



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 **Выявление закономерностей водного
режима озерно-речной системы Кольского
полуострова**

Исполнитель _____ Ермошкевич Евгения Валерьевна
(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)

«27» 05 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Характеристика взаимосвязанных процессов озерных систем.....	4
1.1 Основные закономерности озерных систем	4
1.2 Физико–географическое описание озера Ловозера.....	7
1.3 Гидрологическая изученность озерной системы Ловозеро.....	8
2 Формирование базы данных для исследования.....	10
2.1 Гидрологическая информация	11
2.2 Метеорологическая информация	13
3 Статистическая обработка гидрометеорологических рядов	18
3.1 Были построены хронологические графики отдельно по всем характеристикам и совместные графики.....	18
3.2 Проверка на однородность по критериям Фишера и Стьюдента.....	26
3.3 Построение разностно-интегральных кривых	28
3.4 Построение интегральных кривых.....	31
4 Выявление закономерностей водного режима озерной системы Ловозера и построение моделей, описывающих эти закономерности	35
Заключение.....	46
Список используемых источников	48
Приложение А.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования озерно-речной системы Ловозера обуславливается важностью понимания гидрологических и метеорологических процессов, влияющих на водный режим водоемов в условиях изменяющегося климата. Ловозеро, расположенное на Кольском полуострове, является уникальным объектом исследования благодаря своему географическому положению и особенностям водообмена.

Целью данного исследования является выявление закономерностей водного режима озерно-речной системы Ловозера на основе анализа гидрологических и метеорологических данных.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести физико-географическое описание озера Ловозера и его окрестностей.
2. Сформировать и обработать базу данных гидрологических и метеорологических показателей.
3. Построить хронологические графики изменений ключевых гидрометеорологических характеристик.
4. Проверить однородность данных с использованием статистических методов.
5. Разработать модели, описывающие взаимосвязь между метеорологическими условиями и водным режимом озера.

1 Характеристика взаимосвязанных процессов озерных систем

1.1 Основные закономерности озерных систем

Озера подразделяют: по размеру, степени постоянства, географическому положению, происхождению котловины, характеру водообмена, структуре водного баланса, термическому режиму, минерализации вод, условиям питания водных организмов.

1. По размеру озера подразделяют на очень большие с площадью свыше 1000 км², большие – с площадью от 101 до 1000 км², средние – с площадью от 10 до 100 км² и малые – с площадью менее 10 км².

2. По степени постоянства озера делят на постоянные и временные. К последним относятся водоемы, которые заполняются водой лишь во влажные периоды года, а в остальное время пересыхают, а также некоторые термокарстовые озера, теряющие воду в сухой период года.

3. По географическому положению озера подразделяют на интразональные, которые находятся в той же географической зоне, что и водосбор озера, и полизональные, водосбор которых расположен в нескольких географических зонах. Малые озера на равнинах, как правило, интразональны, крупные озера обычно полизональны. Полизональны также и горные озера, водосбор которых расположен в нескольких высотных ландшафтных зонах.

4. По происхождению озерные котловины могут быть тектонические, вулканические, метеоритные, ледниковые, карстовые, термокарстовые, суффозионные, речные, морские, эоловые, органогенные. Такое же название дают и озерам, находящимся в этих котловинах.

4.1 Тектонические котловины располагаются в крупных тектонических прогибах на равнинах (озера Ладожское, Онежское, Ильмень, Верхнее и др.), в крупных тектонических предгорных впадинах, в местах крупных тектонических трещин – рифтов, сбросов, грабенов.

4.2 Вулканические котловины находятся либо в кратерах потухших вулканов, либо образовались вследствие подпруживания рек продуктами вулканизма – лавой, обломками породы, пеплом.

4.3 Метеоритные котловины возникли в результате падения метеоритов [1].

4.4 Ледниковые котловины образовались в результате деятельности современных или древних ледников.

4.5 Карстовые котловины образуются в районах залегания известняков, доломитов и гипсов в результате химического растворения этих пород поверхностными и в особенности подземными водами.

4.6 Суффозионные котловины возникают в результате просадок, вызванных вымыванием подземными водами из грунта мелких частиц и цементирующих веществ.

4.7 Котловины речного происхождения связаны с эрозионной и аккумулятивной деятельностью рек. Это разнообразные по генезису пойменные водоемы (старицы, промоины, небольшие озера), дельтовые и придельтовые водоемы, плесы пересыхающих рек и др.

4.8 Котловины морского происхождения связаны либо с подпорным влиянием моря (лиманы, образовавшиеся в результате затопления речных долин после повышения уровня моря), либо с отчленением от берега аккумулятивными косами и барами небольших морских акваторий (лагуны).

4.9 Эоловые котловины образуются в понижениях между песчаными дюнами и превращаются в озера в результате затопления их речными или морскими водами.

4.10 Органогенные котловины формируются в болотах, а возникающие при этом водоемы называют болотными озерами и озерками.

По характеру водообмена озера подразделяют на сточные и бесточные. Первые из них сбрасывают по крайней мере часть поступающего в них речного водного стока вниз по течению (примером могут служить такие озера, как Байкал, Онежское, Ладожское и многие другие). Частным случаем

сточных озер являются проточные озера, через которые осуществляется транзитный сток реки. Бессточными считают озера, которые, получая воду извне, расходуют ее лишь на испарение и инфильтрацию, не отдавая ничего в естественный или искусственный водоток. Иначе говоря, из таких водоемов поверхностный водный сток отсутствует [1].

Колебания уровня воды – это главнейшая характеристика режима озера. Напомним, что применительно к озерам их водным режимом считаются закономерные изменения уровня воды, площади, объема вод, а также характеристик течений и волнения. Водный режим озера вместе с изменениями ледотермических, гидрохимических, гидробиологических и других характеристик озера формирует совокупность закономерных изменений всех компонентов озера, называемую гидрологическим режимом. Колебания уровня воды в озерах во многом определяют и возможности хозяйственного использования водоемов, так как от высоты стояния уровня зависит эффективность работы водного транспорта, надежность водозабора на орошение, промышленное и коммунальное водоснабжение и т. д. Колебания уровня воды в озерах по причинам, их вызывающим, могут быть подразделены на две группы: 1) колебания уровня, связанные с изменением объема (массы) воды в озере и определяемые, таким образом, в основном изменениями составляющих водного баланса водоема (такие колебания уровня иногда называют объемными или водно-балансовыми) и 2) колебания уровня, не связанные с изменениями объема вод в озере, а определяющиеся перераспределением неизменного объема вод по пространству озера (такие колебания уровня часто называют деформационными). Колебания уровня первой группы объясняются прежде всего климатическими и метеорологическими причинами и, в частности, с обусловленными климатом изменениями приходящих составляющих водного баланса (притока речных вод, осадков на поверхность озера). Поскольку речной водный сток и увлажнение территории в целом подвержены климатически обусловленным вековым, многолетним и сезонным изменениям, аналогичные колебания

имеет и уровень воды в озерах. В последние 40–50 лет в связи с антропогенными изменениями стока рек в объемных колебаниях уровня озер заметное влияние приобрел и антропогенный фактор. Колебания уровня второй группы связаны прежде всего со сгонно-нагонными явлениями, обусловленными ветром. Такие колебания имеют кратковременный характер. Их часто называют сгонно-нагонными денивилизациями уровня.

Показателем водообмена в озере, или интенсивности водообмена вод в озере, служит коэффициент условного водообмена, который для озер чаще всего выражают формулой $KB = (Y_{пр} + X_{оз})/V = (Y_{ст} + Z_{оз})/V$, где $V_{оз}$ – объем озера. Иногда коэффициент условного водообмена в озере определяют иначе: $K'B = Y_{пр}/V_{оз}$ или $K''B = Y_{ст}/V_{оз}$. $K'B$ характеризует относительную роль притока речных вод в водообмене, $K''B$ – относительную роль оттока речных вод. Для бессточных озер $K''B = 0$ [2].

Наиболее общая закономерность, свойственная водообмену в озере, следующая: чем меньше объем озера, тем при прочих равных условиях коэффициент водообмена больше. Так, у оз. Ловозеро $KB = 1.24$, т. е. обновление вод в озере происходит в среднем за 0,81 года, то есть примерно за 9-10 месяцев.

1.2 Физико–географическое описание озера Ловозера

Ловозеро (Луявр) – третье по величине озеро Кольского полуострова (208,5 км²). Оно вытянуто с севера на юг и имеет сильно изрезанную береговую линию, большие и малые заливы, многочисленные мысы, на нем около 140 лесистых островов.

Озеро можно разделить на северную, среднюю и южную части, соединенные узкими и мелкими проливами. Из рек, впадающих в Ловозеро, в туристском отношении наиболее интересны Курга, Афанасия и Цага. Вытекает из Ловозера одна река – Воронья. Южная часть озера – самая

интересная и живописная. Здесь несколько крупных лесистых островов и большой глубокий залив на западном берегу – Мотка— Губа. Залив находится в горле долины, рассекающей массив Ловозерских тундр. В 4 км от берегов Мотки— Губы лежит окруженное с трех сторон мощными крутыми скалами Сейдозеро (Сейдъявр). Оно связано с Ловозером маленькой рекой Сейдйок. Впадающие в Ловозеро Курга, Афанасия и Цага – основные водные дороги, по которым туристы из бассейна Ловозера пробираются в удаленные районы. Это неширокие реки с многочисленными перекатами и небольшими порогами, с лесистыми берегами. Верховья их расположены в красивых местах, где много рыбы.

Южнее Вирмы в Ловозеро впадает река Сергевань (Лухтиок). Она берет начало на перевале Эльморайок (в Ловозерских тундрах) и впадает в Сергеваньский залив Ловозера. Близость гор, высокие берега, поросшие лесом, делают Сергевань одной из самых красивых маленьких рек Кольского полуострова. На качество вод Ловозера оказывают влияние загрязненные притоки. Загрязненные фторидами воды реки Сергевань оказывают непосредственное влияние на качество вод озера. Со стоком реки Вирмы в озеро поступают железо и марганец. [3]

1.3 Гидрологическая изученность озерной системы Ловозеро

Речная сеть Ловозерского района весьма густая и неоднородная. Верховья рек берут начало, либо в равнинных, заболоченных территориях центральных частей полуострова либо на склонах горных сооружений, таких как Ловозерские тундры, Фёдорово — Панские тундры, Кейвы. В зависимости от этого они имеют разный характер верхнего течения. В первом случае они извилистые, меандрирующие, со старицами, наносами и многочисленными излучинами. Во втором – прямолинейные и изломанные порожистые русла, которые после выхода на равнинную часть могут приобретать черты первой

группы. Ниже по течению, по мере приближения к прибрежным районам все реки убыстряются, становятся порожистыми с многочисленными перекатами, стремнинами и водопадами, при этом часто наследуют траекторию тектонических нарушений и/или геологических границ. Основные тектонические элементы в районе имеют субмеридиональную или северо-восточную ориентировку, а оперяющие разломы и геологические границы – северо-западную. В этой связи практически все наиболее крупные реки, ручьи и озера Мурманского берега приобретают северо-восточную ориентировку, а их притоки и второстепенные водотоки – северо-западную. Поной, который впадает на границе Воронки и Горла Белого моря, имеет субширотное до юго-восточного простирание, а его притоки – преимущественно субмеридиональное.

Крупными реками Ловозерского района являются: Поной (длина 426 км / площадь водосбора 15500 км²), Иоканга (203 км / 6020 км²) и Воронья (155 км / 9940 км²), которая в верхнем и в среднем течении расположена на территории муниципального образования. Меньший размер имеют Харловка, Варзина и Восточная Лица. Из перечисленных водотоков только Поной принадлежит бассейну Белого моря, остальные впадают в Баренцево море. У большинства крупных рек средний расход воды колеблется в пределах 30—50 м³/сек в среднем течении, а в нижнем возрастает до 100—160 м³/сек. При этом все они относительно мелководны (средние глубины не превышают 1 м). Максимальная водоносность у рек: Поной, Иоканга и Воронья. Учитывая большой базис эрозии и стремительность течения, в советский период освоения Кольского края все крупные водотоки рассматривались в качестве перспективных источников электроэнергии. Однако в связи с малоосвоенностью Ловозерского района ни один из проектов строительства гидроэлектростанций не был реализован. Единственные ГЭС в Восточном Мурмане (Серебрянская и Териберская) расположены в соседнем Кольском районе. Воды всех водоёмов и водотоков относятся к ультрапресным и пресным (минерализация не более 50 мг/л), а по химическому составу –

преимущественно к гидрокарбонатным натриево— калиевым ($\text{HCO}_3 \text{NaK}$). В прибрежной полосе за счёт влияния морских аэрозолей заметно возрастает содержание ионов Cl .

Ледостав на реках и озёрах западной и центральной частей баренцевоморского побережья наступает в середине – конце ноября, в восточной части этот срок смещается до начала декабря. В низовье Поноя лёд встает, как правило, в середине ноября. В центральных частях района ледостав наблюдается, начиная с конца октября. На баренцевоморском побережье ледоход начинается с середины мая по начало июня, на р. Поной, в центральных и северо-восточных территориях – в середине мая.

Озёрная сеть Ловозерского района весьма развита, при этом максимальное площадное распространение она имеет в прибрежных частях и в депрессиях, а минимальное – в горных тундрах и в Кейвах. Крупнейшими озёрами являются Ловозеро ($200 \text{ км}^2 / 1.5 \text{ км}^3$) и Енозеро (94.4 км^2). Водоёмы имеют сильно изрезанный контур линии берега, а также множество островов и мысов причудливой формы. Глубина, как правило, варьирует от первых до 15— 25 метров, однако в ряде случаев может достигать десятков и даже превышать 100 метров. [4]

2 Формирование базы данных для исследования

Для исследования озера Ловозеро была сформирована база данных по гидрологическим и метеорологическим характеристикам.

1. Для озёрного поста оз. Ловозеро — с. Ловозеро был сформирован ряд наблюдений за среднесуточным уровнем воды за весь период наблюдений.

Приложение А. Таблица А.1

2. Для притока р. Сергевань был взят гидрологический пост р. Сергевань — 3 км от устья. Для формирования рядов наблюдения были взяты

среднесуточные уровни и расходы воды за весь период наблюдений. Приложение А. Таблица А.2, Таблица А.3.

3. Для оттока р. Воронья был взят гидрологический пост р. Воронья – исток. Для формирования рядов наблюдения были взяты среднесуточные уровни и расходы воды за весь период наблюдений. Приложение А. Таблица А.4, Таблица А.5.

На водосборе озера Ловозера была подобрана метеостанция Краснощелье. По данным метеостанции были сформированы ряды наблюдений по метеовеличинам за период наблюдений 2015— 2021гг. (осадки, температура воздуха, высота снежного покрова, облачность, температура почв). Приложение А. Таблица А.6.

2.1 Гидрологическая информация

Весенний подъем уровней воды начинается чаще всего в начале мая, в среднем на 8 дней позже начала половодья на реках и почти одновременно на всех озерах полуострова. Интенсивность подъема в начальный период, в первые 5—10 дней, составляет 2—6 см в сутки, после чего она возрастает до 10—15 см. В отдельные годы с дружной весной интенсивность подъема может достигать 40— 50 см в сутки на проточных озерах и 20— 40 см на сточных. Набольшие уровни половодья наблюдаются чаще всего при ледоставе или в период вскрытия водоемов, в среднем в конце мая — начале июня. Исключением является питающееся горными реками оз. Умбозеро, где пик половодья обычно проходит в конце июня. Высота подъема уровней воды озер составляет в среднем 80—180 см на проточных озерах и 50— 80 см на сточных. Продолжительность стояния высоких уровней 1— 4 дня. Наи— большая интенсивность спада наблюдается в первые 5— 10 дней, составляя 5—10 см в сутки, затем спад замедляется и не превышает 3— 4 см в сутки. Спад уровней продолжается, как правило, до конца июля начала августа.

Плавное понижение уровня нередко нарушается дождевыми паводками, высота которых может достигать на проточных озерах 90 см на сточных озерах эти подъемы или нечетко выражены, или составляют всего 10— 40 см. Продолжительность паводков 10— 30 дней. Низшие уровни летне— осенней межени устанавливаются обычно в августе. Почти ежегодно на всех озерах наблюдается осенний подъем уровней высотой до 20— 50 см, продолжительностью до 40—50 дней; в отдельные дождливые годы этот подъем может начаться еще в августе (1959, 1963 гг.). В течение зимнего периода происходит понижение уровня на 10— 40 см. На некоторых озерах, где на зимние уровни оказывают влияние зазоры или промерзание в истоках рек, вытекающих из них (Колозеро, Колмозеро), уровни воды в течение зимы или изменяются незначительно, или, наоборот, повышаются от осени к весне. Годовая амплитуда колебаний уровня воды озер составляет 70— 180 см, в зависимости от степени проточности озера. На таком малопроточном озере, как Умбозеро, амплитуда в среднем составляет 70 см, изменяясь от 42 (1960 г.) до 94 см. Температура поверхностного слоя. Термический режим поверхностного слоя воды в прибрежной части озер изучается давно в той же части водоемов — сравнительно недавно: на оз. Имандра с 1954 г., а на других озерах — только с шестидесятых годов. Поэтому характеристика термического режима озер дана в основном по прибрежным наблюдениям. По данным береговых постов, переход температур, как правило, наступает в мае. После перехода температуры воздуха через 0°; самая ранняя дата перехода отмечена в середине апреля (Колозеро, Пулозеро, Мурдозеро, Вялозеро, Колвицкое, Ковдор, 1960 г.). поздняя — в начале июня (Ловозеро, Имандра, Пермусозеро, 1958 г.). Наибольшей плотности (4°) весной вода достигает в среднем в конце мая. Переход температуры воды через 10° обычно отмечается в третьей декаде июня; наиболее ранний переход наблюдался в 1959 г. — в первой декаде июня почти на всех озерах полуострова; поздний — в конце июля (1958 г.). На отдельных озерах устойчивого перехода через 10° зачастую не бывает — в течение всего теплого периода наблюдаются неоднократные

понижения температуры воды ниже 10° (Колмозеро, Ковдор). Такая относительно низкая температура воды в течение летнего периода на оз. Ковдор является следствием его обильного грунтового питания, а оз. Колмозеро относится к холодным тундровым озерам Кольского полуострова.

Температура воды озер в июле — августе колеблется в пределах $12—16^{\circ}$, достигая максимума $15—25^{\circ}$ во второй половине июля. В августе вода в озерах начинает постепенно охлаждаться; переход температуры воды через 10° осенью половине октября, и через $0,2^{\circ}$ — в первой декаде ноября, спустя $20—30$ дней после перехода температуры воздуха через 0° . Крайние сроки наступления указанных температур могут отличаться от средних на $10—30$ дней. Прогрев поверхностного слоя воды начинается за несколько дней до вскрытия озер, но интенсивное нагревание воды осуществляется после очищения озер ото льда. По мере развития весенних процессов нагревание воды осуществляется на значительно быстрее — чем в глубоководных температуры воды в заливах (губах) и открытой акватории, а также на мелководных и глубоководных участках особенно хорошо выражено в конце периода весеннего нагрева. Например, на оз. Имандра 1964 г. На мелководье температура воды достигала $12,7$ — а на глубоководных участках всего $8,8$ от летнего прогрева температура выравнивается по акватории. В это время разность температур между отдельными частями озер не превышает $2—2,5^{\circ}$. Примерно в августе озера начинают терять тепло, накопленное водными массами в весенне—летний период. Охлаждение водной поверхности осенью, как правило, происходит почти равномерно по всей акватории озера [5].

2.2 Метеорологическая информация

Климат Ловозерского района по северному суров, весьма контрастен и резко изменчив, как латерально (по территориальному признаку), так и по скорости смены погоды. Такой неустойчивый характер обусловлен, прежде всего, климатообразующей ролью Баренцева моря, в котором происходит

столкновение и смешение многочисленных и разнообразных по характеру, температуре и силе течений. Это тёплые атлантические течения Гольфстрима: Нордкапское, Мурманское прибрежное, Мурманское, Новоземельское и др. и холодные арктические: Медвежинское, Персея, Центральное, Литке и др.

По сравнению со смежными высокоширотными территориями для баренцевоморского побережья характерны повышенные зимние температуры воздуха, частые переходы через ноль градусов и повышенная влажность зимнего периода, а также повторяемость разнонаправленных штормовых и ураганных ветров. Этому району принадлежит рекорд для Кольского полуострова по скорости ветра (48 м/с) и среднегодовому количеству штормовых дней (126 дней со скоростью ветра > 15 м/с). А в отдельные годы этот показатель превышал 170 дней. Средняя температура наиболее холодных зимних месяцев (январь, февраль) находится в пределах от 8 С до 10°C, а наиболее тёплых летних – от 8°C до 9,5°C. В пределах узкой прибрежной полосы средняя суточная температура не поднимается выше важного с точки зрения географического районирования порогового значения в 10 С.

В целом климат Восточного Мурмана характеризуется как морской, которому свойственен относительно небольшой диапазон колебаний среднесуточных, месячных, сезонных и годовых температур. Однако на этом фоне возможны кратковременные, но сильные похолодания и потепления.

Относительно небольшое по площади и объёмам внутреннее Белое море оказывает на климат прилегающих участков полуострова сравнительно слабое влияние. Поэтому различия средних температур в береговых и континентальных частях исчисляются всего в 1— 2° С, реже 3° С, при этом не исключен существенных вклад в этот показатель влияния погодных факторов Баренцева моря.

Климат центральных частей района имеет более континентальный характер. Летом здесь существенно теплее (в среднем на 5— 6° С), а зимой холоднее (на 6— 8° С), чем на побережье. В наибольшей степени континентальные черты климата отмечаются в центральных и северо—

восточных частях Больших Кейв. В зимний период нередко морозы ниже 20°C , однако они достаточно легко переносятся. В центральных районах зональная дифференциация климата осложнена также и высотной поясностью. Особенно это отчётливо наблюдается в отношении Ловозерских тундр. По мере приближения к вершинам резко увеличивается среднегодовое количество осадков, и понижаются средние сезонные температуры. На неделю две смещаются (в сторону увеличения продолжительности) сроки установления и схода снежного покрова. Также возрастает количество штормовых дней и сила ветра.

Средний годовой баланс солнечной радиации в районе незначителен и составляет $500 — 1000 \text{ МДж/м}^2$. Его вариации обусловлены в основном соотношением ясных и облачных дней. Для прибрежных территорий почти всегда характерна высокая влажность (в среднем более 80%), что объясняется притоком водяных паров с прилегающих морей и испарением с многочисленных озер и болот. Высокая влажность воздуха и частые циклоны обуславливают интенсивное развитие над Восточным Мурманом облачности, кроме того, летом морские ветры приносят много туманов. Во внутренних, особенно равнинных частях, в зимний период влажность существенно ниже.

Вся территория полностью относится к району избыточного увлажнения. Годовое количество осадков составляет $500 — 600 \text{ мм}$ в центральных частях и беломорском побережье, $600 — 700 \text{ мм}$ – на берегу Баренцева моря и достигает 1000 мм и более в Ловозерских тундрах. Наибольшее количество осадков выпадает во втором полугодии в Восточном Мурмане и с мая по октябрь – во внутренних районах и побережье Горла и Воронки Белого моря.

Большая часть Ловозерского района, за исключением побережий Баренцева и Белого морей, попадает в площадь развития отрицательных (ниже 1°C) среднегодовых температур воздуха. Этот показатель для баренцевоморского и беломорского побережий лежит в пределах от 0°C до 1°C , в центральных частях от 0.5°C до 2°C , а в Ловозерских

тундрах и других горных возвышенностях среднегодовая температура может опускаться до 3° С и ниже.

Благодаря тёплым течениям на Мурманском побережье неподвижный лёд – “припай” встает только в отдельных глубоких заливах на период с ноября по май. В узкой прибрежной полосе берега зимой образуются “рубаны” – лёд, намерзающий на верхней литорали и выше ее в результате регулярного обдавания берега штормовыми волнами и брызгами. На всем остальном морском пространстве наблюдаются подвижные (дрейфующие) льды, непрерывно перемещающиеся под действием течений и ветров. Зимняя граница дрейфующих льдов обычно варьирует между устьем р. Варзина и Святоносским заливом. Однако наиболее суровые или тёплые зимы, особенно при длительных ветрах благоприятных направлений, могут значительно смещать этот уровень на восток или запад соответственно. Бывает, но достаточно редко, до берегов доходят также глетчерные льды – айсберги, имеющие происхождение в ледниках Шпицбергена, Земли Франца— Иосифа и Новой Земли.

Белое море, хотя и не полностью, но всё же замерзает на 5— 6 месяцев. В холодные годы образование льда начинается уже в первой декаде октября, а в тёплые – может задержаться до декабря и даже января. Таяние его происходит обычно в мае, но при северо—восточных ветрах, нагоняющих арктические льды и холодные воздушные массы, затягивается до середины июня.

На Мурманском побережье приливное течение идет вдоль берега в восточном направлении, отливное – в западном. Средняя высота приливов здесь составляет около 3 м, а наибольшая может превышать 5 м. В Горло Белого моря приливная волна входит с севера на юг и распространяется дальше по всему морю вплоть до вершинных частей заливов. Средняя величина прилива составляет 1,8— 2 м, а максимальная – около 3 м. Морские течения идут вдоль Беломорского берега Ловозерского района преимущественно в южном и юго—западном направлении. Вдоль

Баренцевоморского берега в юго— восточном направлении движется морское Мурманское прибрежное течение.

3 Статистическая обработка гидрометеорологических рядов

3.1 Были построены хронологические графики отдельно по всем характеристикам и совместные графики

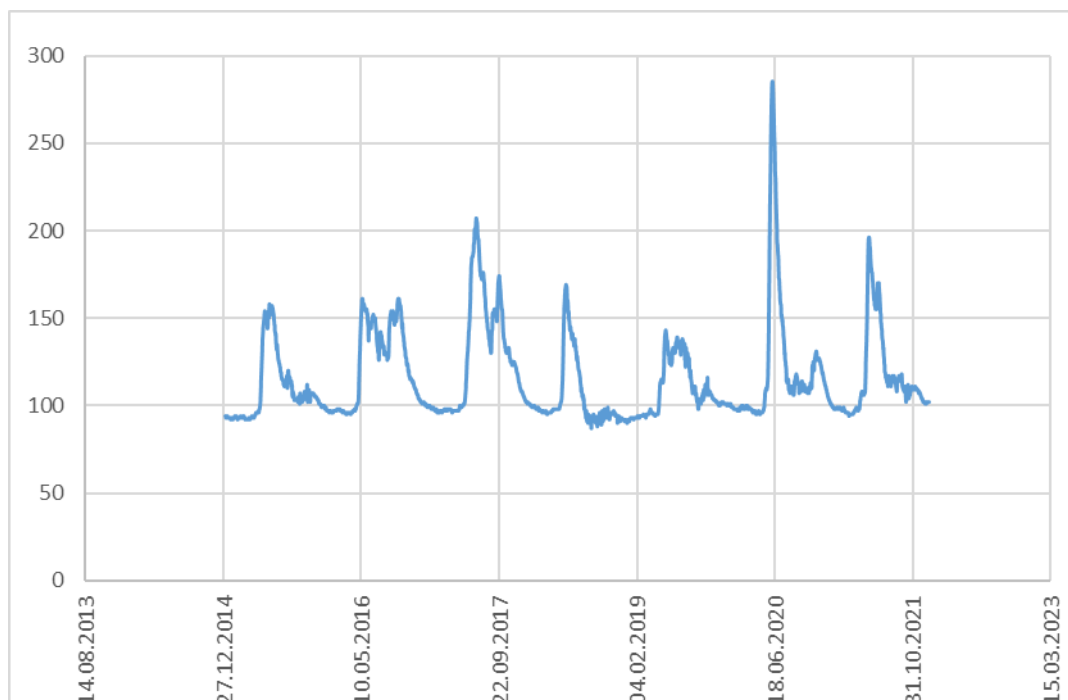


Рисунок 1 – Хронологический график уровней воды оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

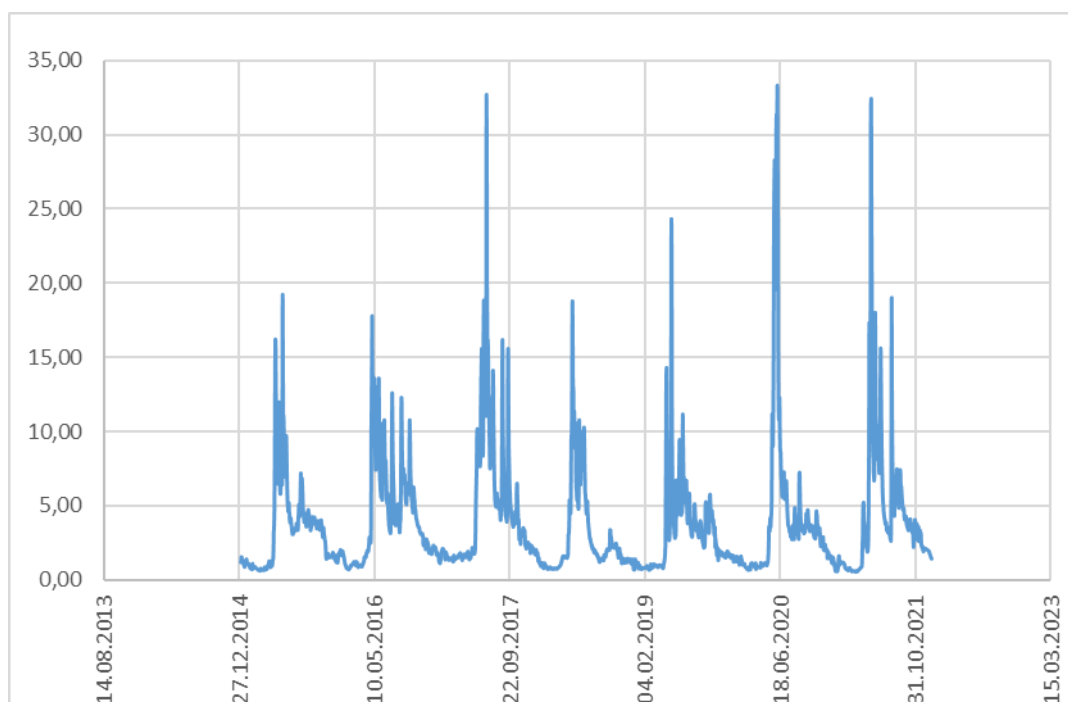


Рисунок 2 – Хронологический график расхода воды р. Сергевань за период 2015 – 2021 гг.

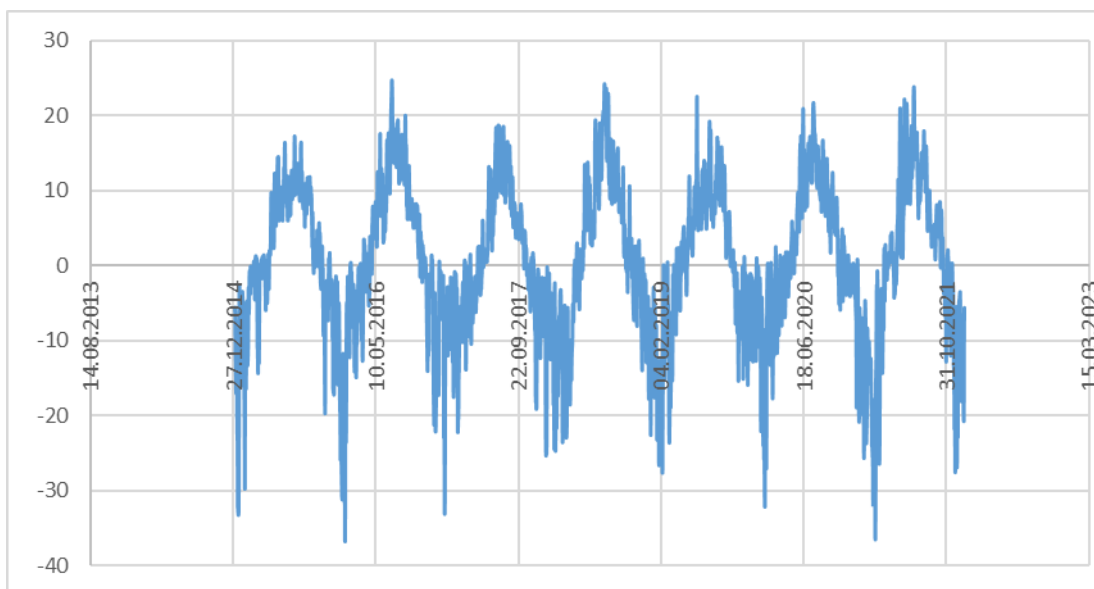


Рисунок 3 – Хронологический график температуры воздуха оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

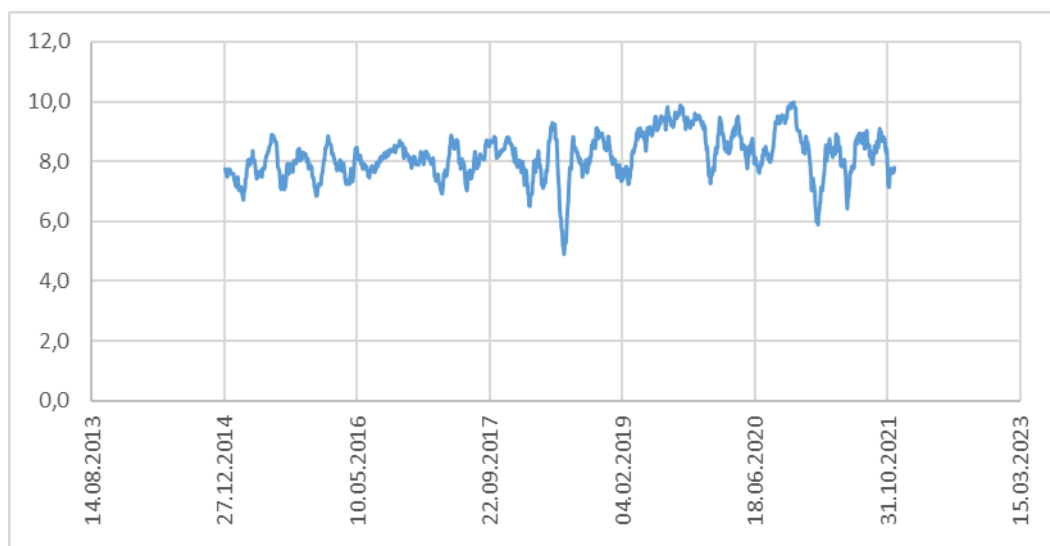


Рисунок 5 – Хронологический график общей облачности за период 2015 – 2021 гг.

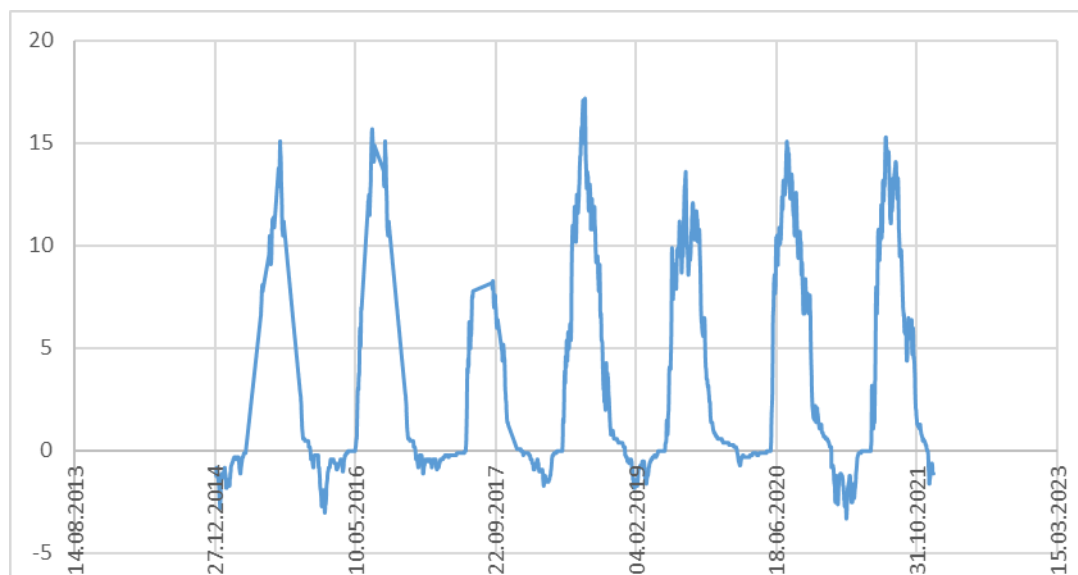


Рисунок 6 – Хронологический график температуры почв на глубине 20 см оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

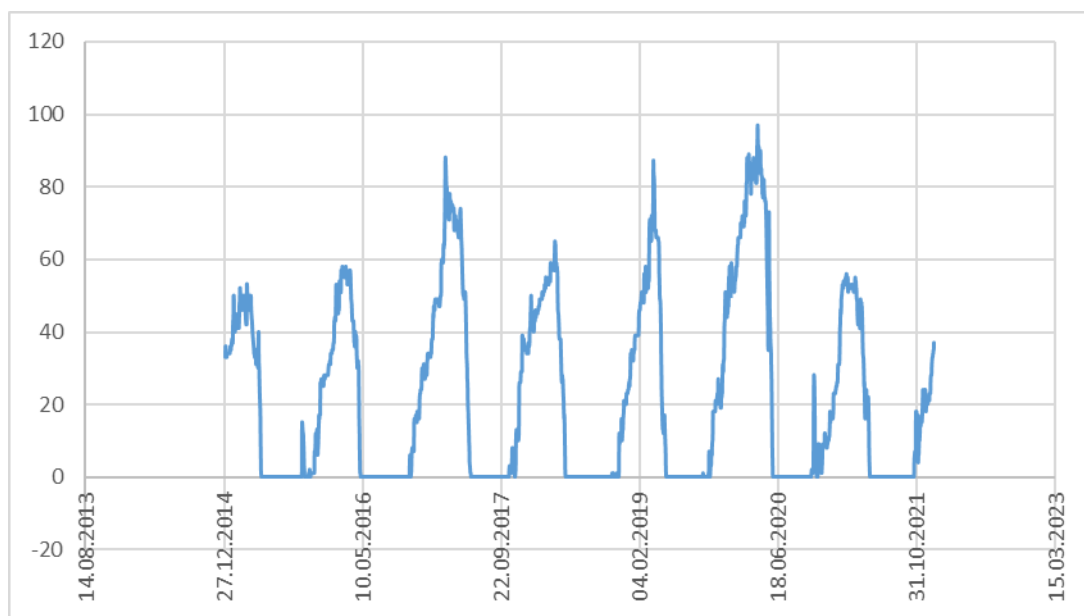


Рисунок 7 – Хронологический график высоты снежного покрова оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

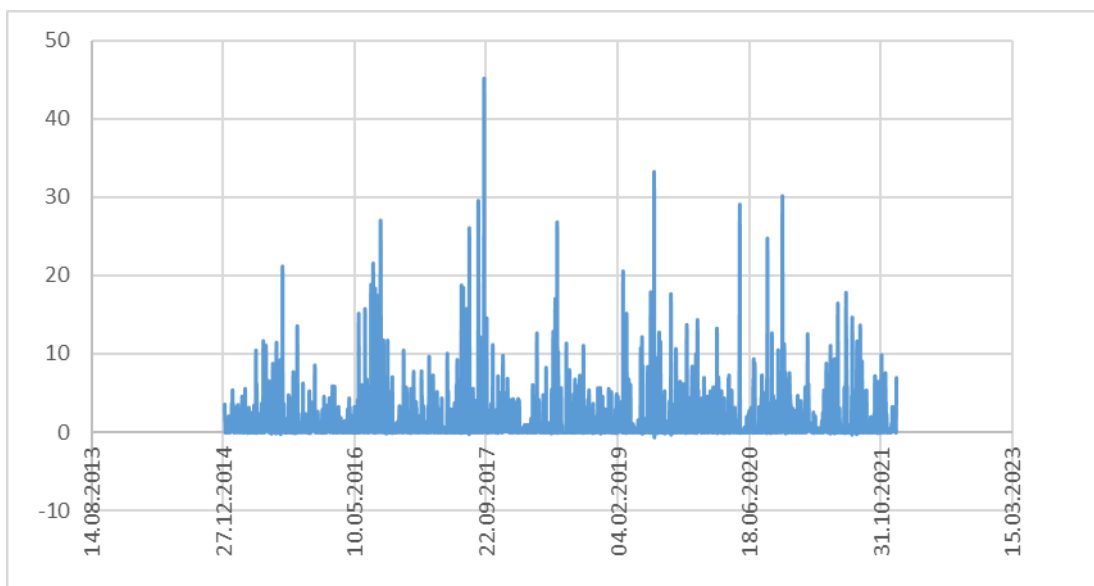


Рисунок 8 – Хронологический график осадков оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

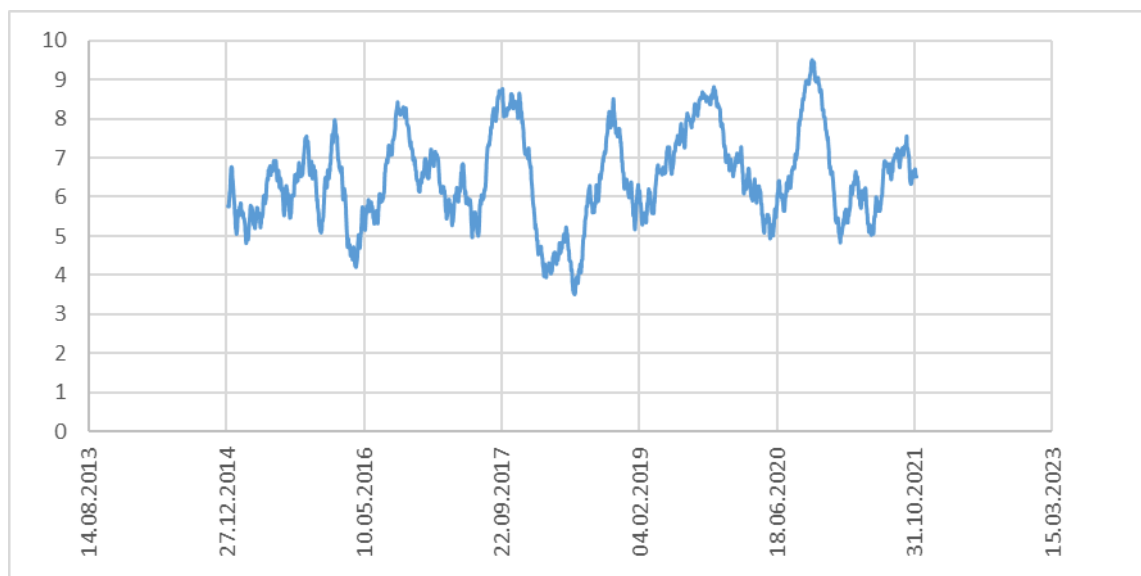


Рисунок 9 – Хронологический график нижнего яруса облаков оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

На хронологических графиках наглядно видны изменения гидрологических и метеорологических характеристик за период 2015 – 2021 гг.



Рисунок 10 – Комплексный график хода уровня воды оз. Ловозеро и расхода р. Сергевань

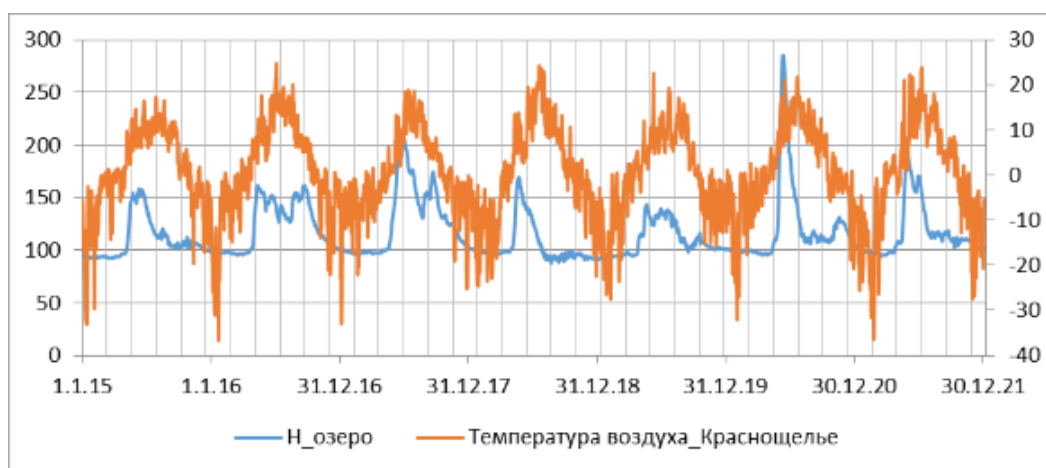


Рисунок 11 – Комплексный график хода уровня воды оз. Ловозеро и температуры воздуха м.с. Краснощелье

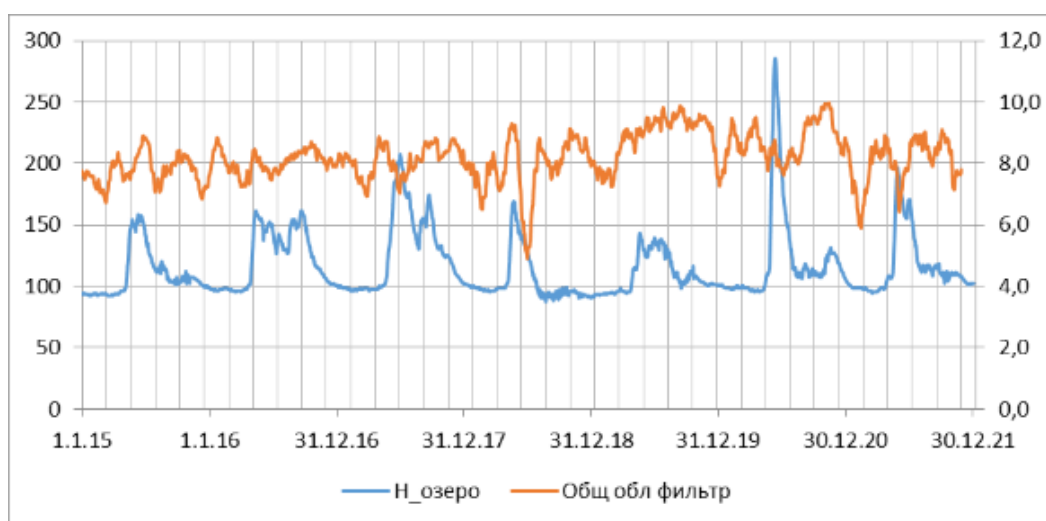


Рисунок 12 – Комплексный график хода уровня воды оз. Ловозеро и общей облачности



Рисунок 13 – Комплексный график хода уровня воды оз. Ловозеро и температуры почвы на глубине 20 см м.с. Краснощелье



Рисунок 14 – Комплексный график хода уровня воды оз. Ловозеро и высоты снежного покрова м.с. Краснощелье

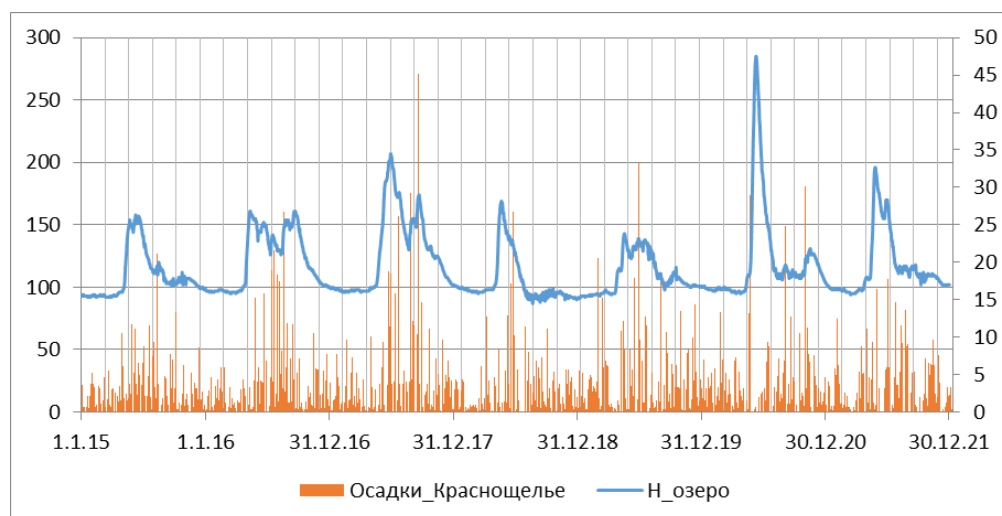


Рисунок 15 – Комплексный график хода уровня воды оз. Ловозеро и осадков м.с. Краснощелье



Рисунок 16 – Комплексный график хода уровня воды оз. Ловозеро и нижнего яруса облаков



Рисунок 17 – Комплексный график хода гидрометеорологических характеристик

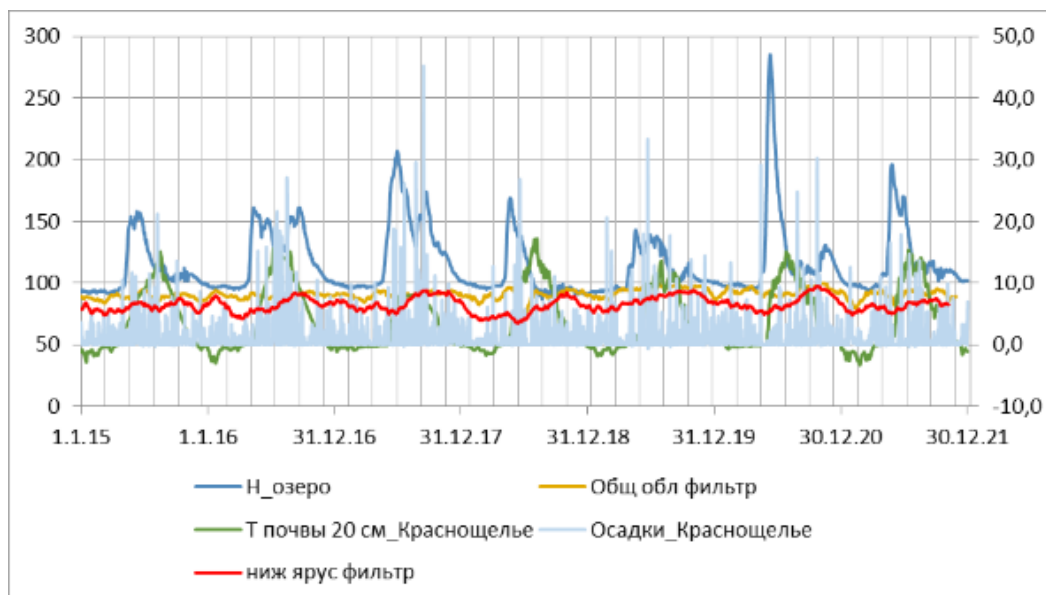


Рисунок 18 – Комплексный график хода гидрометеорологических характеристик

На комплексном графике хода гидрометеорологических характеристик хорошо видна зависимость гидрологических характеристик оз. Ловозеро от метеорологических явлений. Пики, расхода притока р. Сергевань, температуры воздуха м.с. Краснощелье, температуры почвы на глубине 20 см м.с. Краснощелье, осадков м.с. Краснощелье, общей облачности и нижнего яруса облаков, соответствуют пикам хода уровня воды оз. Ловозеро, а высота снежного покрова м.с. Краснощелье обратно пропорциональна пикам хода уровня воды оз. Ловозеро, что хорошо прослеживается на комплексных графиках 9-17.

3.2 Проверка на однородность по критериям Фишера и Стьюдента.

Была проведена проверка на однородность по критериям Фишера и Стьюдента. Результаты проверки можно увидеть в таблице №1.

Таблица1 – Результаты проверки на однородность

Характеристика	t-тест		F-тест	
	t-статистика	t критическое двухстороннее	F	F критическое одностороннее
Уровень воды оз. Ловозеро	5,25	1,96	0,87	0,90
Температура воздуха м.с. Краснощелье	-1,78		1,11	1,12
Расход притока р. Сергевань	3,42		0,82	0,90
Общая облачность	-5,63		1,72	1,12
Температура почвы на глубине 20 см	-4,44		1,24	1,12
Высота снежного покрова м. с. Краснощелье	1,09		1,26	1,12
Осадки м.с Краснощелье	0,55		0,82	0,90
Нижний ярус облаков	-3,18		0,87	0,90
Температура почвы на глубине 40 см	-5,44		1,29	1,12
Температура почвы на глубине 80 см	-4,47		1,07	1,12
Температура почвы на глубине 160 см	-12,42		1,14	1,12
Температура почвы на глубине 320 см	-4,10		0,57	0,90

В ходе исследования каждый ряд был проверен на однородность. Нарушение однородности ряда может привести к ошибкам в выводе при

анализе временных данных. Это особенно важно т.к., выводы приходится делать на основе короткого временного ряда 2015 – 2021 гг.

Для проверки на однородность ряда были рассчитаны эмпирические значения статистики Стьюдента:

$$t^* = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S} \times \sqrt{\frac{n_x n_y}{n_x + n_y}}, \quad (1)$$

где $\bar{x}$ и $\bar{y}$ – средние значения по первой и второй частям ряда;

n_x и n_y – длина первой и второй частей ряда.

Параметр S в выражении определяется по формуле:

$$S = \frac{\sqrt{[(n_x - 1)\sigma_x^2 + (n_y - 1)\sigma_y^2]}}{n_x + n_y - 2}, \quad (2)$$

Где σ_x и σ_y – среднеквадратические отклонения соответственно для первой и второй частей ряда.

Ряд можно считать однородным, если выполнено условие t -статистическое < t -критического двухстороннего [6]

Таким образом, можно сделать вывод, что ряд не однороден для следующих характеристик: уровень воды оз. Ловозеро, расход притока р. Сергевань, общая облачность, температура почвы на глубине 20 см., температура почвы на глубине 40 см., температура почвы на глубине 80 см., температура почвы на глубине 160 см., температура почвы на глубине 320 см., нижний ярус облаков.

Также для проверки на однородность ряда были рассчитаны эмпирические значения статистики Фишера. Критерий фишера используется для проверки однородности ряда по дисперсии. Исходный ряд был поделён на две части и далее была определена дисперсия для каждой части и рассчитано эмпирическое значение:

$$F = \frac{D_1^*}{D_2^*}, \quad (3)$$

где $D_1^* > D_2^*$

На основе расчетов можно сделать вывод, что ряд не однороден для следующих характеристик: общая облачность, высота снежного покрова, температуры почвы на глубине 20 см., температуры почвы на глубине 40 см., температуры почвы на глубине 160 см.

3.3 Построение разностно-интегральных кривых

Для определения временных отрезков с высоким и низким уровнем водности применяются графики разностно-интегральной кривой, которая отражает колебания в пределах периода гидрометрических наблюдении 2015-2021 гг. [7]

Были построены разностно-интегральные кривые по уровню воды оз. Ловозеро, температуре воздуха м.с. Краснощелье, расходу притока р. Сергевань, общей облачности, температуре почв на глубине 20-320 см, высоте снежного покрова м. с. Краснощелье, осадкам м.с Краснощелье, нижнему ярусу облаков.

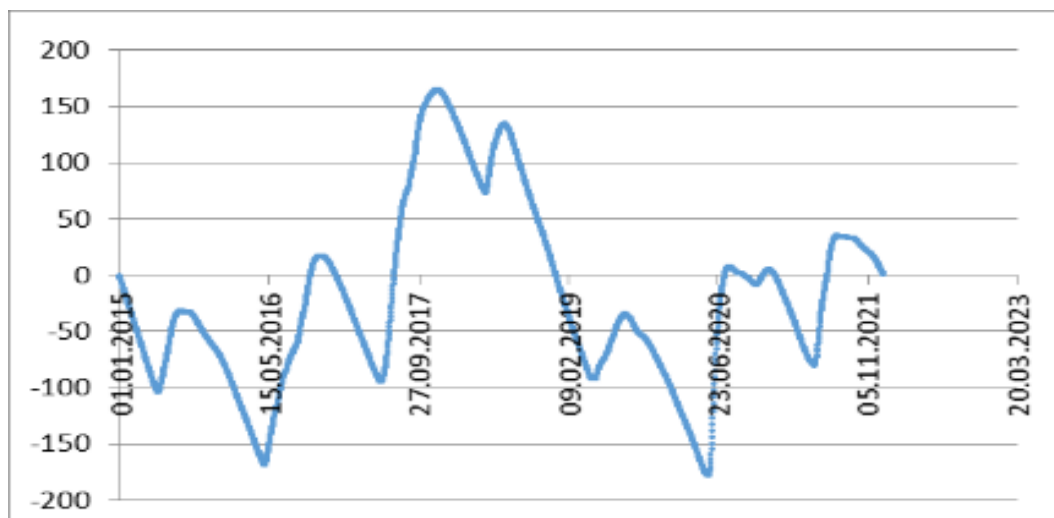


Рисунок 19 – Разностно-интегральная кривая уровня воды оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

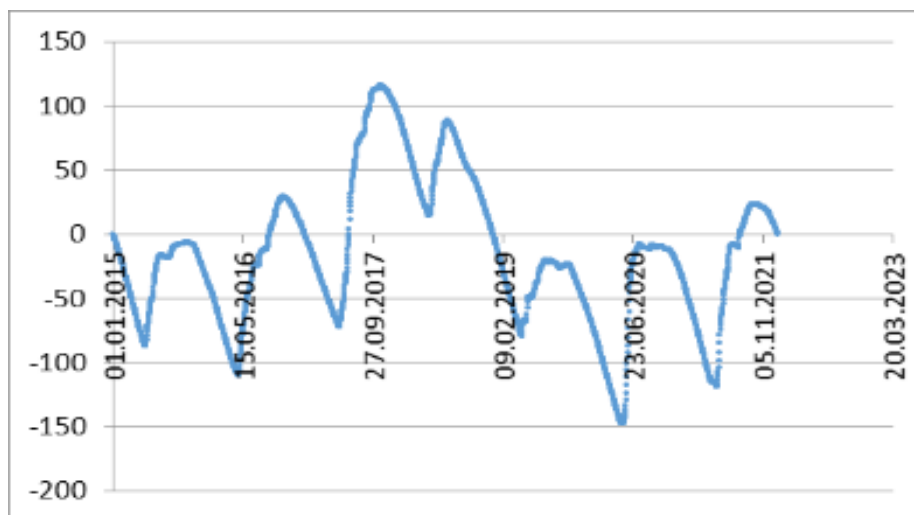


Рисунок 20 – Разностно-интегральная кривая расхода воды р. Сергевань за период 2015 – 2021 гг.

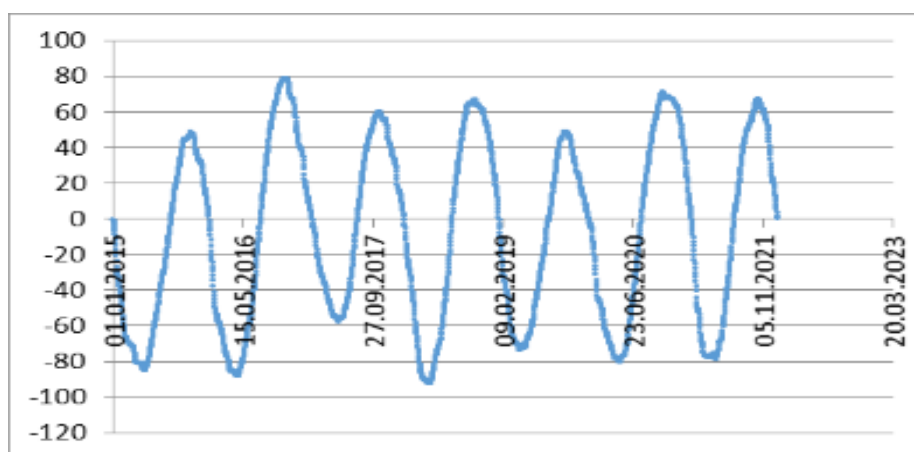


Рисунок 21 – Разностно-интегральная кривая температуры воздуха м.с. Краснощелье за период 2015 – 2021 гг.

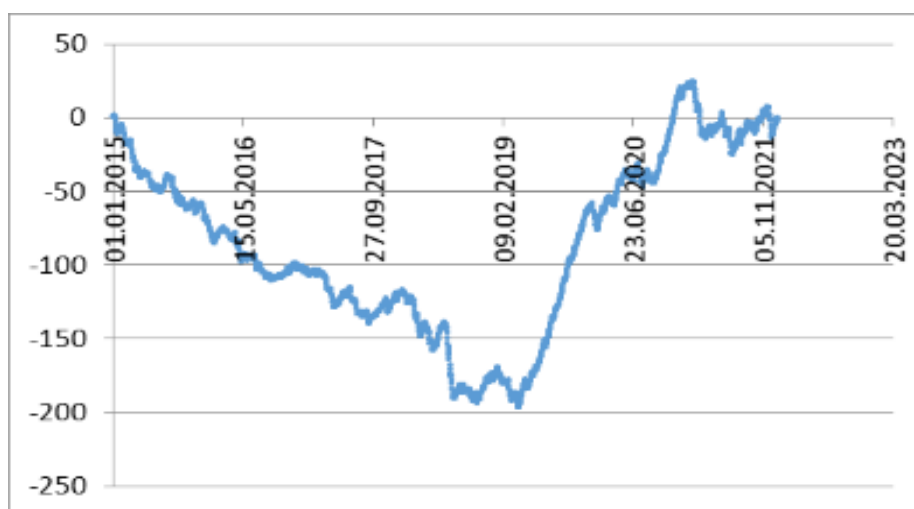


Рисунок 22 – Разностно-интегральная кривая общей облачности за период 2015 – 2021 гг.

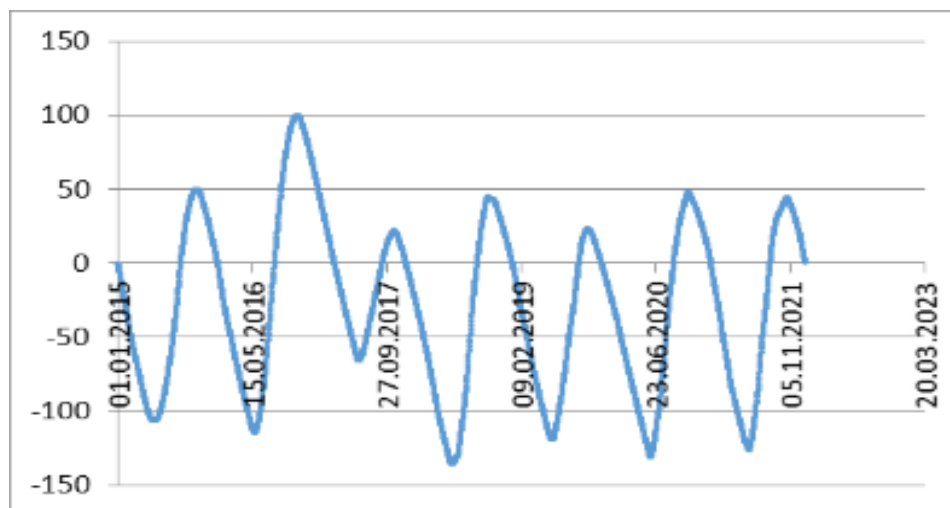


Рисунок 23 – Разностно-интегральная кривая температуры почв на глубине 20 см за период 2015 – 2021 гг.

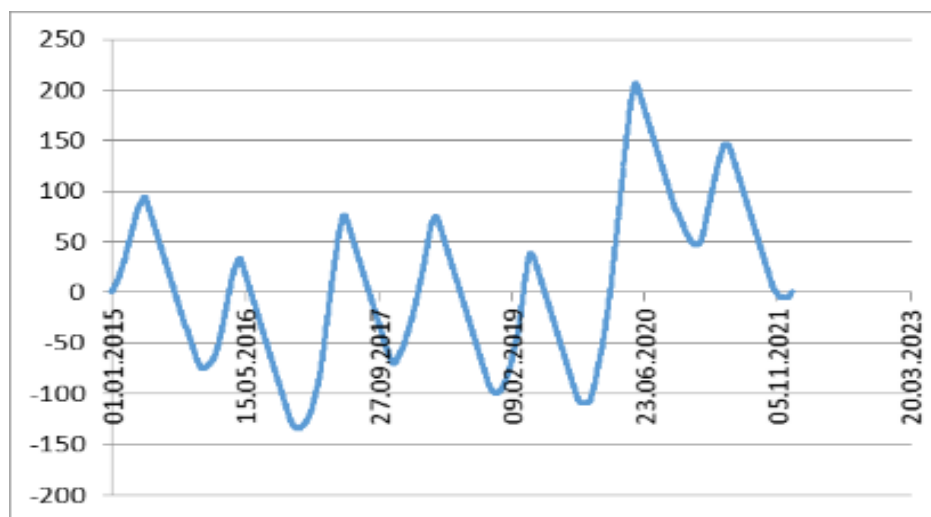


Рисунок 24 – Разностно-интегральная кривая высоты снежного покрова за период 2015 – 2021 гг.

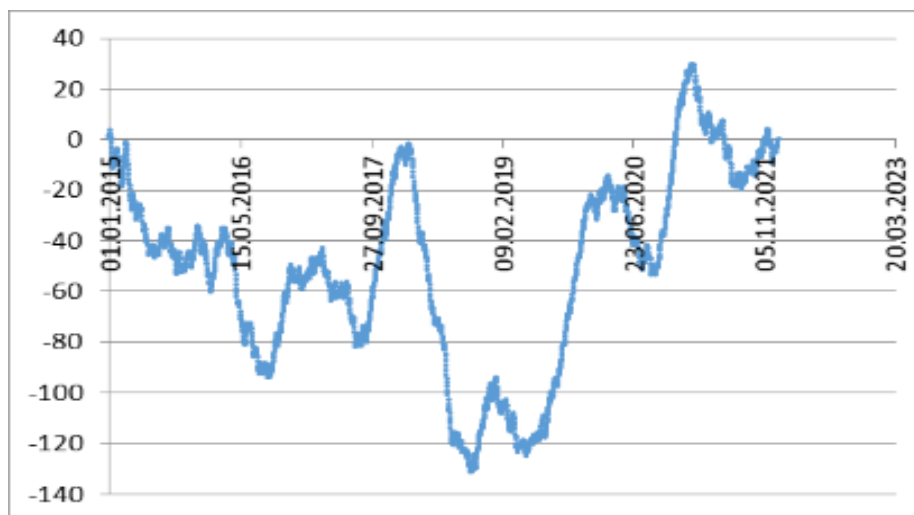


Рисунок 25 – Разностно-интегральная кривая нижнего яруса облаков м.с. Краснощелье за период 2015 – 2021 гг.

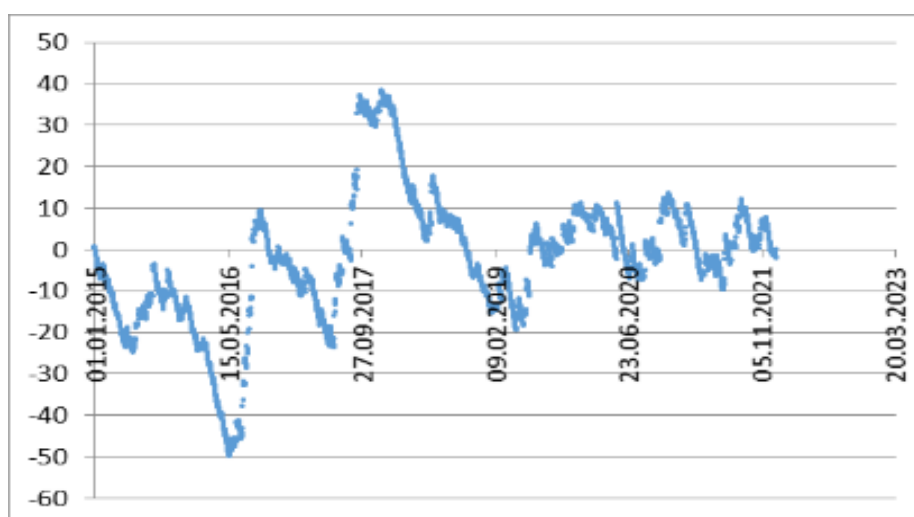


Рисунок 26 – Разностно-интегральная кривая осадков м.с. Краснощелье за период 2015 – 2021 гг.

3.4 Построение интегральных кривых

Интегральная кривая показывает изменение гидрометеорологической величины за определённый промежуток времени 2015-2021гг. Она может иметь разные формы в зависимости от характеристик водной системы и изменений в ее режиме. Например, у нее может быть устойчивый восходящий

тренд, который позволяет оценить изменения и их влияние на гидрологические процессы [8]

Были построены интегральные кривые по уровню воды оз. Ловозеро, температуре воздуха м.с. Краснощелье, расходу притока р. Сергевань, общей облачности, температуре почв на глубине 20-320 см, высоте снежного покрова м. с. Краснощелье, осадкам м.с Краснощелье, нижнему ярусу облаков.

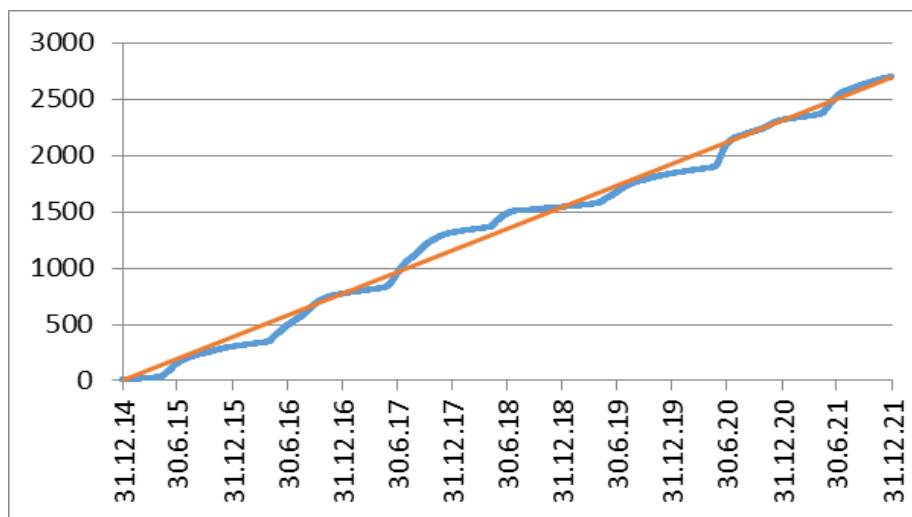


Рисунок 27 – Интегральная кривая уровня воды оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

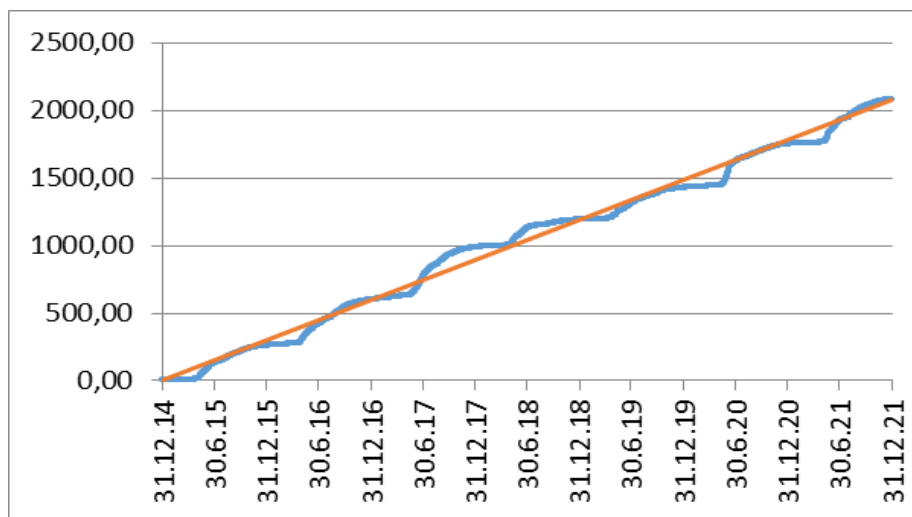


Рисунок 28 – Интегральная кривая расхода воды р. Сергевань за период 2015 – 2021 гг.

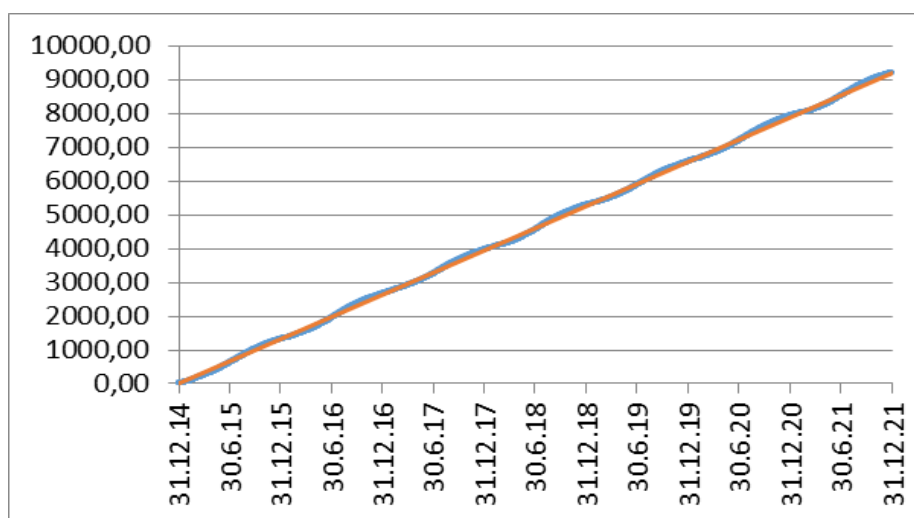


Рисунок 29 – Интегральная кривая температуры воздуха м.с. Краснощелье за период 2015 – 2021 гг.

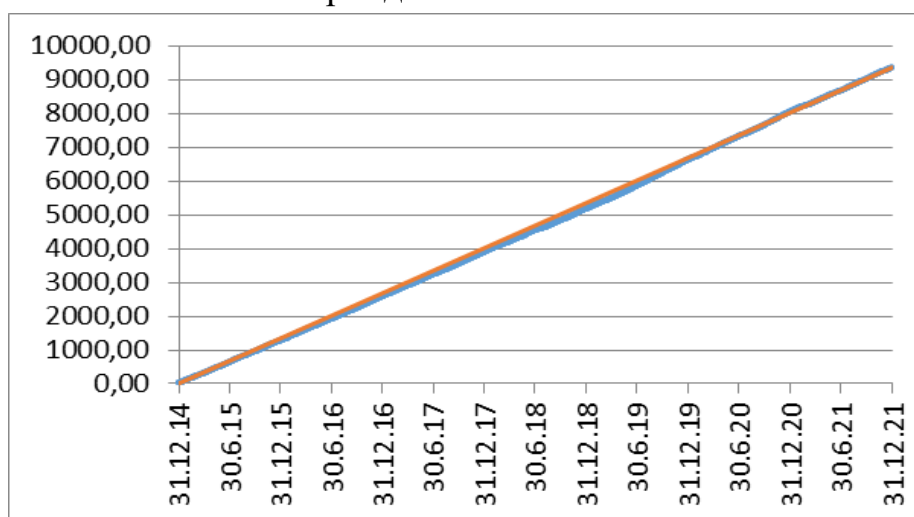


Рисунок 30 – Интегральная кривая общей облачности за период 2015 – 2021 гг.

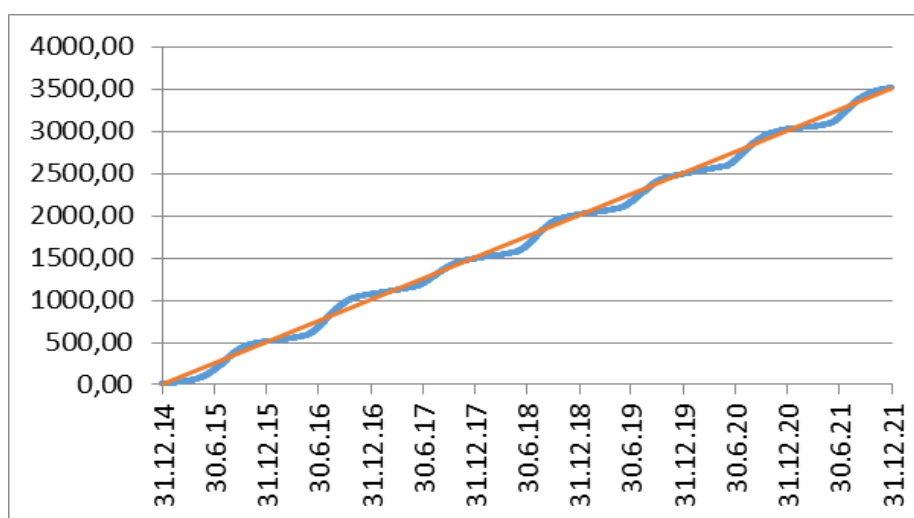


Рисунок 31 – Интегральная кривая температуры почв на глубине 20 см за период 2015 – 2021 гг.

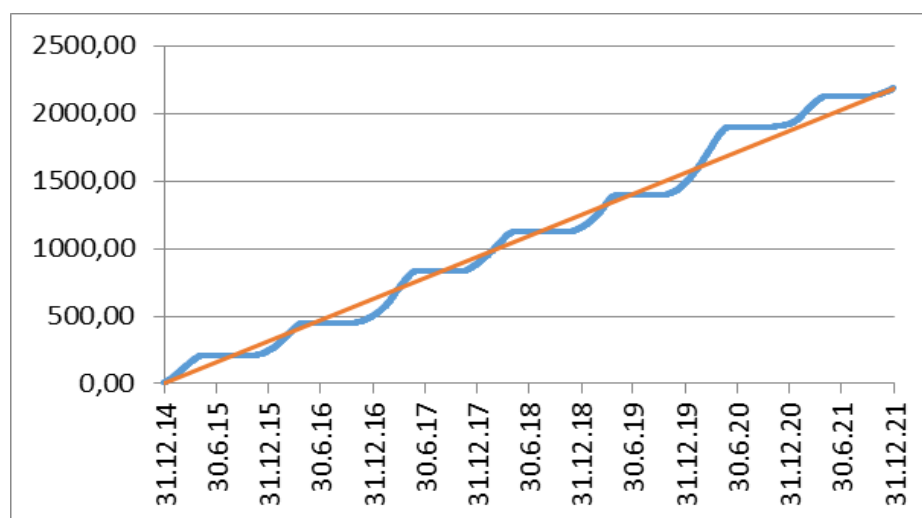


Рисунок 32 – Интегральная кривая высоты снежного покрова за период 2015 – 2021 гг.

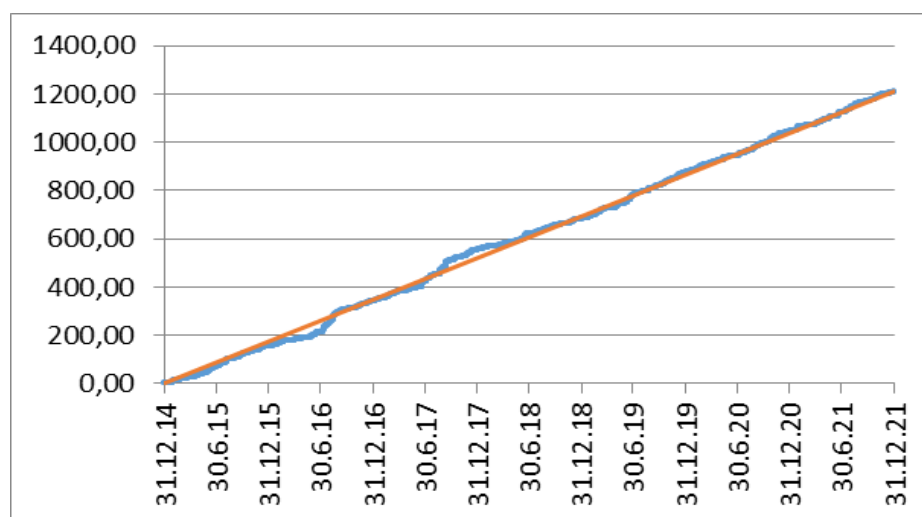


Рисунок 33 – Интегральная кривая осадков м.с. Краснощелье за период 2015 – 2021 гг.

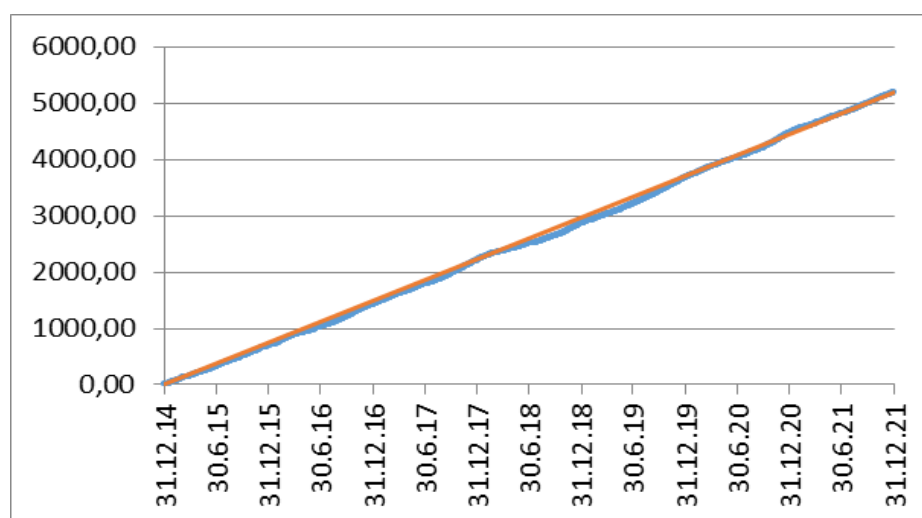


Рисунок 34 – Интегральная кривая нижнего яруса облаков м.с. Краснощелье за период 2015 – 2021 гг.

4 Выявление закономерностей водного режима озерной системы Ловозера и построение моделей, описывающих эти закономерности

Была рассчитана внутригодовая корреляция и регрессия для каждого года, с целью выявления предикторов, по которым в дальнейшем будет выполняться построение регрессионной модели. Изначально предикторов было 12 ($Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубинах 20 – 320 см, атмосферные осадки, высота снежного покрова, общая облачность, облачность нижнего яруса, температура воздуха, $Q_{\text{отток}}$).

В ходе проверки на однородность оставили всего 4 предиктора:

1. $Q_{\text{приток}}$
2. $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см
3. общая облачность
4. $T_{\text{воздуха}}$

Причиной отсеивания такого количества предикторов стало следующее: осадки и нижний ярус облаков не удовлетворяли условию t -статистики, а высота снежного покрова — F -статистики по всем годам. $T_{\text{почвы}}$ на глубинах 40–320 см были исключены из ряда предикторов, т.к. они взаимозаменяемы, то есть: от температуры вышележащего слоя зависит температура нижележащего слоя. $Q_{\text{отток}}$ не использовался в расчетах ввиду того, что целью было исследование приточной части в озеро, а не отточной.

Также был выполнен корреляционный анализ для всех предикторов, чтобы исключить мультиколлинеарность [9]

После проверки F -статистики и t -статистики были отобраны общие предикторы для уравнения. Во всех годах $R \geq 0,7$, а значит методика будет давать прогноз, значения которого будут описывать 50% наших уравнений [10].

Было разработано уравнение без заблаговременности, которое обычно используется для описания гидрологических процессов без учета временной задержки.

$$X_1*4,52+X_2*0,83+X_3*-0,11+X_4*0,26+X_5, \text{ где} \quad (4)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – параметры регрессионного уравнения соответственно: $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

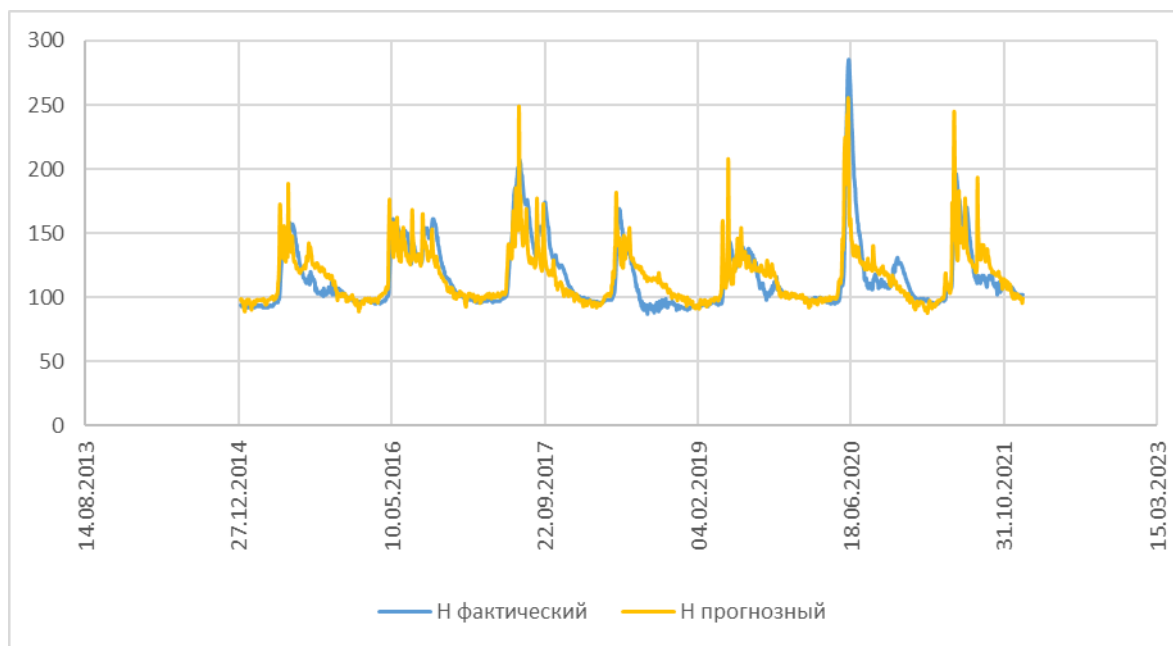


Рисунок 35 – График фактических и расчетных уровней воды без заблаговременности оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

В качестве числовой оценки эффективности методики прогнозирования использовалось отношение [11]

$$\frac{S}{\sigma_{\Delta}}, \quad (5)$$

где S — среднеквадратическая ошибка поверочных прогнозов; σ_{Δ} — среднеквадратическое отклонение переменной Δ_i . Значения S и σ_{Δ} рассчитываются по формулам:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (y_i - y_i^*)^2}{n}}, \quad (6)$$

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где y_i — фактическое значение гидрологической характеристики;

y_i^* — её прогнозное значение;

$\bar{\Delta}$ — среднее значение переменной Δ_i ;

n — длина ряда.

Так как ряд наблюдений составляет менее 7 лет, методика считается эффективной, если $S/\sigma_{\Delta} < 0,70$, при $n < 15$

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 8,3$, это говорит о том, что данная методика не является эффективной, а значит необходимо составить уравнение с заблаговременностью [12].

Были составлены уравнения заблаговременности от 2 до 30 суток.

Уравнение заблаговременности 2-е суток.

$$X_1 * 5,01 + X_2 * 0,63 + X_3 * -0,04 + X_4 * 0,22 + X_5, \text{ где} \quad (8)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 — коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

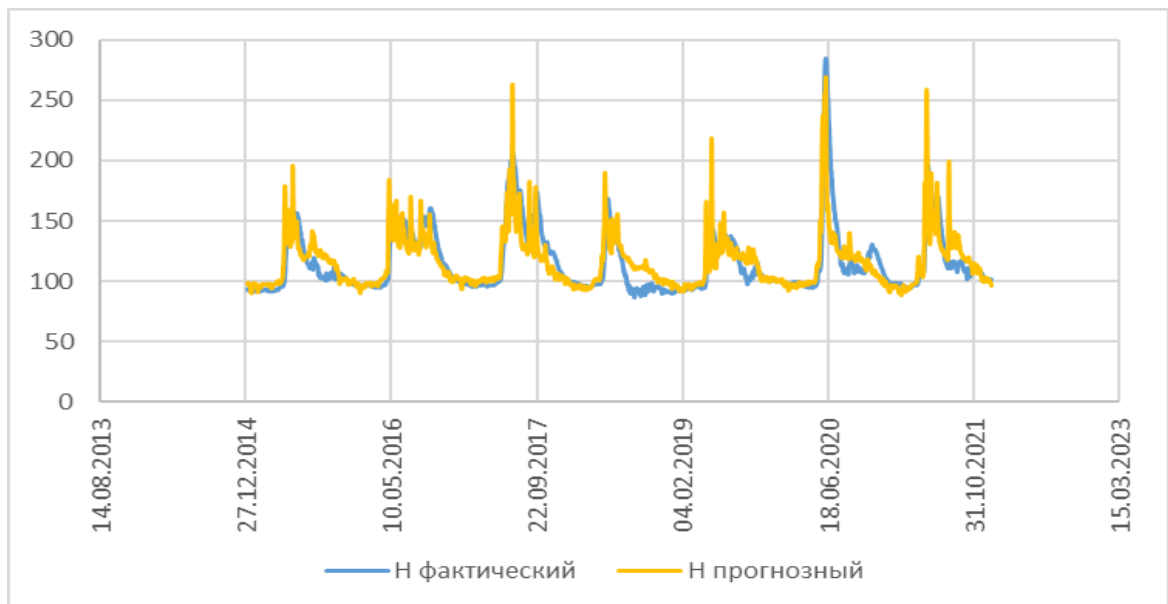


Рисунок 36 – График фактических и прогнозных уровней воды заблаговременность 2-е суток оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 4,4$, это говорит о том, что данная методика не является эффективной, а значит необходимо составить уравнение с большим количеством дней заблаговременности.

Уравнение заблаговременности 3-е суток.

$$X_1 * 5,18 + X_2 * 0,52 + X_3 * -0,03 + X_4 * 0,23 + X_5, \text{ где} \quad (9)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

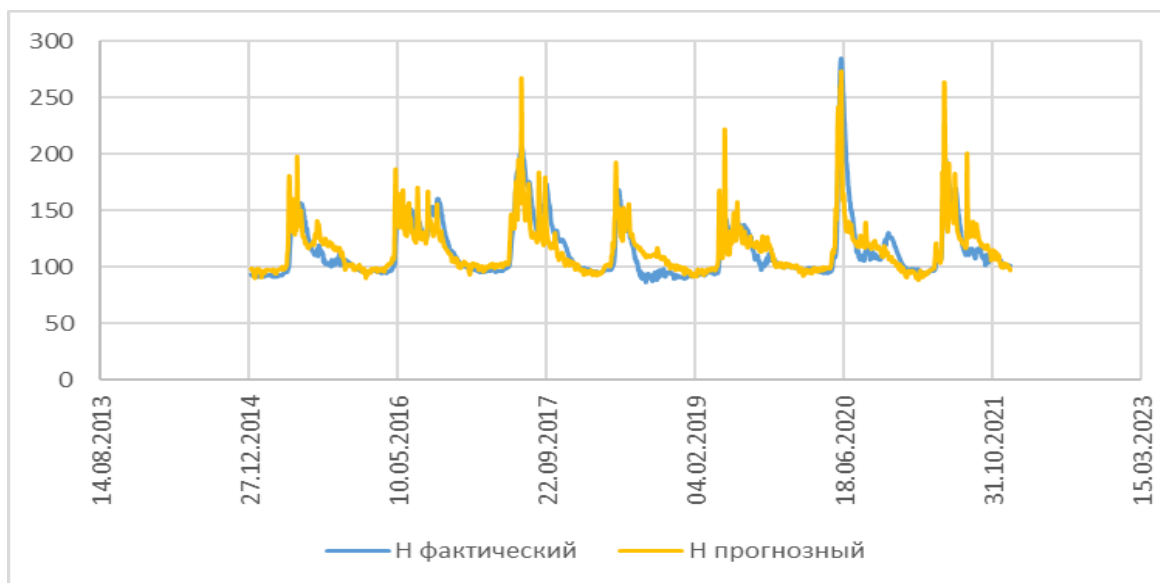


Рисунок 37 – График фактических и прогнозных уровней воды заблаговременность 3-е суток оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 2,9$, это говорит о том, что данная методика не является эффективной, а значит необходимо составить уравнение с большим количеством дней заблаговременности.

Уравнение заблаговременности 7 суток.

$$X_1 * 5,51 + X_2 * 0,05 + X_3 * 0,04 + X_4 * 0,31 + X_5, \text{ где} \quad (10)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

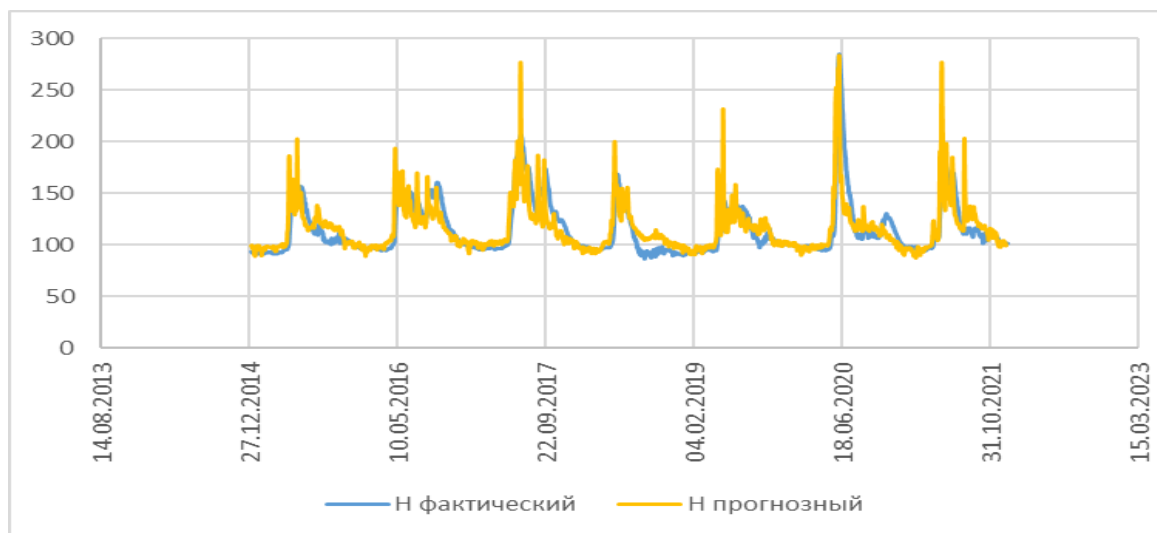


Рисунок 38 – График фактических и прогнозных уровней воды заблаговременность 7 суток оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 1,3$, это говорит о том, что данная методика не является эффективной, а значит необходимо составить уравнение с большим количеством дней заблаговременности.

Уравнение заблаговременности 10 суток.

$$X_1 * 5,47 + X_2 * -0,26 + X_3 * -0,08 + X_4 * 0,39 + X_5, \text{ где} \quad (11)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}, T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

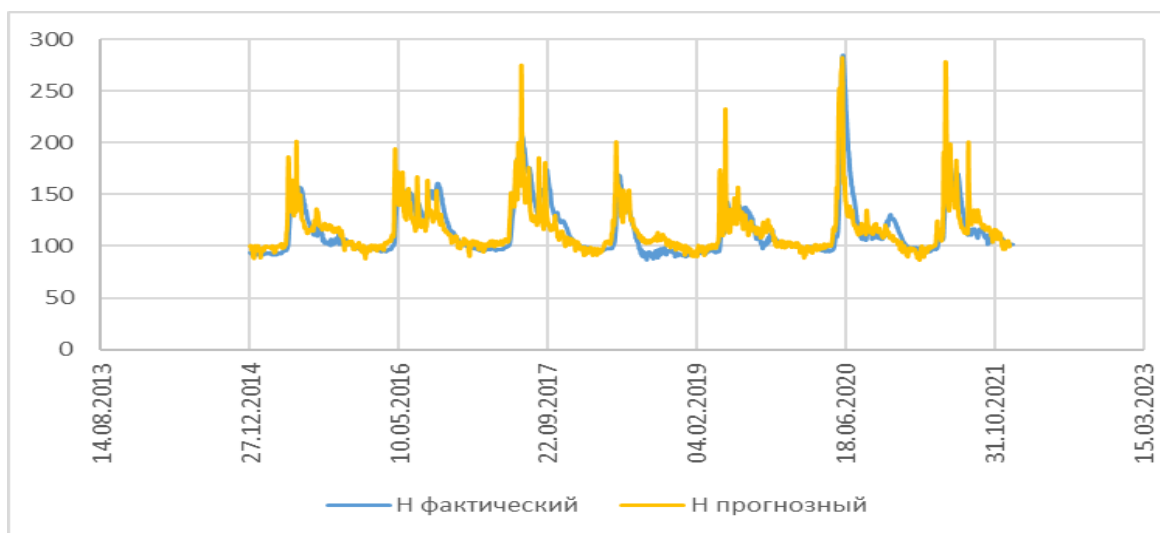


Рисунок 39 – График фактических и прогнозных уровней воды заблаговременность 10 суток оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 1,01$, это говорит о том, что данная методика не является эффективной, а значит необходимо составить уравнение с большим количеством дней заблаговременности.

Уравнение заблаговременности 14 суток.

$$X_1 * 5,15 + X_2 * -0,64 + X_3 * -0,14 + X_4 * 0,54 + X_5, \text{ где} \quad (12)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

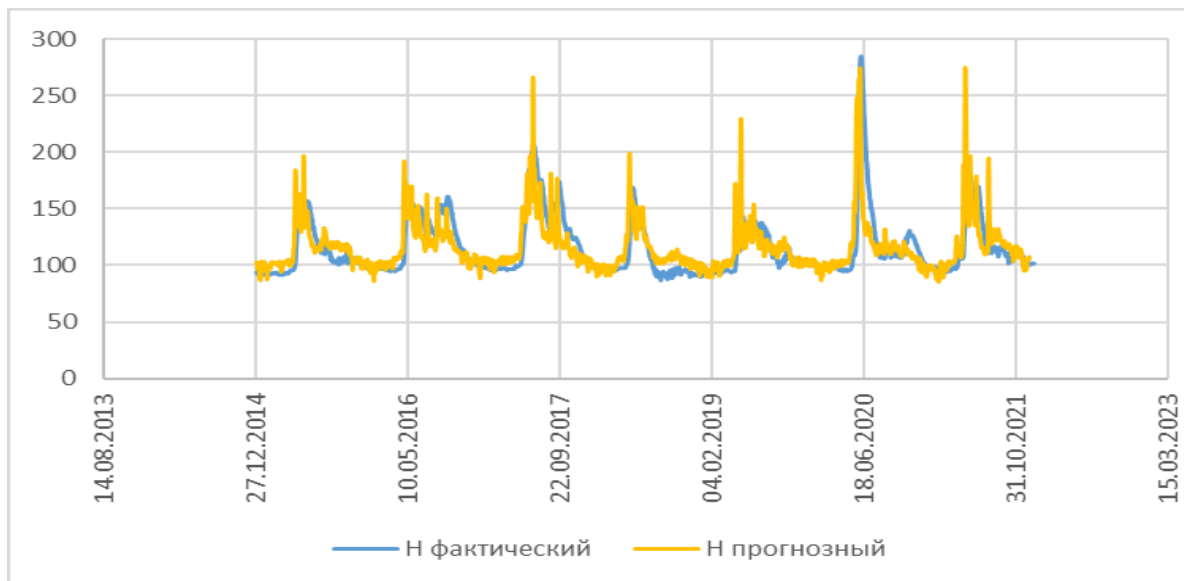


Рисунок 40 – График фактических и прогнозных уровней воды заблаговременность 14 суток оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 0,88$, это говорит о том, что данная методика не является эффективной, а значит необходимо составить уравнение с большим количеством дней заблаговременности.

Уравнение заблаговременности 18 суток.

$$X_1 * 4,68 + X_2 * -0,96 + X_3 * -0,14 + X_4 * 0,67 + X_5, \text{ где} \quad (13)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

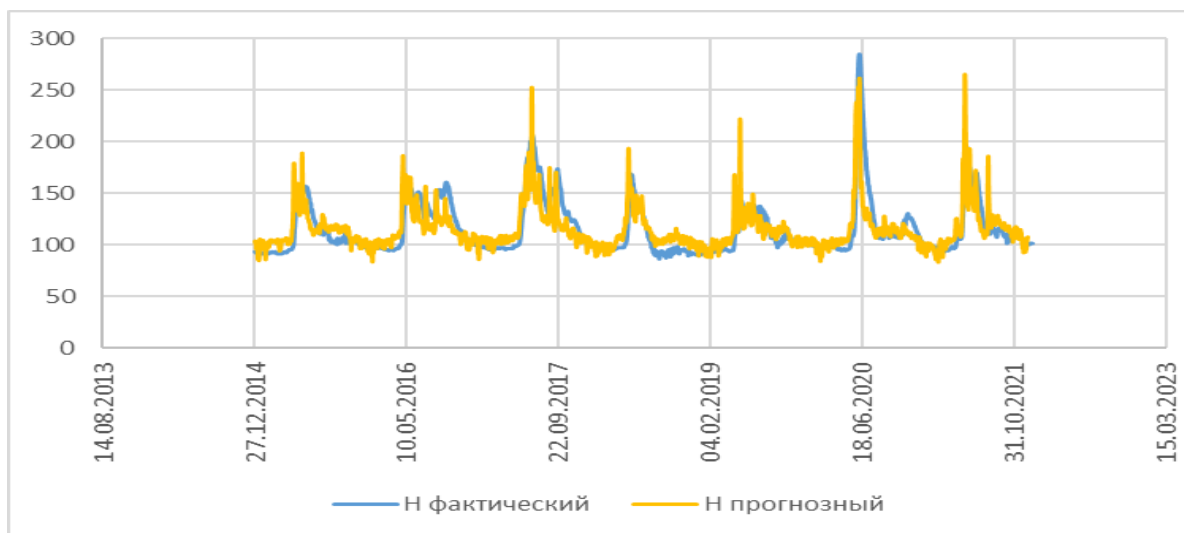


Рисунок 41 – График фактических и прогнозных уровней воды оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг. заблаговременность 18 суток.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 0,84$, это говорит о том, что данная методика не является эффективной, а значит необходимо составить уравнение с большим количеством дней заблаговременности.

Уравнение заблаговременности 22 суток.

$$X_1 * 4,19 + X_2 * -1,26 + X_3 * -0,17 + X_4 * 0,81 + X_5, \text{ где} \quad (14)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

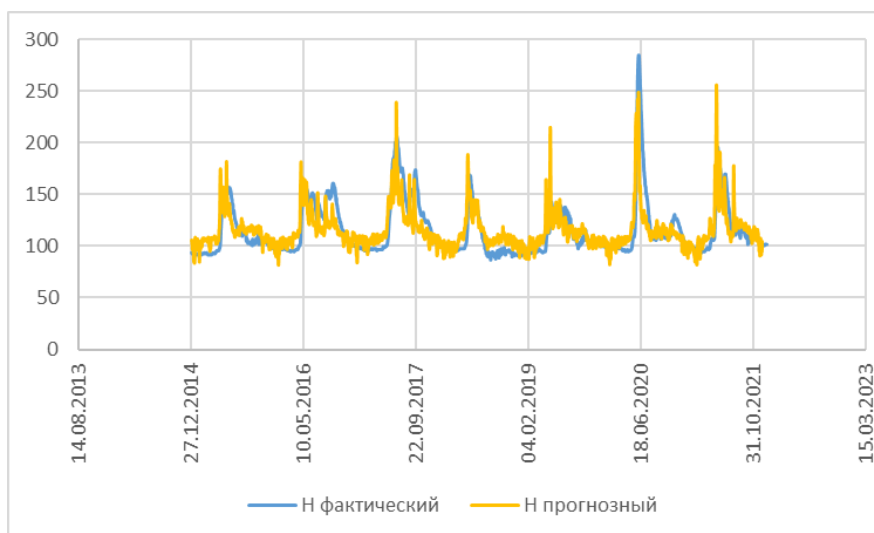


Рисунок 42 – График фактических и прогнозных уровней воды оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг. заблаговременность 22 суток.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 0,82$, это говорит о том, что данная методика не является эффективной, а значит необходимо составить уравнение с большим количеством дней заблаговременности.

Уравнение заблаговременности 26 суток.

$$X_1 * 3,63 + X_2 * -1,56 + X_3 * -0,15 + X_4 * 0,98 + X_5, \text{ где} \quad (15)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, *Свободный член.*

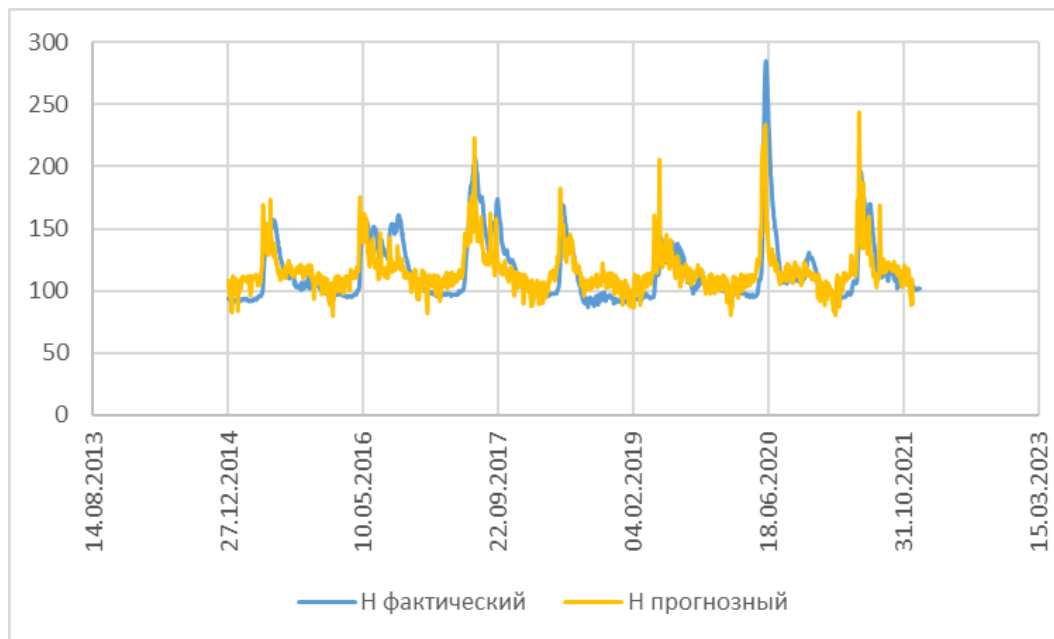


Рисунок 43 – График фактических и прогнозных уровней воды заблаговременность 26 суток оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta} = 0,80$, это говорит о том, что данная методика является эффективной.

Уравнение заблаговременности 30 суток.

$$X_1 * 3,07 + X_2 * -1,86 + X_3 * -0,23 + X_4 * 1,14 + X_5, \text{ где} \quad (16)$$

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – коэффициенты соответственно $Q_{\text{приток}}$, $T_{\text{почвы}}$ на глубине 20 см, общая облачность, $T_{\text{воздуха}}$, свободный член.

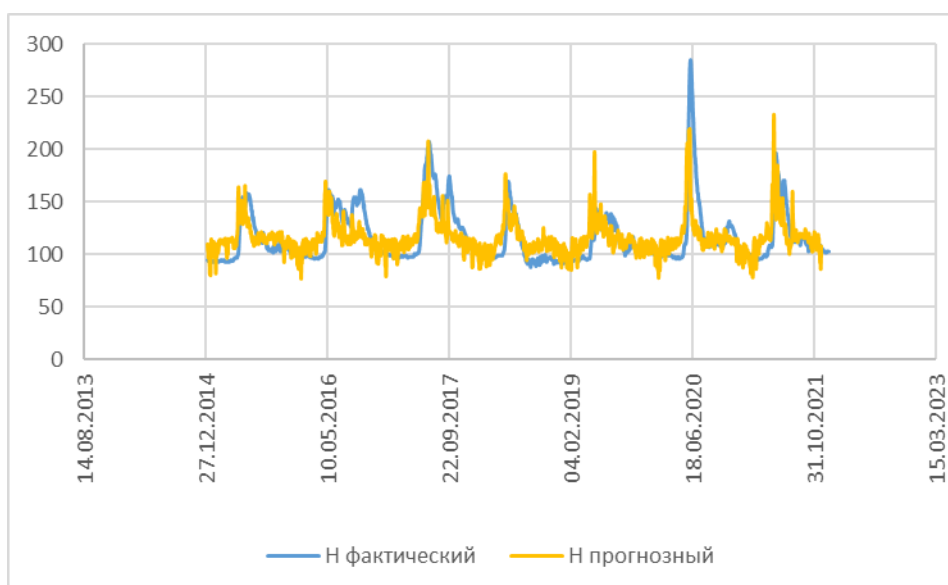


Рисунок 44 – График фактических и прогнозных уровней воды заблаговременность 30 суток оз. Ловозеро за период 2015 – 2021 гг.

Для данного ряда наблюдений $S/\sigma_{\Delta}=0,78$, это говорит о том, что данная методика является эффективной.

Данные для анализа результатов прогноза с различными заблаговременностями представлены в таблице №2.

Таблица 2 - анализ заблаговременности

γ, сут	Множественный R	R ²	t— статистика				S/σ _Δ	N'	P, %
			Q	t _{воздуха}	Облачность общая	t _{почвы, 20 см}			
0	0,788	0,62	46,8	4,56	— 0,71	7,97	8,28	388	15
2	0,830	0,69	57,2	4,31	— 0,31	6,73	4,38	636	25
3	0,845	0,72	61,9	4,61	— 0,21	5,74	2,99	883	35
7	0,873	0,76	71,9	6,84	— 0,29	0,66	1,31	1462	57
10	0,864	0,75	69,1	8,54	— 0,62	— 3,03	1,01	1687	66
14	0,824	0,68	57,8	10,3	— 1,00	— 6,70	0,88	1867	73
18	0,768	0,59	46,5	11,4	— 0,89	— 8,83	0,84	1997	79
22	0,713	0,51	38,0	12,6	— 0,97	— 10,6	0,82	2067	82
26	0,658	0,43	30,6	14,03	— 0,81	— 12,2	0,80	2085	82
30	0,609	0,38	24,6	15,6	— 1,13	— 13,8	0,78	2003	79

Для удобства анализа выведенной в таблицу 2 информации об изменении t-статистики предикторов представлены графики на рис. 45–46.

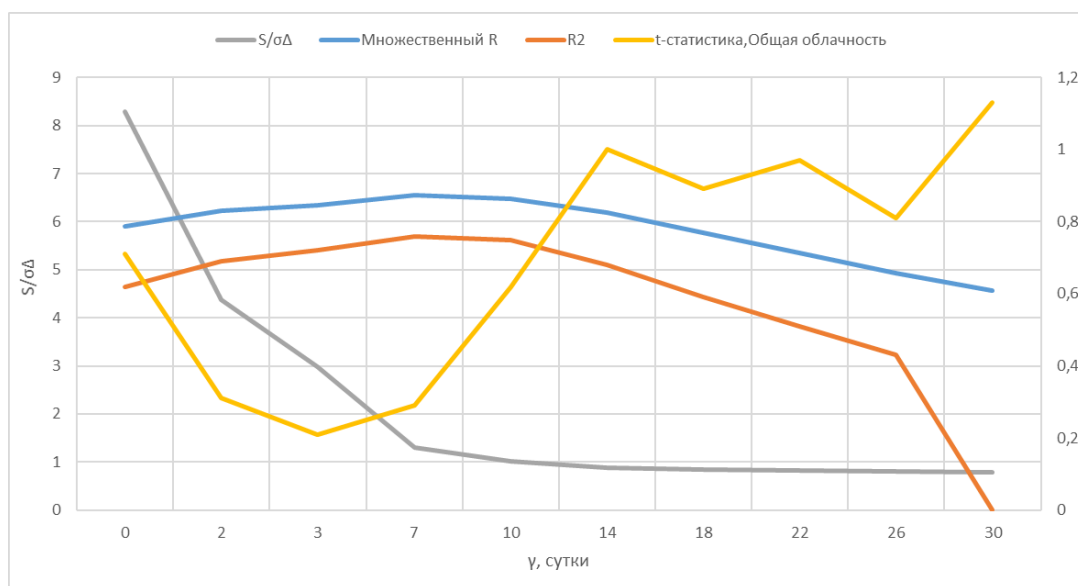


Рисунок 45 – Изменение статистических параметров регрессионного уравнения с увеличением заблаговременности: S/σ_{Δ} , Множественный R, R^2 , t — статистика общей облачности

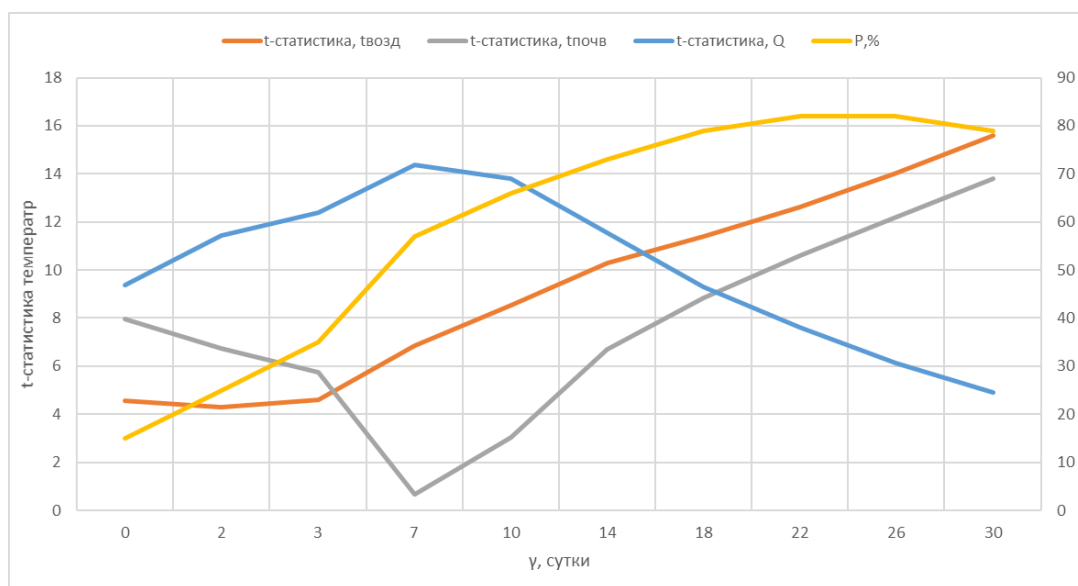


Рисунок 46 – Изменение статистических параметров регрессионного уравнения с увеличением заблаговременности: P%, t — статистика: температуры воздуха, температуры почвы на глубине 20 см, расхода воды

При увеличении заблаговременности равномерно растет значение t-статистики у температуры воздуха. Это значит, что прошлые значения этой характеристики оказывают больший вес на функцию отклика, чем значения «день в день».

Значение t-статистики расходов воды притока падает, значит, и степень влияния на уровень воды в озере стабильно падают с увеличением заблаговременности.

Степень влияния же общей облачности быстро увеличивается до заблаговременности в 10 суток, а затем начинает плавно уменьшаться, но на 30-е сутки вновь начинается рост. Температура почвы на глубине 20 см тоже колеблется.

Также видно, как падает множественный R, а вместе с ним и R^2 , значение которого показывает, на сколько процентов полученное уравнение регрессии описывает нашу функцию отклика – это значение должно быть не менее 50%, т.е. $R^2 \geq 0,7$.

Также можно увидеть динамику изменения S/σ_Δ , N' и $P\% - S/\sigma_\Delta$ падает, примерно с одинаковым равномерным шагом. А вот количество оправдавшихся прогнозов N' сначала растет быстро, а потом, все с большим значением заблаговременности, уже замедляется рост, то же происходит и с обеспеченностью.

Значит, можно сделать вывод, что заблаговременность в 26,30 суток несмотря на то, что они дают хороший результат по S/σ_Δ , нам не подходят, исходя из приведенного выше анализа. И, пожалуй, можно остановиться на более приемлемом значении заблаговременности $\gamma = 10 - 14$ суток.

Заключение

В ходе выполнения исследования были получены следующие результаты:

1. Проведен детальный физико-географический анализ озера Ловозера, включающий описание его гидрологических характеристик и факторов, влияющих на его водный режим.
2. Сформирована база данных, включающая гидрологическую и метеорологическую информацию, необходимую для анализа.
3. Построены хронологические графики изменения гидрометеорологических характеристик, а также комплексные графики, иллюстрирующие взаимосвязь этих характеристик.
4. Проведена проверка на однородность данных с использованием критериев Фишера и Стьюдента, что позволило выявить надежность и достоверность полученных результатов.
5. Построены модели, для определения временных отрезков с высоким и низким уровнем водности были построены графики разностно-интегральной кривой

Полученные результаты подтверждают значительное влияние метеорологических факторов на гидрологический режим озера Ловозеро.

Разработанные модели могут быть использованы для прогнозирования изменений водного режима озерно-речной системы в условиях изменяющегося климата.

Перспективы дальнейших исследований включают расширение базы данных за счет дополнительных гидрологических и метеорологических показателей, а также применение более сложных математических моделей для повышения точности прогнозов.

Таким образом, проведенное исследование внесло значительный вклад в понимание взаимосвязи гидрологических и метеорологических процессов в

озерно-речной системе Ловозера и создало основу для дальнейших научных исследований в этой области.

Список используемых источников

1. Михайлов В.Н., Добролюбов С.А.. Гидрология: учебник для вузов. – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. – 752 с.
2. Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. – СПб.: изд. РГГМУ, 2009. – 160 с.
3. Озеро Ловозеро // Озера России URL: <https://ozera.info/russia/szfo/murmansk/lovozero> (дата обращения: 01.05.2024).
4. Основные сведения по Ловозерскому району // Мурманск URL: <https://pogoda51.ru/glava-1-osnovnye-svedeniya-po-lovozerskomu-rajonu> (дата обращения: 01.05.2024).
5. Ресурсы поверхностных вод СССР [Текст] / Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1966 -Т. 1: Кольский полуостров. Т. 1 / Сост. инженеры Т. С. Антонова, Ю. А. Елшин, М. Г. Пупишская и др.
6. Орлов В.Г., Сикан А.В. Основы инженерной гидрологии. - СПб.: РГГМУ, 2006. - 187 с.
7. Аполлов Б. А., Калинин Г. П., Комаров В. Д. Курс гидрологических прогнозов. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 366 с.
8. Винокуров, И. О. К вопросу об определении периодов повышенной и пониженной водности рек / И. О. Винокуров. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2011. — № 7 (30). — Т. 1. — С. 72-74. — URL: <https://moluch.ru/archive/30/3472/> (дата обращения: 11.05.2024).
9. Волчек А.А. Инженерная гидрология и регулирование стока. Гидрология транспортных сооружений. – Горки: БГСХА, 2021. – 151 с.
10. Арсеньев Г. С., Иваненко А. Г. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты - СПб.: Гидрометеиздат, 1993 - 272 с.
11. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». - СПб.: изд. РГГМУ. 2007. - 279 с.

12. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. Учебник. - СПб., изд. РГГМУ, 2007. - 436 с.
13. Попов Е.Г. Гидрологические прогнозы. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1979. – 256 с.
14. Богословский Б. Б., Самохин А. А. и др. Общая гидрология - Л.: Гидрометеиздат, 1984 - 422 с.
15. Самохин А. А., Соловьева Н. Н., Догановский А. М. Практикум по гидрологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1980 - 296 с.

Приложение А

Таблица А.1 – Уровни воды оз. Ловозеро

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см
1.1	94	1.1	99	1.1	100	1.1	102	1.1	91	1.1	101	1.1	103
2.1	94	2.1	98	2.1	100	2.1	101	2.1	91	2.1	101	2.1	103
3.1	93	3.1	98	3.1	99	3.1	102	3.1	91	3.1	100	3.1	103
4.1	93	4.1	97	4.1	99	4.1	101	4.1	92	4.1	100	4.1	102
5.1	93	5.1	97	5.1	99	5.1	101	5.1	91	5.1	100	5.1	102
6.1	93	6.1	97	6.1	99	6.1	101	6.1	92	6.1	100	6.1	101
7.1	94	7.1	97	7.1	100	7.1	101	7.1	91	7.1	100	7.1	101
8.1	94	8.1	97	8.1	99	8.1	101	8.1	92	8.1	100	8.1	101
9.1	93	9.1	97	9.1	99	9.1	101	9.1	92	9.1	101	9.1	101
10.1	93	10.1	97	10.1	99	10.1	101	10.1	92	10.1	101	10.1	100
11.1	93	11.1	97	11.1	99	11.1	101	11.1	93	11.1	100	11.1	100
12.1	93	12.1	97	12.1	100	12.1	100	12.1	93	12.1	100	12.1	100
13.1	93	13.1	96	13.1	99	13.1	100	13.1	93	13.1	99	13.1	100
14.1	93	14.1	97	14.1	99	14.1	100	14.1	93	14.1	99	14.1	99
15.1	93	15.1	97	15.1	99	15.1	100	15.1	93	15.1	99	15.1	99
16.1	93	16.1	97	16.1	99	16.1	100	16.1	93	16.1	99	16.1	99
17.1	93	17.1	97	17.1	99	17.1	100	17.1	93	17.1	99	17.1	99
18.1	93	18.1	97	18.1	98	18.1	99	18.1	93	18.1	99	18.1	99
19.1	93	19.1	97	19.1	99	19.1	99	19.1	93	19.1	99	19.1	98
20.1	92	20.1	96	20.1	99	20.1	99	20.1	93	20.1	99	20.1	98
21.1	92	21.1	96	21.1	99	21.1	99	21.1	93	21.1	98	21.1	98
22.1	93	22.1	96	22.1	98	22.1	99	22.1	93	22.1	98	22.1	98
23.1	92	23.1	96	23.1	98	23.1	99	23.1	92	23.1	98	23.1	98
24.1	92	24.1	96	24.1	98	24.1	99	24.1	93	24.1	98	24.1	98
25.1	92	25.1	96	25.1	99	25.1	100	25.1	93	25.1	98	25.1	98
26.1	93	26.1	96	26.1	98	26.1	100	26.1	93	26.1	98	26.1	98
27.1	93	27.1	96	27.1	98	27.1	100	27.1	93	27.1	98	27.1	98
28.1	92	28.1	97	28.1	98	28.1	99	28.1	93	28.1	98	28.1	98
29.1	93	29.1	97	29.1	98	29.1	99	29.1	93	29.1	98	29.1	99
30.1	93	30.1	97	30.1	98	30.1	99	30.1	93	30.1	98	30.1	99
31.1	93	31.1	97	31.1	97	31.1	99	31.1	93	31.1	98	31.1	99
...													

Таблица А.2 – Уровни воды р. Сергевань

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см
1.1	82	1.1	87	1.1	90	1.1	95	1.1	89	1.1	88	1.1	83
2.1	84	2.1	89	2.1	88	2.1	96	2.1	87	2.1	86	2.1	85
3.1	87	3.1	89	3.1	85	3.1	96	3.1	87	3.1	86	3.1	88
4.1	87	4.1	89	4.1	84	4.1	93	4.1	88	4.1	87	4.1	91
5.1	85	5.1	91	5.1	86	5.1	91	5.1	86	5.1	88	5.1	93

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см
6.1	84	6.1	89	6.1	84	6.1	92	6.1	84	6.1	86	6.1	96
7.1	84	7.1	88	7.1	83	7.1	97	7.1	83	7.1	84	7.1	92
8.1	84	8.1	87	8.1	85	8.1	97	8.1	85	8.1	86	8.1	85
9.1	84	9.1	87	9.1	87	9.1	94	9.1	88	9.1	87	9.1	82
10.1	82	10.1	88	10.1	89	10.1	93	10.1	84	10.1	89	10.1	82
11.1	80	11.1	89	11.1	93	11.1	92	11.1	79	11.1	88	11.1	80
12.1	80	12.1	91	12.1	94	12.1	91	12.1	79	12.1	87	12.1	80
13.1	79	13.1	91	13.1	96	13.1	90	13.1	80	13.1	87	13.1	78
14.1	77	14.1	89	14.1	96	14.1	90	14.1	82	14.1	85	14.1	75
15.1	76	15.1	89	15.1	97	15.1	88	15.1	84	15.1	84	15.1	74
16.1	78	16.1	88	16.1	98	16.1	89	16.1	83	16.1	85	16.1	75
17.1	80	17.1	88	17.1	98	17.1	90	17.1	80	17.1	85	17.1	77
18.1	82	18.1	87	18.1	98	18.1	89	18.1	79	18.1	84	18.1	80
19.1	83	19.1	86	19.1	97	19.1	92	19.1	78	19.1	82	19.1	84
20.1	83	20.1	85	20.1	97	20.1	91	20.1	78	20.1	82	20.1	88
21.1	85	21.1	83	21.1	96	21.1	89	21.1	78	21.1	83	21.1	91
22.1	87	22.1	83	22.1	95	22.1	86	22.1	78	22.1	84	22.1	91
23.1	85	23.1	82	23.1	94	23.1	86	23.1	77	23.1	87	23.1	86
24.1	83	24.1	82	24.1	94	24.1	85	24.1	76	24.1	89	24.1	82
25.1	82	25.1	82	25.1	93	25.1	83	25.1	77	25.1	92	25.1	81
26.1	84	26.1	81	26.1	87	26.1	85	26.1	77	26.1	91	26.1	82
27.1	84	27.1	80	27.1	89	27.1	87	27.1	77	27.1	90	27.1	82
28.1	84	28.1	80	28.1	92	28.1	88	28.1	75	28.1	89	28.1	83
29.1	84	29.1	81	29.1	93	29.1	90	29.1	75	29.1	88	29.1	83
30.1	83	30.1	81	30.1	92	30.1	87	30.1	75	30.1	86	30.1	83
31.1	83	31.1	81	31.1	92	31.1	87	31.1	75	31.1	85	31.1	82
...													

Таблица А.3 – Расходы воды р. Сергевань

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с
1.1	1,21	1.1	1,78	1.1	1,68	1.1	1,85	1.1	1,23	1.1	1,61	1.1	1,48
2.1	1,35	2.1	1,92	2.1	1,50	2.1	1,87	2.1	1,12	2.1	1,46	2.1	1,26
3.1	1,57	3.1	1,92	3.1	1,29	3.1	1,77	3.1	1,12	3.1	1,43	3.1	1,24
4.1	1,57	4.1	1,92	4.1	1,23	4.1	1,52	4.1	1,17	4.1	1,50	4.1	1,18
5.1	1,42	5.1	2,06	5.1	1,33	5.1	1,30	5.1	1,06	5.1	1,57	5.1	1,06
6.1	1,35	6.1	1,88	6.1	1,20	6.1	1,28	6.1	0,99	6.1	1,43	6.1	0,89
7.1	1,35	7.1	1,79	7.1	1,14	7.1	1,51	7.1	0,94	7.1	1,26	7.1	0,84
8.1	1,35	8.1	1,68	8.1	1,23	8.1	1,41	8.1	1,04	8.1	1,39	8.1	0,66
9.1	1,35	9.1	1,68	9.1	1,36	9.1	1,20	9.1	1,21	9.1	1,47	9.1	0,62
10.1	1,21	10.1	1,76	10.1	1,49	10.1	1,15	10.1	0,99	10.1	1,61	10.1	0,70
11.1	1,08	11.1	1,84	11.1	1,80	11.1	1,10	11.1	0,78	11.1	1,54	11.1	0,67
12.1	1,08	12.1	1,97	12.1	1,87	12.1	1,09	12.1	0,78	12.1	1,43	12.1	0,72
13.1	1,03	13.1	1,97	13.1	1,98	13.1	1,04	13.1	0,82	13.1	1,43	13.1	0,68
14.1	0,94	14.1	1,80	14.1	1,98	14.1	1,04	14.1	0,91	14.1	1,29	14.1	0,61

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с
15.1	0,90	15.1	1,76	15.1	2,05	15.1	0,95	15.1	1,02	15.1	1,23	15.1	0,59
16.1	0,96	16.1	1,65	16.1	2,13	16.1	1,03	16.1	0,97	16.1	1,26	16.1	0,63
17.1	1,06	17.1	1,61	17.1	2,13	17.1	1,08	17.1	0,84	17.1	1,26	17.1	0,71
18.1	1,16	18.1	1,50	18.1	2,13	18.1	1,03	18.1	0,80	18.1	1,20	18.1	0,84
19.1	1,22	19.1	1,39	19.1	2,05	19.1	1,19	19.1	0,76	19.1	1,05	19.1	1,08
20.1	1,19	20.1	1,29	20.1	2,05	20.1	1,13	20.1	0,76	20.1	1,05	20.1	1,35
21.1	1,32	21.1	1,14	21.1	2,03	21.1	1,07	21.1	0,76	21.1	1,08	21.1	1,60
22.1	1,43	22.1	1,11	22.1	1,95	22.1	0,93	22.1	0,76	22.1	1,14	22.1	1,64
23.1	1,29	23.1	1,02	23.1	1,87	23.1	0,93	23.1	0,75	23.1	1,33	23.1	1,29
24.1	1,14	24.1	1,00	24.1	1,87	24.1	0,88	24.1	0,76	24.1	1,42	24.1	1,08
25.1	1,08	25.1	0,97	25.1	1,84	25.1	0,80	25.1	0,81	25.1	1,63	25.1	1,05
26.1	1,17	26.1	0,89	26.1	1,40	26.1	0,88	26.1	0,83	26.1	1,51	26.1	1,13
27.1	1,17	27.1	0,82	27.1	1,53	27.1	0,98	27.1	0,85	27.1	1,44	27.1	1,16
28.1	1,14	28.1	0,80	28.1	1,76	28.1	1,02	28.1	0,80	28.1	1,38	28.1	1,22
29.1	1,14	29.1	0,82	29.1	1,89	29.1	1,16	29.1	0,81	29.1	1,28	29.1	1,25
30.1	1,05	30.1	0,82	30.1	1,80	30.1	1,01	30.1	0,83	30.1	1,16	30.1	1,25
31.1	1,05	31.1	0,82	31.1	1,76	31.1	1,01	31.1	0,85	31.1	1,07	31.1	1,18
...													

Таблица А.4 – Уровни воды р. Воронья

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см
1.1	56	1.1	74	1.1	81	1.1	77	1.1	42	1.1	73	1.1	79
2.1	57	2.1	74	2.1	81	2.1	76	2.1	42	2.1	73	2.1	78
3.1	57	3.1	73	3.1	79	3.1	75	3.1	42	3.1	73	3.1	77
4.1	57	4.1	73	4.1	77	4.1	74	4.1	42	4.1	73	4.1	76
5.1	57	5.1	72	5.1	76	5.1	73	5.1	42	5.1	73	5.1	75
6.1	57	6.1	70	6.1	73	6.1	73	6.1	42	6.1	73	6.1	74
7.1	57	7.1	69	7.1	70	7.1	72	7.1	43	7.1	72	7.1	73
8.1	56	8.1	68	8.1	68	8.1	72	8.1	43	8.1	72	8.1	72
9.1	56	9.1	67	9.1	66	9.1	72	9.1	44	9.1	72	9.1	71
10.1	56	10.1	66	10.1	65	10.1	71	10.1	43	10.1	72	10.1	70
11.1	55	11.1	66	11.1	65	11.1	70	11.1	41	11.1	73	11.1	69
12.1	55	12.1	65	12.1	64	12.1		12.1	43	12.1	73	12.1	69
13.1	54	13.1	64	13.1	64	13.1		13.1	44	13.1	73	13.1	68
14.1	54	14.1	63	14.1	63	14.1		14.1	45	14.1	73	14.1	67
15.1	53	15.1	63	15.1	63	15.1		15.1	45	15.1	73	15.1	66
16.1	53	16.1	63	16.1	62	16.1		16.1	45	16.1	73	16.1	65
17.1	53	17.1	63	17.1	62	17.1		17.1	46	17.1	73	17.1	65
18.1	53	18.1	63	18.1	61	18.1		18.1	46	18.1	73	18.1	64
19.1	55	19.1	63	19.1	61	19.1	65	19.1	47	19.1	73	19.1	64
20.1	54	20.1	62	20.1	62	20.1		20.1	47	20.1	73	20.1	64
21.1	54	21.1	62	21.1	62	21.1		21.1	47	21.1	72	21.1	64
22.1	54	22.1	61	22.1	62	22.1		22.1	47	22.1	72	22.1	63
23.1	55	23.1	61	23.1	62	23.1		23.1	47	23.1	72	23.1	63

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см	Дата	Н, см
24.1	55	24.1	61	24.1	62	24.1		24.1	48	24.1	72	24.1	63
25.1	55	25.1	61	25.1	62	25.1		25.1	48	25.1	72	25.1	63
26.1	55	26.1	61	26.1	62	26.1		26.1	48	26.1	73	26.1	63
27.1	55	27.1	61	27.1	62	27.1		27.1	48	27.1	72	27.1	63
28.1	56	28.1	61	28.1	62	28.1		28.1	48	28.1	70	28.1	63
29.1	56	29.1	61	29.1	62	29.1		29.1	48	29.1	71	29.1	63
30.1	56	30.1	62	30.1	63	30.1		30.1	49	30.1	71	30.1	64
31.1	57	31.1	62	31.1	63	31.1	66	31.1	49	31.1	70	31.1	64
...													

Таблица А.5 – Расходы воды р. Воронья

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с	Дата	Q, м³/с
1.1	12,8	1.1	18,2	1.1	22,7	1.1	28,1	1.1	13,6	1.1	21,1	1.1	29,6
2.1	13,2	2.1	17,7	2.1	23,4	2.1	28,2	2.1	13,3	2.1	21,1	2.1	29,1
3.1	13,2	3.1	17,3	3.1	23,7	3.1	27,6	3.1	13,3	3.1	21,1	3.1	28,7
4.1	13,2	4.1	17,3	4.1	24,0	4.1	27,1	4.1	13,1	4.1	21,1	4.1	28,2
5.1	13,2	5.1	17,0	5.1	24,7	5.1	27,1	5.1	13,1	5.1	20,6	5.1	27,8
6.1	13,2	6.1	15,7	6.1	23,8	6.1	27,1	6.1	12,8	6.1	20,6	6.1	27,4
7.1	13,2	7.1	15,4	7.1	23,4	7.1	26,5	7.1	13,2	7.1	20,1	7.1	26,9
8.1	12,8	8.1	15,1	8.1	23,4	8.1	27,1	8.1	13,0	8.1	20,1	8.1	26,5
9.1	12,8	9.1	14,8	9.1	22,9	9.1	27,1	9.1	13,4	9.1	20,1	9.1	26,0
10.1	12,8	10.1	14,5	10.1	23,3	10.1	26,5	10.1	12,7	10.1	20,1	10.1	25,6
11.1	12,1	11.1	14,0	11.1	23,3	11.1	26,2	11.1	11,9	11.1	20,6	11.1	25,2
12.1	12,1	12.1	13,7	12.1	23,2	12.1	25,7	12.1	12,5	12.1	20,6	12.1	24,7
13.1	11,8	13.1	13,4	13.1	23,2	13.1	25,2	13.1	12,8	13.1	20,1	13.1	24,3
14.1	11,8	14.1	13,1	14.1	22,7	14.1	24,7	14.1	12,9	14.1	20,1	14.1	23,8
15.1	11,5	15.1	12,7	15.1	22,7	15.1	24,2	15.1	12,7	15.1	20,1	15.1	23,4
16.1	11,5	16.1	12,7	16.1	18,3	16.1	23,7	16.1	12,7	16.1	20,1	16.1	23,0
17.1	11,5	17.1	12,7	17.1	22,6	17.1	23,2	17.1	12,8	17.1	20,1	17.1	22,5
18.1	11,5	18.1	12,7	18.1	22,1	18.1	22,7	18.1	12,8	18.1	19,5	18.1	22,1
19.1	12,1	19.1	12,7	19.1	21,6	19.1	22,2	19.1	12,8	19.1	19,5	19.1	21,6
20.1	11,8	20.1	12,4	20.1	21,7	20.1	21,9	20.1	12,8	20.1	19,5	20.1	21,2
21.1	11,5	21.1	12,4	21.1	21,7	21.1	21,5	21.1	12,5	21.1	19,1	21.1	20,6
22.1	11,5	22.1	12,1	22.1	21,3	22.1	21,2	22.1	12,8	22.1	18,6	22.1	19,6
23.1	11,8	23.1	12,1	23.1	20,9	23.1	20,9	23.1	12,8	23.1	18,6	23.1	19,2
24.1	11,4	24.1	12,1	24.1	20,5	24.1	20,6	24.1	13,2	24.1	18,0	24.1	19,2
25.1	11,4	25.1	12,1	25.1	20,5	25.1	20,2	25.1	13,2	25.1	18,0	25.1	18,8
26.1	11,4	26.1	12,1	26.1	20,0	26.1	19,9	26.1	13,5	26.1	18,4	26.1	18,3
27.1	11,1	27.1	12,1	27.1	19,6	27.1	19,6	27.1	13,5	27.1	17,5	27.1	17,9
28.1	11,4	28.1	12,1	28.1	19,2	28.1	19,3	28.1	13,5	28.1	16,8	28.1	17,5
29.1	11,4	29.1	11,7	29.1	19,2	29.1	18,9	29.1	13,8	29.1	16,6	29.1	17,5
30.1	11,4	30.1	11,9	30.1	19,2	30.1	18,6	30.1	14,1	30.1	16,6	30.1	17,4
31.1	11,7	31.1	11,5	31.1	18,8	31.1	18,3	31.1	14,1	31.1	16,7	31.1	17,4
...													

Таблица А.6 – Метеорологические характеристики МС Краснощелье

2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021	
Да та	Х, мм	Да та	Х, мм	Да та	Х, мм	Да та	Х, мм	Да та	Х, мм	Да та	Х, мм	Дат а	Х, мм
1.1	3,6	1.1	0	1.1	0	1.1	0	1.1	5,6	1.1	0,2	1.1	4
2.1	1,5	2.1	0	2.1	0	2.1	4,3	2.1	0,3	2.1	1,1	2.1	3,4
3.1	1,3	3.1	0,3	3.1	0,2	3.1	1,1	3.1	0	3.1	1,5	3.1	0,7
4.1	0	4.1	0	4.1	0,2	4.1	0,8	4.1	0,7	4.1	0,5	4.1	0
5.1	0,2	5.1	0,4	5.1	0	5.1	4,1	5.1	0,4	5.1	0	5.1	0
Да та	Снег, см	Да та	Снег, см	Да та	Снег, см	Да та	Снег, см	Да та	Снег, см	Да та	Снег, см	Дат а	Снег, см
1.1	33	1.1	28	1.1	34	1.1	36	1.1	29	1.1	58	1.1	17
2.1	36	2.1	28	2.1	34	2.1	37	2.1	34	2.1	58	2.1	18
3.1	35	3.1	28	3.1	34	3.1	40	3.1	34	3.1	54	3.1	23
4.1	33	4.1	28	4.1	34	4.1	41	4.1	34	4.1	52	4.1	23
5.1	33	5.1	28	5.1	34	5.1	41	5.1	34	5.1	52	5.1	23
Дат а	Твоздух а, °С	Дат а	Твоздух а, °С	Дат а	Твоздух а, °С	Дат а	Твоздух а, °С	Дат а	Твоздух а, °С	Дат а	Твоздух а, °С	Дат а	Твоздух а, °С
1.1	-6.1	1.1	-6.7	1.1	-5.7	1.1	-3.1	1.1	-6.2	1.1	-12.7	1.1	-7.2
2.1	-5.6	2.1	-11.9	2.1	-22.9	2.1	-3.1	2.1	-9.6	2.1	-7.2	2.1	-7.3
3.1	-11.4	3.1	-13.5	3.1	-22.9	3.1	-4.8	3.1	-16.4	3.1	0.9	3.1	-7.4
4.1	-13	4.1	-19.1	4.1	-22.7	4.1	-2.1	4.1	-15.3	4.1	-2.7	4.1	-8.4
5.1	-17	5.1	-20	5.1	-33	5.1	-7.1	5.1	-9.5	5.1	-9.9	5.1	-10.1
Да та	Тпоч вы 20 см	Да та	Тпоч вы 20 см	Да та	Тпоч вы 20 см	Да та	Тпоч вы 20 см	Да та	Тпоч вы 20 см	Да та	Тпоч вы 20 см	Дат а	Тпоч вы 20 см
1.1	-1.2	1.1	-0.8	1.1	-0.2	1.1	-0.1	1.1	-0.3	1.1	0.4	1.1	-0.8
2.1	-1	2.1	-0.8	2.1	-0.2	2.1	-0.1	2.1	-0.3	2.1	0.3	2.1	-0.8
3.1	-0.8	3.1	-0.8	3.1	-0.3	3.1	-0.1	3.1	-0.3	3.1	0.3	3.1	-0.7
4.1	-0.9	4.1	-1	4.1	-0.4	4.1	-0.1	4.1	-0.4	4.1	0.3	4.1	-0.7
5.1	-1	5.1	-1.2	5.1	-0.6	5.1	-0.1	5.1	-0.5	5.1	0.3	5.1	-0.7
...													