi} = m$ .

Для строки «Остаток» число степеней свободы определяется числом наблюдений  $n$  и количеством переменных в уравнении регрессии  $m+1:k_0=n-(m+1)$ .

Для строки «Итого» число степеней свободы определяется суммой  $k_y=k_{\phi}+k_0$

2. Столбец «SS» – сумма квадратов отклонений.

Для строки Регрессия – это сумма квадратов отклонений теоретических данных от среднего:

$$SS_{\Phi}^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2.$$

Для строки Остаток – это сумма квадратов отклонений эмпирических данных от теоретических:

$$SS_0^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2.$$

Для строки Итого – это сумма квадратов отклонения эмпирических данных от среднего

$$SS_Y^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad \text{или} \quad SS_Y^2 = SS_{\Phi}^2 + SS_0^2.$$

3. Столбец MS – дисперсия рассчитанная по формуле:

$$MS = \frac{SS}{df}.$$

Для строки Регрессия – это факторная дисперсия  $\sigma_{\phi}^2$

Для строки Остаток – это остаточная дисперсия  $\sigma_o^2$

4. Столбец F – расчетное значение F-критерия Фишера  $F_p$ , вычисляемое по формуле

$$F_p = \frac{MS(\text{Регрессия})}{MS(\text{Остатки})}$$

5. Столбец Значимость F – значение уровня значимости, соответствующее вычисленному значению  $F_p$ . Определяется с помощью функции

$$= \text{FPACП}(F_p; df(\text{регрессия}); df(\text{остаток})).$$

#### Значимость коэффициента детерминации

В данном дипломном проекте проверка значимости коэффициента детерминации основана на проверке попадания показателя F в критическую область ( $F_{np,\alpha}^{kp}, +\infty$ ). На примере июля месяца мы видим, что  $F_{np,\alpha}^{kp}$  будет равно 3,96, которое берется из таблицы значений F-критерия Фишера при уровне значимости  $\alpha=0,05$ .

Так как показатель F равный 44,8 попадает в критический интервал (3,96;  $+\infty$ ) то гипотеза  $H_0:R^2=0$  опровергается, т.е. коэффициент детерминации является значимым.

По той же схеме была оценена значимость коэффициентов детерминации для остальных периодов и масштабов осреднения, эти данные приведены в таблице №4,

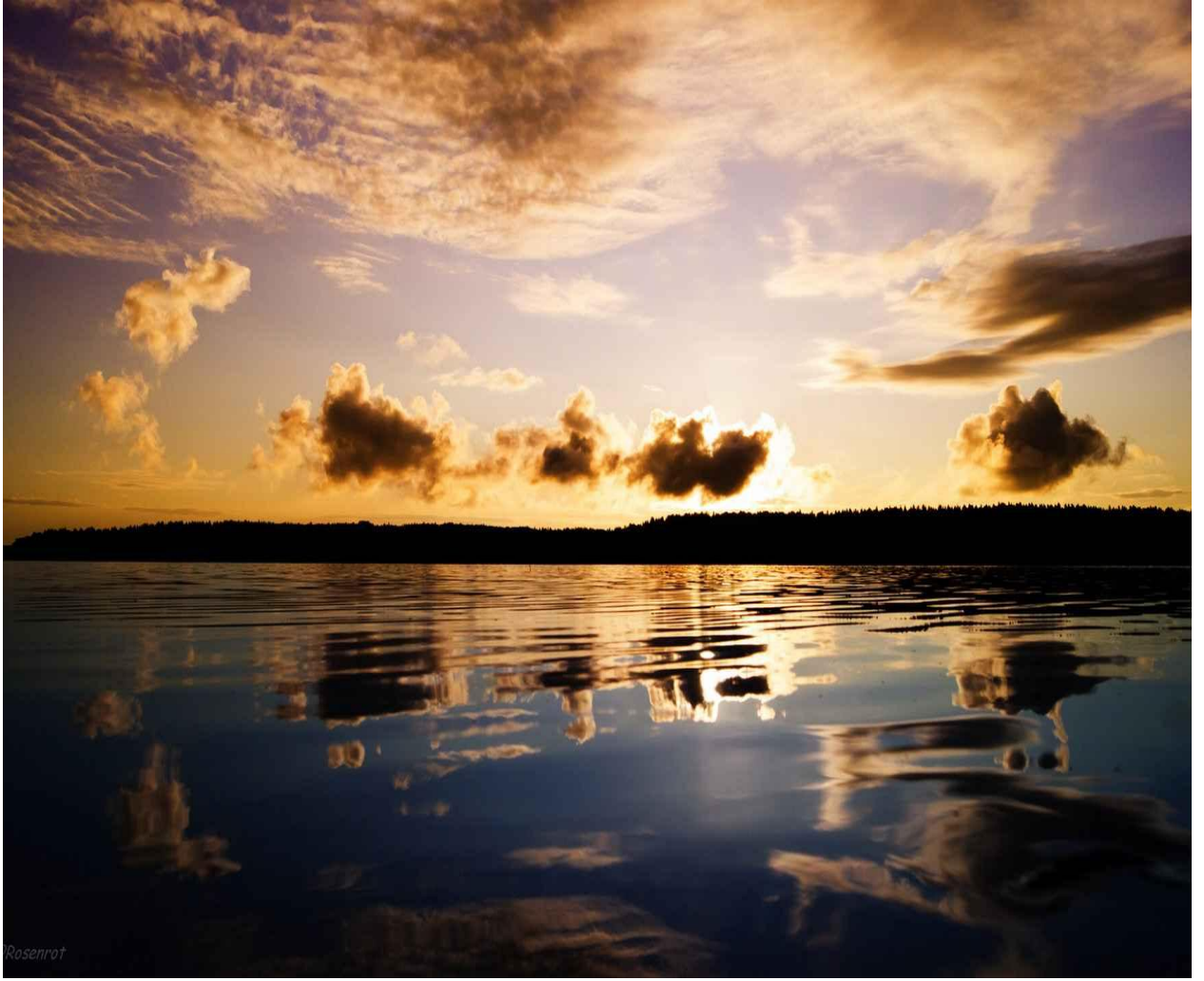
Май	Коэффициент детерминации	F критерий расчетный	F табличный
с 1 по 10	0,9826	112,89	18,51
с 5 по 15	0,9913	342,46	10,13
с 10 по 20	0,24	30	3,94
с 15 по 25	0,2617	68,4	3,89
с 20 по 31	0,3042	127,22	3,87

с 1 по 20	0,3798	60,62	3,94
с 5 по 25	0,3091	88,59	3,89
с 10 по 31	0,3123	133,49	3,89
с 1 по 31	0,3256	143,84	3,87
с 15 мая по 15 июня	0,0141	7,58	3,86
Июнь	Коэфф. детерминации	F критерий расчетный	F табличный
с 1 по 10	0,233	51,34	3,9
с 5 по 15	0,0093	1,76	3,89
с 10 по 20	0,0057	0,78	3,9
с 15 по 25	0,0974	7,55	3,98
с 20 по 30	0,0048	0,32	3,98
с 1 по 20	0,0251	7,35	3,87
с 5 по 25	0,0049	1,23	3,87
с 10 по 30	0,0028	0,55	3,89
с 1 по 30	0,0005	0,17	3,86
с 15 июня по 15 июля	0,1829	52,81	3,89
Июль	Коэфф. детерминации	F критерий расчетный	F табличный
с 1 по 10	0,3507	44,83	3,96
с 5 по 15	0,2925	37,2	3,95
с 10 по 20	0,1337	15,28	3,94
с 15 по 25	0,1735	17,42	3,96
с 20 по 31	0,0014	0,08	4
с 1 по 20	0,1866	35,78	3,9

с 5 по 25	0,116	22,17	3,9
с 10 по 31	0,0674	11,48	3,9
с 1 по 31	0,1135	27,64	3,89
с 15 июля по 15 августа	0,1316	32,12	3,89
Август	Коэфф. детерминации	F критерий расчетный	F табличный
с 1 по 10	0,3987	33,15	4,03
с 5 по 15	0,0291	2,21	3,98
с 10 по 20	0,0058	0,48	3,96
с 15 по 25	0,0995	5,63	4,03
с 20 по 31	0,018	1,68	3,95
с 1 по 20	0,0873	12,05	3,92
с 5 по 25	0,0205	0,1	3,92
с 10 по 31	0,0226	3,96	3,9
с 1 по 31	0,1022	24,23	3,89
с 15 августа по 15 сентября	0,0135	2,25	3,9
Сентябрь	Коэфф. детерминации	F критерий расчетный	F табличный
с 1 по 10	0,0156	0,6	4,08
с 5 по 15	0,0248	0,61	4,26
с 10 по 20	0,0561	2,55	4,06
с 15 по 25	0,0033	0,15	4,06
с 20 по 30	0,0005	0,041	3,96
с 1 по 20	0,0007	0,05	3,96

с 5 по 25	0,04	2,91	3,98
с 10 по 30	0,008	0,82	3,94
с 1 по 30	0,0074	1,05	3,9
с 15 сентября по 15 октября	0,0126	1,85	3,9
Октябрь	Коэфф. детерминации	F критерий расчетный	F табличный
с 1 по 10	0,0649	2,7	4,08
с 5 по 15	0,1099	6,04	4,03
с 10 по 20	0,1067	4,65	4,08
с 15 по 25	0,1109	2,61	4,32
с 20 по 31	0,3017	10,8	4,24
с 1 по 20	0,048	3,83	3,96
с 5 по 25	0,0501	3,69	3,98
с 10 по 31	0,0715	4,69	4
с 1 по 31	0,0381	3,88	3,94
с 15 октября по 15 ноября	0,0138	0,82	4
Ноябрь	Коэфф. детерминации	F критерий расчетный	F табличный
с 1 по 10	0,1545	1,09	5,99
с 5 по 15	0,2838	4,35	4,84
с 10 по 20	0,0361	0,52	4,6
с 1 по 20	0,0513	1,18	4,3

Таблица №4 (красным выделены не значимые коэффициенты детерминации)



Rosenrot

## Вывод

В результате проделанной работы по оценке значимости климатических трендов температуры поверхности воды был сделан вывод что: наибольший коэффициент детерминации достигается при масштабе осреднения от 10 суток. При большем масштабе осреднения (до 20 суток.) коэффициент детерминации уменьшается при общем увеличении интервала со значимыми трендами температуры.

Таким образом, если при исследовании трендов температуры воды крупных озер использовать месячное осреднение, то необходимо помнить, что межгодовые тренды преимущественно существуют для интервалов равных несколько дней.

Анализ данных почти для периода открытой воды позволяет сделать вывод, что климатические тренды температуры поверхности воды Ладожского озера имеют место в очень ограниченные отрезки времени, сравнимые с синоптическим периодом.





## **Заключение**

Целью данного дипломного проекта являлась оценка климатических трендов температуры поверхности воды Ладожского озера.

В соответствии с целью были выполнены следующие задачи:

- исследованы данные о физико-географической характеристике Ладожского озера;
- изучена методическая и научная литература по выбранной теме дипломного проекта;
- собраны необходимые исходные данные;
- обработаны и проанализированы собранные данные.

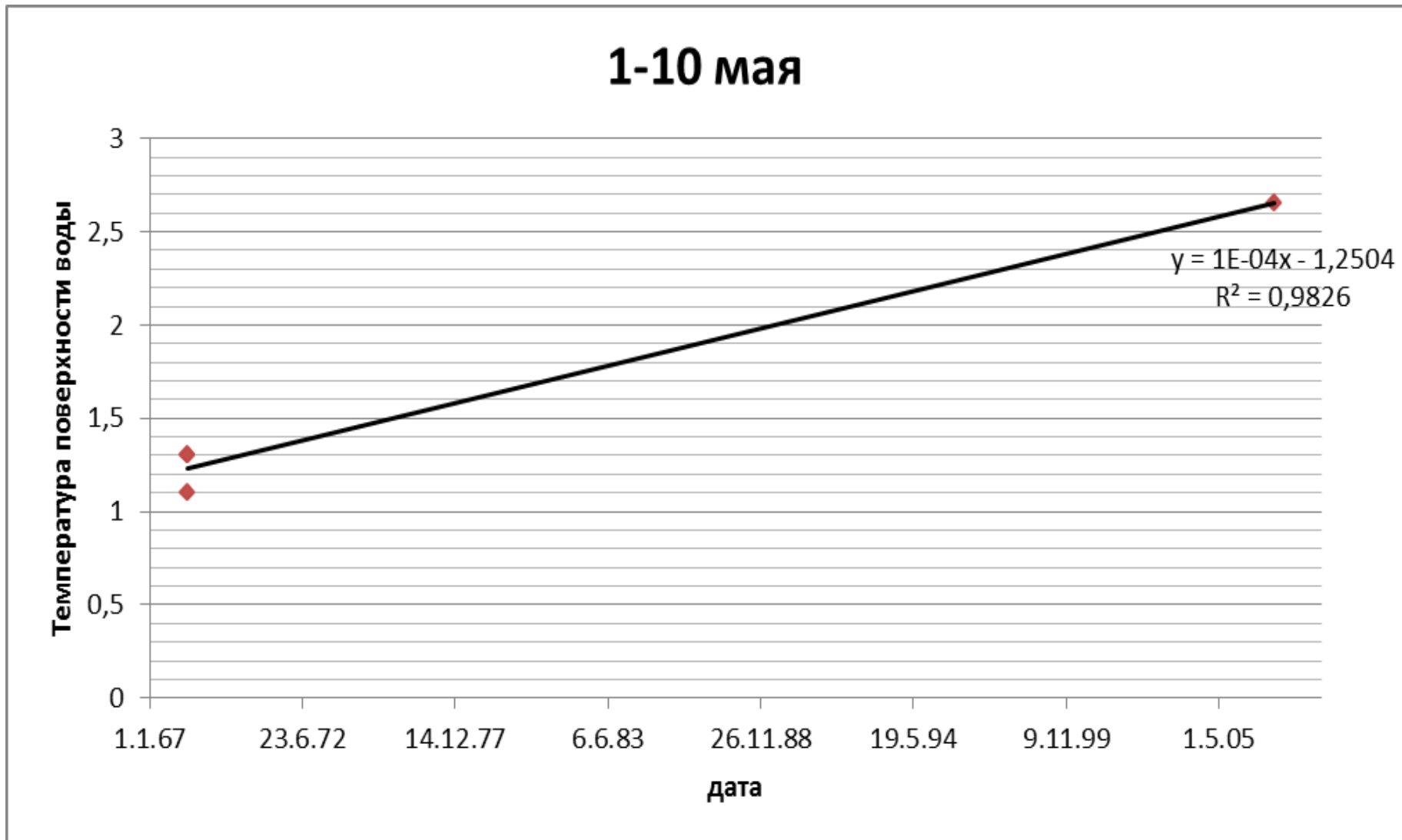
Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что цель данного дипломного проекта достигнута.

### **Список использованной литературы**

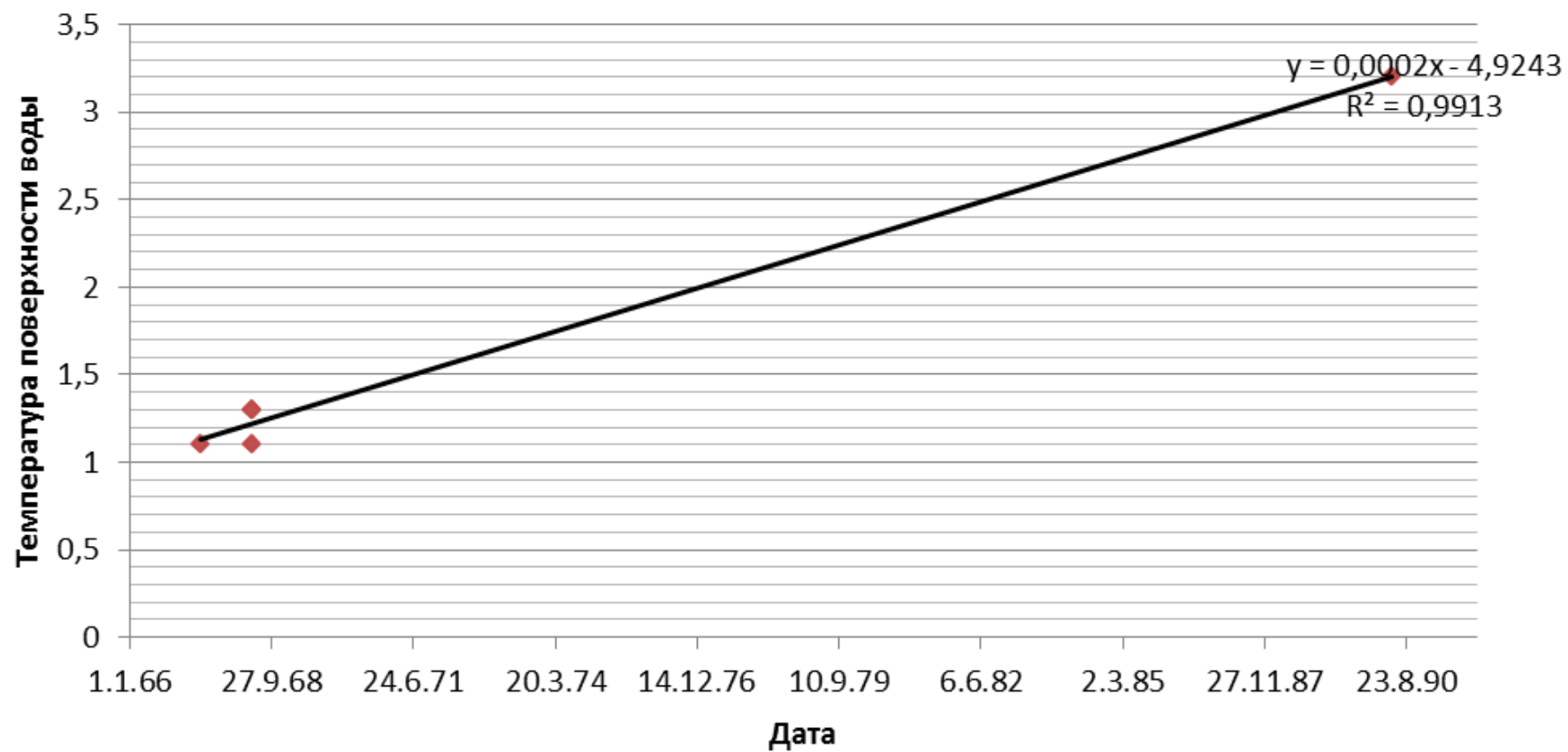
1. Ладожское озеро, атлас. – СПб.: ИНОЗ РАН, 2002
2. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик
3. Основы инженерной гидрологии, В.Г.Орлов, А.В. Сикан, РГГМУ, 2003
4. Ладожское озеро, И.В. Молчанов, Гидрометеиздат, 1945
5. Ладога, под редакцией Академика РАН, проф. В.А, Румянцева д-ра физ.-мат. наук С.А. Кондратьева, СПб, 2013

## Приложения

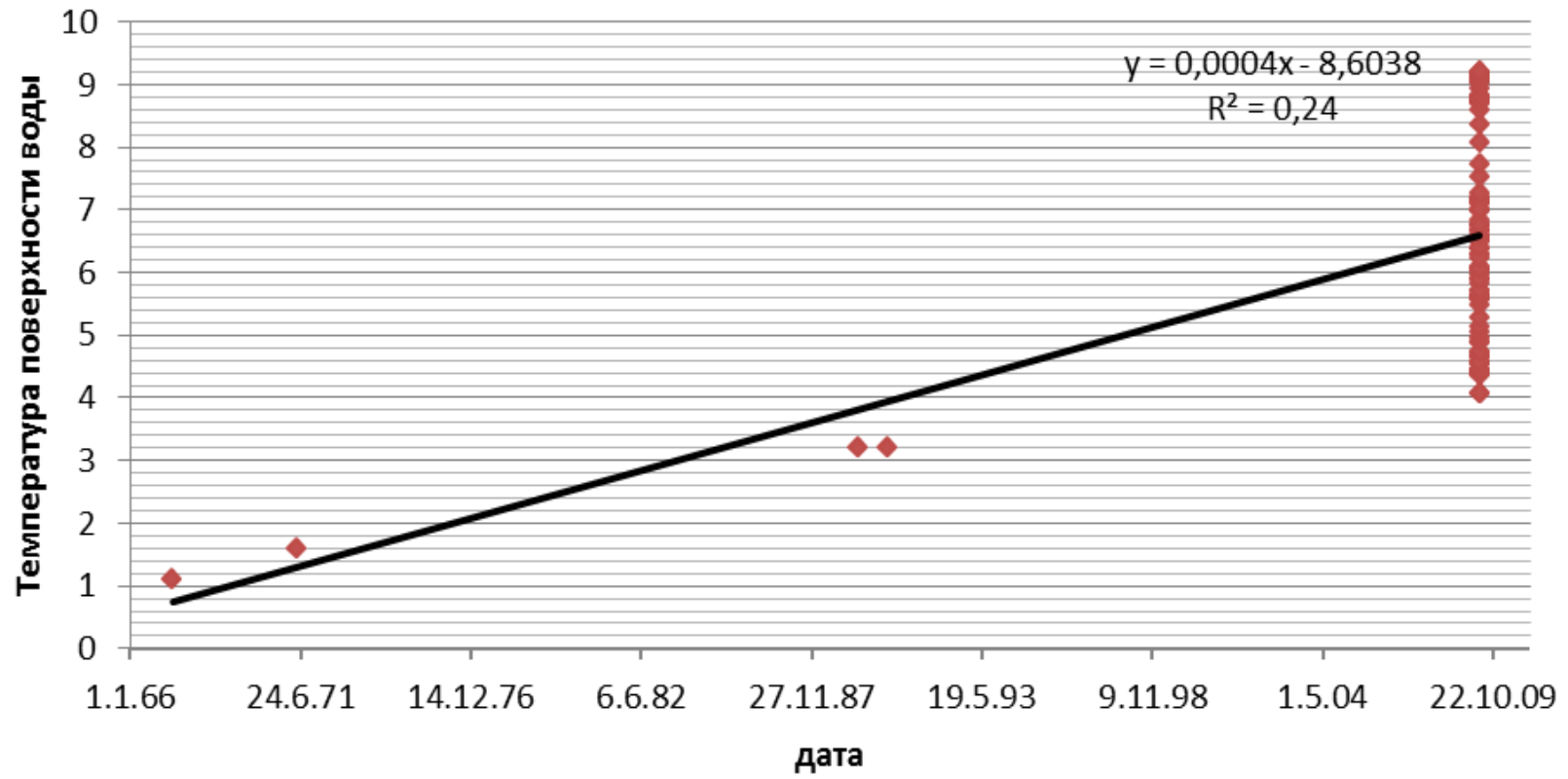
### Приложение А(графики значимых трендов)



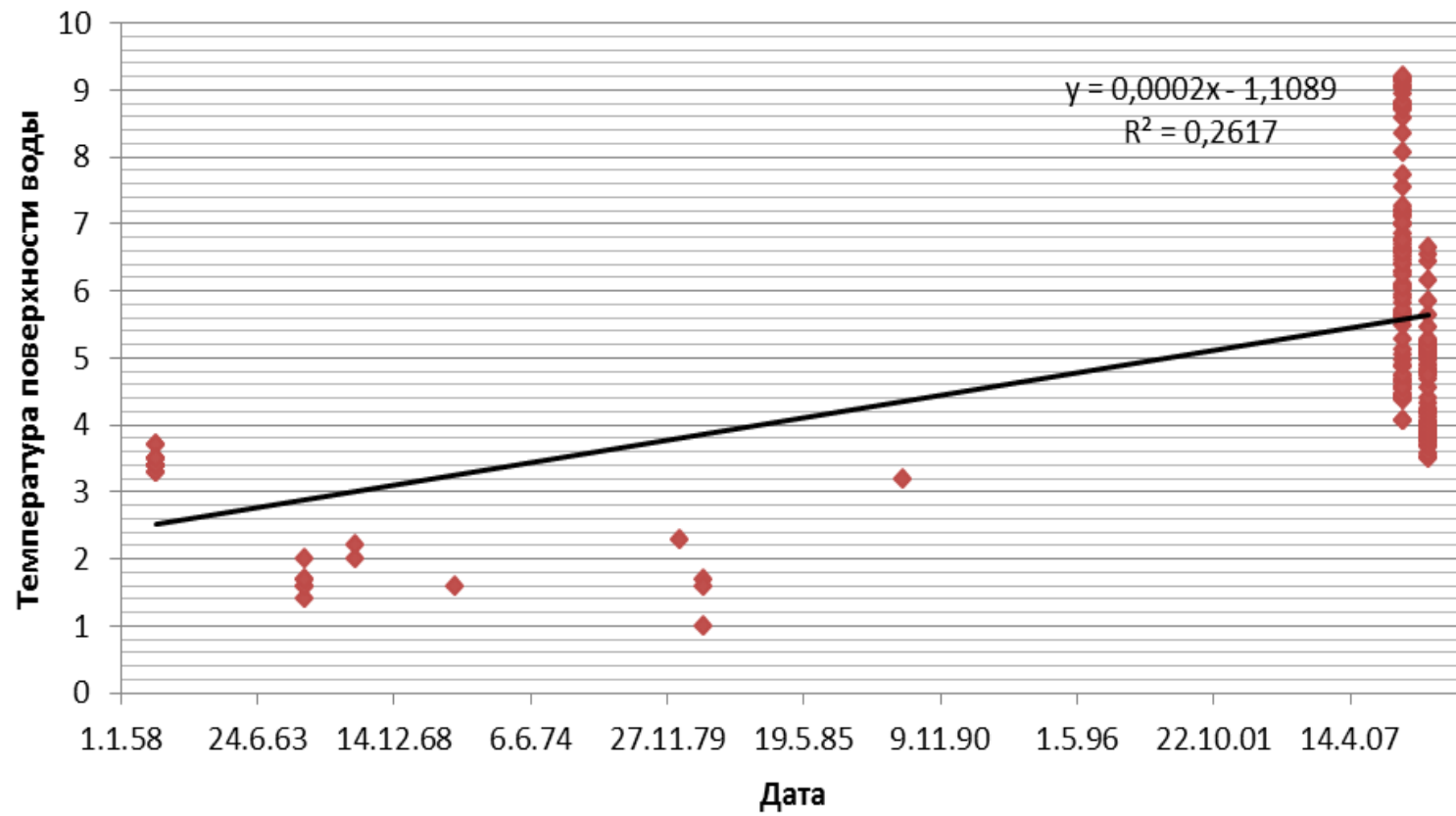
## 5-15 мая



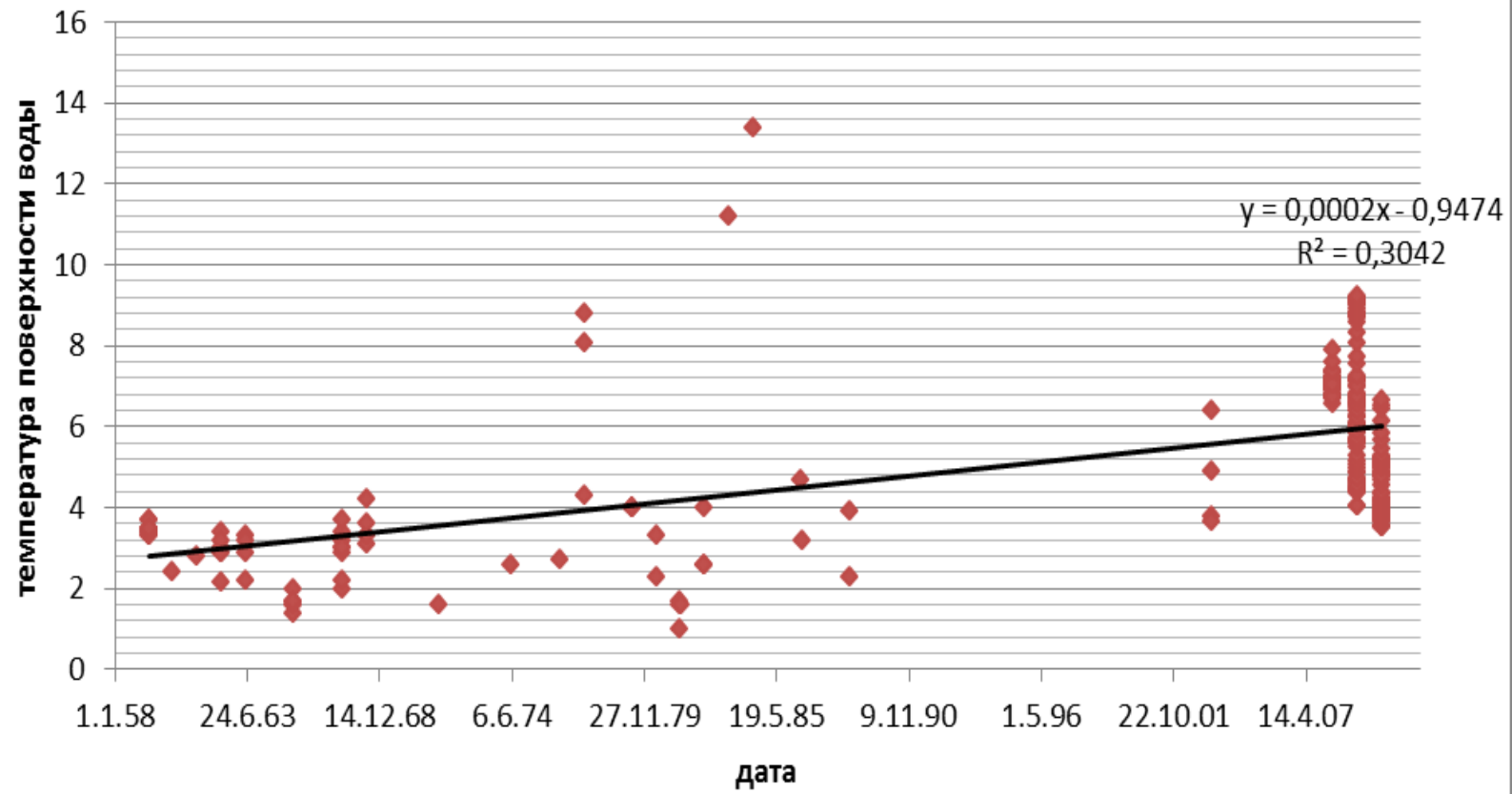
# 10-20 мая



# 15-25 мая

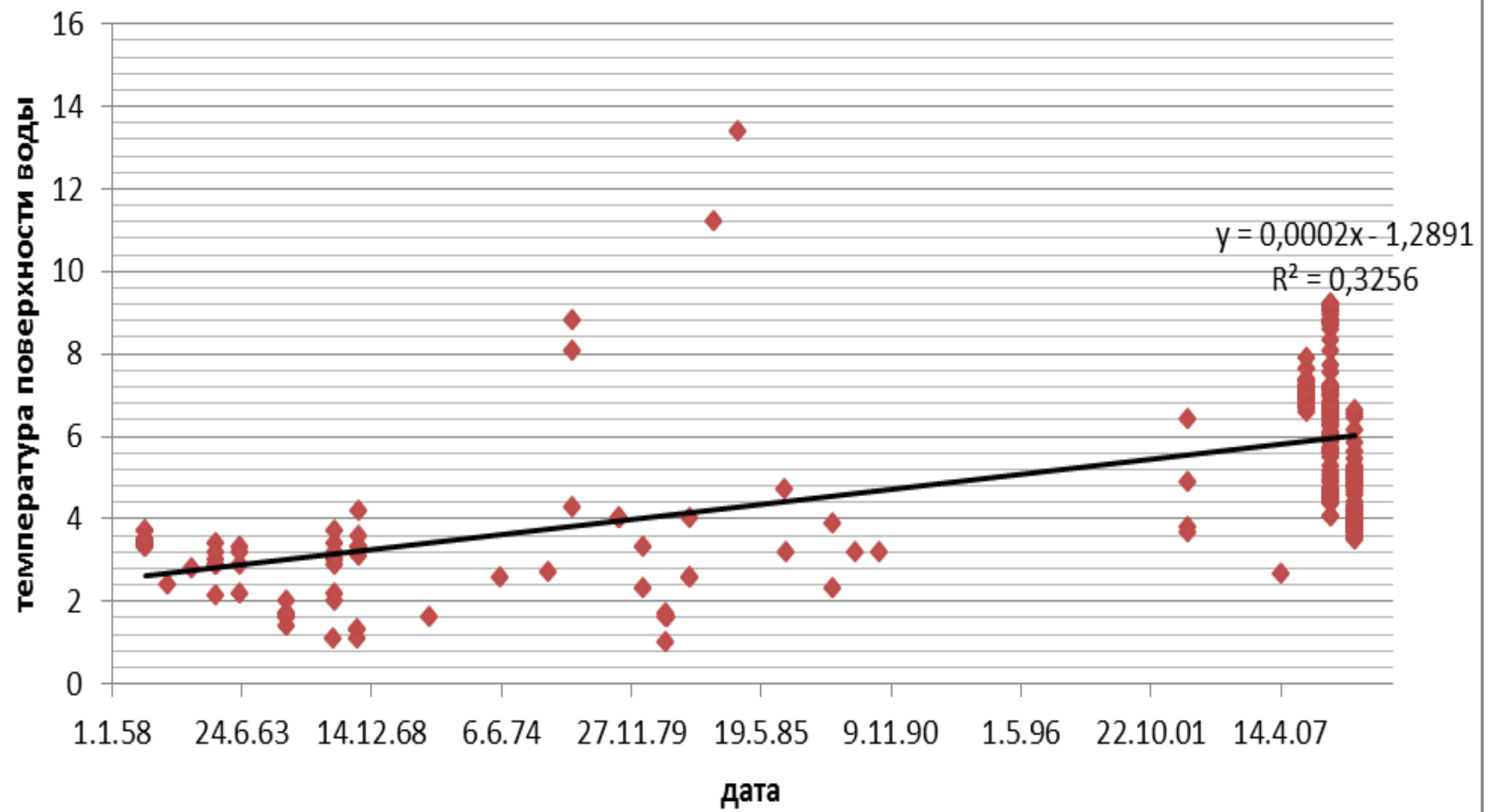


## 20-31 мая

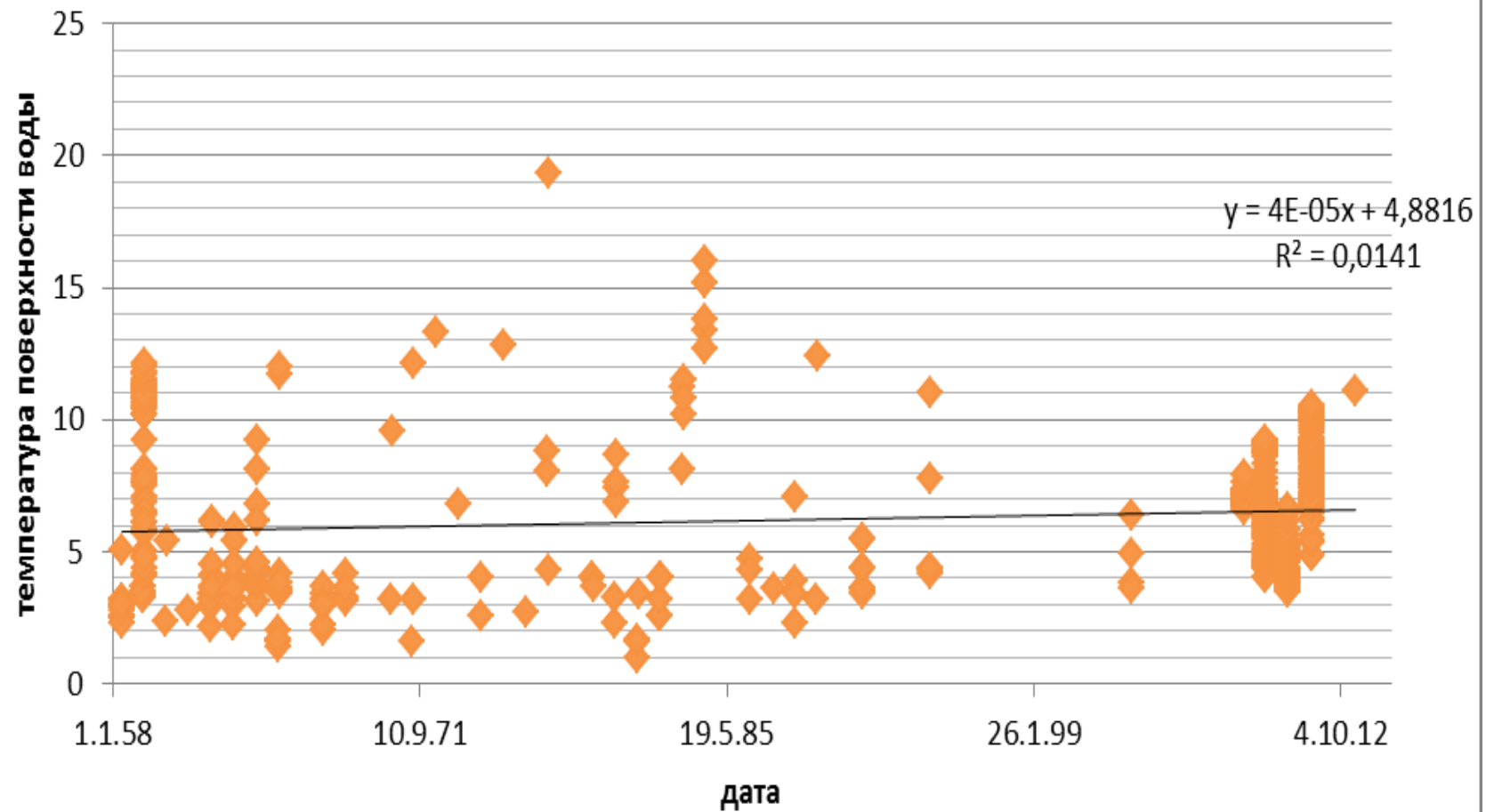


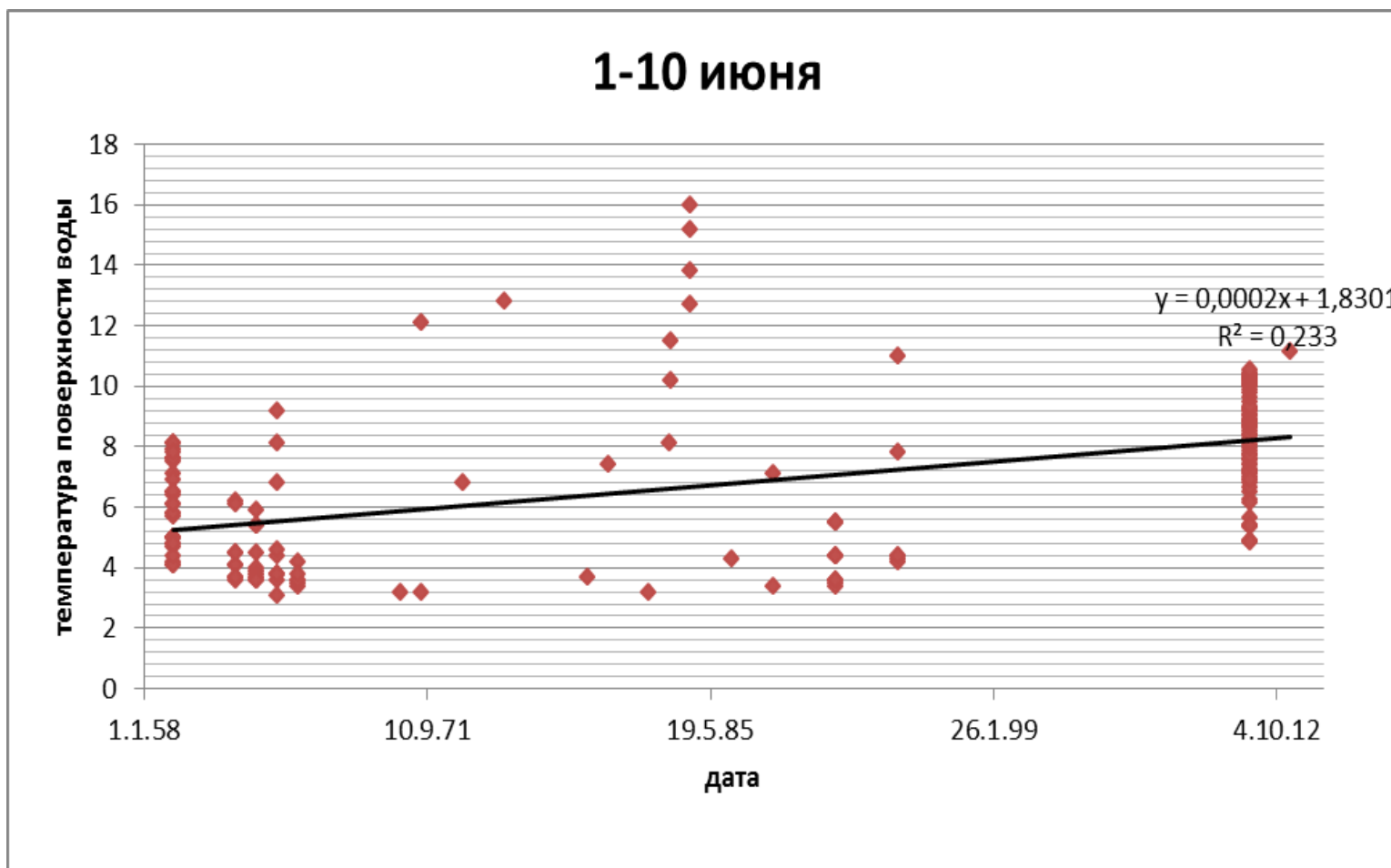


# 1-31 мая

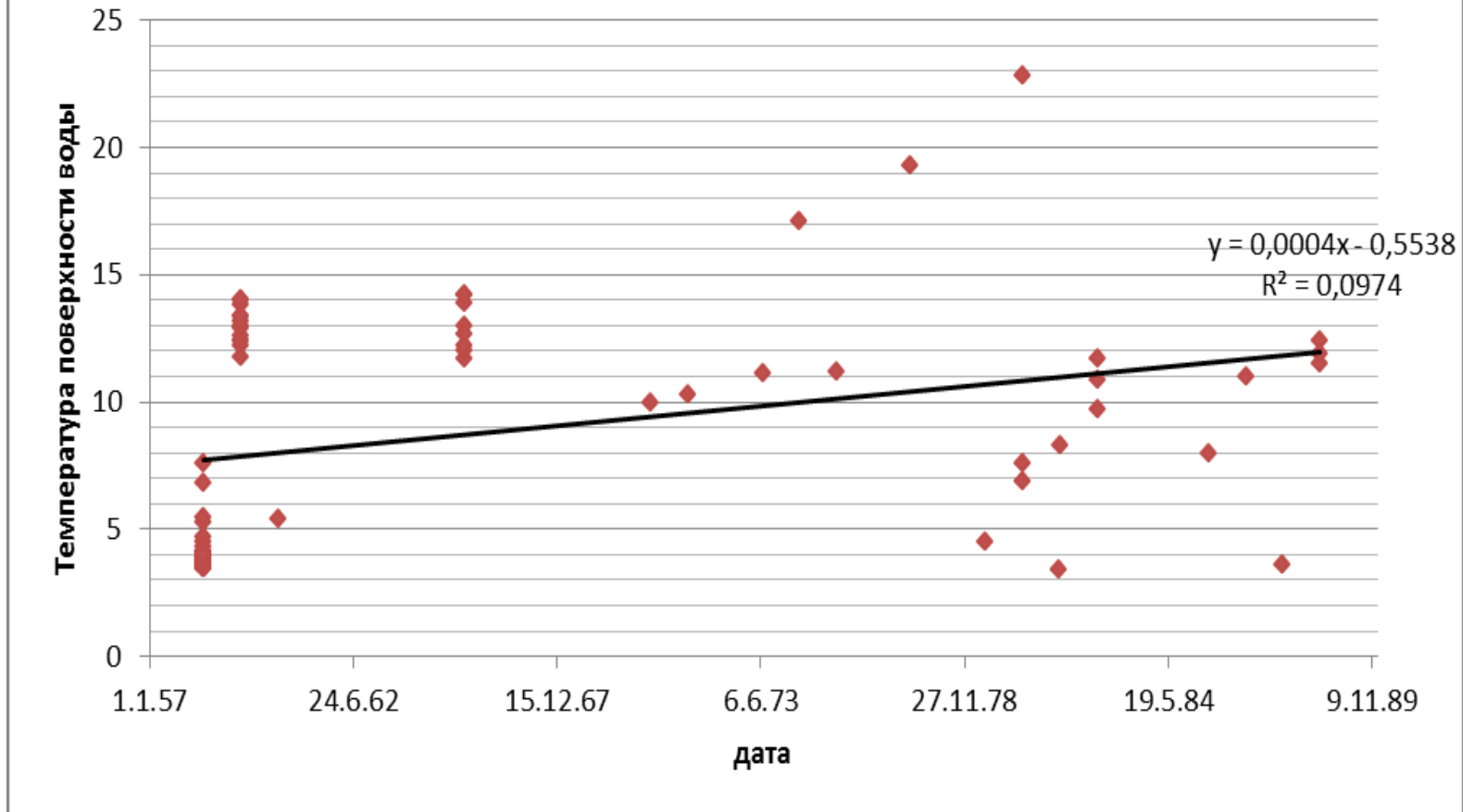


## 15 мая-15 июня

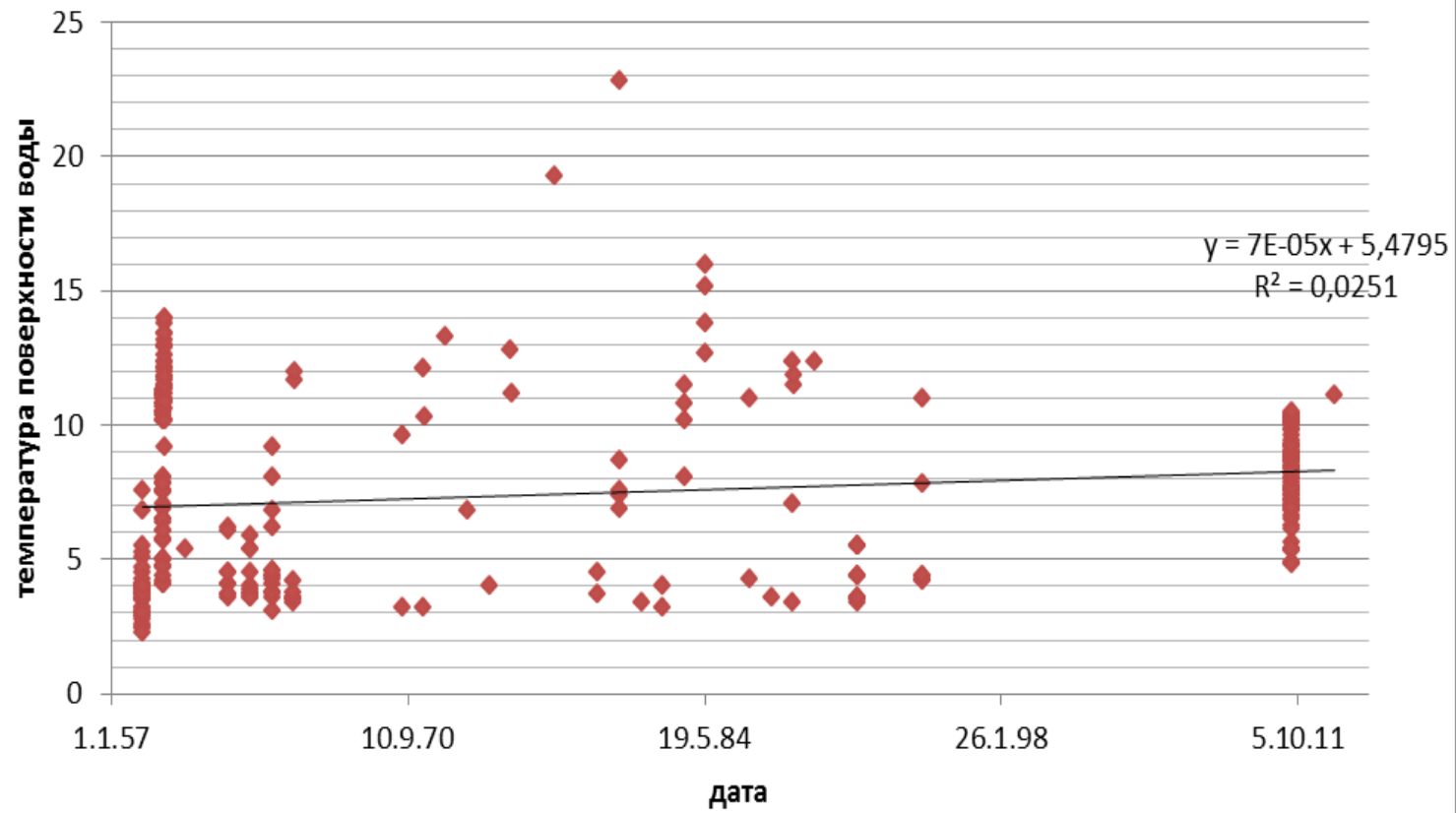




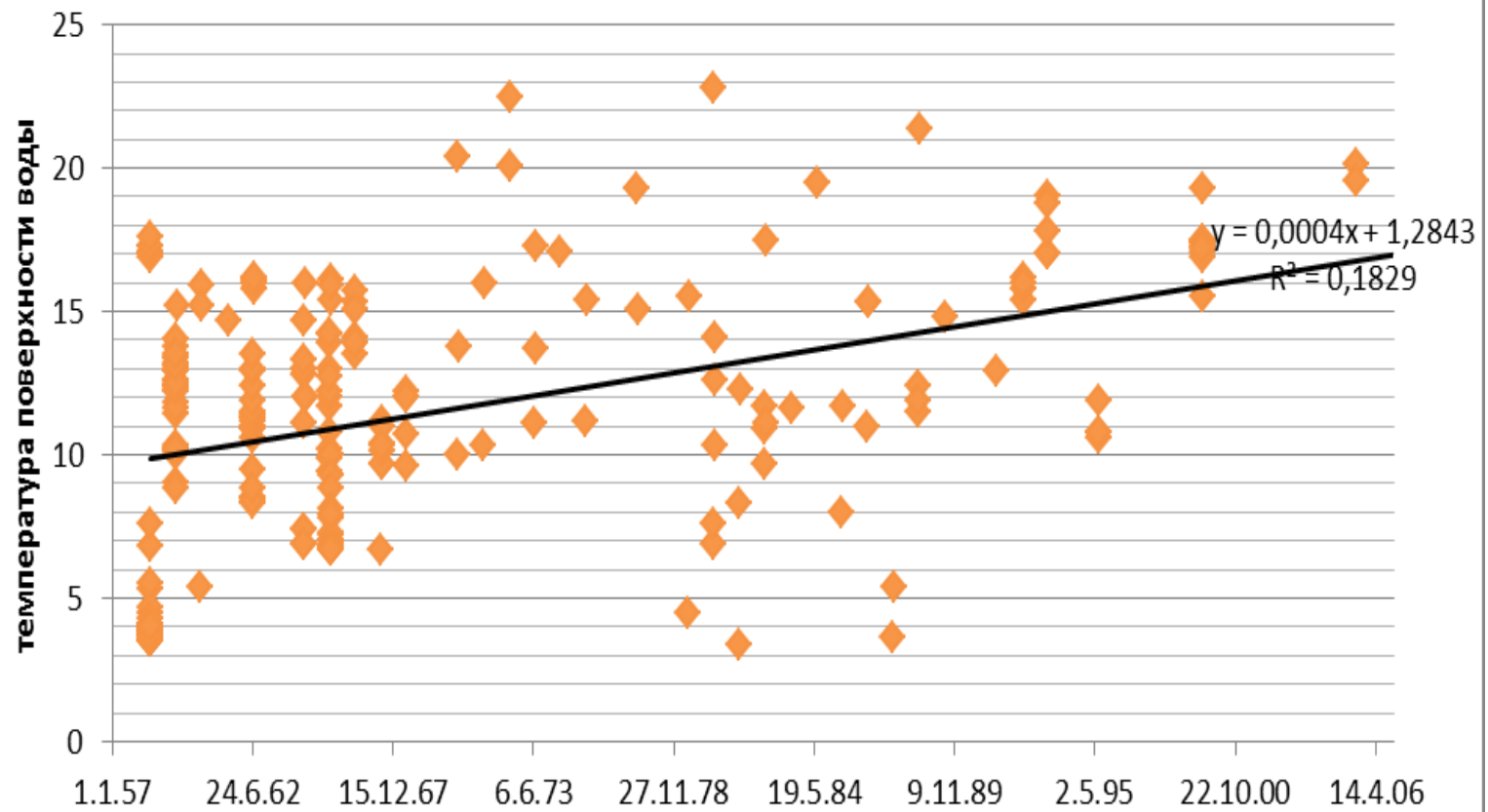
# 15-25 июня



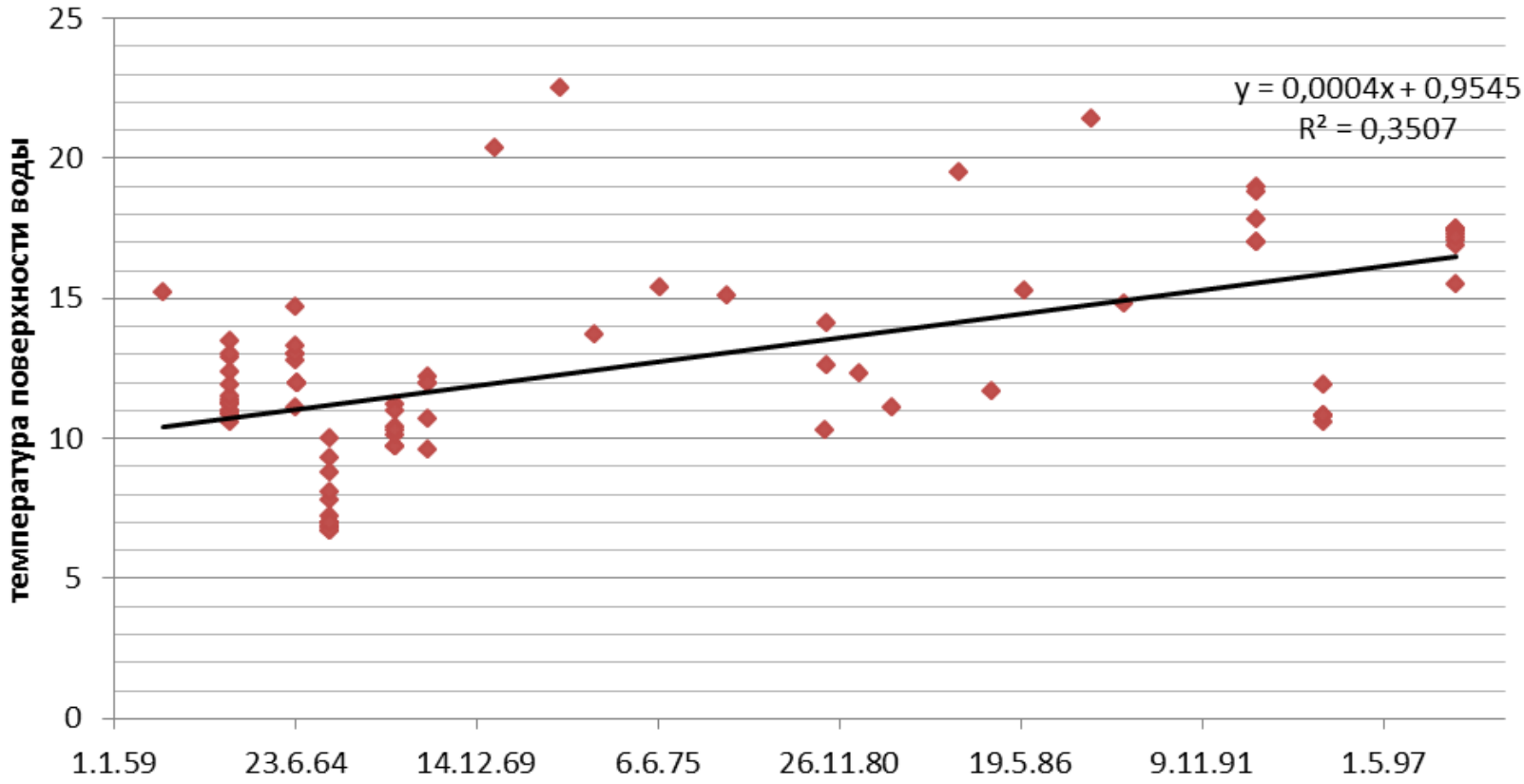
## 1-20 июня



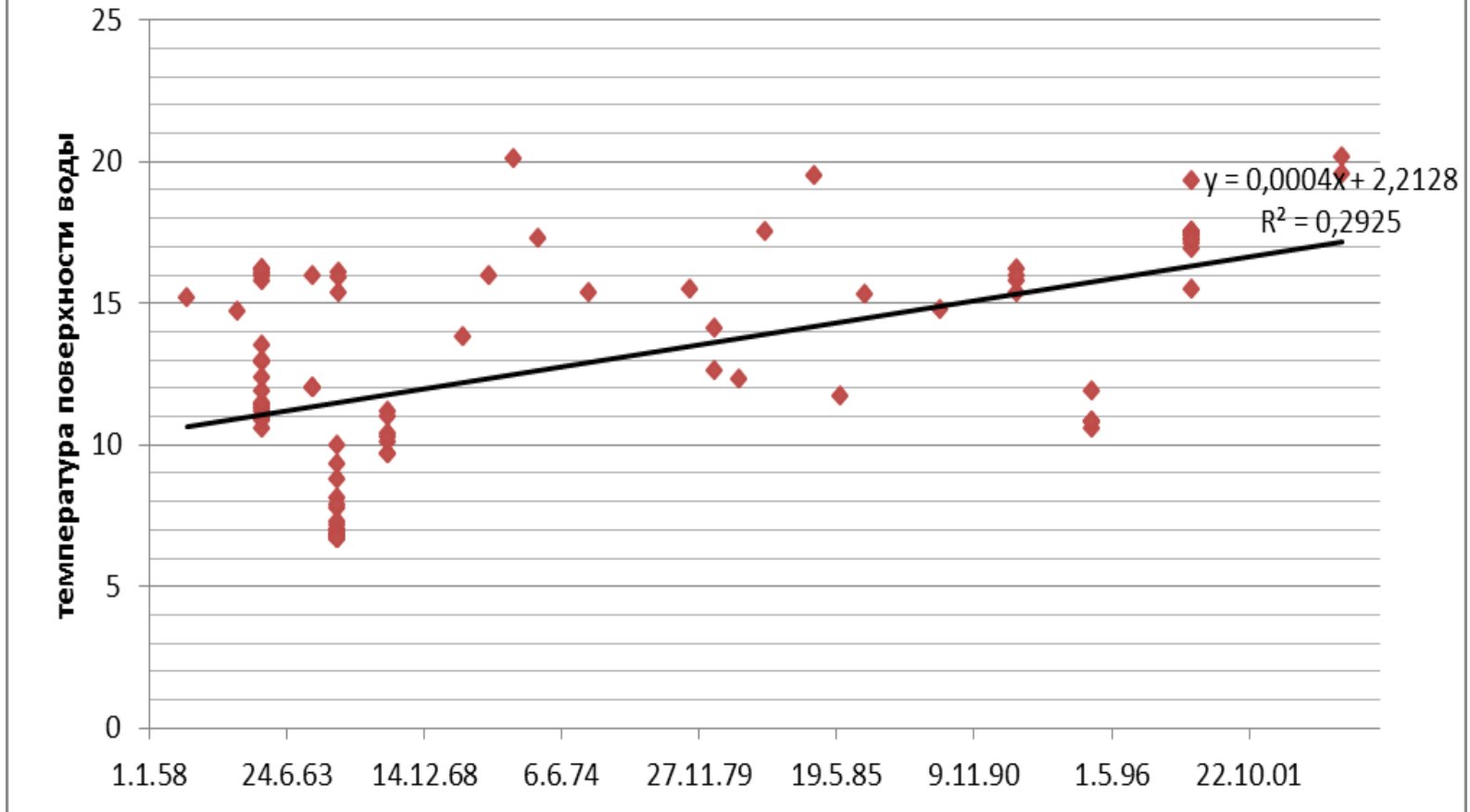
# 15 июня-15 июля



# 1-10 июля

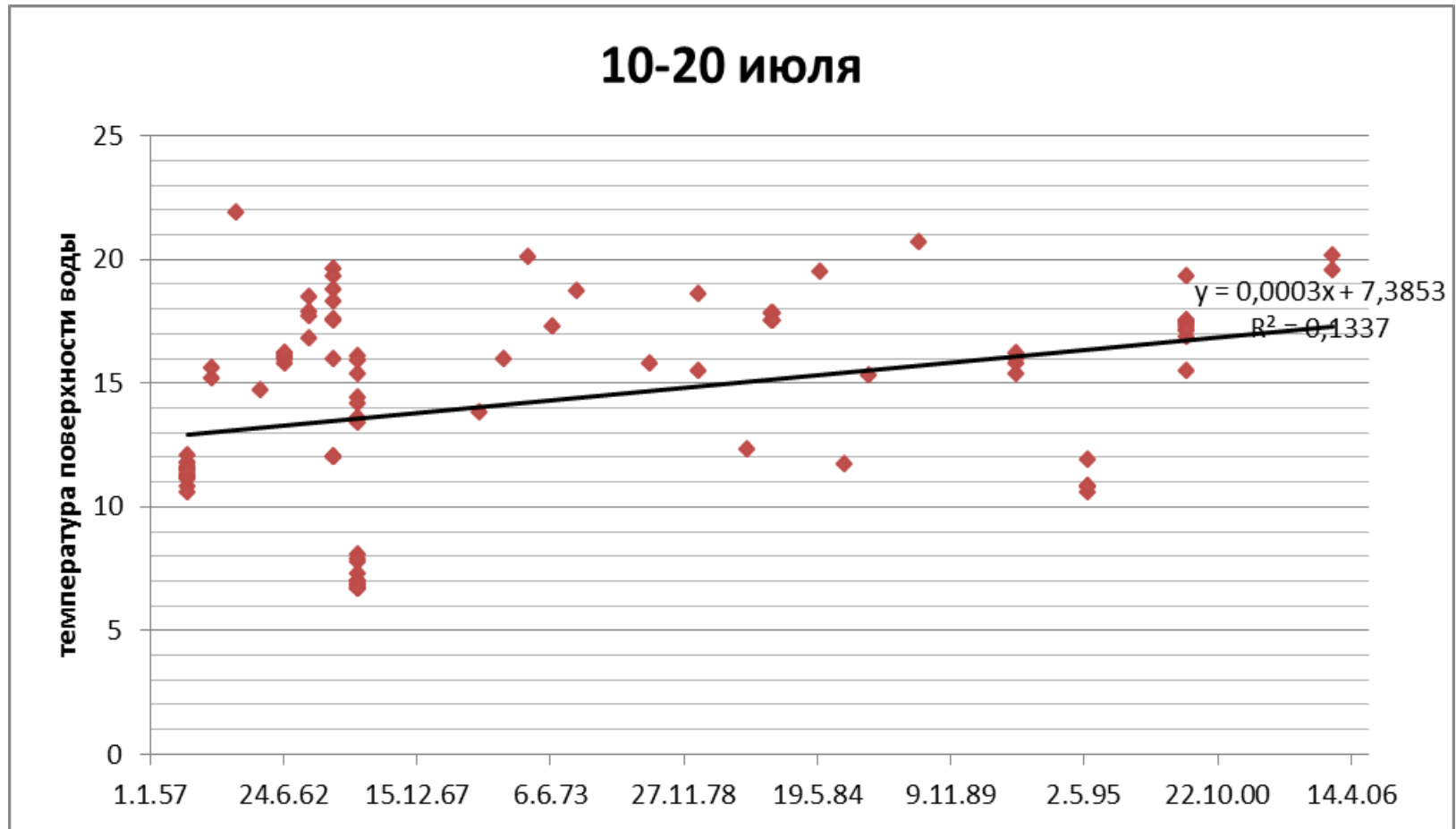


# 5-15 июля

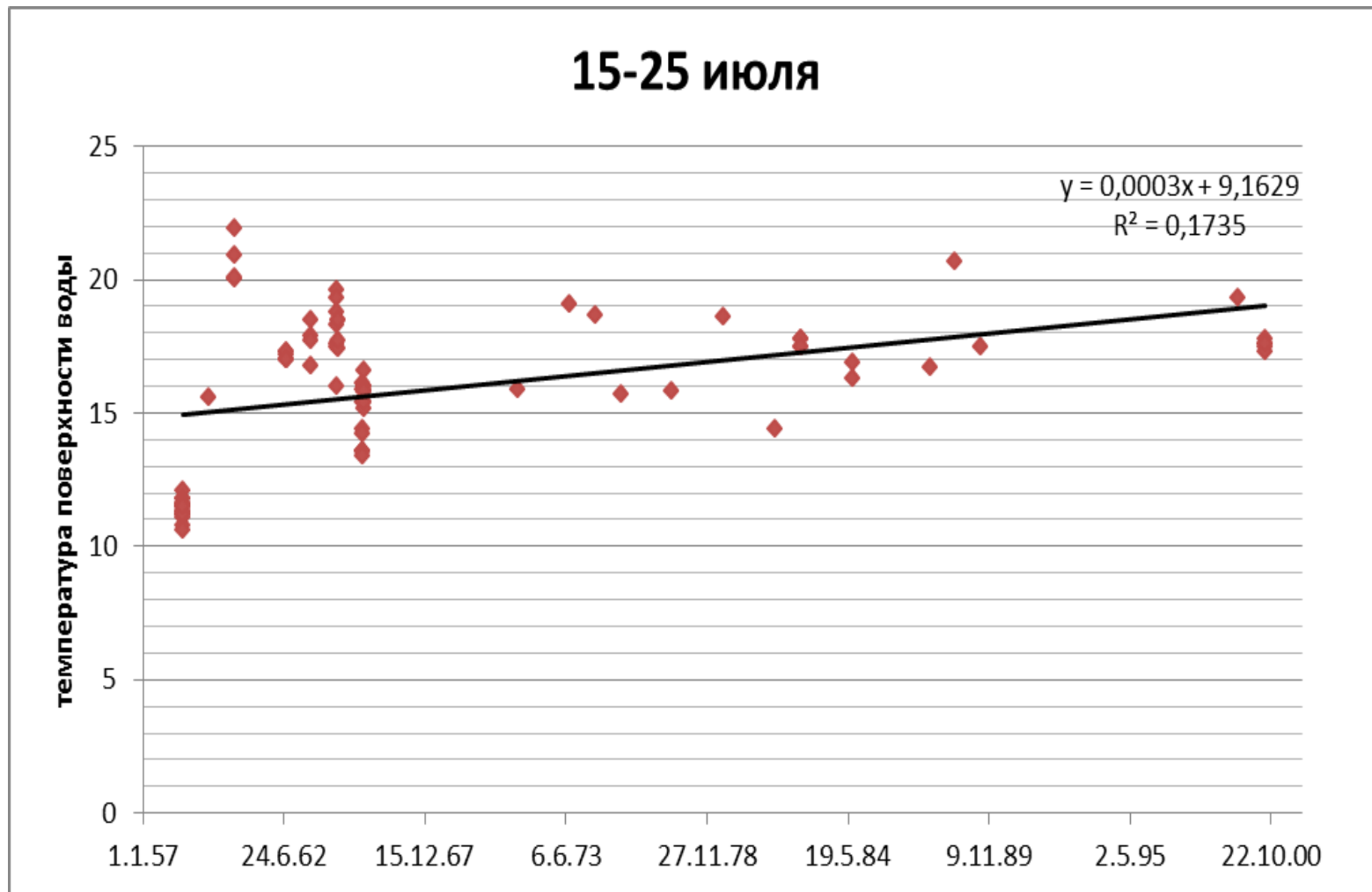




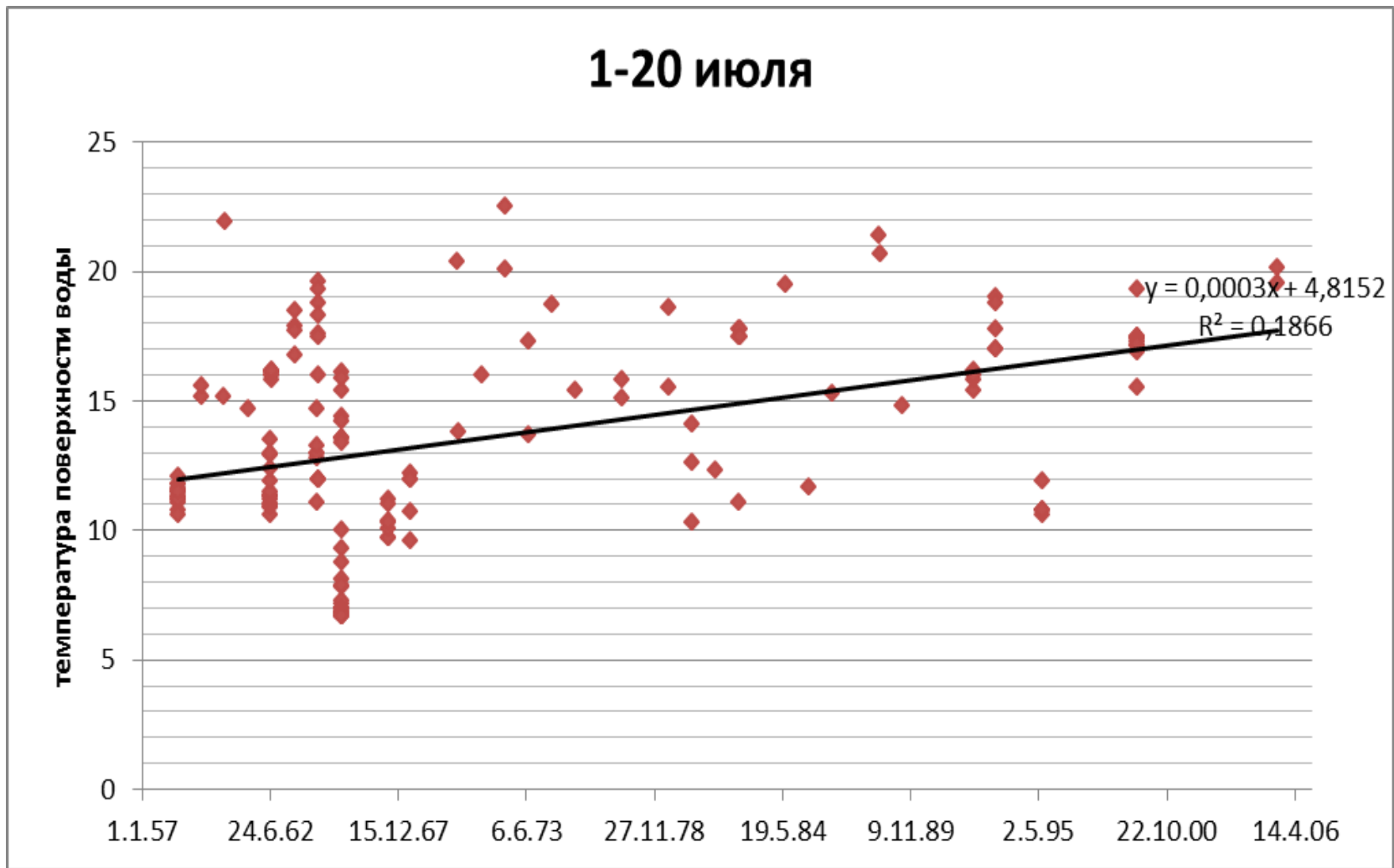
## 10-20 июля



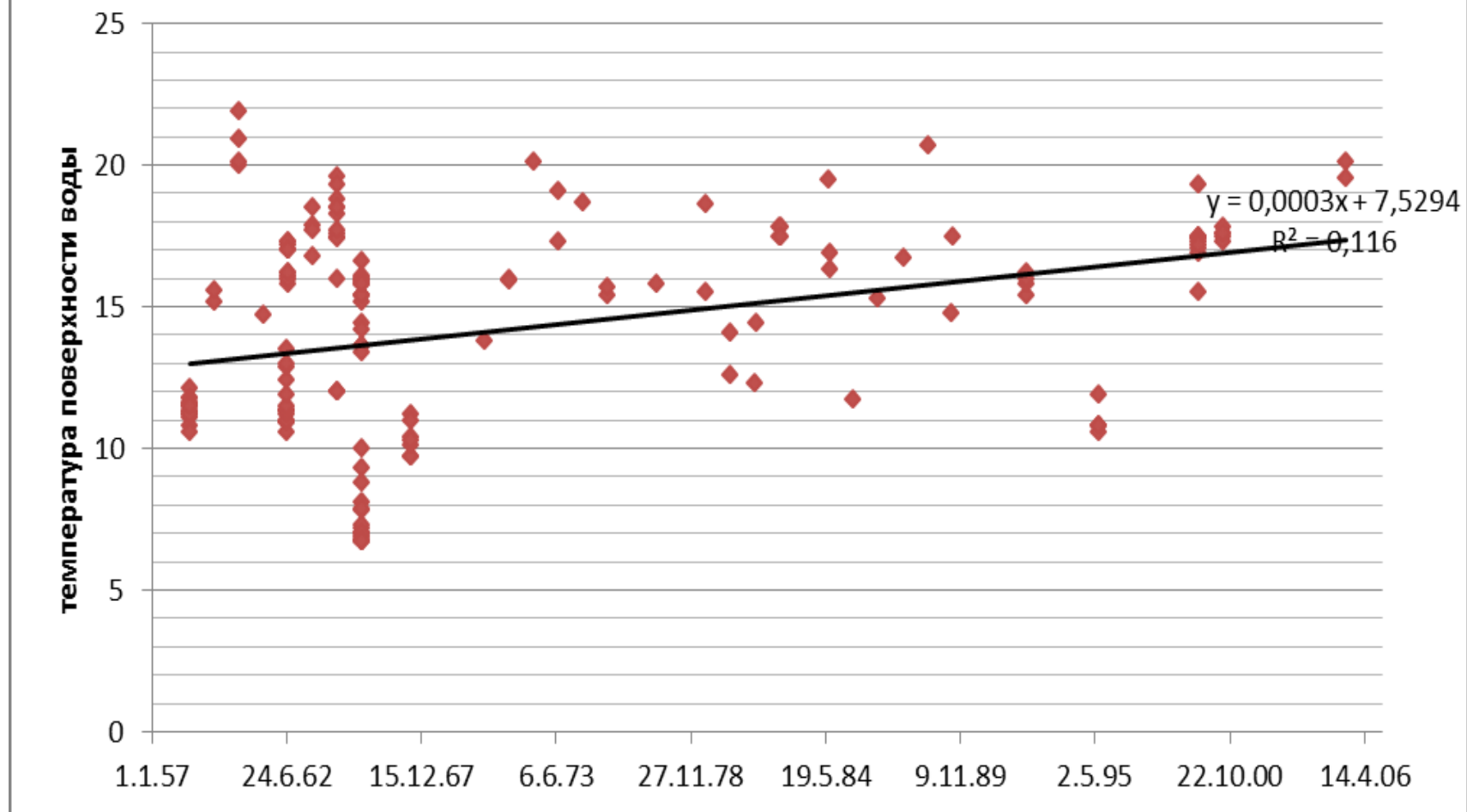
## 15-25 июля



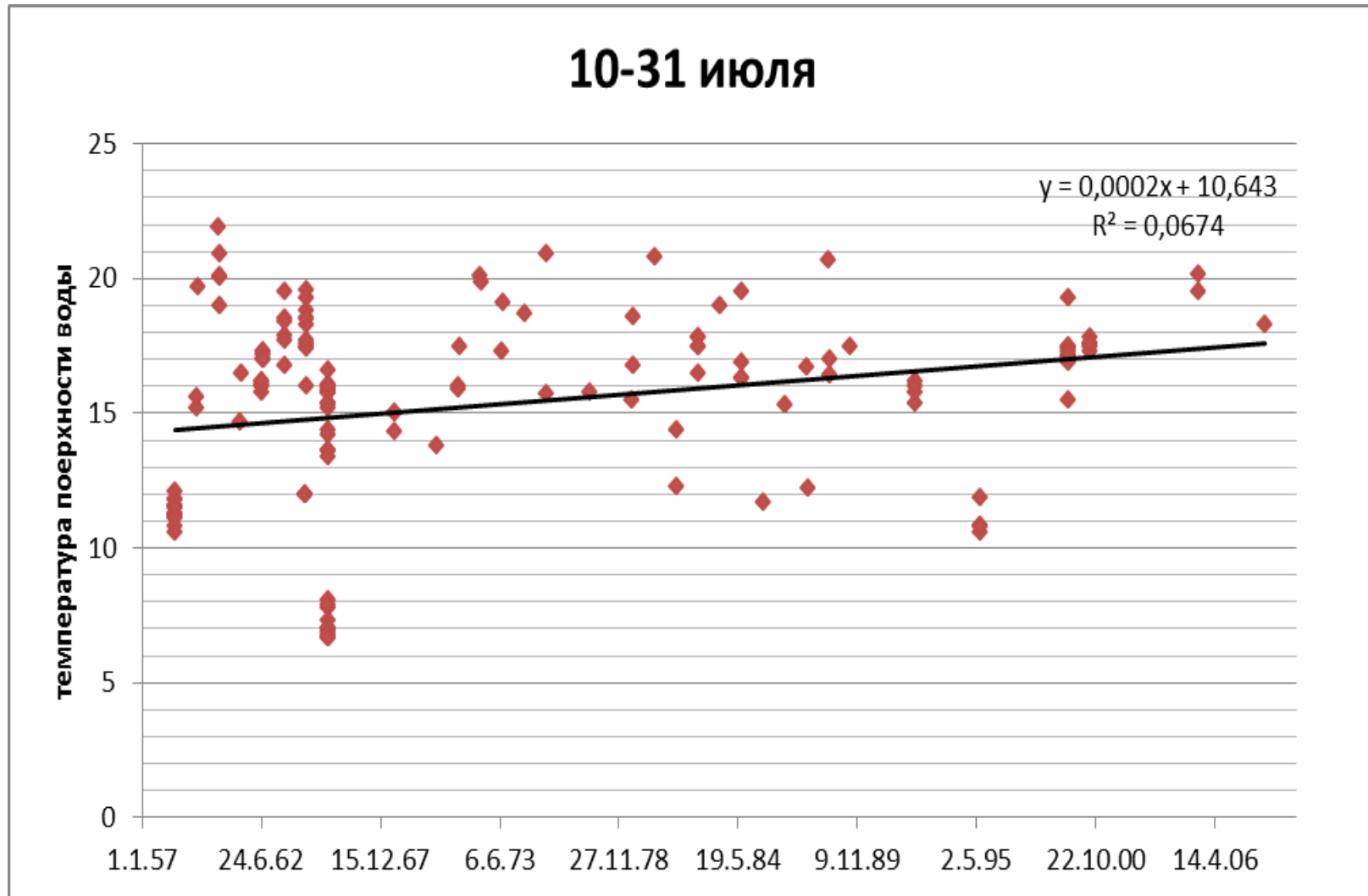
# 1-20 июля



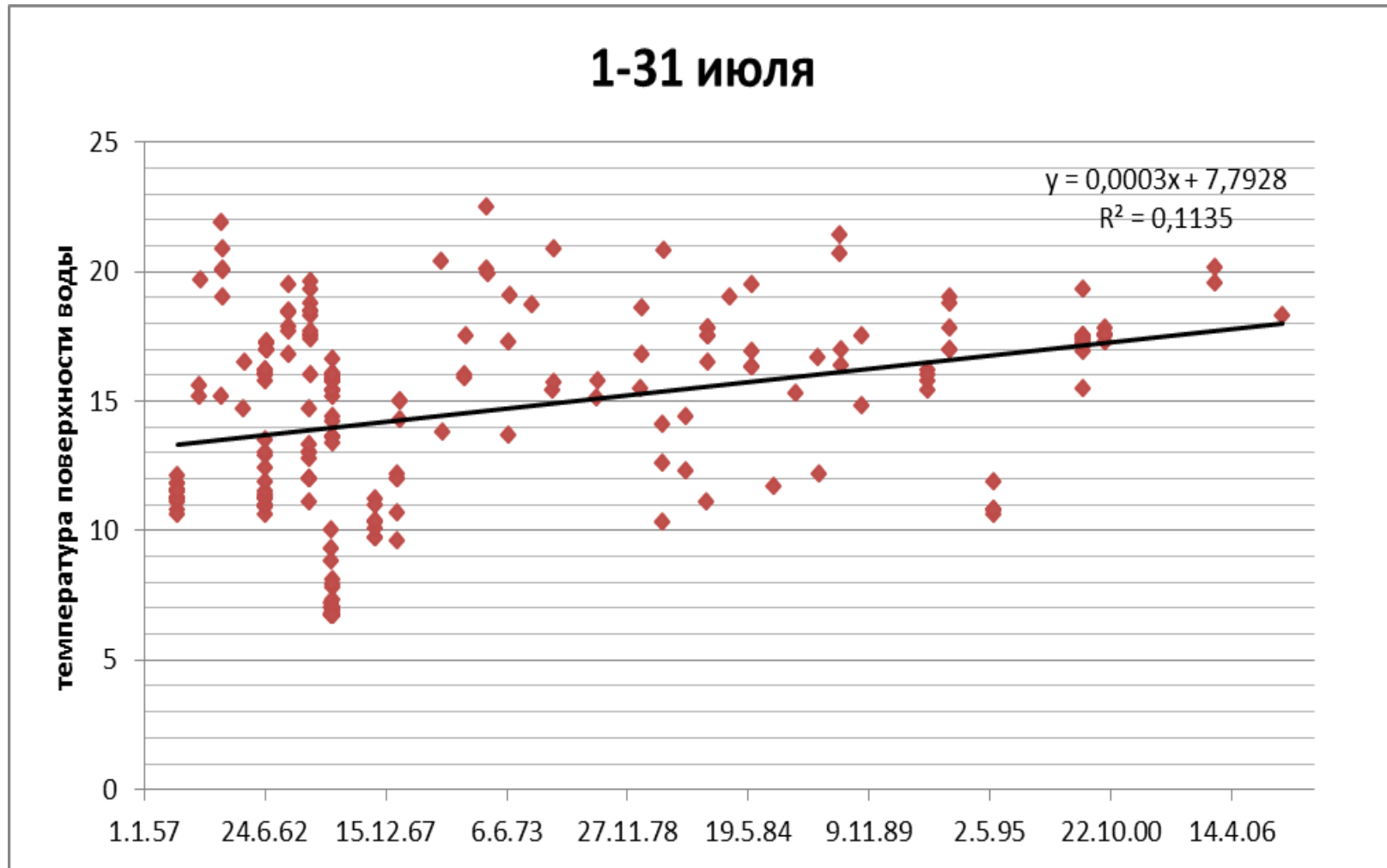
## 5-25 июля



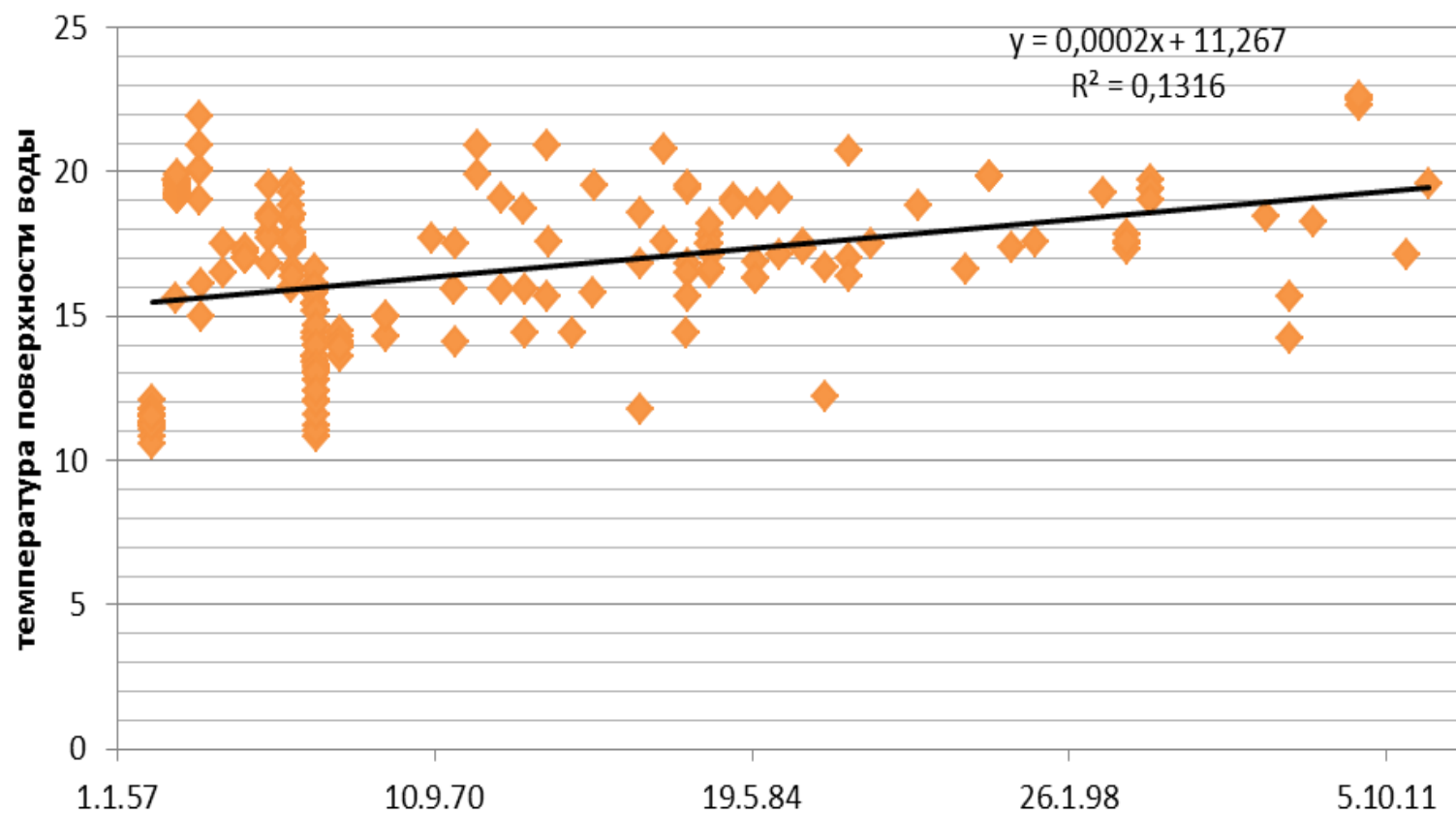
# 10-31 июля



# 1-31 июля



## 15 июля-15 августа

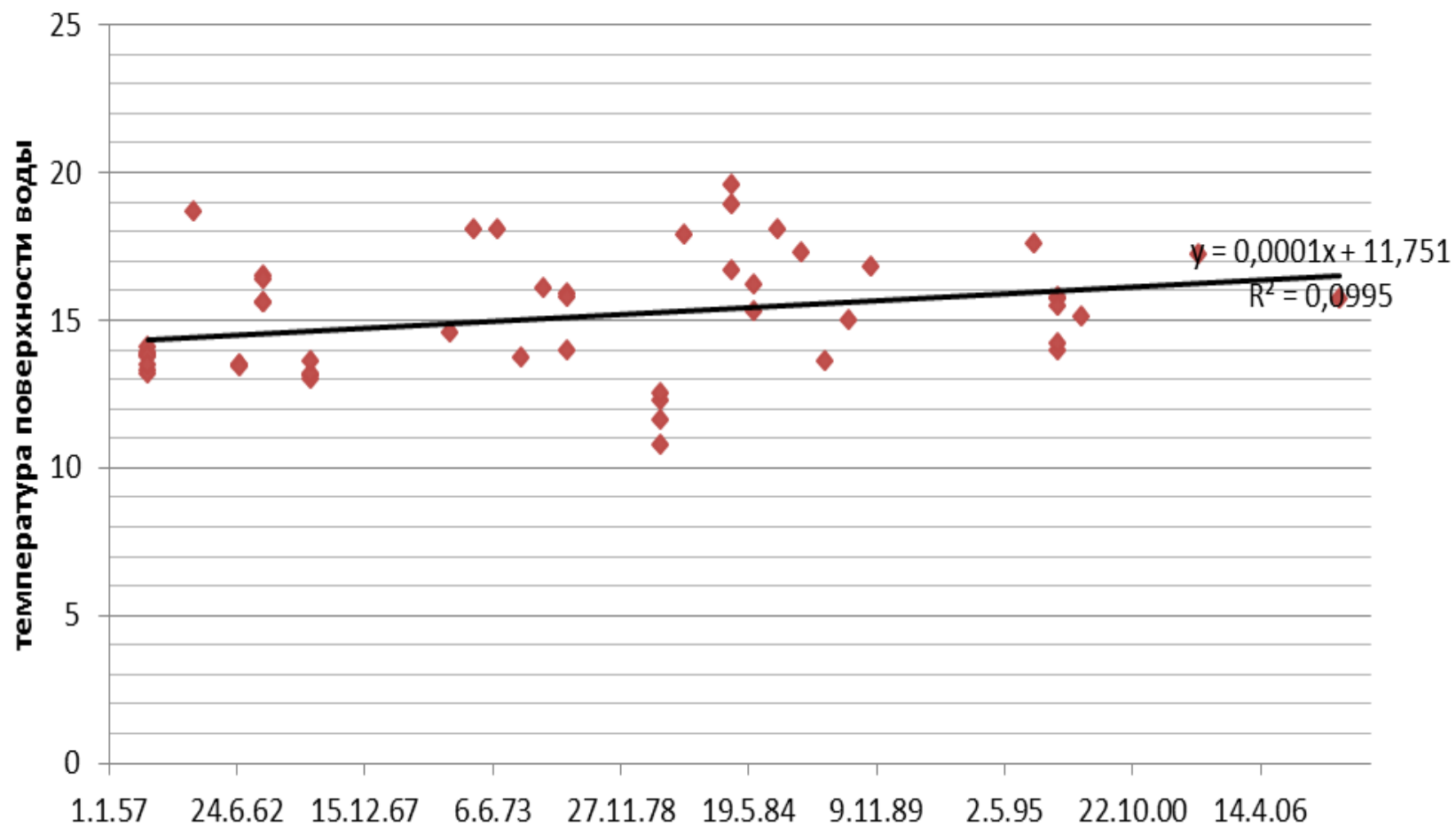


# 1-10 августа

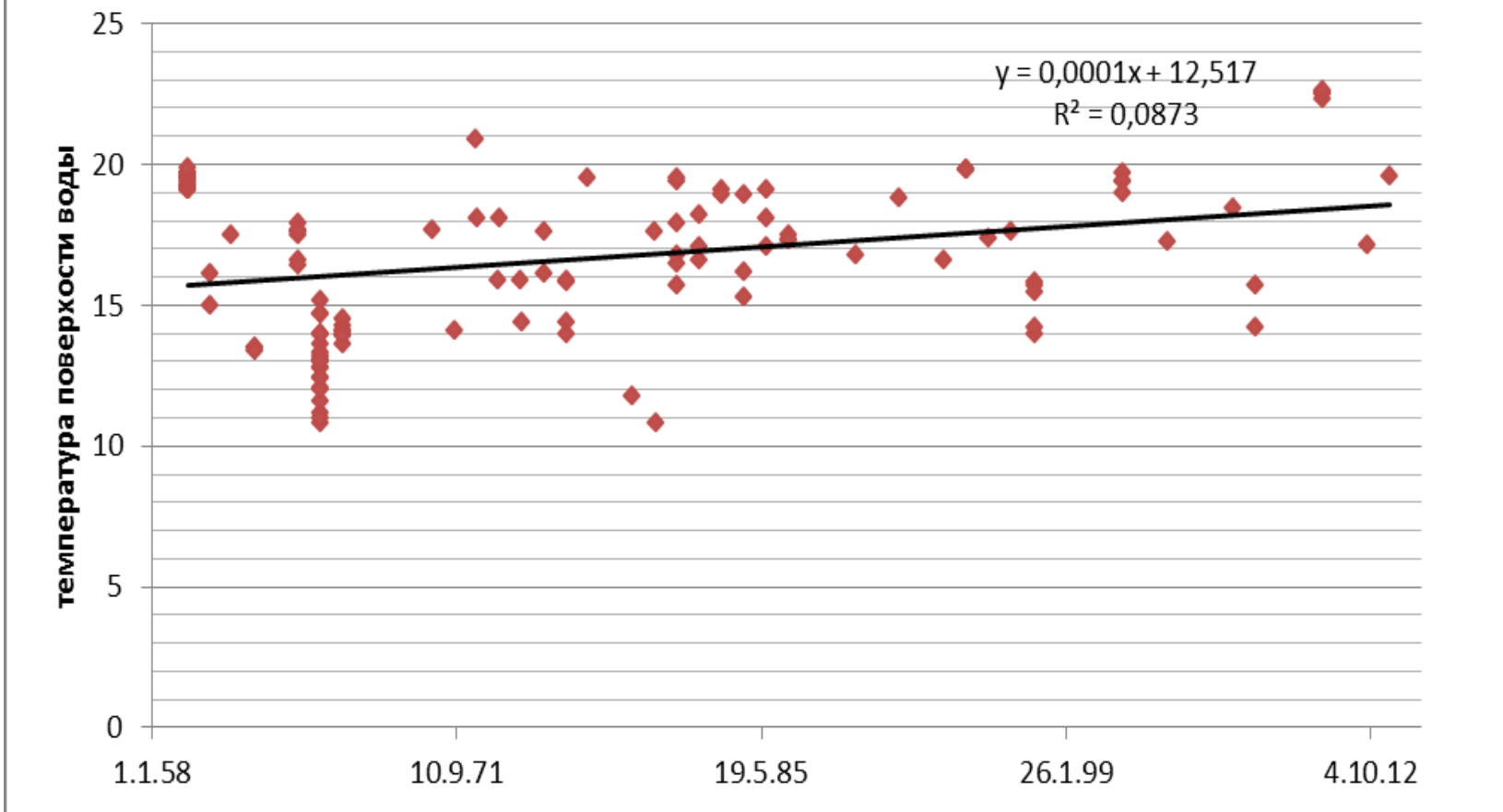




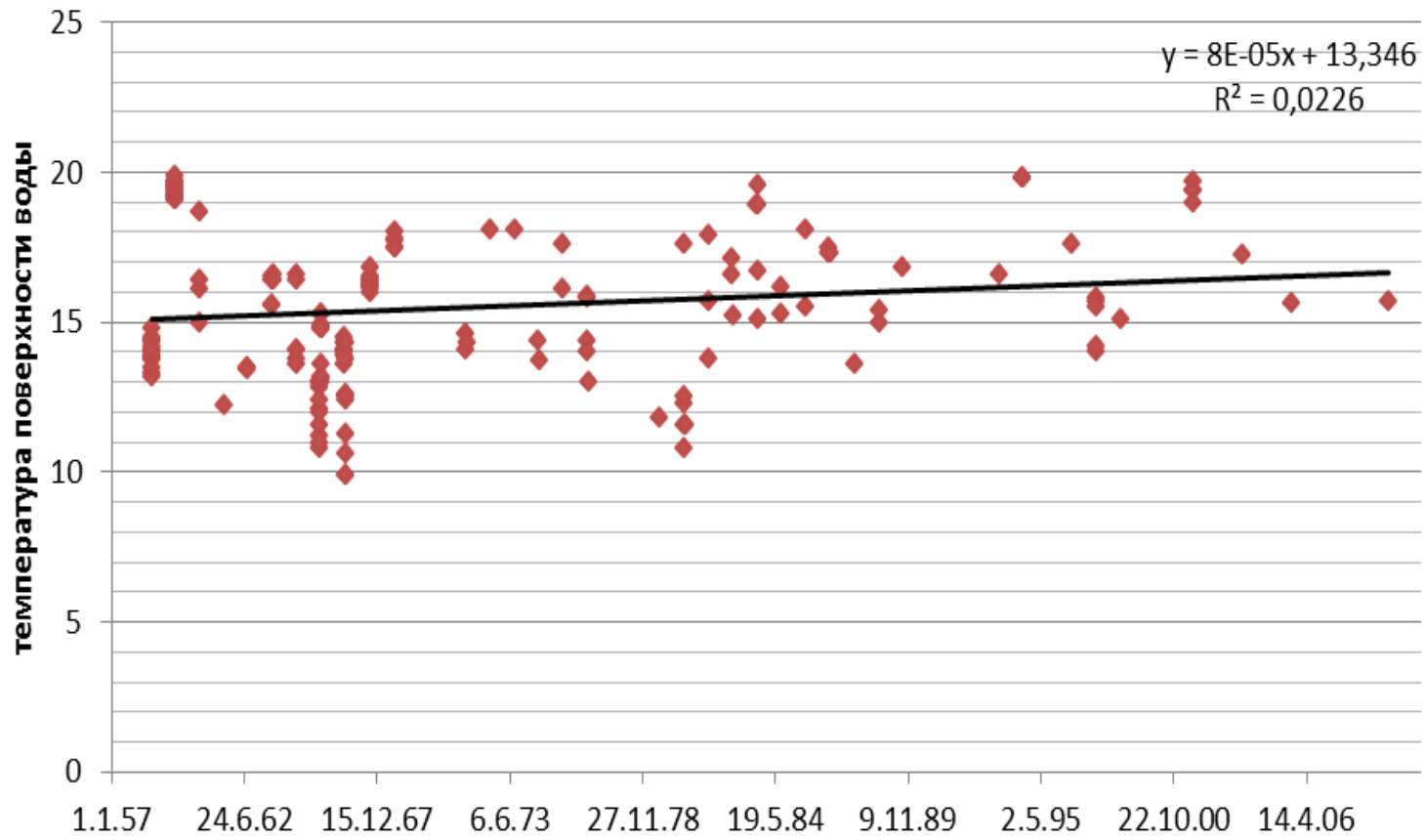
# 15-25 августа



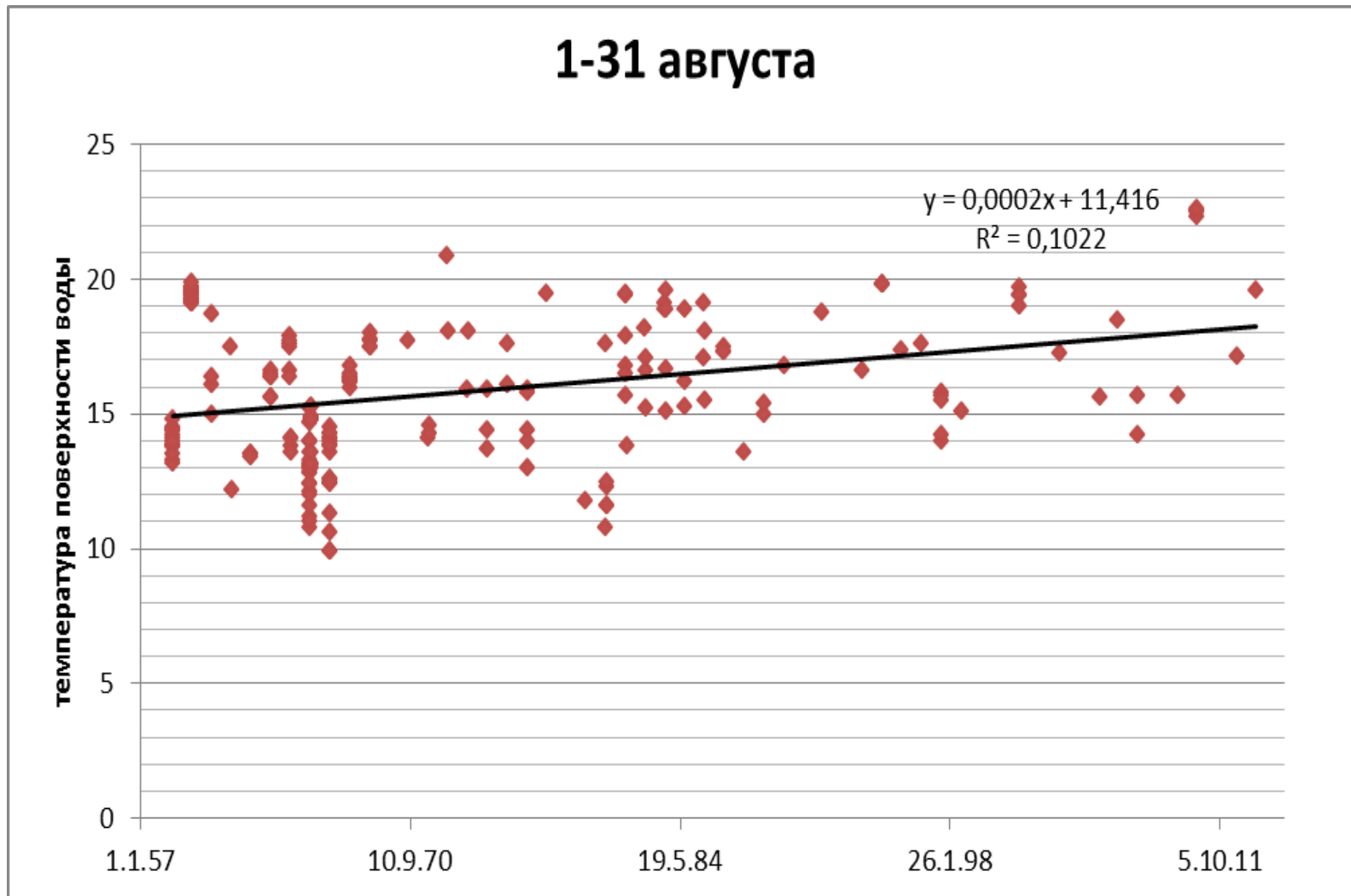
## 1-20 августа



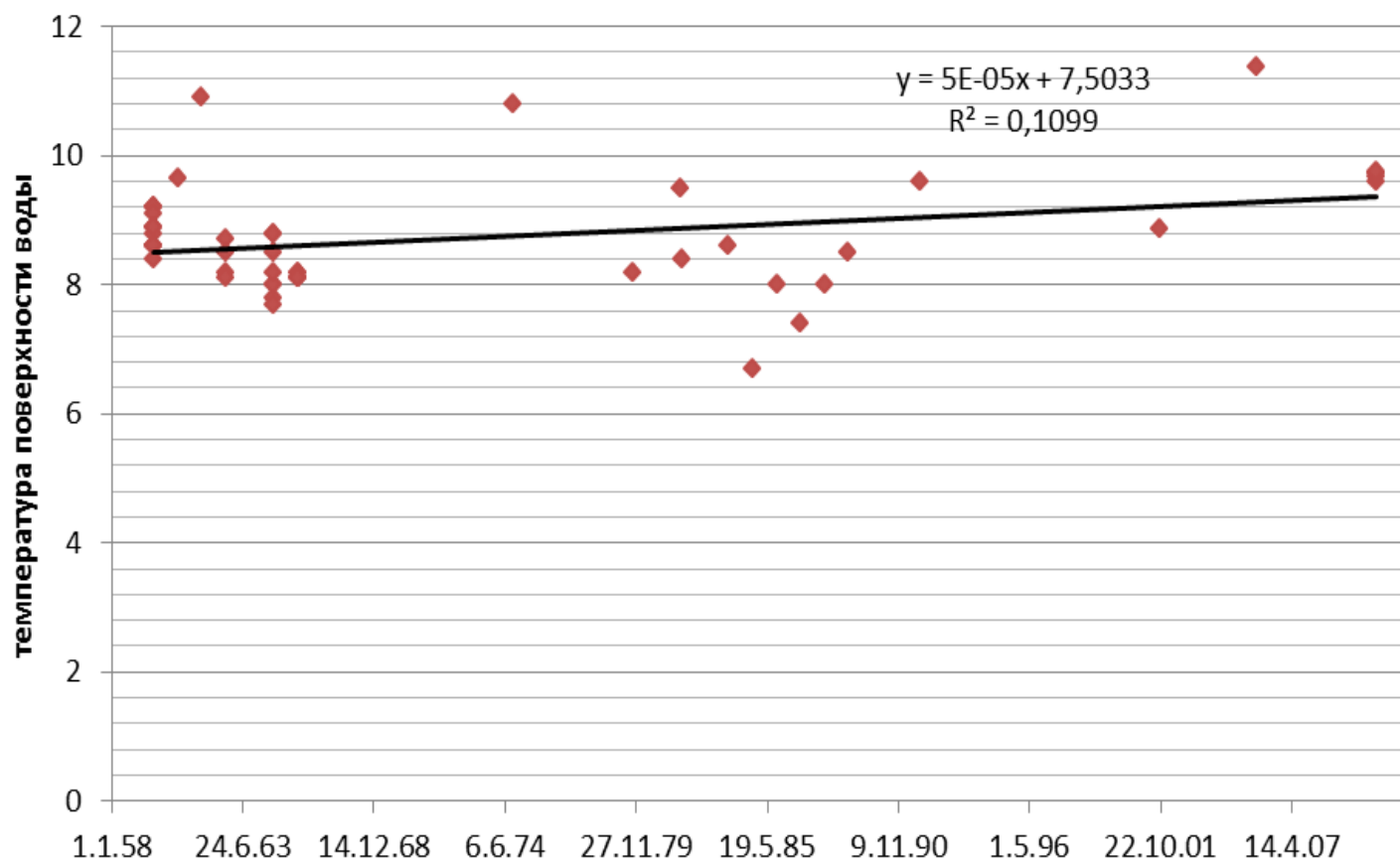
# 10-31 августа



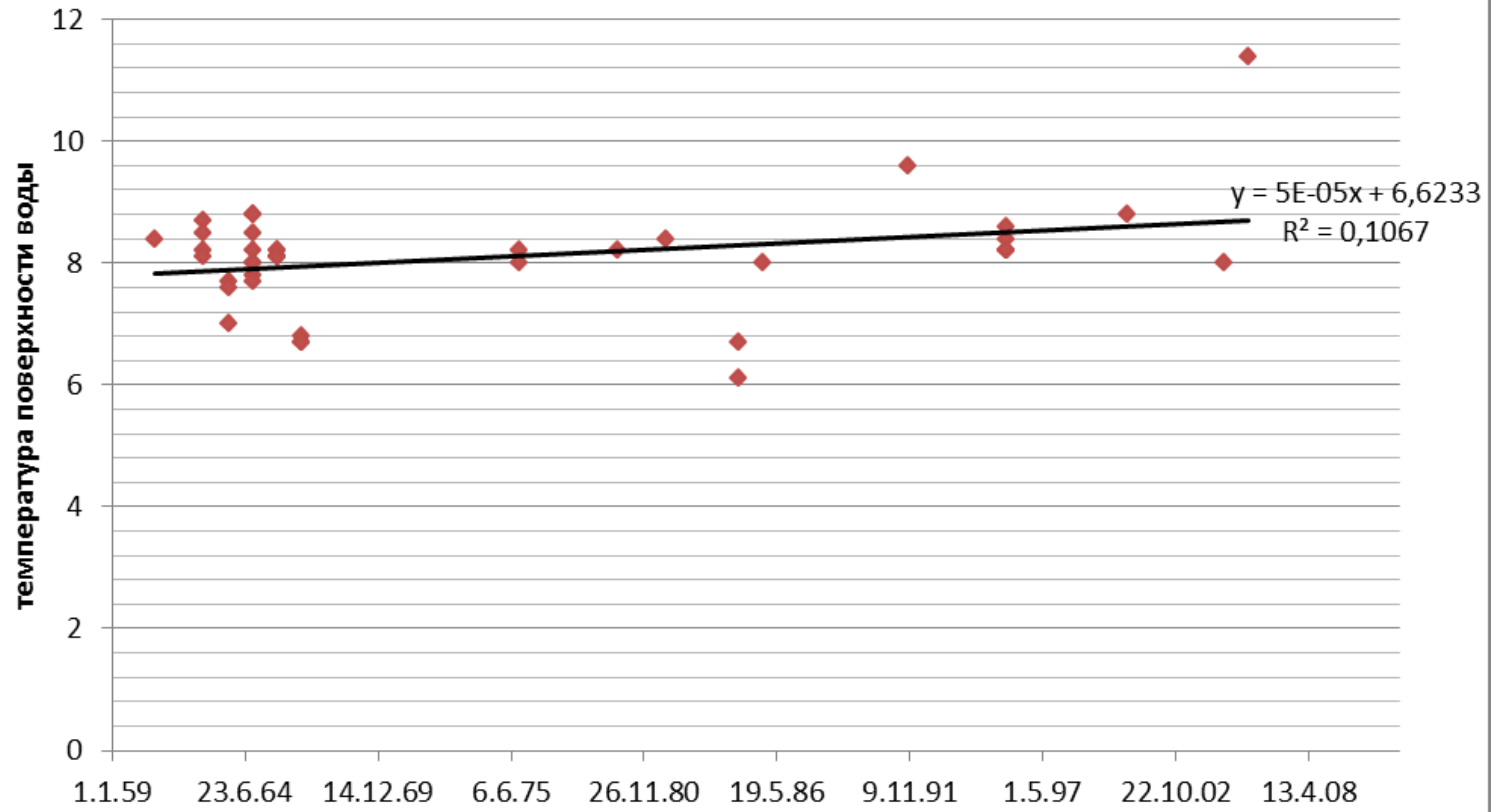
# 1-31 августа



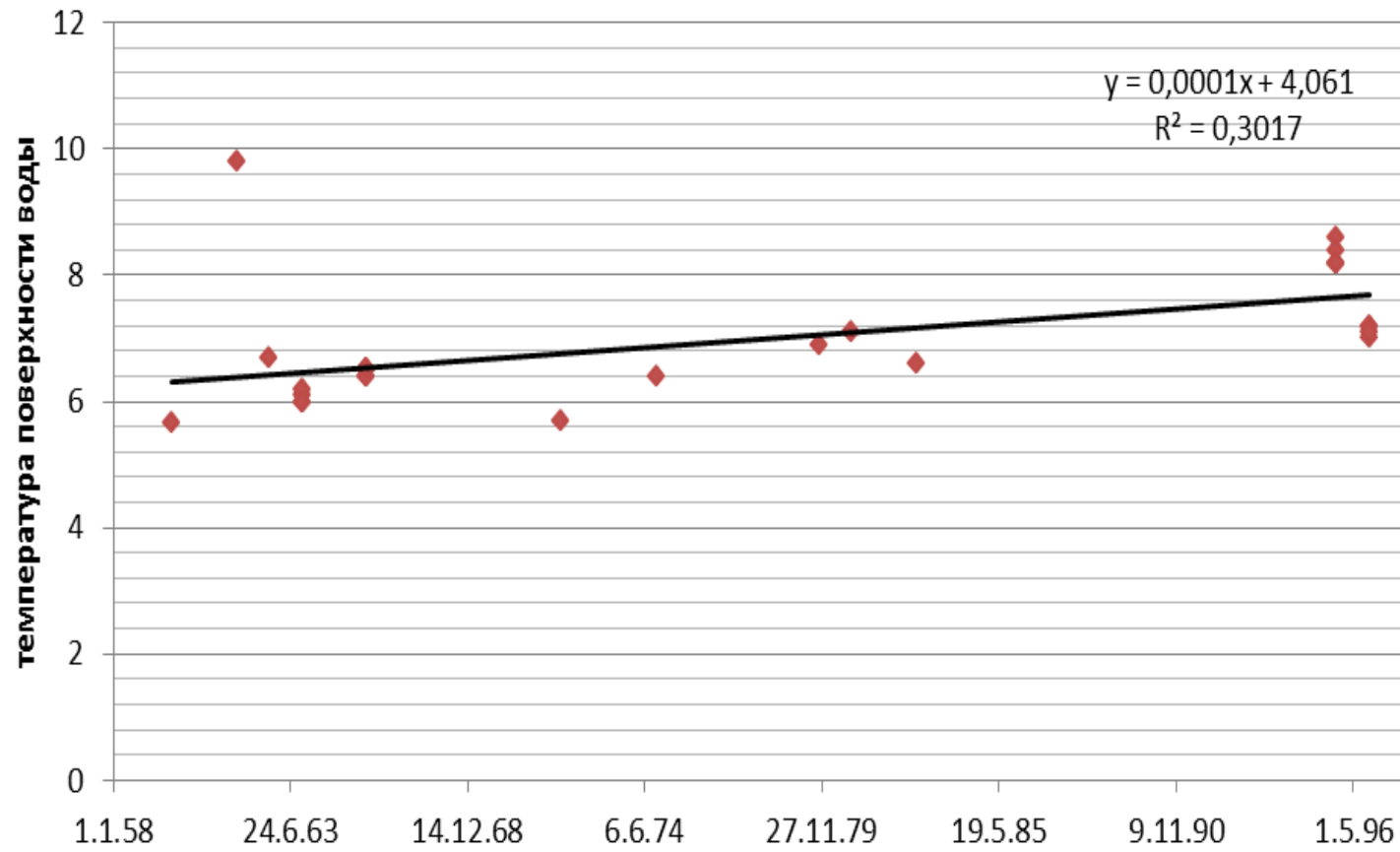
## 5-15 октября



# 10-20 октября



## 20-31 октября



# 10-31 октября

