



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

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему **Методика прогноза элементов
ледового режима рек
Арктической зоны России на
примере р.Печоры**

Исполнитель Ромашова Ксения Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.г.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

Шаночкин Сергей Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

И.о. заведующего кафедрой

(подпись)

к.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович

(фамилия, имя, отчество)

«30» мая 2017г.

Санкт-Петербург

2017



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

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему **Методика прогноза элементов
ледового режима рек
Арктической зоны России на
примере р.Печоры**

Исполнитель Ромашова Ксения Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель К.Г.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Шаночкин Сергей Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.о. заведующего кафедрой

(подпись)

К.Т.Н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

Санкт-Петербург
2017

Оглавление

Введение.....	4
1 Физико-географическое описание бассейна реки Печоры	6
1.1 Рельеф и почва.....	6
1.2 Климат	8
1.3 Гидрографическая сеть.....	12
2 Материалы и методы исследований.....	18
2.1 Исходная информация и ее первичная обработка	18
2.2 Дискриминантный анализ	27
2.3 Метод разложения на естественные ортогональные функции (метод главных компонент)	30
2.4 Оптимизация состава предикторов с использованием КПИ	35
2.5 Регрессионный анализ	37
2.6 Традиционные и современные методы оценки погрешности методик долгосрочного прогнозирования	39
2.7 Краткий обзор методов прогноза дат замерзания и вскрытия рек Российской Арктики	43
3 Дискретно-непрерывная модель прогноза сроков замерзания.....	51
3.1 Дискретная часть.....	52
3.2 Непрерывная составляющая модели.....	60
3.3 Дискретно-непрерывная модель.....	64
4 Дискретно-непрерывная модель прогноза сроков вскрытия.....	68
4.1 Дискретная часть.....	68
4.2 Непрерывная составляющая модели.....	75

4.3 Дискретно-непрерывная модель.....	78
5 Оценка погрешности методик долгосрочного прогнозирования.....	82
Заключение	89
Список использованной литературы.....	91
Приложение А. Гидрологические характеристики. р.Печора-с.Усть-Цильма...	93
Приложение Б. Индексы атмосферной циркуляции Г.Я. Вангенгейма	95
Приложение В. Приземные аномалии давления и температуры воздуха Северного полушария	99
Приложение Г. Карты изокоррелят приземных аномалий давления и температуры воздуха для двух классов замерзания реки Печоры.....	123
Приложение Д. Карты изокоррелят приземных аномалий давления и температуры воздуха для двух классов вскрытия реки Печоры.....	127

Введение

Потребность в прогнозах ледовых явлений возникла давно. Обеспечение такими прогнозами требуется многим отраслям промышленности. Например, работа водного транспорта, гидротехническое и дорожное строительство, лесная промышленность, прокладка нефте- и газопроводов, функционирование ледяных переправ и др. требуют достоверного знания ледового режима рек в период проведения работ. В России прогнозы ледовых явлений начали систематически выпускаться только в 40-х годах. Как показывает практика, наименее надежными продолжают оставаться долгосрочные ледовые прогнозы.

Вскрытие и замерзание рек – сложные и длительные процессы. Прогноз сроков образования и разрушения ледяного покрова является одной из наиболее часто запрашиваемых в Северном УГМС информации. Ее потребителями являются как государственные, так и частные компании, обеспечивающие судоходство на реке Печоре. Анализ существующих методик прогноза ледового режима показал, что их эффективность еще недостаточно высока, и в большей мере это относится к срокам замерзания реки. Требуется поиск путей усовершенствования как существующих методов прогноза, так и создание новых.

Основной целью исследования являлась разработка методов гидрологических прогнозов по низовьям крупных рек Арктической зоны России на примере реки Печоры. Осуществлялась разработка дискретно-непрерывных моделей вскрытия и замерзания реки Печоры в створе села Усть-Цильмы. Подобная схема может рассматриваться как самостоятельный метод прогноза, так и участвовать в процедуре комплексирования нескольких методов с целью выработки оптимального прогноза.

Анализировались как гидрологические характеристики, главными из которых являются: максимальная толщина льда, максимальные снегозапасы,

даты наступления весеннего половодья, уровни на начало половодья, даты перехода температуры воздуха через 0°C , расходы воды; так и метеорологическая информация, характеризующая особенности атмосферной циркуляции, во многом определяющей даты ледовых процессов. Рассматривались поля аномалий приземных давлений и температур воздуха на территории Северного полушария.

Разработка прогностических моделей осуществлялось с помощью ряда методов многомерного статистического анализа: регрессионный и дискриминантный анализы, метод разложения полей гидрометеорологических характеристик на естественные ортогональные составляющие (метод главных компонент). Для формирования оптимального состава предикторов использовался показатель КПИ (коэффициент прогностической информативности).

Кроме того, в работе выполнена апробация современных методов оценок погрешности методик долгосрочного прогнозирования, рекомендованных к применению в различных случаях обеспеченности исходной гидрометеорологической информацией.

1 Физико-географическое описание бассейна реки Печоры

1.1 Рельеф и почва

Печора берет начало в горах Поясового камня (Урал). Ландшафт в районе истока горный, имеются выходы скальных пород. Существует большое количество порогов и перекатов. Падение реки на этом участке составляет 3 ‰. Берега отвесные, скалистые, местами русло реки представляет собой узкий каньон.

На участке между рекой Печора и ее правым притоком, рекой Большой Шежим, находится карстовый район. Здесь множество пещер, гротов и провалов, промытых водой в слоях известняка. В районе с. Шежим находится Шежимская пещера. Многие ручьи и даже реки (к примеру, Малый Шежим), уходят под землю, где продолжается их течение.

На расстоянии 16 км от места впадения Большого Шежима находится лог Иорданского, и пещеры Медвежья, Ледяная и Туфовая. Скалы отступают в районе с. Усть-Унья – место впадения в Печору реки Унья.

Участок реки от впадения притока Илычдо Троицко-Печорска имеет горный правый берег, левый – низкий и завален крупными камнями и валунами.

В районе Троицко-Печорска Печора течет в коренных берегах. Ниже на протяжении 100 км берега низкие.

После чего, в районе поселка Вуктыл и ниже берега Печоры довольно высокие, коренные, могут достигать 15-45 м, местами обрывистые.

В месте устья реки Щугор берег высокий – 75-100 м, сложенный плитами мергеля, каменисто – галечный. До Усть-Вои по обрывам в осыпях высоких берегов Печоры существуют выходы серых и зеленовато-серых доломитов, а ниже Соплекса — точильного камня. Добывать и разделять точильный

камень начали на Брусноточильной горе, расположенной в районе устья Соплекса, более 300 лет тому назад, в 17 веке.

Ниже Усть-Вои берега меняются с высоких на приходят более пологие и низкие. Несмотря на то, что число отмелей, кос и перекатов в русле Печоры ниже Усть-Вои не уменьшается, слагающие их породы со временем меняются. Галечные и гравийно-каменистые косы встречаются не так часто, а полностью песчаные отмели появляются все чаще и становятся шире. В целом почвы остаются тяжелыми, по этой причине русло реки устойчиво к размыву.

На участке от Усть-Усы до Усть-Цильмы, левый берег высокий. Достаточно глубоко в русло врезается каменисто-глинистая отмель. Правый берег постепенно поднимается через несколько десятков километров. Заросшие поверху темным ельником глинистые откосы местами оттеняются полосой торфа. Периодически в серой глине обрывов попадаются красные камни песчаника, к примеру, около поселка Щельяюр. Повсеместно встречаются нередкие оползни и овраги. Русло реки также становится неустойчивым.

После впадения реки Ижмы правый берег Печоры, поросший тайгой, остается обрывистым и высоким. Далее по течению он понижается, и в районе села Усть-Цильма оба берега реки становятся низкими. Ниже села Усть-Цильма по низкому левому берегу реки на протяжении нескольких километров простирается пустынная отмель – пески, не закрепленные растительностью.

У села Хабариха и ниже правый берег реки Печоры возвышается, снова становится крутым и обрывистым. Обнажения здесь состоят из тяжелой моренной глины серого или бурого цвета, с прослоями желтого песка, а в некоторых случаях и торфа. Только около устья реки Сулы наблюдаются выходы скальных пород. Овраги, идущие друг за другом, разделяют берег на отдельные пирамиды.

В приустьевой части реки русло неустойчивое, грунты легкие, песчаные. Передвижение и перераспределение стока реки как по малым, так и по большим протокам порождает оползни и размывы берегов вглубь материка на

десятки, а иногда и на сотни метров. Печора усиленно подмывает правый берег, на котором стоит деревня Хабариха.

До места впадения реки Уса в площади водосбора реки Печоры более 80% территории занимают леса, болота –приблизительно 10%. Затем в сторону севера начинается зона тундры. На всем своем пути река Печора неоднократно круто изменяет направление течения, пересекая области тайги, лесотундры и тундры. Общая площадь, занятая луговой растительностью, незначительна (менее 0,3%).

1.2 Климат

Исследуемый участок реки Печорырасполагается в пределах Республики Коми. Географическое расположение республики в сравнительно высоких широтах, ее удаленность от теплого Атлантического океана и близость обширного Азиатского континента обуславливают умеренно-континентальный климат, имеющий существенные отличия от климата всей остальной Европейской территории. Значительная протяженность республики с юга на север и с запада на восток, а кроме того многообразие физико-географических условий формируют существенную разницу в климате отдельных ее областей.

Климат Республики Коми суровый: непродолжительное и прохладное лето, а в северных районах холодное, зима отличается большим количеством снега, длительная и морозная. Общее количество осадков, выпавшее в течение года, превышает суммарное испарение.

Формирование климата происходит в условиях небольшого количества солнечной радиации зимой и значительного– летом, под влиянием активного западного переноса воздушных масс. Неустойчивость погоды сильно связана с выносом теплого морского воздуха, вызванного прохождением атлантических циклонов, и с частыми вторжениями арктического воздуха. Повышенной

влажности климата способствуют наличие обширных и многочисленных болот, густая речная сеть, обусловленные избыточным увлажнением.

Термический режим и расположение изотерм по территории республики обусловлено взаимодействием трех основных факторов: солнечной радиацией, характером подстилающей поверхности и связанной с ними циркуляцией атмосферы.

В теплое время года увеличивается влияние радиационного фактора при ослаблении атмосферной циркуляции, по этой причине изотермы, в основном, обладают широтным направлением, а понижение температуры воздуха направлено с юга на север. Изменения температуры зависят, как правило, от местных физико-географических особенностей местности, в особенности рельефа.

В зимнее время активность воздействия солнечной радиации на подстилающую поверхность невысока. Для самых северных районов, расположенных за полярным кругом, в это время года, когда солнечная радиация равна нулю, характерна полярная ночь. В то же время существенно возрастает циклоническая деятельность, из-за чего, температура воздуха снижается с запада на восток, а изотермы приобретают почти меридиональное направление. В весенние и осенние периоды года изотермы занимают промежуточное положение.

Продолжительность зимы постепенно увеличивается с юго-запада на северо-восток. Весенний переход температуры воздуха через 0°C в южной части республики наблюдается в среднем около 10 апреля, а на крайнем севере – около 1 июня.

Осенний переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C происходит на северо-востоке республики в конце сентября, а на юге республики – около 20 октября. Отличительной чертой осени является увеличение температуры воздуха в прибрежных районах Нижней Печоры, где большие массы теплой воды, поступающей с юга, длительное время "отепляют" прилегающие к реке местности.

Средняя продолжительность холодного периода года на северо-востоке республики составляет 230-250 дней, на юге – 170-180 дней. С увеличением широты, к северо-востоку территории возрастает не только длительность зимнего периода, но и его суровость. Январь – является наиболее холодным месяцем в году, средняя месячная температура воздуха в этом месяце на юге республики составляет около минус 15 °С, а на северо-востоке минус 22°С. В отдельные дни, при проникновении арктического воздуха, температура может понизиться до минус 55°С на севере и в центральной части, а на юге республики до минус 45°С.

Лето в меру теплое. К северу от полярного круга устанавливается полярный день, в период которого солнце не заходит за горизонт. Благодаря чему поверхность земли получает существенное количество солнечной энергии. Однако, значительное количество солнечной радиации отражается земной поверхностью, а также расходуется на таяние снега, на испарение влаги, на прогревание почвы, в результате чего температура летом здесь невысокая.

Весенний переход температуры воздуха через 10°С, характеризующий начало лета, на юге республики прослеживается в конце мая, а на северо-востоке в конце июня - начале июля. Осенний переход температуры воздуха через 10°С, характеризующий окончание лета, на северо-востоке начинается уже в первой декаде августа, а на юге – в первой декаде сентября. Таким образом, длительность теплого периода года составляет на северо-востоке – 30-40 дней, а на юге – около 100 дней.

Изменение сумм температур воздуха выше 10°С колеблется в пределах от 350°С до 1500°С на северо-востоке на юге республики соответственно. На севере территории в любой из летних месяцев возможны заморозки. Понижения температуры в летний период направлены с юга на север. Средняя месячная температура воздуха в июле, как наиболее теплом месяце года, изменяется от 17°С на юге до 11°С – на крайнем северо-востоке. В отдельные недолговременные периоды прорывов тропического воздуха, температура воздуха может достигать 36°С на юге и 30°С на севере.

В теплые летние дни, особенно ясные и безветренные, температура почвы может быть значительно выше температуры воздуха. Даже в районах, где уже на глубине 1,0-1,5 м лежит вечная мерзлота, температура на поверхности почвы в отдельные дни может достигать до 40°C. В зимнее время глубина промерзания почвы на юге республики составляет около 60 см, а на севере – более 100 см.

Преобладание в зимнее время ветров южного и юго-западного направлений, а летом северного направления обусловлено общей циркуляцией атмосферы на территории республики. Средняя месячная скорость ветра в таежной зоне составляет 3-4 м/с, в зоне тундры – до 6,5 м/с.

Изменчивость относительной влажности воздуха зимой мала и составляет 83-86% по территории. В теплый период года относительная влажность воздуха снижается до 53-60 %, ее значения возрастают с юга на северо-восток от 53% до 65%.

Выпадение атмосферных осадков связано с активной циклонической деятельностью над территорией Республики Коми. Наибольшее количество осадков выпадает в циклонах, прибывающих из районов Черного и Средиземного морей.

Циклоны с Атлантики приносят менее интенсивные осадки, но более продолжительные. Изменение и распределение осадков происходит в соответствии с траекторией движения циклонов по рассматриваемой территории. Плавный характер такого изменения нарушается влиянием рельефа (Уральские горы, Тиманский кряж, Северные увалы), где происходит возрастание атмосферных осадков с высотой, увеличение их на наветренных склонах и уменьшение на подветренных. В нижнем течении реки Печоры наблюдается некоторое уменьшение осадков. Суммарное количество осадков за год по территории республики убывает с юга на север от 700 до 550 мм, однако, на Тимане годовая сумма их возрастает до 750-800 мм, а в горах Урала – до 1500 мм и более. За счет аккумуляции осадков, выпавших в виде снега, к концу зимы высота снежного покрова достигает 50-60 см в открытой местности и до

100 см в лесу. В горных районах Урала высота снежного покрова может достигать 3-5 м, образуя значительные снежники и подпитывая ледники.

1.3 Гидрографическая сеть

Водосборный бассейн реки Печоры лежит в пределах 62 и 69° с. ш. и 46 и 66° в. д. Площадь его равна 319 010 км², из них 250 990 км² – это почти 80% располагаются в пределах Республики Коми. Оставшиеся 20% находятся на территории Ненецкого национального округа Архангельской области.

Исток реки Печоры расположен между горными хребтами Енгиле-Сяхль и Печор-Я-Тальях-Сяхль, Северный Урал. Место истока имеет следующие географические координаты 62°15' с. ш. и 59°20' в. д. Река впадает в Печорскую губу под 68°20' с. ш.

Протяженность Печоры 1814 км. Большая часть водотока приходится на территорию Коми АССР – 1596 км.

Во время своего пути река неоднократно меняет направление. От истока она течет на запад, затем отклоняется к юго-западу. Северное направление Печора принимает после впадения р. Волосницы. Удерживая далее это общее направление, Печора образует два крупных колена – на 698 и 432 км от устья, поворачивая на юго-запад, после – прямо на запад. В районе с. Усть-Цильмы Печора снова устремляется к северу и течет в этом направлении до впадения в Печорскую губу.

Печора – сложная, весьма своеобразная и нетипичная река. Геологами и геоботаниками разработано множество систем деления реки на верхнее, среднее и нижнее течение. Рассмотрим систему Печоры с точки зрения ее гидрографических характеристики согласно "Справочнику по водным ресурсам СССР" (1934)[1]. Несколько дополняя существующее деление, можно выделить:

- 1) Верхняя Печора. От истока реки до места впадения р. Волосницы, длина участка 234 км (12,8% общей длины реки);
- 2) Средняя Печора. От места впадения р. Волосницы до Усть-Усы, длина участка 825 км (45,5%);
- 3) Нижняя Печора. От Усть-Усы до северной границы Коми АССР, длина участка 537 км (29,5%).

Остальное протяжение Печоры также условно можно отнести к Нижней Печоре или устьевой области реки. Длина оставшегося участка составляет 218 км (12,2%), находится вне пределов Коми АССР. Согласно "Справочнику водных ресурсов СССР", реки делится на 2 отрезка – Малую и Большую Печору. Верхняя и Средняя Печора образуют Малую Печору, а Нижняя Печора тождественна Большой Печоре.

Рассматриваемый гидрологический пост с.Усть-Цильма находится в пределах Нижней Печоры. Водосбор ее занимает обширные северные районы Печорской равнины, захватывает западные склоны Приполярного и Полярного Урала, а также северо-восточную часть Тимана.

Практически на всем своем протяжении Нижней Печоре характерно неустойчивое руслом, большое количество островов, с увеличением их количества к северу.

Нижняя Печора меняет направление своего течения три раза: от Усть-Усы до с.Щелья-Бож Нижняя Печора течет вдоль меридиана, затем отклоняется к юго-западу, у Усть-Ижмы делает поворот на запад, а в районе Усть-Цильмы снова принимает северное направление и сохраняет его до устья (выходя за пределы Республики Коми у с. Ермицы).

Коренные берега на всем протяжении Нижней Печоры сложены мореной, высота их 20-60 м. В широкой долине хорошо развита песчаная боровая терраса высотой 15-25 м, склоны ее часто размываются Печорой, переоткладывая боровые пески в пойменные.

Высота поймы изменяется от 2,5 до 8 м. Носит ступенчатый характер в отличие от предыдущих участков.

Ширина русла реки на отрезке 970-2300 м. Глубина в среднем составляет 3,0-3,5 м, на плесах до 10-15 м, в меженный период на перекатах – до 1,2 м. Падение участка 4-7 см на 1 км. Средняя скорость течения в межень 0,4-0,7 м/с.

Русловые протоки, сильно развитые в Нижней Печоре, образуются между островами, достаточно широкие, до 500 м, и сравнительно небольшой длины, порядка 5-10 км. Напротив, пойменные протоки простираются иногда на несколько десятков километров, но имеют меньшую ширину – 50-100 м.

Нижняя Печора условно может быть разделена на два участка.

Участок реки от Усть-Усы до Усть-Цильмы, длина которого составляет 325 км. От Усть-Усы до с. Щелья-Божьей река течет в меридиональном направлении, а затем поворачивает к юго-западу.

Для участка характерно чередование отрезков с одним основным руслом и отрезков, где кроме основного русла, имеет крупный проток, огибающий многочисленные мелкие острова или один большой. Пойма Нижней Печоры сильно заболочена, среди болот встречаются множество озер.

Глубины Нижней Печоры на фарватере 5-6 м, встречаются песчаные перекаты с глубиной 0,8-1,0 м. Отдельные плесы (ниже устья р. Большая Мутная) имеют глубину до 12 м (в межень).

От Усть-Цильмы до северной границы Республики Коми (212 км).

Направление течения реки с юга на север, вдоль меридиана. Печора течет почти посредине широкой, не суживающейся долины, очень редко приближаясь к левому берегу, сложенному моренными отложениями. Берега подвержены размыву, русло реки неустойчиво. Полосы современных аллювиальных песков шириной 0,5 км тянутся вдоль берегов на большом протяжении. Изредка на берегах Печоры встречаются скопления галечника (тоня Каменка). Число островов и протоков вниз по течению увеличивается.

Падение Нижней Печоры от Усть-Усы до с. Ермицы составляет 4,8 см на 1 км. Наблюдаемые глубины русла (у д. Нижнее Бугаево) до 10 м. Скорость течения 0,5 м/с, но на отдельных участках, где река огибает острова, скорость течения увеличивается.

Притоки Нижней Печоры

Нижняя Печора не так многочисленна на притоки, как Средняя, однако, их число и не мало, в реку ниже Усть-Усы впадает около 25 малых и средних рек, которые вместе с притоками младших порядков образуют сильно разветвленную гидрологическую сеть. Общее число рек этой части бассейна Печоры более 300.

Ниже дается описание наиболее крупных притоков Нижней Печоры.

Река Ижма – левый приток Нижней Печоры, впадает на 468 км от устья. Площадь водосбора 32600 км², длина 512 км.

Устьем реки Ижмы является водораздел Печоро-Вычегодском плато Нальдек Керос. Река протекает вдоль меридиана, направлена с юга на север, изредка отклоняется к западу.

Ширина русла увеличивается вниз по течению: у с.Картайель она составляет 300 м, у впадения р.Сэбысь уже 400 м. Ниже устья р. Сэбысь в русле появляются острова. Близ с.Ижма ширина р. Ижмы достигает 800 м. Продольный уклон реки увеличивается на последних 60 км перед местом впадения реки Ижмы в Печору до 22 см/км при общем падении 15-20 см/км. Ширина русла достигает здесь 1050 м, скорость течения 0,7 м/с.

В основном глубина р.Ижмы не превышает 2 м. Иногда встречаются глубокие омуты, например, у д.Крутой, при впадении Кедвы, близ с.Сизябского и др.

Основные притоки р. Ижмы: Ухта, Сэбысь (Тобыш), Айюва и Кедва.

Река Цильма – левый приток Печоры, впадает на 430 км от устья. Длина реки составляет 363 км, площадь водосбора 21 480 км². Примерно половина бассейна Цильмы расположена в области Тимана и его предгорий, нижнее течение – в Печорской равнине. Цильма берет начало на Тимане на склонах Косминского камня, где малые реки бассейна Цильмы сходятся своими верховьями с реками бассейна Мезени.

В верховьях Цильма течет с севера на юг. Долина реки то суживается, то расширяется.

В среднем течении (от р.Чирка до р.Мылы) река поворачивает и получает широтное направление, имеет горный характер. Ширина изменяется от 50 до 70 м, глубина не более 1 м. Нижнее течение (от р.Мылы до устья) происходит с северо-запада на юго-восток. Ширина долины до 5-6 км, долина хорошо разработанная, террасированная, обладает боровой террасой, имеет надпойму и пойму, ширина русла уже достигает 120-180 м. Река носит равнинный характер.

Сеть притоков Цильмы хорошо развита. Главнейшие из них: Тобыщ, Мыла и Косма.

Озера Нижней Печоры

Нижняя Печора характеризуется высокой озерностью относительно всей остальной территории Республики Коми. Встречаются озера как водораздельные, так и долинные. В большинстве случаев водоемы имеют небольшие размеры, крупные озера редки.

Наиболее крупные озера в площади водосбора Нижней Печоры: Ямозеро, расположенное в пониженной части Тимана, заполненной постплиоценовыми отложениями. Озеро имеет круглую форму, длина порядка 7 км, ширина 5-6 км, площадь 48,7 км². Глубины небольшие, преимущественно 1,0-1,2 м. Берега низкие, болотистые. С южной стороны из Ямозера вытекает река Пижма (приток Печоры).

Озеро Черное расположено на междуречье Цильмы и Тобыща в предгорьях Тимана, на абсолютной высоте около 200 м, среди изрезанного рельефа.

В петле между Печорой и Мылой располагается Озеро Большое Мыльское. Река Мыла вытекает с восточного склона Тимана и соединяется с озером протокой длиной 4-5 км. Длина озера достигает 8 км, ширина около 0,8-1,0 км. Рельеф дна ровный, спокойный, постепенно понижающийся к южной части озера.

Озеро Малое Мыльское (по-местному – Марицкое) находится в расширении долины р. Мылы. Длина его около 5 км, ширина 0,8 км. Дно

представлено рядом ложбин, максимальная глубина достигает 19,5 м. Водяная растительность развита слабо.

В пойме Нижней Печоры встречается большое количество мелких удлинённых водоемов, вытянутых параллельно основному руслу. В половодный период многие из них превращаются в протоки, при падении уровня в Печоре изолируются в пойме.

Общая площадь озёр бассейна Нижней Печоры составляет 286,6 км².

2 Материалы и методы исследований

2.1 Исходная информация и ее первичная обработка

Разработка методик долгосрочного прогноза ледовых явлений производилась для створа реки Печоры у гидрологической станции Усть-Цильмы, информация по которой имеет наиболее полный характер и не содержит пропусков в измерениях за рассматриваемый период. Собирались данные с 1955 по 2010 гг. Длина рядов рассматриваемых характеристик составила 56 лет.

Гидрологический створ в районе села Усть-Цильмы расположен в 425 км от устья реки, имеет площадь водосбора 248000 км² и отметку нуля поста 10,54 м. Схематическая карта участка реки представлена на рисунке 2.1.1.

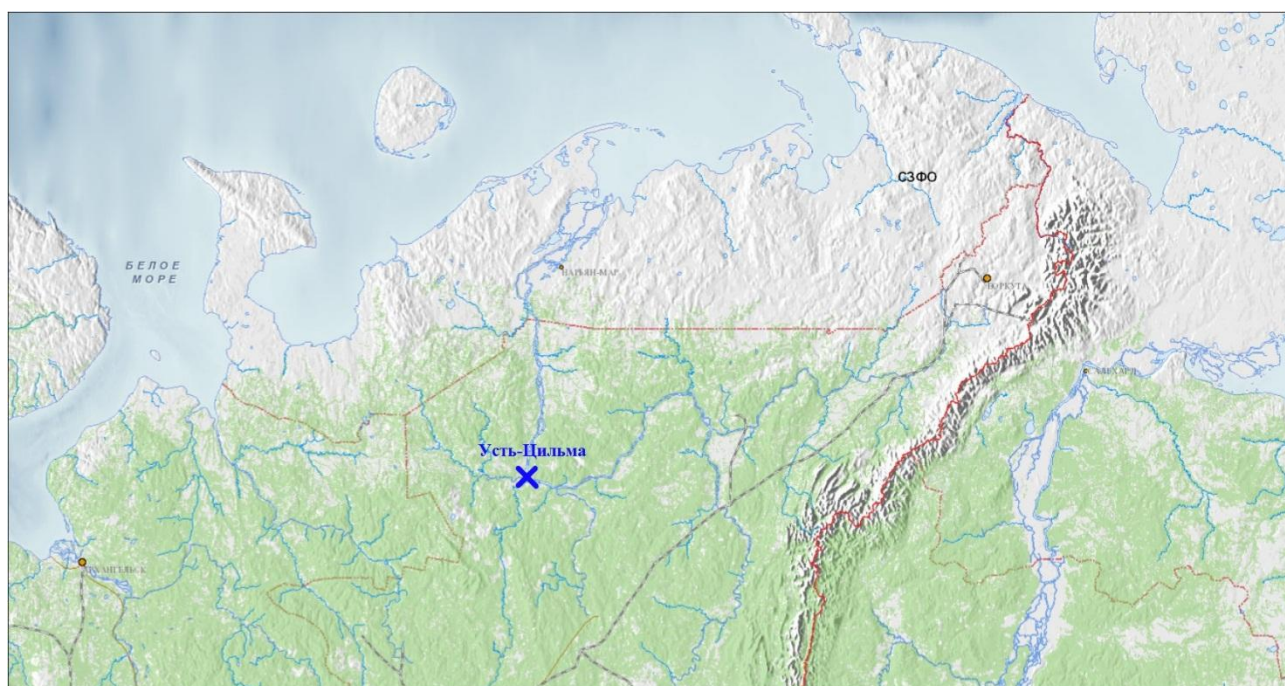


Рисунок 2.1.1 – Схема расположения гидрологической станции Усть-Цильма на реке Печоре

Для целей долгосрочного прогнозирования необходимо доказать, что исследуемый временной ряд устойчив во времени [2]. Для удобства вычислений исходные данные дат замерзания и вскрытия были преобразованы

в количество дней от даты, выбранной с учетом минимального значения, а именно от 30 сентября для сроков установления ледяного покрова и от 31 марта для сроков его разрушения. Оценку однородности рядов гидрологических наблюдений осуществляют на основе генетического и статистического анализов исходных данных. Количественной оценкой статистической однородности служат критерии однородности выборочных дисперсий (критерий Фишера) и выборочных средних (критерий Стьюдента) [3]. Результаты проверки приведены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Результаты проверки стационарности временных рядов сроков замерзания и вскрытия. р.Печора – с.Усть-Цильма

Явление	Критерий Стьюдента		Критерий Фишера	
	t	t*	F	F*
Даты замерзания	0,50	2,00	0,78	2,16
Даты вскрытия	1,94	2,00	1,36	2,16

При сравнении критических значений статистик с расчетными следует сделать вывод, что ряды наблюдений можно рассматривать как единую совокупность вследствие однородности средних значений и дисперсий.

Результаты анализа показывают, что статистические характеристики остаются постоянными на протяжении всего имеющегося периода наблюдений. Это подтверждают многолетние графики дат замерзания и вскрытия (рисунки 2.1.2 и 2.1.3). Следовательно, исследуемые временные ряды как полностью, так и любую их не слишком короткую часть, можно использовать для целей долгосрочного прогнозирования.

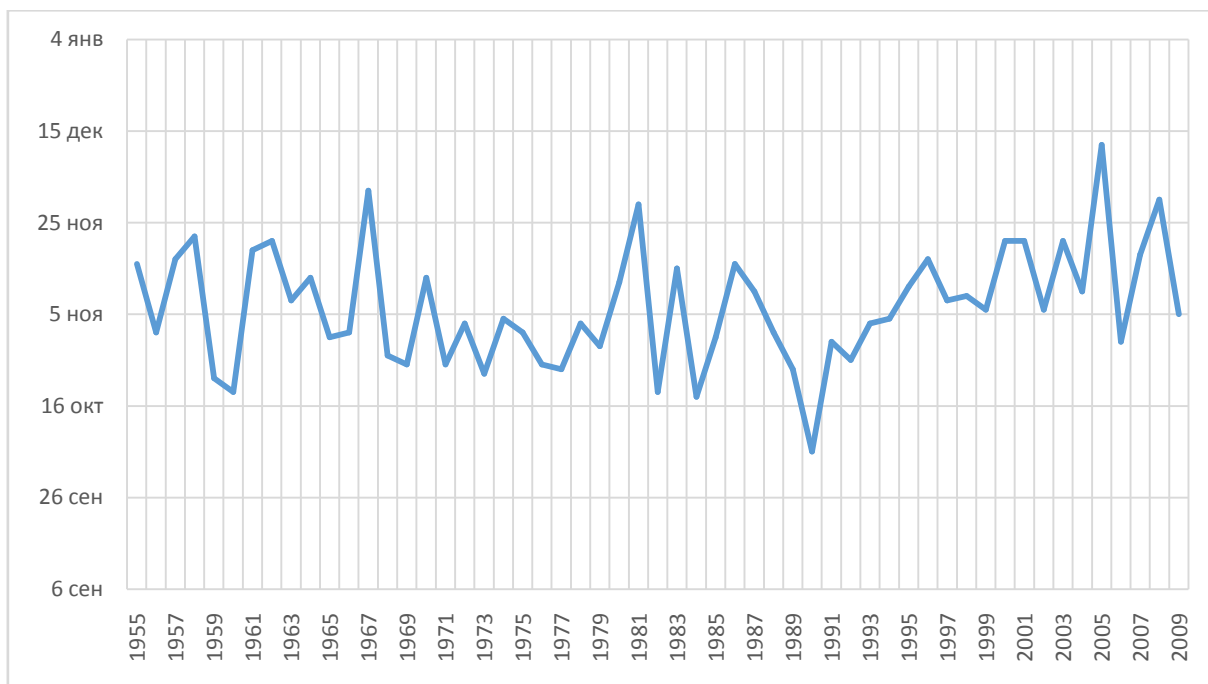


Рисунок 2.1.2 – Хронологический график дат замерзания
р.Печора–с.Усть-Цильма

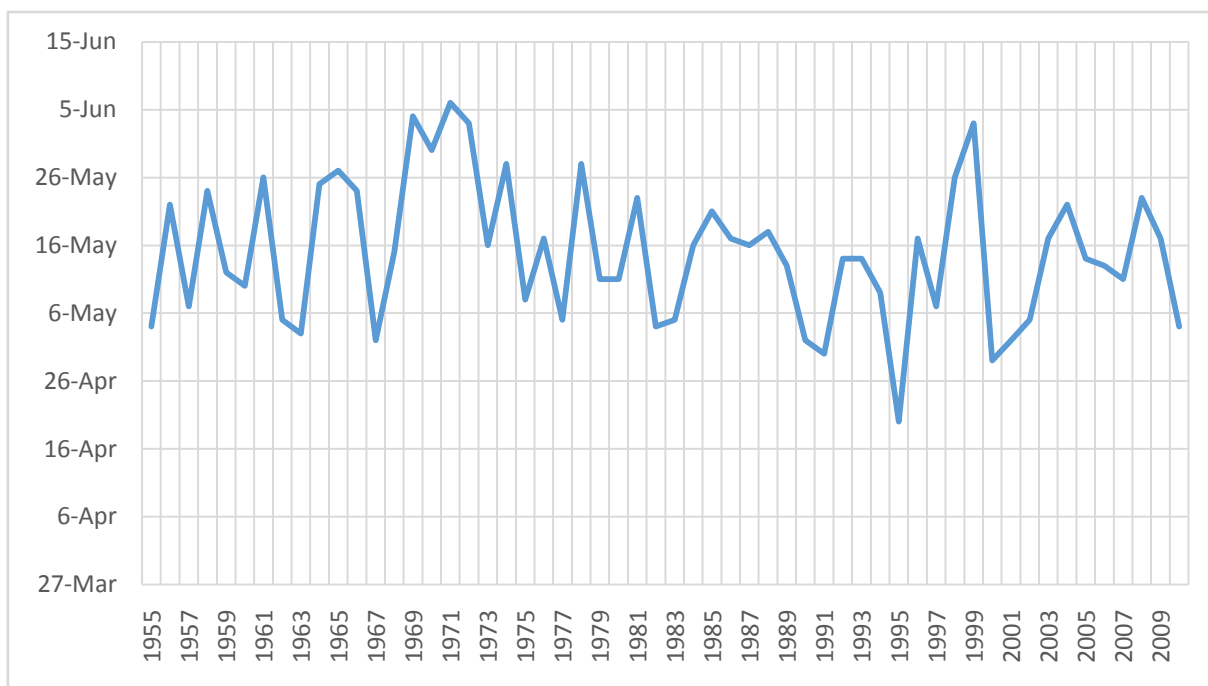


Рисунок 2.1.3 – Хронологический график дат вскрытия
р.Печора–с.Усть-Цильма

В качестве исходной информации для построения прогностической модели выбраны следующие предикторы характеризующие особенности сроков замерзания в бассейне: температура воздуха по ближайшей метеостанции (Усть-Цильма), расходы воды в створе прогноза, температура воды в том же створе; а также предикторы, характеризующие особенности сроков вскрытия в бассейне: максимальная толщина льда, максимальные снегозапасы, даты наступления весеннего половодья, уровни на начало половодья, даты перехода температуры воздуха через 0°C (Приложение А). Рассмотренные выше предикторы использовались в качестве материала для осуществления дискретизации процессов образования и разрушения ледяного покрова, принцип которого описан в п. 2.2.

Помимо гидрологических характеристик в работе использованы крупномасштабные индексы атмосферной циркуляции Г.Я. Вангенгейма за месяцы, предшествующие процессам замерзания и вскрытия – август-сентябрь и январь-март (Приложение Б).

В 1932 – 1935 гг. Г.Я. Вангенгейм произвел типизацию макросиноптических процессов [4]. Классификация основывалась на понятии ЭСП. Под ЭСП понимается процесс, в течение которого сохраняется географическое распределение знака барического поля и направление основных переносов воздуха в пределах атлантико-евразийского сектора Северного полушария.

Для каждого ЭСП строились сборнокинематические карты. Последние затем сопоставлялись друг с другом с целью получения аналогичных групп ЭСП. Признаками аналогичности процессов считались:

- 1) аналогичное географическое распределение доминирующих полей давления и аналогичный характер процессов их формирования,
- 2) аналогичная ориентировка господствующих ветровых систем, т. е. «основных переносов»,
- 3) аналогичные характеристики основных вторжений воздушных масс.

Исходя из этих признаков, удалось все многообразие процессов, наблюдавшиеся 42 года, отобразить в 26 типах.

В дальнейшем 26 типов были обобщены в три типа атмосферной циркуляции: западный (W), меридиональный (C) и восточный (E), характеризующиеся резким отличием в отношении преобладающего направления переноса воздушных масс. При этом 9 типовых схем были отнесены к процессам типа W, 10 - к процессам типа E и 7 - к процессам типа C.

Таким образом, при расчленении макропроцессов на типы W, C, E учитывается все многообразие процессов, которое Г.Я. Вангенгейму удалось заключить в 26 типах. Распределяя же их по трем типам (W, C, E), производится их новое обобщение (объединение, типизация), основанное на учете более крупных особенностей атмосферной циркуляции.

При процессах формы W происходит зональное (с запада на восток) смещение барических образований и в толще тропосферы наблюдаются волны малой амплитуды. В этом случае положительная аномалия давления и температуры имеет место в умеренных широтах, а отрицательная - в полярных.

Различие форм C и E связано с локализацией основных гребней и ложбин. Форме C соответствует расположение высотных гребней над Западной Европой и Сибирью, а высотных ложбин - над Европейской территорией России (ЕТР). При форме E расположение высотных гребней и ложбин обратное. Гребням соответствуют положительные аномалии температуры и давления, ложбинам - отрицательные.

Тип атмосферной циркуляции с числом дней, превышающим норму, считается определяющим в этом месяце. В случае, если повторяемость двух форм превышает норму, циркуляция данного месяца считается смешанной, например, (W + C), (E + C) или (E + W).

Г.Я. Вангенгейм констатировал, что вследствие инерционности макросиноптических процессов имеется значимая связь между преобладающими типами атмосферной циркуляции смежных месяцев. Таким

образом, по характеристикам воздушных масс предшествующего периода можно судить о метеоусловиях последующего периода, а, следовательно, и о сроках наступления ледовых явлений.

Кроме того, использованы приземные аномалии давления воздуха по 70 станциям Северного полушария (таблица 2.1.2), а также аномалии температуры воздуха по 46 станция Северного полушария (таблица 2.1.3) также за месяцы, предшествующие процессам замерзания и вскрытия – август-сентябрь и январь-март. Длина рядов составила 34 года, с 1955 по 1988 гг (Приложение В).

Схемы расположения станций с данными о давлении и температуре воздуха приведены на рисунках 2.1.4 и 2.1.5 соответственно.

Таблица 2.1.2 – Станции, данные которых использованы при анализе полей месячных аномалий давления у поверхности земли

№	Название	№	Название	№	Название
1	Барроу	24	о.Торохави	47	Чарджоу
2	Фарбенкс	25	Брест	48	Омск
3	Кадьяк	26	Лиссабон	49	Хатанга
4	Аклавик	27	Берген	50	Тура
5	Кол-Харбор	28	Баренцбург	51	Кызыл
6	Портленд	29	Тромсе	52	Иркутск
7	Кошермайн	30	Вена	53	Чита
8	Те-Пас	31	Рим	54	о.Тикси
9	Денвер	32	Афины	55	Якутск
10	Черчилл	33	Санкт-Петербург	56	Благовещенск
11	Арктик-Бай	34	Мурманск	57	Владивосток
12	Мусони	35	Киев	58	о.Котельный
13	Чикаго	36	Симферополь	59	Оймякон
14	о.Резольюшен	37	о.Рудольфа	60	Александровск-Сахалинский
15	о.Нантакет	38	Малые Кармакулы	61	Немуро
16	Якобсхави	39	Архангельск	62	о.Четырехстолбовый
17	Сант-Джонс	40	Казань	63	Корф
18	Ангмасалик	41	Волгоград	64	Петропавловск-Камчатский
19	м.Тобин	42	Баку	65	50° с.ш., 170° в.д.
20	Рейкьявик	43	Оренбург	66	40° с.ш., 140° в.д.
21	50° с. ш., 20° з.д.	44	м.Желания	67	м.Шмидта
22	о.Санта-Мария	45	Салехард	68	м.Наварин

23	о.Ян-Майен	46	Каза́линск	69	Ном
				70	Датч-Харбор

Таблица 2.1.3 – Станции, данные которых использованы при анализе полей месячных аномалий температуры у поверхности земли

№	Название	№	Название
1	Баренцбург	24	Владивосток
2	Тромсе	25	Хабаровск
3	Берген	26	Николаевск на Амуре
4	Гамбург	27	Петропавловск-Камчатский
5	Санкт-Петербург	28	м.Наварин
6	Архангельск	29	Барроу
7	Киев	30	Джуно
8	Астрахань	31	Кадьяк
9	Казань	32	Моулд-Бей
10	Салехард	33	Форт-Симпсон
11	Александровское	34	Спокан
12	Омск	35	Денвер
13	Алма-Ата	36	Виннипег
14	О.Тихая	37	Черчилл
15	Диксон	38	Чикаго
16	Туруханск	39	Мусони
17	Тура	40	Упернавик
18	Красноярск	41	готхоб
19	Чита	42	м.Тобин
20	Якутск	43	Рейкьявик
21	о.Тикси	44	о.Ян-Майен
22	Благовещенск	45	о.Санта-Мария
23	Шалаурова	46	о.Валенсия

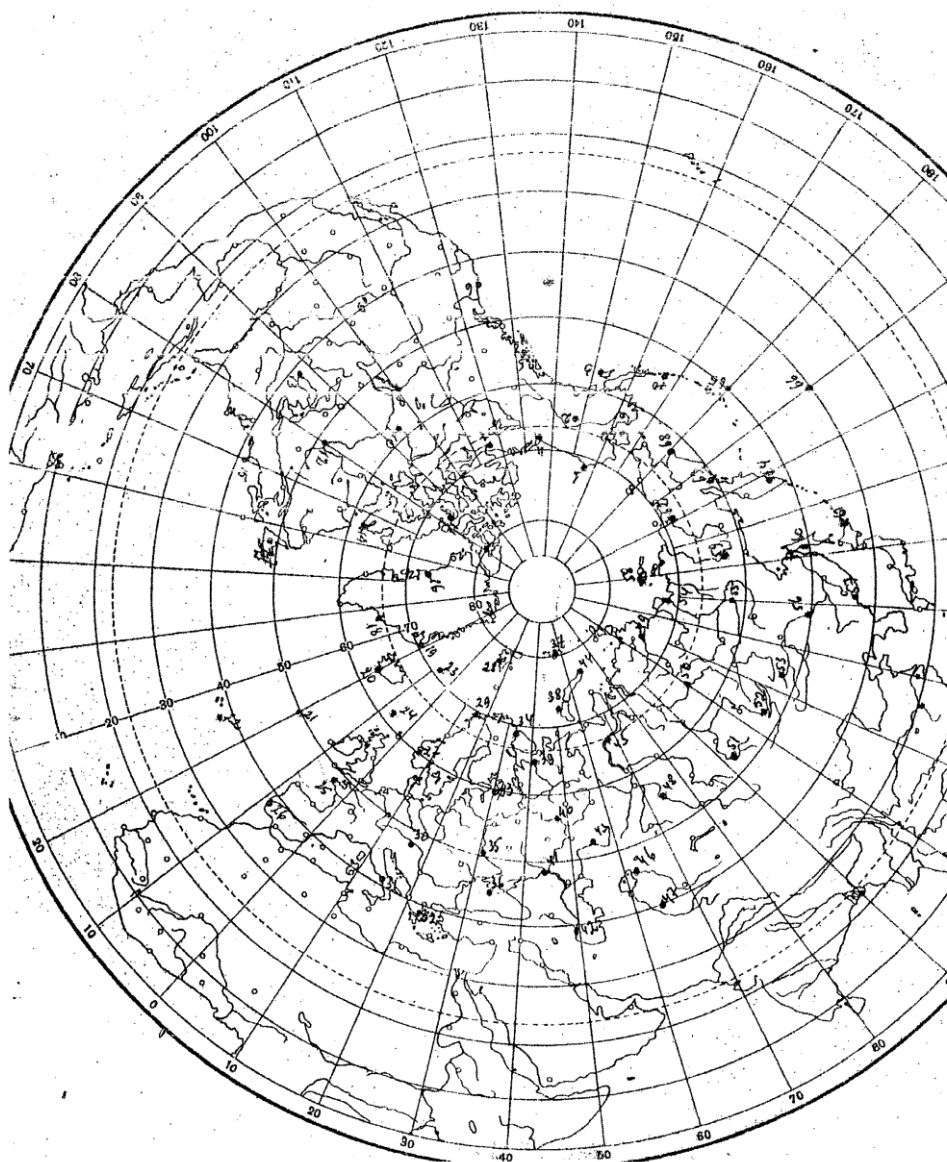


Рисунок 2.1.4 – Схема расположения станций, данные которых использованы при анализе полей месячных аномалий давления у поверхности Земли

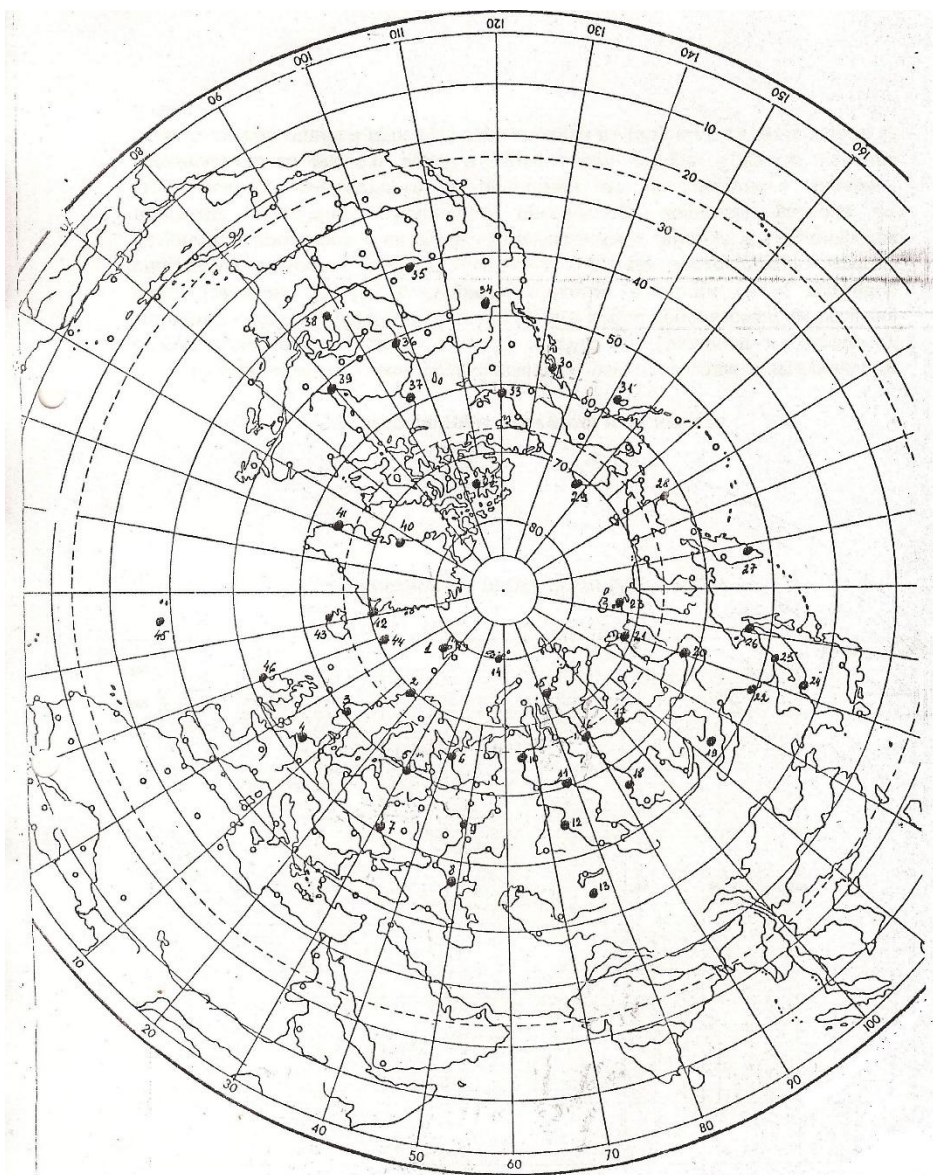


Рисунок 2.1.5 – Схема расположения станций, данные которых использованы при анализе полей месячных аномалий температуры воздуха у поверхности Земли

Информация об аномалиях температуры и давления воздуха использована при дальнейшей разработке с применением метода главных компонент. Результатом которого являются удобные укрупненные показатели. Они отражают внутренние объективно существующие закономерности, которые не поддаются непосредственному наблюдению. Одной из основных задач метода главных компонент является описание изучаемого процесса числом главных компонент, значительно меньшим, чем

число первоначально взятых признаков, т.е. адекватное отражение исходной информации в более компактной форме. Подробное описание метода представлено в п. 2.3.

Показателем информативности уравнения множественной линейной регрессии служит коэффициент прогностической информативности (КПИ). Его получение описано в п. 2.4.

Основой физико-статистических моделей долгосрочного прогноза максимальных уровней воды весеннего половодья являются регрессионные модели, факторные признаки которых наиболее полно характеризуют ледовые процессы (п. 2.4).

Также в работе рассмотрены современные методы оценки погрешностей метод долгосрочного прогнозирования. Теоретическое описание приведено в п. 2.5.

2.2 Дискриминантный анализ

Основной задачей дискриминантного анализа является определение методов осуществления задачи различения объектов наблюдения по определенным признакам. Подобные методы являются востребованными во многих областях науки: социологии, медицине, экономике и т.д. Деление больших по объему совокупностей зачастую помогает получить лучшие результаты при построении зависимостей между различными признаками.

Весь дискриминантный анализ можно разделить на две группы, которые являются самостоятельными методами. Первая из двух групп позволяет определить различия между заранее известными классами, вторая группа методов предполагает классификацию новых объектов. Вторая группа методов наиболее интересна в практике прогнозирования гидрологических процессов, так как заранее неизвестно к какому классу будет относиться то или иное явление. Процедуру деления на группы следует производить при помощи

константы дискриминации, которая в каждом конкретном случае вычисляется через коэффициенты дискриминантной функции a_i . Они рассчитываются так, чтобы разность между соответствующими функциями $f_1(x)$ и $f_2(x)$ была как можно больше. То есть максимальным должно быть выражение

$$\bar{f}_1(x) - \bar{f}_2(x) = \sum_{i=1}^{n_1} a_i x_{1i} - \sum_{i=1}^{n_2} a_i x_{2i}, \quad (2.2.1)$$

Исходя из которого, можно записать:

$$f_{kt}(x) - \bar{f}_k(x) = a_1(x_{1kt} - \bar{x}_{1k}) + a_2(x_{2kt} - \bar{x}_{2k}) + \dots + a_p(x_{pkt} - \bar{x}_{pk}). \quad (2.2.2)$$

Здесь k обозначает номер группы, p – число переменных, характеризующих каждое наблюдение, t – порядковый номер наблюдения в группе. Обозначив функцию $f_k(x)$ через Y_{kt} , изменчивость внутри группы может быть вычислена как сумма квадратов отклонений:

$$\sum_{t=1}^{n_k} (Y_{kt} - \bar{Y}_k)^2. \quad (2.2.3)$$

Учитывая обе группы, выражение (2.2.3) будет выглядеть:

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{t=1}^{n_k} (Y_{kt} - \bar{Y}_k)^2 = \sum_{k=1}^2 \sum_{t=1}^{n_k} [a_1(x_{1kt} - \bar{x}_{1k}) + a_2(x_{2kt} - \bar{x}_{2k}) + \dots + a_p(x_{pkt} - \bar{x}_{pk})]^2. \quad (2.2.4)$$

В матричной форме:

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{t=1}^{n_k} (Y_{kt} - \bar{Y}_k)^2 = A'(X_1'X_1 + X_2'X_2)A, \quad (2.2.5)$$

где A – вектор коэффициентов дискриминантной функции;

X_1' и X_2' – транспонированная матрица отклонений наблюдаемых значений исходных переменных от их средних величин в первой и во второй группе соответственно.

$$X_1' = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,n1} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,n1} \\ \dots & . & . & . \\ x_{p,1} & x_{p,2} & \dots & x_{p,n1} \end{pmatrix}, \quad (2.2.6)$$

$$X_2' = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,n2} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,n2} \\ \dots & . & . & . \\ x_{p,1} & x_{p,2} & \dots & x_{p,n2} \end{pmatrix}. \quad (2.2.7)$$

Объединенная ковариационная матрица:

$$S = \frac{1}{n_1 + n_2 - 2} (X_1'X_1 + X_2'X_2), \quad (2.2.8)$$

тогда выражение (2.2.5), которое дает оценку внутригрупповой изменчивости, можно записать:

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{t=1}^{n_k} (Y_{kt} - \bar{Y}_k)^2 = A'[(n_1 + n_2 - 2) * S]A, \quad (2.2.9)$$

Оценить внутригрупповую вариацию можно как

$$(\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2)^2 = A'(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) * (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)' A. \quad (2.2.10)$$

Целью анализа является такое нахождение коэффициентов дискриминантной функции, при котором различия между группами было бы максимальным, а внутри – минимальным. В таком случае будет получено наилучшее разделение групп переменных. Для этого необходимо выполнение следующего условия:

$$F = \frac{A'(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) * (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)' A}{A'[(n_1 + n_2 - 2) * S] A} - \max. \quad (2.2.11)$$

В точке выполнения условия (2.2.11) частные производные по a_j будут равны нулю. После вычисления и приравнивания соответствующих частных производных нулю, выполнив некоторые преобразования, получим:

$$A = S^{-1}(\bar{X}_1 - \bar{X}_2). \quad (2.2.12)$$

Из выражения (2.2.12) определяется вектор коэффициентов дискриминантной функции.

2.3 Метод разложения на естественные ортогональные функции (метод главных компонент)

Пусть $F(t, x)$ – функция времени t ($t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n$) и пространственных координат x ($x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_m$), характеризующая поле геофизического процесса определяющего в какой-то мере исследуемый процесс Y . Функция $F(t, x)$ задана в виде таблицы чисел. Каждая i -ая строка этой таблицы описывает в m

заданных точках состояние рассматриваемого поля в t_i -ый момент времени. Каждый i -ый столбец описывает состояние поля в x_j -ый точке на протяжении рассматриваемого периода от t_i до t_n .

$$F = \begin{Bmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} & F_{14} \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} & F_{24} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{m1} & F_{m2} & F_{m3} & F_{mn} \end{Bmatrix} \quad (2.3.1)$$

Поставим задачу найти разложение любого индивидуального поля из нашей совокупности полей по некоторым функциям $X_h(x)$ ($h=1, 2, 3, \dots$) с коэффициентами $T_h(t)$, изменяющимися с течением времени. Иначе говоря, нужно найти такие функции $X_h(x)$, чтобы имело место разложение

$$F(t, x) = \sum_h T_h(t) X_h(x) \quad (2.3.2)$$

Функции $X_h(x)$ можно назвать собственными функциями данной совокупности полей. В основу определения неизвестных функций $X_h(x)$ (а, следовательно, и $T_h(t)$) положен принцип наименьших квадратов, заключающийся в данном случае в условии, что сумма квадратов ошибок разложения (2.3.2) по всем точкам в совокупности полей, т.е. выражение

$$\Delta = \sum_t \sum_x \left[F(t, x) - \sum_{n=1}^h T_n(t) X_n(x) \right]^2 \quad (2.3.3)$$

по времени должно при данном фиксированном h достигать минимума.

Введем обозначение $F(t, x) = F_{ij}$, $X_h(x) = X_{ij}$, $T_h(t) = T_{ij}$ ($i=1, 2, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, n$; $h=1, 2, \dots$), тогда формулу (2.3.3) можно записать следующим образом

$$\Delta = \sum_i \sum_j \left[F_{ij} - \sum_h T_{ij} X_{ij} \right]^2 \quad (2.3.4)$$

Будем определять функции X и T последовательно, начиная с $h=1$

$$\Delta = \sum_i \sum_j F_{ij}^2 - 2 \sum_i \sum_j F_{ij} T_i X_j + \sum_i T_i^2 \sum_j X_j^2 \quad (2.3.5)$$

Рассматривая значения X_j и T_i , определяющие выражение Δ , можем записать условия ее минимума в виде уравнений (индекс h опущен).

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Delta}{\partial T_i} &= -2 \sum_j F_{ij} X_j + 2 T_i \sum_j X_j^2 = 0 \\ \frac{\partial \Delta}{\partial X_j} &= -2 \sum_i F_{ij} T_i + 2 X_j \sum_i T_i^2 = 0 \end{aligned} \quad (2.3.6)$$

Из этих условий необходимо определить неизвестные X_j и T_i . Запишем систему в виде

$$\begin{aligned} \sum_j F_{ij} X_j &= T_i \sum_j X_j^2 \\ \sum_i F_{ij} T_i &= X_j \sum_i T_i^2, \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \end{aligned} \quad (2.3.7)$$

Получаем систему $m \times n$ с $m \times n$ неизвестными, однако совокупность T легко исключается при помощи первой системы. Заменяя индекс j на k получим

$$T_i = \frac{\sum_k F_{ik} X_k}{\sum_k X_k^2} \quad (2.3.8)$$

подставляя в левую часть системы (2.3.7)

E – единичная матрица.

Уравнение (2.3.14) представляет из себя систему линейных однородных уравнений и называется характеристическим уравнением матрицы A , а ненулевой вектор $X=(X_1, X_2, \dots, X_m)$. Необходимым и достаточным условием существования ненулевого решения системы (2.3.14) является равенство нулю ее основного определителя, называемого характеристическим, т.е.

$$|A - \lambda E| = 0 \quad (2.3.15)$$

Данное уравнение содержит только одно неизвестное – λ . Раскладывая детерминант получи обычное алгебраическое уравнение n -ого порядка относительно λ

$$\lambda^n - p_{n-1}\lambda^{n-1} - p_{n-2}\lambda^{n-2} - \dots - p_1\lambda - p_0 = 0 \quad (2.3.16)$$

Решения уравнения (2.3.16) $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ называются собственными (или характеристическими) числами матрицы A . Т.к. для симметричной матрицы все собственные числа – действительные числа. Полагая в системе (2.3.13) $\lambda = \lambda_1$ (первому собственному числу), затем $\lambda = \lambda_2$, и т.д., получим n различных решений задачи

$$\begin{array}{l} X_{11} \ X_{12} \ ..X_{1n} \ (\text{для } \lambda_1) \\ X_{21} \ X_{22} \ ..X_{2n} \ (\text{для } \lambda_2) \\ \\ X_{n1} \ X_{n2} \ ...X_{nn} \ (\text{для } \lambda_n) \end{array} \quad (2.3.17)$$

Для каждого $\lambda=\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ получили совокупность чисел в строках, называемые собственным вектором корреляционной матрицы A . Можем теперь

определить собственную функцию времени для каждого из этих собственных векторов. С учетом опущенных ранее индексов:

$$T_{hi} = \frac{\sum_k F_{ik} X_{hk}}{\sum_k X_{hk}^2} \quad (2.3.18)$$

Таким образом, определив переменные $X_h(x)$ и $T_h(t)$, входящие в уравнение (2.3.2) получаем искомое разложение функции $F(t,x)$ [5].

2.4 Оптимизация состава предикторов с использованием КПИ

В качестве показателей информативности предикторов в гидрологии часто используют коэффициенты парной корреляции предикторов с предсказуемой величиной. Такой подход оказывается оправданным только при отсутствии взаимосвязи между предикторами. Поэтому, для достижения лучших результатов, переходят от выбора индивидуально информативных предикторов к выбору группы информативных предикторов по совокупности.

Методы множественной линейной регрессии позволяют учитывать не только связь предикторов с прогнозируемой величиной, но и взаимосвязь между предикторами. Здесь, в качестве показателя информативности, используют коэффициент множественной корреляции. Уравнение строится по наибольшему возможному значению коэффициента. Но и ему свойственны два недостатка. С увеличением числа предикторов значение коэффициента постоянно растет, что не позволяет определить оптимальное число предикторов. Также коэффициент множественной корреляции не всегда отражает точность будущих прогнозов, т.к. показывает только тесноту аппроксимации.

Другим показателем информативности уравнения множественной линейной регрессии может быть коэффициент парной корреляции между

фактическими и спрогнозированными значениями. Для его использования ряды наблюдений разбивают на две группы. По одной из этих частей, называемой зависимой, строится уравнение множественной линейной регрессии. Вторую (независимую) часть используют для оценки построенного уравнения. Такой прием эффективен лишь при наличии длинных рядов исходной информации, что ограничивает возможность использования данного показателя информативности.

Исходя из вышесказанного, необходимо иметь такой показатель информативности группы предикторов, который при имеющихся рядах наблюдений давал бы максимально возможное представление о прогностической пригодности уравнения регрессии, а также позволял находить оптимальное уравнение в смысле качества прогнозов. Отбор предикторов осуществляется по следующему алгоритму.

Из имеющейся совокупности предикторов $(X_1, \dots, X_n)$ выбирается один любой X_1^1 в качестве первого (верхний индекс показывает принадлежность к первой выбираемой группе). Далее для каждого из оставшихся предикторов в паре с выбранным $(X_1^1, X_i; i=2,3,\dots,n)$ рассчитывается значение прогностической информативности КПИ. Второй выбираемый предиктор X_2^1 берется с учетом выполнения следующего условия

$$КПИ(Y, \hat{Y}(X_1^1, X_2^1)) = \max КПИ(Y, \hat{Y}(X_1^1, X_i)), \quad (2.4.1)$$

где Y – фактическое значение предиктанта

$\hat{Y}(X_1^1, X_i)$ – прогнозируемое по предикторам X_1^1 и X_i значение предиктанта

То есть выбирается тот предиктор X_2^1 , который в паре с первоначально выбранным X_1^1 дает наибольшее значение КПИ.

Далее действия повторяются для тройки предикторов $(X_1^1, X_2^1, X_i; i=3,4,\dots,n)$. Третий выбираемый предиктор X_3^1 берется также с учетом

выполнения условия достижения максимального значения КПИ в тройке с уже выбранными предикторами X_1^1 и X_2^1 . По аналогии условие выбора p -ого предиктора можно записать

$$КПИ(Y, \hat{Y}(X_1^1, X_2^1, \dots, X_p^1)) = \max_{i} КПИ(Y, \hat{Y}(X_1^1, X_2^1, \dots, X_{p-1}^1, X_i^1)), \quad (2.4.2)$$

Добавление предикторов происходит пока выполняется неравенство

$$КПИ(Y, \hat{Y}(X_1^1, X_2^1, \dots, X_p^1)) = \max_{i} КПИ(Y, \hat{Y}(X_1^1, X_2^1, \dots, X_{p-1}^1, X_i^1)), \quad (2.4.3)$$

Иными словами, пока возрастает значение КПИ.

Первая группа считается набранной, если добавление нового предиктора не увеличивает значение КПИ.

Затем действия повторяются для второй группы предикторов. Здесь в качестве первого выбранного предиктора берется любой предиктор из совокупности $(X_1, \dots, X_n)$, кроме уже взятого в качестве начального для первой группы. Всего совершается столько вариантов выбора, сколько предикторов входит в первоначальную совокупность $(X_1, \dots, X_n)$ [6].

2.5 Регрессионный анализ

Регрессионный анализ может быть назван одним из основных методов математической статистики [7]. Применение такого анализа позволяет решить следующие задачи:

1. Определить изменения предсказываемого показателя под воздействием одного или нескольких факторов, т.е. выяснить насколько изменится предиктант при изменении предиктора на единицу;
2. Установить относительную степень зависимости предсказываемого показателя от каждого фактора.

Задача регрессионного анализа понимается как задача выявления такой функциональной зависимости $y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, которая наилучшим образом описывает имеющиеся экспериментальные данные. Существуют также некоторые допущения в применении метода:

1. Количество наблюдений должно иметь достаточную продолжительность для выявления статистических закономерностей относительно факторов и их взаимосвязей;

2. Обрабатываемые величины могут иметь некоторые ошибки, связанные с погрешностями измерений и неучтенными случайными факторами.

Регрессионный анализ тесно связан с корреляционным и является смежным разделом математической статистики. Регрессия может однофакторной (парной) и многофакторной (множественной). Множественный корреляционный анализ более сложен и состоит из нескольких этапов:

1. Сбор и оценка исходной информации;
2. Определение наиболее существенных факторов;
3. Изучение характера и моделирование связи между факторами и результативным показателем;
4. Расчет показателей связи;
5. Статистическая оценка результатов анализа.

При характеристике объекта исследования многомерными случайными признаками строится корреляционная матрица, элементы которой учитывают тесноту линейной стохастической связи. Однако при большом числе признаков характеристика выявленных связей становится труднообозримой задачей. Возникает потребность в сжатии информации, т.е. описании объектов меньшим числом обобщенных показателей. Главные компоненты являются удобными укрупненными показателями, они отражают внутренние объективно существующие закономерности, которые не поддаются непосредственному наблюдению. Одной из основных задач метода главных компонент является описание изучаемого процесса числом главных компонент, значительно

меньшим, чем число первоначально взятых признаков, т.е. адекватное отражение исходной информации в более компактной форме [8].

2.6 Традиционные и современные методы оценки погрешности методик долгосрочного прогнозирования

Действующее в настоящий момент Наставление по службе прогнозов [9] предполагает оценку погрешности долгосрочных прогнозов используя среднюю квадратичную погрешность поверочных прогнозов. Для расчета показателя берется ряд ошибок поверочных прогнозов за n лет. Вычисления производят по следующей формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2}{n - k}}, \quad (2.6.1)$$

где k —обозначает число степеней свободы, или, иначе говоря характеризует вид уравнения регрессии, и равна количеству постоянных величин в нем. Величины Y_i и $\tilde{Y}_i$ – фактическое значение характеристики и ее прогноз.

Однако, полученная на зависимом материале, оценка погрешности S значительно уменьшает существующую на самом деле погрешность проверяемой методики. Это связано с тем, что подобная оценка характеризует только остаточную дисперсию отношения прогнозируемой величины от предикторов, используемых в методике. При этом, кроме остаточной дисперсии, погрешность прогноза определяется как статистической устойчивостью схемы прогноза, так и количеством учитываемых методикой предикторов. Чем больше их количество и гибче система описывающих ее графиков, тем больше разность между реальной погрешностью прогноза и остаточной дисперсией прогностической зависимости. Таким образом, использование средней

квадратичной погрешности не всегда дает адекватную оценку методики прогноза и может приводить к неправильным выводам относительно выбора конечного варианта методики.

В 2015 году были выпущены рекомендации по оценке погрешности методик долгосрочного прогнозирования речного стока с учетом современных достижений в области статистического анализа гидрометеорологической информации [10]. Предложены четыре метода получения более обоснованных оценок погрешности долгосрочных гидрологических прогнозов, рассчитанные на различный объем исходных наблюдений, на которых построена и может быть проверена методика прогноза.

Метод 1

Применяется в случае использования методики прогноза в неизменном виде в течение достаточно продолжительного периода времени. То есть при наличии ряда n_H лет для оценки погрешности методики на независимом материале. Ряд ошибок прогноза $Y_{n+j} - \tilde{Y}_{n+j}$ при $j=1, \dots, n_H$, полученный в результате прогноза на независимом материале, используется для расчета оценки погрешности методики долгосрочного прогноза по следующей формуле:

$$C = \frac{1}{n_H} \sum_{j=1}^{n_H} (Y_{n+j} - \tilde{Y}_{n+j})^2. \quad (2.6.2)$$

Рассчитанная по формуле (2.6.2) оценка при достаточном количестве n_H лет независимого материала не имеет систематической ошибки показывает результат, приближенный к фактической погрешности методики прогноза.

Кроме получения значений оценок C и $\sqrt{C}$, необходимо также учитывать статистические погрешности их определения. При традиционном предположении в гидрометеорологии о том, что ряд ошибок поверочных прогнозов подчиняется нормальному распределению, расчет погрешностей может быть произведен по формулам:

$$\sigma(C) = C \sqrt{\frac{2}{n_H}}, \quad (2.6.3)$$

$$\sigma(\sqrt{C}) = \sqrt{C} \sqrt{\frac{1}{2n_H}}. \quad (2.6.4)$$

Так как прогностические методики в гидрологии принято уточнять и совершенствовать каждые пять лет, накопление достаточного числа лет независимого материала для получения надежной оценки погрешности методики не предоставляется возможным. Поэтому основное внимание уделяется оценке погрешности на зависимом материале, которые представлены в следующих трех методах.

Метод 2

Рекомендован при наличии продолжительного ряда наблюдений, достаточного как для построения методики долгосрочного прогноза с использованием n_0 из всей совокупности n лет, так и для выделения $n_n = n - n_0$ лет используемых в качестве независимого материала для ее проверки. Оценка погрешности вычисляется по формуле:

$$C = \frac{1}{n_n} \sum_{j=1}^{n_n} (Y_{n+j} - \tilde{Y}_{n+j})^2 \left(\frac{n_0 - k - 1}{n_0 - 1} \right) \left(\frac{n - 1}{n - k - 1} \right). \quad (2.6.5)$$

Точность методики возрастает при повторении процедуры выделения np независимых лет L раз. Причем годы необязательно должны выделены в конце или начале исследуемого ряда. Наилучшим образом на оценке данным методом отражается выбор диапазона np лет из имеющейся совокупности n лет с помощью генератора случайных чисел. Тогда итоговая оценка погрешности будет вычисляться как среднее арифметическое из полученных оценок по формуле (2.6.5):

$$\bar{C} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L C_{n,i} . \quad (2.6.6)$$

Погрешности оценок C и $\sqrt{C}$ долгосрочного прогноза приближенно вычисляются по формулам (2.6.3) и (2.6.4) с учетом замены $n_{\text{нап}}$.

Метод 3

Является наиболее трудоемким и сложным методом оценки погрешности долгосрочного прогноза. Используется при небольшой продолжительности рядов наблюдений за гидрологическими и метеорологическими величинами, необходимыми для разработки методики прогноза, не предоставляется возможным выделить ряд достаточной длины для ее проверки на независимом материале. В таком случае целесообразно использовать метод «выбрасываемой точки» широко применяемый при статистической обработке в гидрометеорологии.

Из всей совокупности n лет наблюдений последовательно исключается год с номером i . По оставшемуся периоду $n-1$ лет строится прогностическое уравнение под номером i , которое будет незначительно отличаться от предыдущего. Исключенный год служит независимым материалом для оценки погрешности полученной методики. Процедура повторяется для всех лет $i=1, \dots, n$. Итоговая оценка погрешности вычисляется по формуле:

$$C_{MBT} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_{(i)})^2 . \quad (2.6.7)$$

Среднеквадратические погрешности оценок C_{MBT} и $\sqrt{C_{MBT}}$ определяются по формулам:

$$\sigma(C_{MTB}) = C_{MTB} \sqrt{\frac{2}{n-k-1}} \sqrt{1 + \frac{8(k-1)}{(n-k-1)^2}} , \quad (2.6.8)$$

$$\sigma(\sqrt{C_{MTB}}) = \sqrt{C_{MTB}} \sqrt{\frac{2}{2(n-k-1)}} \sqrt{1 + \frac{8(k-1)}{(n-k-1)^2}} . \quad (2.6.9)$$

Метод 4

Наименее трудоемкий метод. Оценка погрешности определяется только на зависимом материале, то есть на том же периоде наблюдений, на котором была построена методика долгосрочного прогноза. Метод применим при любом объеме данных гидрометеорологических наблюдений, если прогноз определяется линейной регрессионной моделью, а схема его получения выражается физико-статистической зависимостью.

Оценка погрешности определяется с использованием стандартной оценки S^2 статистической дисперсии зависимости прогнозируемой величины от предикторов, используемых при ее разработке. Расчет выполняется по формуле:

$$C_{ЛРМ} = S^2 \frac{n-1}{n-k-1}. \quad (2.6.10)$$

Погрешности оценок $C_{ЛРМ}$ и $\sqrt{C_{ЛРМ}}$ вычисляются по соответствующим формулам:

$$\sigma(C_{ЛРМ}) = C_{ЛРМ} \sqrt{\frac{2}{n-k-1}}, \quad (2.6.11)$$

$$\sigma(\sqrt{C_{ЛРМ}}) = \sqrt{C_{ЛРМ}} \sqrt{\frac{1}{2(n-k-1)}}. \quad (2.6.12)$$

2.7 Краткий обзор методов прогноза дат замерзания и вскрытия рек Российской Арктики

В работе Антова В.С. [11] исследовались устьевые участки рек Оленек, Лены и Яны. Установлено, что преобладающую роль во вскрытии играют

механические факторы. Основным моментом в механизме взлома ледового покрова является напор паводочной волны. Объем весеннего половодья складывается из вод, которые образуются при таянии запасов снега, накопившегося в водосборном бассейне за зиму. Однако одним запасом снега в бассейне еще нельзя рассчитать средний расход половодья. Следует учитывать также дружность схода снега, противодействие ледяного покрова взлому его паводочной волной, т.е. толщину ледяного покрова, которая напрямую зависит от суровости зимы и т.д. так как включение всех этих факторов в прогностические уравнения практически невозможно, следует заменять их более общими факторами, включающими эти причины. Обычно такими широкими комплексными показателями являются климатические факторы.

Таким образом к основным элементам макроатмосферных показателей, положенных в основу изыскания методов прогноза колебаний сроков вскрытия рек Восточной Сибири, относятся:

1. Изменения атмосферного давления в зимний и весенний периоды как на территории, охватываемой действием сибирского антициклона, так и в районах, расположенных по его периферии, а также в сопредельных с ними областях северного полушария, где концентрируются действие других мощных барических образований (Северной Атлантики и Тихого океана)

2. Термические показатели развития и разрушения сибирского антициклона, заключающиеся:

- А) в размерах площади, охватываемой зимой низкими температурами (изохрой -30°C) на азиатском континенте

- Б) в изменениях температуры воздуха через 0°C для различных пунктов исследуемого района

3. Перемещение воздушных масс в северном полушарии, обусловленное космическими и планетарными явлениями.

Выявлено что, используя общий метод комплексного исследования, необходимо производить изыскания для каждого конкретного объекта

совершенно самостоятельно, так как разработать единый метод прогноза для многих объектов, расположенных на обширных территориях Восточной Сибири, невозможно.

В 1974 году авторами Антонов В.С. и Соловьева З.С. [12] были предложены методы предсказания сроков вскрытия низовьев и устьев рек Обского Севера. Отмечается что начало развития весенних климатических процессов в обширном водосборе Оби наблюдается при усилении преобладания в атмосферной циркуляции юго-западных направлений воздушных переносов. За основной индекс, характеризующий солнечную активность при отыскании гелиогеофизических связей принимался индекс Вольфа. Результаты предсказаний сроков вскрытия Оби у Салехарда с использованием чисел Вольфа за предыдущий прогнозный год показали обеспеченность используемых связей в оперативных прогнозах при максимально допустимой ошибке (± 4 дня) составила всего 61%, а заблаговременность прогноза – примерно 4,0 – 4,5 месяца.

Прогнозы, основанные на использовании метода дискриминантного анализа. Подлежащие прогнозированию гидрометеорологические условия разбивались на несколько классов, в соответствии с которыми разделялись на классы и те исходные данные, из которых выделялись предсказатели. С помощью дискриминантного анализа были выделены предсказатели из полей температуры и давления воздуха. Коэффициенты корреляции с ними достигали сравнительно большой величины ($R = -0,62$).

Прогнозы, основанные на данных об атмосферной циркуляции. Приемлемые для оперативной службы прогнозов оказались уравнения регрессии связи фазы взлома припая в Обской губе с повторяемостью западной формы атмосферной циркуляции за январь. Коэффициенты корреляции имели отрицательный знак и высокие значения $-0,83$ $-0,84$.

В процессе разрушения ледяного покрова речных участков основную роль играет динамическая сила движущейся половодной волны, термические факторы действуют лишь во время ледохода.

Уточнение прогнозов сроков вскрытия по датам перехода температуры воздуха через 0°С. Как показали исследования связей дат перехода температуры воздуха через 0°С и сроков вскрытия, заблаговременность долгосрочных прогнозов можно уточнить на несколько дней. Сопоставление данных наблюдений в Салехарде и сел. Александровское выявило, что среднеквадратическая погрешность прогноза составляет 5,85, допустимая ошибка прогноза – 3,95. Величина S/Б оказалась равной 0,71. Это означает, что данный способ прогноза можно успешно использовать в оперативной службе предвидения времени вскрытия низовьев Оби.

Изыскание зависимостей, основанных на гидрологических факторах. Сопоставлялся подъем уровня воды на реках Пур и Таз в начале ледохода в превышениях над минимальными для зимней межени с датами вскрытия низовьев рек Пур и Таз, были получены коэффициенты корреляции $R=0,25-0,40$.

Более эффективным для прогнозирования вскрытия водотоков Обского Севера оказался расчет с учетом сроков начала интенсивного подъема уровня в русле весной ($H \geq 10$ см/сутки) $r=0,56-0,62$ для р.Пур и $r=0,38$ для р.Таз. Метод рекомендован как способ уточнения долгосрочных прогнозов с заблаговременностью в среднем 20 дней.

Учет жидкого стока в процессе вскрытия устьевых участков рек Обского Севера был проанализирован Соловьевой З.С. в 1984 году [13]. Рассматривались связи стока реки Оби со сроками ее вскрытия в Салехарде. В годы аномально низкого стока в мае сроки вскрытия реки наступают на 7 суток позже нормы. В годы аномально высокого стока река вскрывается раньше нормы также в среднем на 7 суток. Представлены зависимости ежегодных значений сроков начала ледохода на Оби у г.Салехарда и Надыме у г.Надыма от среднемесячного расхода воды в мае, которые оцениваются высокими коэффициентами корреляции (-0,85 и 0,82 соответственно). На Пуре и Тазе эти зависимости несколько ниже (-0,67). То есть установлено, что характер

изменения сроков вскрытия низовьев Оби во многом определяется величиной стока.

В том же году Соловьевой З.С. были предприняты попытки выявить влияние аномального развития различных форм атмосферной циркуляции в весенний период (апрель, май) в зависимости от характера преобладающих процессов в зимний период (с ноября по февраль) на развитие процессов вскрытия [14].

Годы с одинаковым характером преобладающих типов атмосферной циркуляции в весенний и зимний период объединялись в группы. Выяснилось, что в годы с активизации циркуляции W типа в весенний период, после зим с преобладание западных и восточных переносов в бассейнах Оби и Енисея преобладают ранние сроки вскрытия. После зимы с преобладанием формы С на Оби чаще наблюдается позднее вскрытие, на Енисее – среднее, а от Хатанги до Лены и на Колыме – раннее вскрытие. После зимы с восточной циркуляцией (формы Е) на Хатанге, Анабаре и Оленьке – вскрытие чаще происходит в сроки, близкие к норме, а на реках, расположенных восточнее – в более поздние сроки.

Также были скоррелированы сроки вскрытия с двумя показателями: значения разности давления за апрель и май с 1935 по 1977 гг. и данные о среднемесячной температуре воздуха в мае. Их совместное влияние на вскрытие достаточно велико, коэффициент корреляции 0,69-0,82.

А.П. Бурдыкина занималась изучением скорости распространения волны замерзания Енисея [15], которая отражает солнечнообусловленные изменения, происходящие в барическом поле тропосферы, которые в свою очередь, оказывают влияние на термический режим гидросферы. В качестве фактора отражающего солнечную активность использована степень возмущенности магнитного поля Земли, выраженная знаком отклонения среднемесячных величин часовых амплитуд горизонтальной составляющей магнитного поля за длительный период от их многолетних значений у о.Диксона.

Получена связь, которая позволяет предвидеть скорость замерзания на всей судоходной части Енисея с заблаговременностью 8 месяцев. Средняя ошибка прогноза срока ледообразования у Красноярска оказалась 2,3 суток и обеспеченность отклонений, не превышающих 20% амплитуды, составила 90%.

Ю.В. Налимов удалось выявить восемь участков, на которых достаточно часто образуются заторы на приустьевом участке Енисея [16], которые носят каскадный характер. Заторообразование способствует значительному стаиванию льда во время ледохода. Рекомендуются при расчетах вскрытия учитывать тепловой фактор, который влияет как на разрушение льда, так и на стаивание большой массы льда, участвующего в ледоходе. Построены регрессионные уравнения с возможностью предсказания максимального уровня воды по вышележащему участку со средней заблаговременностью 12 дней для г. Игарки по сел. Верхне-Имбатское и средней заблаговременностью 1,5 суток для г.Дудинки по сел. Потапово.

Статистический анализ сроков замерзания низовьев и устьев крупных рек Сибири был выполнен Усанкиной Г.Е. [17]. В статье приводятся результаты статистического анализа исходных материалов наблюдений за датами наступления устойчивого ледообразования и начала ледостава в низовьях и устьях сибирских рек. Выявление периодичности процесса позволяет использовать методы прогнозов, основанные на линейной экстраполяции рядов наблюдений. Т.к. связь сроков наступления ледовых фаз по территории достаточно тесная, исследовалось разложение исходных полей по естественным ортогональным составляющим.

В результате проведенного анализа сделаны следующие выводы:

1. Ледообразование в низовьях и устьях рек Сибири является процессом крупного масштаба, однозначные аномалии которого охватывают значительные территории.

2. Основные различия дат устойчивого ледообразования отмечаются на западе и востоке исследуемого района, различия дат начала ледостава – на юго-западе и северо-востоке.

3. Выявлена двухлетняя периодичность автокорреляционной функции первой временной составляющей.

4. Метод прогноза, основанных на линейной экстраполяции, не может быть использован из-за недостаточной продолжительности рядов наблюдений.

В 1980 году В.В. Иванов, З.С. Соловьева и Г.Е. Усанкина [18] исследовали статистические структуры временных рядов сроков наступления отдельных ледовых фаз в низовьях и устьях рек Сибири в трех направлениях:

А) определение ледовых фаз без учета взаимосвязи членов ряда;

Б) выявление временных и пространственно-временных закономерностей сроков наступления этих фаз в многолетнем ряду;

В) анализ причины появления временных аномалий.

Пространственный анализ сроков замерзания и вскрытия позволил выявить восемь районов для сроков устойчивого появления плавучего льда и девять районов для сроков начала весеннего ледохода. Для каждого района определены территориальные характеристики сроков наступления рассматриваемых ледовых явлений, полученные путем осреднений дат по отдельным пунктам района. Определялись величины аномалий и вероятность их появления.

Рассматривая повторяемость лет, аномальных по срокам вскрытия и близких к среднемноголетним величинам по отдельным районам за многолетний период, отмечено следующее:

1. Позднее вскрытие наблюдается почти во всех районах с одинаковой частотой, в среднем 1 раз в три года. Исключением является река Яна, где поздние сроки вскрытия отмечаются в среднем раз в пять лет.

2. Раннее вскрытие в большинстве районов наблюдается с повторяемостью 23%. На Яне она возрастает до 34%, а на Лене уменьшается почти в 2 раза.

Также отмечается, что в течение периода с 1938 по 1955 гг. в большинстве низовьев и устьев рек арктической зоны Сибири наблюдались преимущественно ранние сроки вскрытия, а с 1961 по 1974 гг. преобладали преимущественно поздние сроки. Анализ показал, что в сроках замерзания и вскрытия крупных рек арктической зоны Сибири имеют место значительные пространственно-временные колебания, что приводит к необходимости дальнейшего поиска закономерностей этих колебаний.

Н.Д.Ефрема и Е.С.Каракаш в 1977 году [19] разрабатывали методы долгосрочного прогноза вскрытия рек Лены и Енисея. Производился анализ атмосферных процессов по картам средних месячных значений аномалии давления и температуры воздуха у поверхности Земли, а также по картам барической топографии 500 мбар в месяцы, предшествующие вскрытию рек, над всем северным полушарием. Для получения количественных характеристик выбранных полей использовался способ разложения полей в ряды по естественным ортогональным функциям.

Получены методики прогноза дат вскрытия Лены и Енисея, в которые вошли различные коэффициенты разложения. Заблаговременность прогноза от 20 до 75 дней. Коэффициенты корреляции от 0,57 до 0,88, S/Б от 0,36 до 0,73.

Краткий анализ существующих методов показал, что их эффективность еще недостаточно высокая, и в большей мере это относится к срокам замерзания. Процент оправдываемости также не дает возможности выпуска точных прогнозов. Следует сделать вывод о необходимости улучшения существующих связей и разработке новых прогностических методик.

3 Дискретно-непрерывная модель прогноза сроков замерзания

Перед тем как осуществлять построение дискретно-непрерывной модели, были предприняты попытки построения простых регрессионных уравнений на всей имеющейся совокупности исходных данных. Разработка велась с применением главных компонент, полученных в результате разложения полей температуры $T_{сент}$ и давления воздуха $P_{авг}^1$ Северного полушария на естественные ортогональные составляющие за два месяца, предшествующий замерзанию реки $D_{лост}$. Длина ряда составила 33 года. Лучшее из полученных уравнений выглядит следующим образом:

$$D_{лост} = 2,23P_{авг}^1 + 2,89P_{сент}^1 - 4,02P_{сент}^2 + 3,16T_{сент} + 35,192$$

$$S/B = 0,79$$

Показатель эффективности S/B представленного уравнения входит в допустимый интервал применимости методики прогноза ($S/B < 0,80$), однако, значение его достаточно велико. Поэтому было принято решение об улучшении зависимостей и качества предсказания путем разработки дискретно-непрерывной модели прогноза дат замерзания реки Печоры.

Дискретно-непрерывная модель, как следует из названия, представляет собой комбинацию моделей двух типов – дискретной и непрерывной. Для ее построения совокупность объектов моделируется на двух уровнях. Модели верхнего уровня (уровень классов) дискретные, обычно строятся методами распознавания образов. Модели нижнего уровня – непрерывные и представляют собой внутриклассовые уравнения регрессии. Данная модель эффективна, т.к. внутриклассовая регрессия существенно улучшает аппроксимацию моделируемого показателя по сравнению с внутриклассовой средней величиной.

Построение дискретно-непрерывной модели включает следующие существенные этапы:

- 1) обоснование гипотезы о неоднородности совокупности и целесообразности использования дискретно-непрерывной модели;
- 2) построение дискретной части модели, включающее выбор способа классификации и набора признаков по которым должно производиться разбиение совокупности на однородные классы, правила отнесения объекта к тому или иному классу, оценку точности распознавания;
- 3) построение непрерывной части модели, включающее все операции, присущие регрессионному анализу, но выполняемые для каждого класса в отдельности;
- 4) оценку аппроксимирующей способности модели.

По результатам предварительного анализа исходной информации определяется характер совокупности и выбор целесообразного типа модели. Важными являются результаты проверки гипотезы о неоднородности совокупности. Под однородными данными следует понимать некоторый уровень их рассеяния, при котором рассчитываемые статистические показатели (средняя и проч.) будут давать надежную и качественную характеристику анализируемой совокупности. Граница, отделяющая однородные данные от неоднородных, плавная и размытая. Достижение полной однородности гидрологических рядов практически неосуществимо, всегда встречаются элементы неоднородности. Благодаря наличию именно этих элементов появляется возможность и сам предмет статистического анализа.

3.1 Дискретная часть

В ходе построения дискретной части модели возникает проблема отбора из общего числа набора признаков тех, которые являются причиной неоднородности совокупности. Здесь при определении рационального числа

признаков рабочего пространства классификации возникает дилемма. С одной стороны, чем больше число признаков положено в основу классификации, тем устойчивее произведенное деление. При малом количестве признаков конструкция может оказаться чрезмерно чувствительной, учет дополнительных признаков в этом случае может привести к нарушению системы классификации. С другой стороны, включение в систему признаков, не вызывающих явной неоднородности совокупности, может привести к «смазыванию» границ между классами. Точного решения проблемы выбора рационального набора признаков пока нет, на практике использую метод последовательных приближений, опробуя разные варианты. Останавливаются на том варианте, который дает устойчивую классификацию и в то же время обеспечивает получение четких границ классов. В число признаков-кандидатов для формирования рабочего признакового пространства в первую очередь включаются существенные качественные признаки.

Значительную информацию для отбора признаков-кандидатов дает также анализ полей корреляции связи признаков с моделируемым показателем. Известно, что исследование парных связей часто позволяет выявить истинный характер зависимости.

Деление на два класса сроков замерзания реки Печоры в створе села Усть-Цильма осуществлено используя среднее значение за многолетний период. Таким образом, были получены две группы данных: с ранним и поздним замерзанием (таблица 3.1.1). Норма образования ледостава с 1955 по 2010 гг. – 8 октября. Сроки в таблице 3.1.1 выражены в количестве суток от 30 сентября.

Таблица 3.1.1. – Результаты деления сроков замерзания реки Печоры в створе села Усть-Цильмы на 2 класса

Раньше нормы

Год	Замерзание
1956	32
1959	22
1960	19
1965	31
1966	32
1968	27
1969	25
1971	25
1972	34
1973	23
1974	35
1975	32
1976	25
1977	24
1978	34
1979	29
1982	19
1984	18
1985	31
1988	32
1989	24
1990	6
1991	30
1992	26
1993	34
1994	35
2006	30

Позже нормы

Год	Замерзание
1955	47
1957	48
1958	53
1961	50
1962	52
1963	39
1964	44
1967	63
1970	44
1980	43
1981	60
1983	46
1986	47
1987	41
1995	42
1996	48
1997	39
1998	40
1999	37
2000	52
2001	52
2002	37
2003	52
2004	41
2005	73
2007	49
2008	61
2009	36

Из каждой группы были выбраны экстремальные значения сроков замерзания. Для раннего ледообразования это годы 1959, 1960, 1982, 1984 и 1990, позднего – 1962, 1967, 1981, 2005, 2008. Эти десять случаев служили в качестве обучающего материала для классификации остальных 46 лет, которые составили независимый материал проверки выбранного алгоритма.

Осуществлен расчет 6 различных сочетаний из всей совокупности имеющихся возможных предсказателей. Для каждого случая определены дискриминантные коэффициенты и сосчитаны константы дискриминации. Осуществлена проверка оправдываемости прогноза класса явления.

Рассмотрим процесс классификации на примере следующих предикторов: средняя температура воздуха в сентябре и повторяемость типов атмосферной циркуляции в том же месяце. В таблице 3.1.2 приведены соответствующие значения показателей за годы с экстремальными сроками замерзания.

Таблица 3.1.2 – Пример обучающих выборок для прогноза класса замерзания реки Печоры у села Усть-Цильма

Раннее замерзание					
	Усть-Цильма	Темп. воздуха	Индексы сентябрь		
Год	Замерзание	сентябрь	e	w	c
1959	22	4,8	0	15	15
1960	19	5,4	16	7	7
1982	19	6,8	13	13	4
1984	18	5,6	23	7	0
1990	6	4,2	10	12	8
Среднее		5,36	12,4	10,8	6,8
Позднее замерзание					
	Усть-Цильма	Темп. воздуха	Индексы сентябрь		
Год	Замерзание	сентябрь	e	w	c
2005	73	8,5	12	15	3
2008	61	6	14	11	5
1967	63	6,4	23	0	7
1981	60	6,8	12	6	12
1962	52	7,7	12	12	6
Среднее		7,08	14,6	8,8	6,6

Получены коэффициенты дискриминации для каждого предиктора: $a_1 = 7,44$ $a_2 = -5,50$ $a_3 = 4,84$ $a_4 = -6,05$. Константа дискриминации $c = -47,61$. Далее, исключив из общего ряда обучающую выборку, для каждого случая рассчитывается дискриминантная функция путем умножения коэффициентов на значения предикторов в каждом конкретном году (таблица 3.1.3).

Таблица 3.1.3 – Пример расчета дискриминантной функции

Год	Усть-Цильма	Т возд	Индексы сентябрь			Дискр. функция
	Замерзание	сентябрь	e	w	c	
1955	47	5,9	18	6	6	-62,36
1956	32	2,9	5	11	14	-37,38
1957	48	7,8	16	3	11	-82,00
1958	53	2,8	5	6	19	-92,58
1961	50	5,6	9	8	13	-47,77
1963	39	7,5	17	6	7	-51,01
1964	44	5,6	4	17	9	47,49
1965	31	6,6	17	13	0	18,52
1966	32	5,4	7	11	12	-17,68
1968	27	3,2	15	4	11	-105,88
1969	25	6,5	15	5	10	-70,44
1970	44	8,8	16	4	10	-63,67
1971	25	6,3	14	9	7	-28,92
1972	34	4,3	15	0	15	-141,26
1973	23	2,8	14	7	9	-76,74
1974	35	9,2	21	6	3	-36,16
1975	32	8,7	25	3	2	-70,35
1976	25	5,9	23	2	5	-103,17
1977	24	6	12	8	10	-43,14
1978	34	5,3	15	12	3	-3,14
1979	29	7,7	12	16	2	56,63
1980	43	7	15	4	11	-77,61
1983	46	6,7	19	3	8	-88,53
1985	31	8,2	11	6	13	-49,10
1986	47	3,6	6	19	5	55,49
1987	41	6,5	6	19	5	77,07
1988	32	6,2	9	21	0	98,27
1989	24	7,4	17	6	7	-51,75

Продолжение таблицы 3.1.3

Год	Усть-Цильма	Т возд	Индексы сентябрь			Дискр. функция
	Замерзание	сентябрь	e	w	c	
1991	30	6	7	13	10	8,56
1992	26	9,1	20	3	7	-70,13
1993	34	4	12	7	11	-68,91
1994	35	6,4	20	10	0	-13,98
1995	42	7,7	15	7	8	-39,73
1996	48	3,6	6	2	22	-129,64
1997	39	7,6	8	12	10	10,12
1998	40	4,6	17	3	10	-105,26
1999	37	6,2	20	10	0	-15,47
2000	52	6,4	16	3	11	-92,41
2001	52	9,4	21	9	0	-2,00
2002	37	3,9	6	9	15	-51,17
2003	52	7,6	13	16	1	56,43
2004	41	6,6	8	16	6	46,24
2006	30	7	7	14	9	26,89
2007	49	7,9	11	17	2	68,46
2009	36	9,7	5	19	6	100,33

Сравнивая полученную дискриминантную функцию f_c константой дискриминации c можно сделать вывод о принадлежности года к тому или иному классу. Так, если функция f превышает значение константы c , то год следует относить к классу раннего замерзания, в обратном случае – позднего замерзания. Оправдываемость прогноза класса появления устойчивого ледяного покрова реки Печоры у села Усть-Цильмы показана в таблице 3.1.4.

Таблица 3.1.4 – Таблица оправдываемости прогноза класса замерзания реки Печоры у села Усть-Цильмы

Год	Усть-Цильма	Класс явления	Прогноз класса	Оправдываемость
	Замерзание	1 – раннее замерзание 2 – позднее замерзание		
1955	47	2	2	+
1956	32	1	1	+
1957	48	2	2	+

Продолжение таблицы 3.1.4

Год	Усть-Цильма	Класс явления	Прогноз класса	Оправдываемость
	Замерзание	1 – раннее замерзание 2 – позднее замерзание		
1958	53	2	2	+
1961	50	2	2	+
1963	39	2	2	+
1964	44	2	1	-
1965	31	1	1	+
1966	32	1	1	+
1968	27	1	2	-
1969	25	1	2	-
1970	44	2	2	+
1971	25	1	1	+
1972	34	1	2	-
1973	23	1	2	-
1974	35	1	1	+
1975	32	1	2	-
1976	25	1	2	-
1977	24	1	1	+
1978	34	1	1	+
1979	29	1	1	+
1980	43	2	2	+
1983	46	2	2	+
1985	31	1	2	-
1986	47	2	1	-
1987	41	2	1	-
1988	32	1	1	+
1989	24	1	2	-
1991	30	1	1	+
1992	26	1	2	-
1993	34	1	2	-
1994	35	1	1	+
1995	42	2	1	-
1996	48	2	2	+
1997	39	2	1	-
1998	40	2	2	+
1999	37	2	1	-
2000	52	2	2	+
2001	52	2	1	-
2002	37	2	2	+

Продолжение таблицы 3.1.4

Год	Усть-Цильма	Класс явления	Прогноз класса	Оправдываемость
	Замерзание	1 – раннее замерзание 2 – позднее замерзание		
2003	52	2	1	-
2004	41	2	1	-
2006	30	1	1	+
2007	49	2	1	-
2009	36	1	1	+

К каждому классу было отнесено по 23 года, из которых прогноз оправдался в 13 случаях для класса раннего замерзания и в 11 случаях для класса позднего замерзания. Выражая полученные значения в процентах, получим оправдываемость прогноза 57 и 48 % для двух групп.

Представленным способом было обработано еще 5 групп предикторов. Общая таблица 3.1.5 с составом предсказателей и процентом оправдываемости представлена ниже.

Таблица 3.1.5 – Сводная таблица дискриминации сроков замерзания реки Печоры у села Усть-Цильмы

Группа предикторов	Процент оправдываемости	
	Раннее замерзание	Позднее замерзание
Температура воздуха (сентябрь) Индексы Вангенгейма (сентябрь)	57	48
Температура воздуха (сентябрь) Индексы Вангенгейма (август)	48	61
Температура воздуха (сентябрь) Индексы Вангенгейма, тип E и W (август) Индекс WP (август)	43	65

Продолжение таблицы 3.1.5

Группа предикторов	Процент оправдываемости	
	Раннее замерзание	Позднее замерзание
Температура воздуха (сентябрь) Индексы Вангенгейма, тип W (август) Индекс WP(август) Индекс PDO(август)	57	43
Температура воздуха (сентябрь) Осредненные значения минимальной температура воздуха (1-10 октября) Средняя температура воды (сентябрь/ 1-10 октября)	64	55
Температура воздуха (сентябрь) Осредненные значения минимальной температура воздуха (1-10 октября) Индексы Вангенгейма, тип C и W (сентябрь)	80	67

Из таблицы 3.1.5 видно, что наибольший процент оправдываемости показала последняя группа предикторов, которая и была выбрана в итоге в качестве предсказателей класса срока замерзания реки Печоры у села Усть-Цильмы.

3.2 Непрерывная составляющая модели

Этап построения включает все стадии, обычные для многофакторного регрессионного анализа. Особое значение имеет отбор существенных переменных для каждого класса. Обычно число количественных переменных, включенных в анализ и имеющих значительную внутриклассовую вариацию,

достаточно велико (15-20 и более). А в нашем случае исходными данными являются аномалии давления по 70 станциям (таблица 2.1.2), а также аномалии температуры по 46 станциям (таблица 2.1.3) Северного полушария.

Прогностические характеристики можно и нужно искать не только в непосредственной близости от исходного месяца, но и на значительном расстоянии от него. Так как макроциркуляционные процессы, которые могут обусловить значительные аномалии давления, подготавливаются не только в течение непосредственно предшествующих месяцев, но и задолго до осуществления аномалии исходного ряда. Исходя из этих соображений, данные по станциям аномалий давления были использованы за два месяца предшествующие замерзанию реки Печоры. А именно: август и сентябрь.

Включение всех этих переменных во внутриклассовые регрессионные модели практически невозможно, так как снижает точность оценок и затрудняет интерпретацию. Поэтому при построении дискретно-непрерывной модели задача отыскания небольшого набора признаков, которые объяснили бы основную часть внутриклассовой вариации моделируемого показателя, особенно важна. Естественным начальным этапом этого процесса является анализ структуры матриц парных коэффициентов корреляции предсказываемого ряда с рядами наблюдений. Что и было сделано для всех имеющихся станций. Далее, по полученным коэффициентам, построены карты изокоррелят (отдельно для каждого месяца) с целью выявления областей, атмосферные процессы над которыми оказывают наибольшее воздействие на сроки раннего или позднего замерзания (приложение Г). В качестве примера представлены карты приземных аномалий давления воздуха двух классов замерзания в сентябре (рисунки 3.2.1-3.2.2).

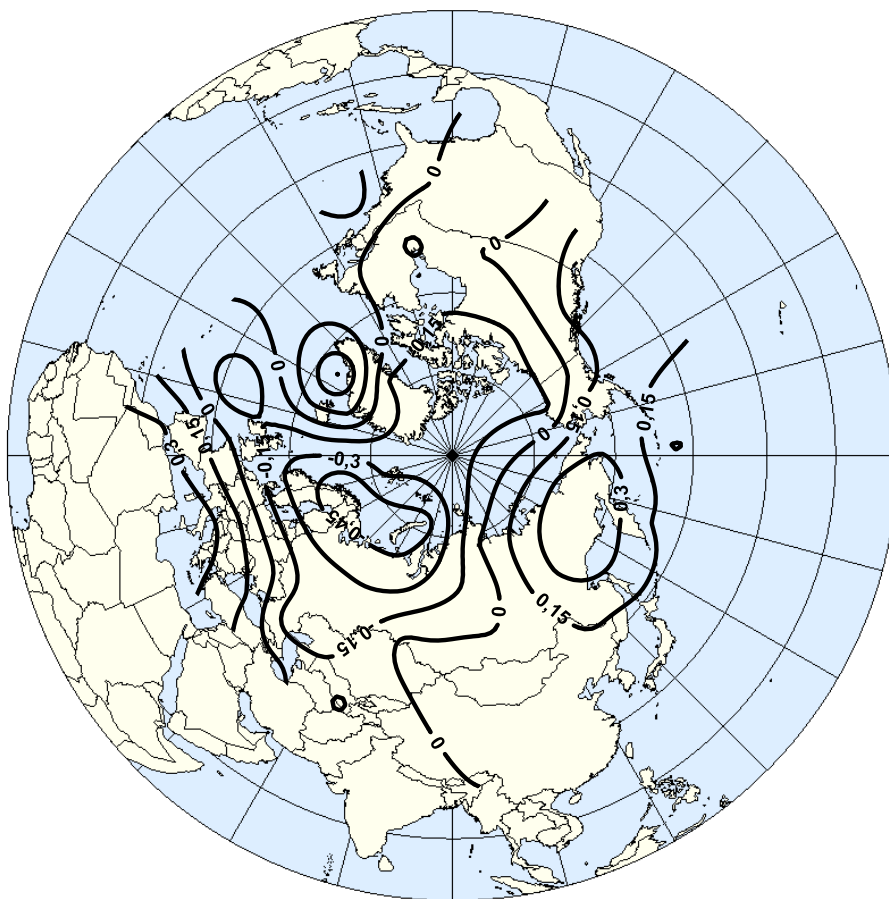


Рисунок 3.2.1 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для
класса раннего замерзания
(сентябрь)

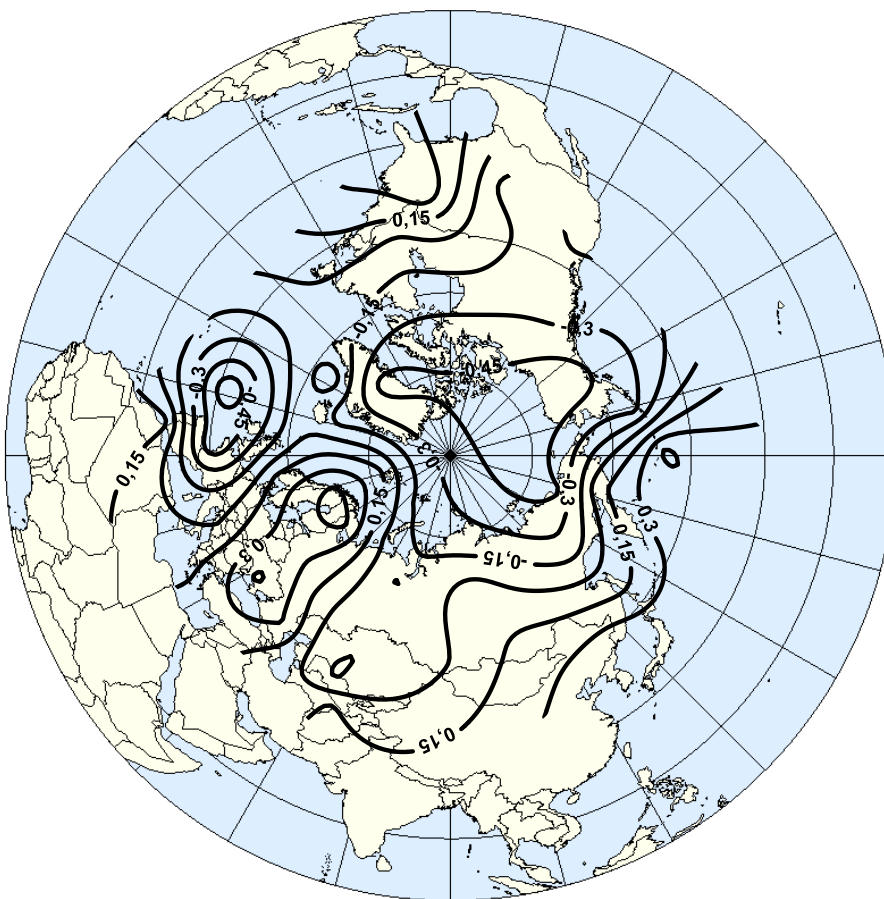


Рисунок 3.2.2 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса позднего заморзания (сентябрь)

Анализ полученных карт позволил выделить наиболее динамически значимые районы. При их обработке учитывались и масштабы областей корреляции одного знака и их «интенсивность». Мелкомасштабные области в дальнейшей обработке не рассматривались. Этот этап релятивной компрессии позволил значительно сократить первоначальный объем информации и оставить лишь ту ее часть, которая представляет определенную прогностическую значимость для решения поставленной задачи.

Так, на карте изокоррелят приземных аномалий давления воздуха в сентябре для класса раннего вскрытия (рисунок 3.2.1) можно выделить две области. Первая включает в себя северную часть Скандинавского полуострова, Мурманскую область, а также острова Северный и Южный Архангельской области, коэффициенты парной корреляции аномалий давления воздуха с

датами замерзания реки Печоры у села Усть-Цильмы здесь ниже $-0,45$, обратная связь. Вторая область находится на Дальнем Востоке России, коэффициенты парной корреляции более $0,30$. Из выделенных значимых зон было выбрано 7 метеорологических станций: Тромсе, Мурманск, Малые Каракулы, м.Желания, Оймякон, о.Четырехстолбовый, Корф.

На карте 3.2.2 изокоррелят для класса позднего замерзания также выделено две зоны с прямой – от Скандинавского полуострова через 30-й меридиан восточной долготы до Крымского полуострова, и обратной связями – бассейн Северного Ледовитого океана. Выбрано 7 метеостанций: Тромсе, Санкт-Петербург, Мурманск, Киев, Симферополь, Барроу и Фарбенкс.

На следующем структурном этап компрессии были получены количественные характеристики атмосферных процессов с использованием метода главных компонент (разложения метеорологических полей на естественные ортогональные составляющие, п. 2.3). Данный метод позволяет описать основное содержание естественных колебаний циркуляции во времени все лишь несколькими главными компонентами (коэффициентами разложения). Полученные таким образом потенциальные предикторы исследовались на предмет их прогностической значимости с использованием коэффициентов прогностической информативности (КПИ, п. 2.4).

3.3 Дискретно-непрерывная модель

При условии дискриминантного разбиения на классы дискретно-непрерывная модель представляет собой набор автономных уравнений регрессий. Поэтому и подход к оценке ее аппроксимирующей способности должен базироваться на соответствующих идеях регрессионного анализа. В качестве показателя эффективности и точности методики принято отношение $S/\bar{\sigma}$. Показателем информативности уравнения множественной линейной регрессии служит КПИ.

Уравнения с наилучшими показателями были получены при следующих предикторах для класса раннего замерзания: первая главная компонента приземных аномалий давления воздуха в августе P_a^1 , первая T_c^1 и вторая T_c^2 главные компоненты приземной температуры воздуха. Класс позднего замерзания определяется второй главной компонентой приземных аномалий давления воздуха в августе P_a^2 , первой P_c^1 и второй P_c^2 главной компонентами аномалий приземного давления воздуха в сентябре и первой главной компонентной аномалий приземной температуры воздуха в сентябре T_c^1 . Прогностические уравнения выглядят следующим образом:

1. Класс раннего замерзания

$$D_{\text{лост}} = 0,96 P_a^1 + 1,41 T_c^1 - 2,28 T_c^2 + 26,26$$

$$S/\bar{C} = 0,58$$

$$\text{КПИ} = 0,85$$

2. Класс позднего замерзания

$$D_{\text{лост}} = 1,04 P_a^2 + 2,47 P_c^1 - 2,63 P_c^2 + 0,10 T_c^1 + 45,88$$

$$S/\bar{C} = 0,71$$

$$\text{КПИ} = 0,79$$

Следует отметить явное улучшение показателей эффективности уравнений, полученных отдельно для двух классов, относительно непрерывной модели прогноза, построенной на всей длине ряда.

Таблица 3.3.1 – Результаты прогноза сроков замерзания по дискретно-непрерывной модели. р.Печора–с.Усть-Цильма

Год	Класс замерзания	Прогноз класса	D _{факт.}	D _{пр.} с учетом правильного прогноза класса	D _{факт.} - D _{пр.}	Оправдываемость
1955	Позднее	+	16 ноя	16 ноя	0	+
1956	Раннее	+	1 ноя	1 ноя	0	+
1957	Позднее	-	17 ноя	9 ноя	8	-
1958	Позднее	+	22 ноя	22 ноя	1	+
1959	Раннее	+	22 окт	19 окт	3	+
1960	Раннее	+	19 окт	23 окт	-4	-
1961	Позднее	-	19 ноя	23 ноя	-3	-
1962	Позднее	+	21 ноя	18 ноя	3	+
1963	Позднее	+	8 ноя	11 ноя	-3	+
1964	Позднее	+	13 ноя	10 ноя	3	+
1965	Раннее	+	31 окт	2 ноя	-2	+
1966	Раннее	+	1 ноя	1 ноя	0	+
1967	Позднее	+	2 дек	27 ноя	6	+
1968	Раннее	+	27 окт	28 окт	-1	+
1969	Раннее	-	25 окт	25 окт	0	-
1970	Позднее	+	13 ноя	10 ноя	3	+
1971	Раннее	+	25 окт	23 окт	2	+
1972	Позднее	+	3 ноя	8 окт	-5	+
1973	Раннее	+	23 окт	31 окт	-7	-
1974	Позднее	+	4 ноя	4 ноя	1	+
1975	Раннее	+	1 ноя	21 окт	11	-
1976	Раннее	+	25 окт	28 окт	-3	+
1977	Раннее	+	24 окт	23 окт	1	+
1978	Позднее	-	3 ноя	10 ноя	-6	+
1979	Раннее	+	29 окт	29 окт	0	+
1980	Позднее	-	12 ноя	15 ноя	-3	-
1981	Позднее	+	29 ноя	24 ноя	5	+
1982	Раннее	+	19 окт	22 окт	-3	+
1983	Позднее	-	15 ноя	13 ноя	2	-
1984	Раннее	+	18 окт	21 окт	-3	+
1985	Раннее	-	31 окт	30 окт	1	-
1986	Позднее	-	16 ноя	21 ноя	-4	-
1987	Позднее	+	10 ноя	16 ноя	-8	+
1988	Раннее	-	1 ноя	28 окт	4	-

Из таблицы 3.3.1 видно, что оправдываемость прогноза класса явления составляет 74 %, в 25 случаях из 34 группа замерзания была предсказана верно. Из 25 верно распределенных по классам лет, погрешность прогноза укладывается в допустимое значение 6 суток для позднего замерзания и 3 суток для раннего в 23 случае – 68 % от общего количества лет. При правильно предсказанном классе установления ледяного покрова реки Печоры у села Усть-Цильмы оправдываемость прогноза составила бы 80% – 28 лет из 35. Следовательно, процедура дискретизации в первую очередь нуждается в доработке и возможном добавлении ранее не принятых во внимание факторов, оказывающих влияние на процессы ледообразования на реке.

4 Дискретно-непрерывная модель прогноза сроков вскрытия

Первым этапом являлось построение линейного регрессионного уравнения на всей имеющейся совокупности исходных данных. Разработка велась с применением главных компонент, полученных в результате разложения полей температуры $T_{\text{март}}$ и давления воздуха $P_{\text{март}}^1$ Северного полушария на естественные ортогональные составляющие за три месяца, предшествующий вскрытию реки $D_{\text{вскр}}$. Длина ряда составила 33 года. Лучшее из полученных уравнений выглядит следующим образом:

$$D_{\text{вскр}} = 2,32T_{\text{март}}^1 + 1,78P_{\text{фев}}^1 - 2,02P_{\text{март}}^1 + 47,23$$

$$S/\bar{\sigma} = 0,75$$

Показатель эффективности $S/\bar{\sigma}$ представленного уравнения входит в допустимый интервал применимости методики прогноза ($S/\bar{\sigma} < 0,80$), однако, значение его достаточно велико. Поэтому было принято решение об улучшении зависимостей и качества предсказания путем разработки дискретно-непрерывной модели прогноза дат вскрытия реки Печоры.

4.1 Дискретная часть

По аналогии с соответствующим пунктом в п. 3, сроки вскрытия реки Печоры в створе села Усть-Цильмы были разделены на две группы с помощью среднего значения за многолетний период. Получены два класса с информацией о раннем и позднем вскрытии реки (таблица 4.1.1). Норма разрушения ледяного

покрова с 1955 по 2010 гг. – 8 октября. Сроки в таблице 4.1.1 выражены в количестве суток от 31 марта.

Таблица 4.1.1. – Результаты деления сроков вскрытия реки Печоры в створе села Усть-Цильмы на 2 класса

Раньше нормы

Год	Замерзание
1956	32
1959	22
1960	19
1965	31
1966	32
1968	27
1969	25
1971	25
1972	34
1973	23
1974	35
1975	32
1976	25
1977	24
1978	34
1979	29
1982	19
1984	18
1985	31
1988	32
1989	24
1990	6
1991	30
1992	26
1993	34
1994	35
2006	30

Позже нормы

Год	Замерзание
1955	47
1957	48
1958	53
1961	50
1962	52
1963	39
1964	44
1967	63
1970	44
1980	43
1981	60
1983	46
1986	47
1987	41
1995	42
1996	48
1997	39
1998	40
1999	37
2000	52
2001	52
2002	37
2003	52
2004	41
2005	73
2007	49
2008	61
2009	36

Из каждой группы были выбраны экстремальные значения сроков вскрытия. Для раннего разрушения ледяного покрова это годы 1967, 1990, 1995, 2000 и 2001, позднего – 1969, 1970, 1971, 1972, 1999. Эти десять случаев служили в качестве обучающего материала для классификации остальных 46 лет, которые составили независимый материал проверки выбранного алгоритма.

Выполнен расчет 2 различных сочетаний предикторов из всех совокупности имеющихся возможных предсказателей, так быстро было найдено удовлетворяющее решение вопроса дискретизации. Для каждого случая определены дискриминантные коэффициенты и сосчитаны константы дискриминации. Осуществлена проверка оправдываемости прогноза класса явления.

Наилучший процент оправдываемости был найден с использованием следующих предикторов: дата начала весеннего половодья, максимальная толщина льда, весенний переход температуры воздуха через 0°C и уровни воды в реке на момент начала половодья. В таблице 4.1.2 приведены соответствующие значения показателей за годы с экстремальными сроками замерзания.

Таблица 4.1.2 – Обучающие выборки для прогноза класса вскрытия реки Печоры у села Усть-Цильмы

Год	Вскрытиес.Усть-Цильма	Начало половодья	Макс. толщина льда	Переход через 0°C	Уровни начала половодья
Ранние даты вскрытия					
1967	32	17	84	-3	103
1990	32	21	86	11	89
1995	20	13	54	-6	132
2000	29	21	68	7	75
2001	32	19	76	16	122
Среднее		18,2	73,6	5	104,2
Поздние даты вскрытия					
1969	65	41	80	42	90
1970	60	38	85	47	100
1971	67	48	72	41	101

1972	64	43	77	50	100
1999	64	29	79	55	140
Среднее		39,8	78,6	47	106,2

Получены коэффициенты дискриминации для каждого предиктора: $a_1 = -1,57$, $a_2 = 0,04$, $a_3 = -0,71$, $a_4 = 0,21$. Константа дискриминации $c = -38,87$. Далее, исключив из общего ряда обучающую выборку, для каждого случая рассчитывается дискриминантная функция путем умножения коэффициентов на значения предикторов в каждом конкретном году (таблица 4.1.3).

Таблица 4.1.3 – Расчет дискриминантной функции

Год	Вскрытие с.Усть- Цильма	Начало половодья	Макс. толщина льда	Переход через 0	Уровни начала половодья	Дискр. Функция
1955	34	22	74	12	127	-13,43
1956	52	35	73	33	36	-67,90
1957	37	27	69	20	23	-49,00
1958	54	33	68	26	178	-30,17
1959	42	31	78	27	22	-60,10
1960	40	24	78	8	75	-24,49
1961	56	45	62	38	76	-79,19
1962	35	10	60	4	176	20,82
1963	33	28	65	14	164	-16,86
1964	55	39	69	40	58	-74,69
1965	57	31	78	14	103	-33,86
1966	54	29	90	46	167	-39,52
1968	45	33	68	31	76	-55,14
1973	46	26	73	4	96	-20,58
1974	58	38	90	33	104	-57,65
1975	38	13	73	9	90	-4,98
1976	47	28	70	13	101	-29,18
1977	35	22	71	16	82	-25,84
1978	58	41	84	54	126	-72,89
1979	41	33	98	28	76	-51,81
1980	41	22	72	18	70	-29,74
1981	53	34	73	29	66	-57,19
1982	34	22	67	8	89	-18,85
1983	35	13	67	19	87	-12,95
1984	46	37	66	33	138	-49,90
1985	51	36	88	26	112	-47,94
1986	47	29	97	44	93	-53,36

1987	46	34	99	22	83	-47,61
1988	48	38	78	35	97	-61,02

Продолжение таблицы 4.1.3.

Год	Вскрытие с.Усть- Цильма	Начало половодья	Макс. толщина льда	Переход через 0	Уровни начала половодья	Дискр. Функция
1989	43	33	89	15	102	-37,48
1991	30	14	67	4	98	-1,56
1992	44	35	76	26	99	-49,58
1993	44	32	62	19	102	-39,83
1994	39	24	82	3	116	-12,17
1996	47	35	78	28	104	-49,87
1997	37	28	84	15	135	-22,90
1998	56	45	91	48	142	-71,27
2002	35	29	83	11	162	-16,00
2003	47	31	78	30	127	-40,18
2004	52	36	74	28	96	-53,28
2005	44	33	70	38	95	-56,04
2006	43	34	64	30	110	-49,02
2007	41	22	65	13	130	-13,87
2008	53	41	60	40	193	-49,84
2009	47	40	65	36	98	-65,18
2010	34	17	70	-1	99	-2,39

Сравнивая полученную дискриминантную функцию f_c константой дискриминации c можно сделать вывод о принадлежности года к тому или иному классу. Так, если функция f превышает значение константы c , то год следует относить к классу раннего вскрытия, в обратном случае – позднего вскрытия. Оправдываемость прогноза класса разрушения ледяного покрова реки Печоры у села Усть-Цильмы показана в таблице 4.1.4.

Таблица 4.1.4 – Таблица оправдываемости прогноза класса замерзания реки Печоры у села Усть-Цильма

Год	Вскрытис.Усть-Цильма	Класс явления	Прогноз класса	Оправдываемость
		1 – раннее вскрытие 2 – позднее вскрытие		

1955	34	1	1	+
1956	52	2	2	+
1957	37	1	2	-

Продолжение таблицы 4.1.4

Год	Вскрытиес.Усть-Цильма	Класс явления	Прогноз класса	Оправдываемость
		1 – раннее вскрытие 2 – позднее вскрытие		
1958	54	2	1	-
1959	42	1	2	-
1960	40	1	1	+
1961	56	2	2	+
1962	35	1	1	+
1963	33	1	1	+
1964	55	2	2	+
1965	57	2	1	-
1966	54	2	2	+
1968	45	2	2	+
1973	46	2	1	-
1974	58	2	2	+
1975	38	1	1	+
1976	47	2	1	-
1977	35	1	1	+
1978	58	2	2	+
1979	41	1	2	-
1980	41	1	1	+
1981	53	2	2	+
1982	34	1	1	+
1983	35	1	1	+
1984	46	2	2	+
1985	51	2	2	+
1986	47	2	2	+
1987	46	2	2	+
1988	48	2	2	+
1989	43	1	1	+
1991	30	1	1	+
1992	44	1	2	-
1993	44	1	2	-
1994	39	1	1	+
1996	47	2	2	+
1997	37	1	1	+

1998	56	2	2	+
2002	35	1	1	+
2003	47	2	2	+
2004	52	2	2	+

Продолжение таблицы 4.1.4

Год	Вскрытис.Усть-Цильма	Класс явления	Прогноз класса	Оправдываемость
		1 – раннее вскрытие 2 – позднее вскрытие		
1958	54	2	1	-
2005	44	1	2	-
2006	43	1	2	-
2007	41	1	1	+
2008	53	2	2	+
2009	47	2	2	+
2010	34	1	1	+

Общая оправдываемость прогноза класса явления составила 37 из 46 лет – 80 %. К каждому классу было отнесено по 23 года, из которых прогноз оправдался в 18 случаях для класса раннего вскрытия и в 19 случаях для класса позднего вскрытия. Выражая поученные значения в процентах, получим оправдываемость прогноза 78 и 83 % для двух групп.

Оценивалась также другие группы лет с теми же предикторами (таблица 4.1.5), однако, процент оправдываемости оказался гораздо ниже полученных ранее значений: 64 % для группы раннего вскрытия и 48 % –позднего.

Таблица 4.1.5 – Второй вариант обучающих выборок для прогноза класса вскрытия реки Печоры у села Усть-Цильмы

Год	Вскрытис.Усть-Цильма	Начало половодья	Макс. толщина льда	Переход через 0°С	Уровни начала половодья
Ранние даты вскрытия					
1982	34	22	67	8	89
1983	35	13	67	19	87
1991	30	14	67	4	98
2000	29	21	68	7	75
Среднее		17,5	67,25	9,5	87,25

Поздние даты вскрытия					
1966	54	29	90	46	167
1970	60	38	85	17	100
1974	58	38	90	33	104
1978	58	41	84	54	126
Среднее		36,5	87,25	37,5	124,25

4.2 Непрерывная составляющая модели

Непрерывная часть построения включает все стадии, обычные для многофакторного регрессионного анализа. Особое значение уделялось отбору существенных переменных для каждого класса. Так как число переменных, включенных в анализ, в нашем случае достаточно велико – исходными данными являются аномалии давления по 70 станциям (таблица 2.1.2), а также аномалии температуры по 46 станциям (таблица 2.1.3) Северного полушария, первым этапом являлся анализ структуры матриц парных коэффициентов корреляции предсказываемого ряда с рядами наблюдений. Данные по станциям аномалий давления были использованы за три месяца предшествующие вскрытию реки Печоры. А именно: январь, февраль и март. Информация об аномалиях температуры воздуха задействована за март.

По полученным коэффициентам корреляции, построены карты изокоррелят (отдельно для каждого месяца) с целью выявления областей, атмосферные процессы над которыми оказывают наибольшее воздействие на сроки раннего или позднего вскрытия (приложение Д). В качестве примера представлены карты приземных аномалий давления воздуха двух классов вскрытия в сентябре (рисунки 4.2.1-4.2.2).

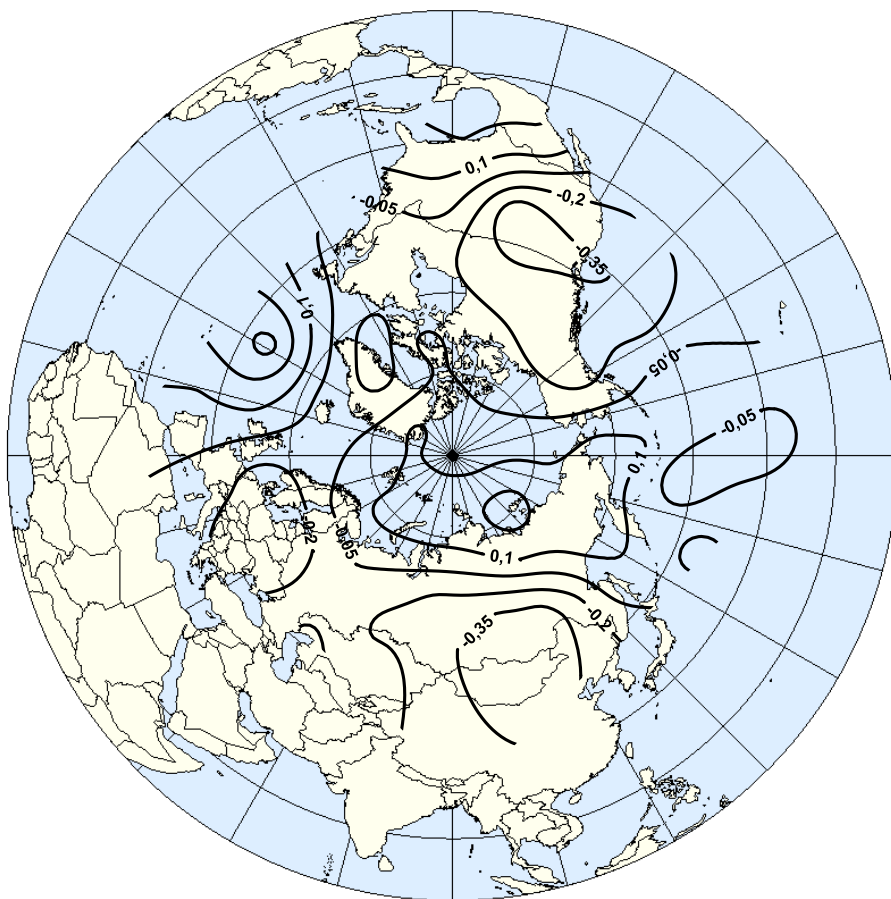


Рисунок 4.2.1 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для
класса раннего вскрытия
(январь)

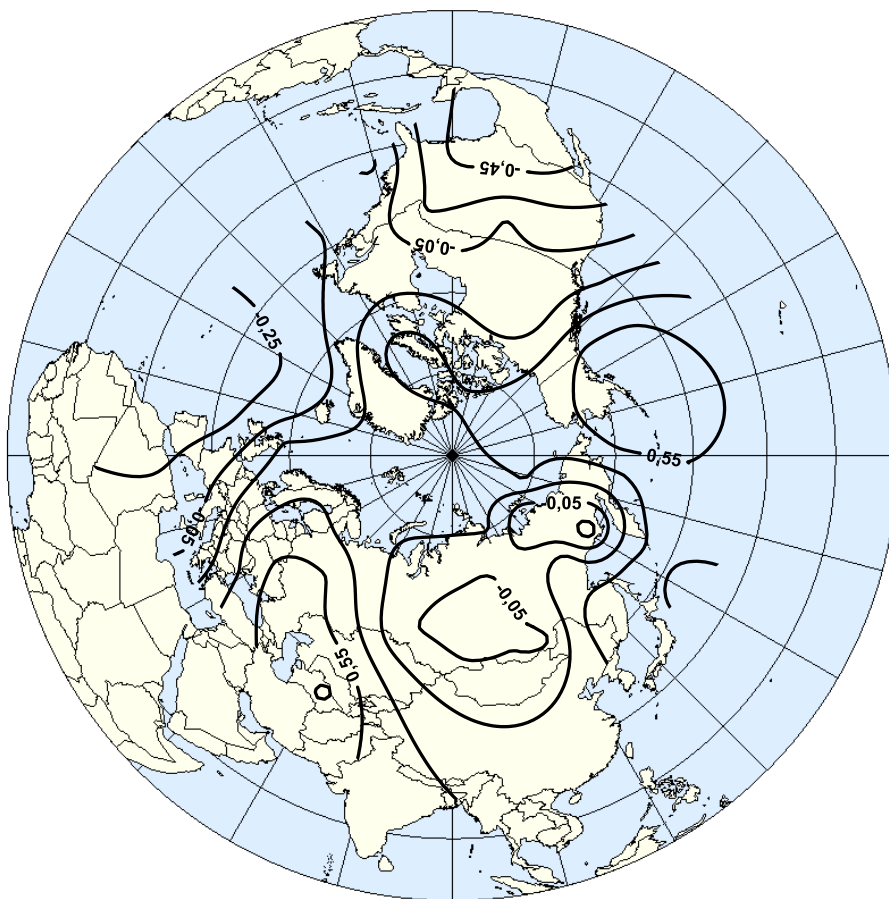


Рисунок 4.2.2 –Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса позднего вскрытия (январь)

Выделялись наиболее динамически значимые районы. Учитывались и масштабы областей корреляции одного знака и их «интенсивность». Мелкомасштабные области в дальнейшей обработке не рассматривались. Этот этап релятивной компрессии позволил значительно сократить первоначальный объем информации и оставить лишь ту ее часть, которая представляет определенную прогностическую значимость для решения поставленной задачи.

Так, на карте изокоррелят приземных аномалий давления воздуха в январе для класса раннего вскрытия (рисунок 4.2.1) можно выделить две области. Первая включает в себя озеро Байкал и его окрестности – это республики Тыва, Бурятия и Иркутская область, коэффициенты парной корреляции аномалий давления воздуха с датами вскрытия реки Печоры у села Усть-Цильмы здесь ниже $-0,35$, обратная связь. Вторая область находится на

границе Соединенных Штатов Америки и Канады, коэффициенты парной корреляции также менее -0,35. Из выделенных значимых зон было выбрано 5 метеорологических станций: Кызыл, Иркутск, Чита, Кол-Харбор и Портленд.

На карте 4.2.2 изокоррелят для класса позднего вскрытия также выделено две зоны с прямой связью – территория Аляски и обширную область вокруг Каспийского моря. Коэффициенты корреляции в обеих зонах более 0,55. Выбрано 8 метеостанций: Кадьяк, м.Наварин, Ном, Датч-Харбор, Оренбург, Казань, Чарджоу, Баку.

На следующем структурном этап компрессии были получены количественные характеристики атмосферных процессов с использованием метода главных компонент (МГК, п. 2.3). Данный метод позволяет описать основное содержание естественных колебаний циркуляции во времени все лишь несколькими главными компонентами (коэффициентами разложения). Полученные таким образом потенциальные предикторы исследовались на предмет их прогностической значимости с использованием коэффициентов прогностической информативности (КПИ, п. 2.4).

4.3 Дискретно-непрерывная модель

При условии дискриминантного разбиения на классы дискретно-непрерывная модель представляет собой набор автономных уравнений регрессий. Поэтому и подход к оценке ее аппроксимирующей способности должен базироваться на соответствующих идеях регрессионного анализа. В качестве показателя эффективности и точности методики принято отношение $S/\bar{S}$. Показателем информативности уравнения множественной линейной регрессии служит КПИ.

Кроме обработанных ранее аномалий давления и температуры воздуха, в построении уравнений также использованы индексы атмосферной циркуляции Г.Я.Вангенгейма. Уравнения с наилучшими показателями были получены при

следующих предикторах для класса раннего вскрытия: первая главная компонента приземных аномалий давления воздуха в январе $P_{я}^1$, первая главная компонента приземной температуры воздуха в марте $T_{м}^1$ и повторяемость восточного типа атмосферных переносов в марте $e_{м}$. Класс позднего замерзания определяется второй главной компонентой приземных аномалий давления воздуха в феврале $P_{ф}^2$, первой главной компонентой приземной температуры воздуха в марте $T_{м}^1$ и повторяемостью западного типа атмосферных переносов в январе $w_{я}$. Прогностические уравнения выглядят следующим образом:

1. Класс раннего замерзания

$$D_{вскр} = -0,87P_{я}^1 + 2,02T_{м}^1 - 0,28e_{м} + 34,85$$

$$S/B = 0,45$$

$$КПИ = 0,88$$

2. Класс позднего замерзания

$$D_{вскр} = 1,67P_{ф}^1 - 0,99T_{м}^1 - 0,73w_{я} + 61,23$$

$$S/B = 0,39$$

$$КПИ = 0,92$$

Следует отметить явное улучшение показателей эффективности уравнений, полученных отдельно для двух классов, относительно непрерывной модели прогноза, построенной на всей длине ряда.

Таблица 4.3.1 – Результаты прогноза сроков вскрытия по дискретно-непрерывной модели. р.Печора–с.Усть-Цильма

Годы	Фактический класс вскрытия	Прогноз класса	D _{факт.}	D _{пр.}	D _{факт.} - D _{пр.}	Оценка оправдываемости прогноза
1955	Раннее	+	04.май	04.май	0	+
1956	Позднее	-	22.май	06.июн	15	-
1957	Раннее	+	07.май	07.май	0	+
1958	Позднее	+	24.май	25.май	1	+
1959	Раннее	+	12.май	11.май	1	+
1960	Раннее	-	10.май	18.апр	22	-
1961	Позднее	+	26.май	26.май	0	+
1962	Раннее	+	05.май	05.май	0	+
1963	Раннее	+	03.май	04.май	1	+
1964	Позднее	-	25.май	10.июн	16	-
1965	Позднее	+	27.май	28.май	1	+
1966	Позднее	+	24.май	23.май	1	+
1967	Раннее	+	02.май	02.май	0	+
1968	Раннее	+	15.май	12.май	3	+
1969	Позднее	+	04.июн	02.июн	2	+
1970	Позднее	+	30.май	31.май	1	+
1971	Позднее	-	06.июн	07.июл	31	-
1972	Позднее	+	03.июн	03.июн	0	+
1973	Раннее	+	16.май	15.май	1	+
1974	Позднее	+	28.май	29.май	1	+
1975	Раннее	+	08.май	09.май	1	+
1976	Раннее	-	17.май	07.май	10	-
1977	Раннее	+	05.май	07.май	2	+
1978	Позднее	-	28.май	13.июн	16	-
1979	Раннее	+	11.май	12.май	1	+
1980	Раннее	+	11.май	13.май	2	+
1981	Позднее	+	23.май	24.май	1	+
1982	Раннее	+	04.май	29.апр	5	+
1983	Раннее	+	05.май	11.май	6	+
1984	Раннее	+	16.май	17.май	1	+
1985	Позднее	+	21.май	20.май	1	+
1986	Раннее	+	17.май	18.май	1	+
1987	Раннее	+	16.май	17.май	1	+
1988	Позднее	-	18.май	19.май	1	+

Из таблицы 4.3.1 видно, что оправдываемость прогноза класса явления составляет 82 %, в 28 случаях из 34 группа вскрытия была предсказана верно. Дата прогноза разрушения ледяного покрова реки Печоры у села Усть-Цильмы спрогнозирована верно в 85 % случаев – 29 из 34 лет. Погрешность прогноза в эти годы не выходила за пределы допустимой погрешности методики, составляющей 6 суток. Несмотря на то, что в 1988 году класс вскрытия предсказан был неверно, погрешность методики по уравнению раннего вскрытия составила всего 1 день и прогноз считается оправдавшимся.

5 Оценка погрешности методик долгосрочного прогнозирования

Как известно, качество гидрологических прогнозов определяется их точностью и заблаговременностью. Результаты прогнозов всегда содержат ошибки, они особенно высоки, когда метеорологические характеристики, входящие в прогностические уравнения, неизвестны за период заблаговременности или носят неявный характер. Определение и анализ погрешности методики – очень важный этап ее разработки и последующего оперативного использования. Результат такого анализа может определить направление по совершенствованию системы сбора и обработки гидрометеорологической информации.

В главе рассмотрены четыре современных метода оценки погрешности методик долгосрочного прогнозирования, подробное теоретическое описание которых приведено в п. 2.6. Четыре метода оценок погрешности рекомендованы к применению в различных случаях обеспеченности исходной гидрометеорологической информацией. Для некоторых из методов требуется достаточно продолжительный ряд наблюдений, поэтому на разработанных методиках в пунктах 3 и 4 не могут опробованы все методы оценки погрешности.

В качестве примера и попытки апробации современных методик было использовано прогностическое линейное регрессионное уравнение дат замерзания реки Печоры у села Усть-Цильмы, разработанное для ряда с 1955 по 1987 гг., длина которого составила 33 года. Предикторами служила сжатая с помощью метода главных компонент информация по аномалиям приземной температуры и давления воздуха Северного полушария. Заблаговременность прогноза более 20 суток. Исходная информация представлена в таблице 5.1. Даты выражены в количестве суток от 31 сентября для удобства вычислений.

Таблица 5.1 – Исходные данные для построения методики долгосрочного прогноза замерзания р.Печора-с.Усть-Цильма

Год	Даты замерзания	Давл авг.	Давл сент.		Темп. сент.
		1 компонента	1 компонента	2 компонента	1 компонента
1955	47	-1,323	-0,184	-1,387	0,658
1956	32	-1,623	0,186	-0,356	0,631
1957	48	3,351	2,992	0,603	-1,004
1958	53	3,608	2,016	0,749	1,573
1959	22	-1,778	-0,744	1,931	-0,272
1960	19	-0,101	-0,349	-0,509	0,428
1961	50	0,445	-1,017	-2,086	1,053
1962	52	2,251	2,276	-0,287	0,437
1963	39	0,588	-1,674	0,436	0,339
1964	44	0,204	0,1	0,236	1,011
1965	31	-1,309	1,775	0,246	-0,956
1966	32	1,16	-2,761	-0,843	1,078
1967	63	1,634	0,518	-0,924	0,438
1968	27	3,326	3,815	0,23	-1,157
1969	25	3,368	-2,935	0,705	-0,386
1970	44	0,519	1,128	-0,478	-0,447
1971	25	-1,301	-0,297	1,672	-0,359
1972	34	2,697	0,798	3,532	0,502
1973	23	-0,095	-1,565	-0,133	-0,961
1974	35	-1,362	0,249	-1,456	-1,229
1975	32	-2,628	0,534	-1,126	-0,22
1976	25	-0,622	-1,037	1,055	1,877
1977	24	-2,101	-2,483	-0,054	-0,487
1978	34	-0,08	-2,041	-0,09	-0,378
1979	29	-1,548	-1,645	0,242	0,14
1980	43	0,604	0,863	-0,165	-0,788
1981	60	0,88	1,181	-1,771	-0,728
1982	19	-0,649	0,579	-1,173	0,182
1983	46	-2,331	2,996	-0,362	0,313
1984	18	-2,414	-2,587	-0,645	-0,566
1985	31	-1,745	-0,063	1,258	0,892
1986	47	0,464	-0,281	0,911	-0,665
1987	41	-1,68	1,35	-0,723	-0,948

Уравнение для прогноза установления ледостава имеет следующий вид и показатели эффективности:

$$D_{\text{лост}} = 2,23P_{\text{авг}}^1 + 2,89P_{\text{сент}}^1 - 4,02P_{\text{сент}}^2 + 3,16T_{\text{сент}} + 35,192$$

$$S/B = 0,79$$

Данная методика считается применимой для целей прогнозирования, так как при длине ряда более 25 лет отношение S/B должно быть меньше или равно 0,80. В нашем случае – 0,79.

Рассмотрим каждый из методов оценки погрешности методик долгосрочного прогнозирования по отдельности.

Метод 1

За независимый период, с помощью которого была выполнена оценка погрешности, приняты последние 5 лет исходного ряда наблюдений. В этом случае коэффициенты прогностического уравнения равны $a_0=35,10$, $a_1=2,44$, $a_2=2,52$, $a_3=-4,58$, $a_4=3,62$. Поверочный прогноз представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – поверочный прогноз на независимом материале

Год	$D_{\text{лост}}$	$P_{\text{авг}}^1$	$P_{\text{сент}}^1$	$P_{\text{сент}}^2$	$T_{\text{сент}}$	$\hat{D}_{\text{лост}}$
1983	46	-2,331	2,996	-0,362	0,313	40
1984	18	-2,414	-2,587	-0,645	-0,566	24
1985	31	-1,745	-0,063	1,258	0,892	28
1986	47	0,464	-0,281	0,911	-0,665	29
1987	41	-1,68	1,35	-0,723	-0,948	34

В таблице 5.3 приведены оценки погрешности и среднеквадратические погрешности оценок, рассчитанные по формулам (2.6.2) – (2.6.3) в п. 2.6, а также относительная погрешность вычислений.

Таблица 5.3 – Результаты расчета оценки погрешности по методу 1

C	90
$\sqrt{C}$	9
$\sigma(C)$	57
$\sigma(\sqrt{C})$	3
$\%(C)$	63
$\%(\sqrt{C})$	32

Метод 2

Моделируя ситуацию отсутствия независимого материала, исходный ряд разбивался на 5 временных промежутков по 6-7 лет, исключая которые, были построены прогностические уравнения. Коэффициенты полученных уравнений приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты последовательного исключения временных промежутков при использовании метода 2

Годы	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	C
1955-1960	36,47	2,10	2,87	-4,23	3,71	74
1961-1966	35,46	1,98	3,06	-3,77	2,46	29
1967-1973	37,23	3,26	3,04	-3,17	0,39	201
1974-1980	35,89	1,94	3,18	-3,83	4,72	31
1981-1987	35,40	2,06	2,53	-4,41	4,45	151

Усредненные полученные значения C , ее оценки и относительные погрешности приведены в таблице 5.5

Таблица 5.5 – Результаты расчета оценки погрешности по методу 2

C	97
$\sqrt{C}$	10
$\sigma(C)$	52
$\sigma(\sqrt{C})$	3
$\%(C)$	53
$\%(\sqrt{C})$	27

Метод 3

Выбрасывая поочередно один год из рассматриваемого периода, строились прогностические уравнения, коэффициенты которых приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Результаты последовательного исключения лет при использовании метода 3

Год	$D_{\text{дст}}$	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	$\hat{D}_{\text{дст}}$
1955	47	35,74	2,26	2,91	-3,82	2,95	39
1956	32	36,11	2,10	2,99	-4,08	3,42	37
1957	48	35,90	2,13	2,90	-4,08	3,33	46
1958	53	35,91	2,14	2,91	-4,07	3,12	51
1959	22	35,93	2,21	2,94	-4,12	3,26	21
1960	19	36,57	2,20	2,89	-4,33	3,66	39
1961	50	35,81	2,12	2,99	-3,76	2,97	45
1962	52	35,90	2,15	2,89	-4,03	3,18	50
1963	39	35,71	2,11	3,10	-4,12	3,19	31
1964	44	35,80	2,19	2,91	-4,08	2,98	39
1965	31	36,07	2,12	3,01	-4,00	3,10	35
1966	32	36,17	2,33	2,72	-4,26	3,50	39
1967	63	35,42	1,86	2,90	-3,52	2,83	44
1968	27	36,87	2,94	3,83	-4,06	1,74	58
1969	25	36,23	2,56	2,53	-4,01	2,88	33
1970	44	35,86	2,17	2,91	-4,02	3,29	41
1971	25	35,94	2,20	2,94	-4,10	3,26	24
1972	34	35,84	2,14	2,92	-4,37	3,19	30

Продолжение таблицы 5.6

Год	$D_{\text{дст}}$	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	$\hat{D}_{\text{дст}}$
1973	23	36,16	2,23	2,79	-4,07	2,90	29
1974	35	35,98	2,18	2,94	-4,08	3,20	36
1975	32	36,09	2,08	2,99	-4,13	3,24	36
1976	25	36,30	2,06	2,92	-3,80	4,16	36
1977	24	35,92	2,20	2,97	-4,07	3,28	23
1978	34	35,79	2,15	3,08	-4,05	3,39	28
1979	29	35,90	2,21	2,96	-4,08	3,24	27
1980	43	35,80	2,15	2,91	-4,04	3,43	38
1981	60	35,49	1,97	2,84	-3,34	3,69	44
1982	19	36,63	2,11	2,98	-4,67	3,54	41
1983	46	35,81	2,36	2,71	-4,06	3,06	41
1984	18	36,18	2,09	2,76	-4,11	3,02	25
1985	31	35,92	2,22	2,92	-4,11	3,17	30
1986	47	35,40	2,11	3,08	-4,49	3,92	29
1987	41	35,80	2,28	2,85	-4,01	3,43	35

Оценка погрешности методики долгосрочного прогноза, среднеквадратические погрешности (корни из дисперсий) и относительная погрешность оценок представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Результаты расчета оценки погрешности по методу 3

C	107
$\sqrt{C}$	10
$\sigma(C)$	30
$\sigma(\sqrt{C})$	1
$\%(C)$	28
$\%(\sqrt{C})$	14

Метод 4

Наиболее простой метод оценки погрешности, основанный на расчете средней квадратичной погрешности. Результаты расчета погрешности методики долгосрочного прогноза представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Результаты расчета оценки погрешности по методу 4

S^2	91,9
C	109
$\sqrt{C}$	10
$\sigma(C)$	30
$\sigma(\sqrt{C})$	1
$\%(C)$	27
$\%(\sqrt{C})$	14

Значения $\sqrt{C}$, характеризующие погрешность методики, и их относительные погрешности по всем четырем рассмотренным методам представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Результаты расчета оценки погрешности по четырем методам

	$\sqrt{C}$	Погрешность, %
Метод 1	9	32
Метод 2	10	27
Метод 3	10	14
Метод 4	10	14

Для методики прогнозирования замерзания реки Печоры у села Усть-Цильмыпо четырем методам были получены близкие результаты оценки ее погрешности.

Заключение

В результате произведенных исследований, получены две прогностические дискретно-непрерывные модели для прогноза дат замерзания и вскрытия реки Печоры у села Усть-Цильмы.

В качестве предикторов дискретной части модели прогноза дат замерзания использованы температура воздуха и индексы атмосферной циркуляции Г.Я.Вангенгейма. Основой непрерывной составляющей модели являются характеристики крупномасштабных атмосферных процессов. Оправдываемость прогноза класса явления составляет 74 %. Погрешность прогноза укладывается в допустимое значение 6 суток для позднего замерзания и 3 суток для раннего в 68 % случаев. При правильно предсказанном классе установления ледяного покрова реки оправдываемость прогноза составила бы 80%. Следовательно, процедура дискретизации в первую очередь нуждается в доработке и возможном добавлении ранее не принятых во внимание факторов, оказывающих влияние на процессы ледообразования на реке.

Класс модели прогноза вскрытия реки определяется датами начала весеннего половодья, максимальной толщиной льда, весенним переходом температуры воздуха через 0°C и уровнями воды в реке на момент начала половодья. Уравнения регрессии непрерывной части модели включают информацию об аномалиях температуры и давления воздуха в Северном полушарии, а также индексы атмосферной циркуляции Г.Я.Вангенгейма. Оправдываемость прогноза класса явления составляет 80 %. Дата прогноза разрушения ледяного покрова реки спрогнозирована верно в 83 % случаев. Погрешность прогноза в эти годы не выходила за пределы допустимой погрешности методики, составляющей 6 суток.

Показана целесообразность применения дискретно-непрерывных моделей над обычными линейными регрессионными уравнениями, построенным по

всему ряду наблюдений. Показатель эффективности S/B прогностических зависимостей в результате деления на классы улучшается с 0,79 до 0,71 для замерзания и с 0,75 до 0,45 для вскрытия реки.

Дальнейшее развитие предлагаемых методов прогноза может идти по пути привлечения других интегральных характеристик циркуляции атмосферы и более совершенных приемов отбора наиболее информативных предикторов.

Выполнена апробация четырех современных методов оценок погрешности методик долгосрочного прогнозирования на примере прогностического линейного регрессионного уравнения дат замерзания реки Печоры у села Усть-Цильмы, разработанное для ряда с 1955 по 1987 гг. Предикторами служила сжатая с помощью метода главных компонент информация по аномалиям приземной температуры и давления воздуха Северного полушария. Искусственно смоделированные ситуации наличия и отсутствия исходной информации дали близкие результаты оценки погрешности проверяемой методики.

Список использованной литературы

1. Справочнике по водным ресурсам СССР. Том 2. Северный край. [текст]– Л.: Гидрометеиздат, 1934.– 666с.
2. Георгиевский Ю.М. Гидрологические прогнозы[текст] / Ю.М. Георгиевский, С.В. Шаночкин. – СПб.: изд – во РГГМУ, 2007. – 436 с.
3. Сикан А. В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации [текст] / А. В. Сикан. – СПб.: изд – во РГГМУ, 2007. – 279 с.
4. Вангенгейм Г.Я. Материалы для построения синоптических методов характеристики климата[текст] / Г.Я. Вангенгейм – Известия Глав. Геофиз. Обсерв. – 1933. – №2-3 – С. 3-16.
5. Дубров, А.М. Обработка статистических данных методом главным компонент [Текст] / А.М. Дубров. – М.: Статистика, 1978. – 131с.
6. Румянцев, В.А. О выборе прогностически информативных предикторов [Текст] / В.А. Румянцев, С.А. Русин / Тр. ГГИ. – 1979. – Вып. 259. – С. 39 – 47.
7. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ[текст] / пер. с англ. Ю.П. Адлера и В.Г. Горского. – Издание второе. – М.: «Финансы и статистика». – 1986.
8. Дубров, А.М. Обработка статистических данных методом главным компонент [Текст] / А.М. Дубров. – М.: Статистика, 1978. – 131с.
9. Наставление по службе прогнозов. Раздел 3, часть 1. Прогнозы режима вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 198с.
10. Борщ С.В. Гидрометеорологическое прогнозы [текст] / С.В. Борщ, А.В. Христофоров /Труды Гидрометцентра России– М – 2015. – Специальный вып. 355– 201 с.

11. Антонов В.С. Методы прогнозирования вскрытия устьевых участков рек моря Лаптевых[текст] / В.С. Антонов / Труды ААНИИ. – 1958. – Вып. 3. – С. 5-19
12. Антонов В.С. Методы предсказания сроков вскрытия низовьев и устьев рек Обского Севера[текст] / В.С. Антонов, З.С. Соловьева / Труды ААНИИ. – 1974. – Т. 308. – С. 97-122
13. Соловьева З.С. Роль жидкого стока в процессе вскрытия устьевых участков рек Обского Севера [текст] / З.С. Соловьева / Труды ААНИИ. – 1984. – Т. 394. – С. 89-96
14. Соловьева З.С. Связь сроков вскрытия рек Сибири с особенностями циркуляции атмосферы [текст] / З.С. Соловьева / Труды ААНИИ. – 1984. – Т. 394. – С. 89-96
15. Бурдыкина А.П. О прогнозе скорости распространения волны замерзания Енисея [текст] / А.П. Бурдыкина / Проблемы Арктики и Антарктики. – 1964. – Вып. 15. – С. 75-79
16. Налимов Ю.В. Влияние заторообразования на режим вскрытия ледяного покрова на приустьевом участке Енисея [текст] / Ю.В. Налимов / Труды ААНИИ. – 1972. – Т. 297. – С. 123-137
17. Усанкина Г.Е. Статистический анализ сроков замерзания низовьев и устьев крупных рек Сибири [текст] / Г.Е. Усанкина / Труды ААНИИ. – 1977. – Вып. 314. – С. 42-50
18. Иванов В.В. Выявление аномалий сроков замерзания и вскрытия низовьев и устьевых областей рек Сибири [текст] / В.В. Иванов, З.С. Соловьева, Г.Е. Усанкина / Труды ААНИИ. – 1984. – Т. 358. – С. 5-24
19. Ефремова Н.Д. Метод долгосрочного прогноза сроков вскрытия рек Лены и Енисея [текст] / Н.Д. Ефремова, Е.С. Каракаш / Тр. ЦИП. – 1977. – Вып. 186. – с. 78 – 87.

Приложение А

Гидрологические характеристики. р.Печора-с.Усть-Цильма

Таблица А1 –Гидрологические характеристики. р.Печора-с.Усть-Цильма

Год	Даты вскрытия	Даты начала половодья	Уровни на начло половодья	Даты перехода температуры воздуха через 0°C	Максимальная толщина льда	Максимальный снегозапас
1955	04.май	22.апр	127	12.апр	74	175
1956	22.май	05.май	36	03.май	73	155
1957	07.май	27.апр	23	20.апр	69	239
1958	24.май	03.май	178	26.апр	68	257
1959	12.май	01.май	22	27.апр	78	192
1960	10.май	24.апр	75	08.апр	78	259
1961	26.май	15.май	76	08.май	62	238
1962	05.май	10.апр	176	04.апр	60	242
1963	03.май	28.апр	164	14.апр	65	141
1964	25.май	09.май	58	10.май	69	137
1965	27.май	01.май	103	14.апр	78	174
1966	24.май	29.апр	167	16.май	90	328
1967	02.май	17.апр	103	28.мар	84	187
1968	15.май	03.май	76	01.май	68	164
1969	04.июн	11.май	90	12.май	80	185
1970	30.май	08.май	100	17.май	85	128
1971	06.июн	18.май	101	11.май	72	224
1972	03.июн	13.май	100	20.май	77	254
1973	16.май	26.апр	96	04.апр	73	230
1974	28.май	08.май	104	03.май	90	246
1975	08.май	13.апр	90	09.апр	73	196
1976	17.май	28.апр	101	13.апр	70	214
1977	05.май	22.апр	82	16.апр	71	178
1978	28.май	11.май	126	24.май	84	226
1979	11.май	03.май	76	28.апр	98	184
1980	11.май	22.апр	70	18.апр	72	182
1981	23.май	04.май	66	29.апр	73	270
1982	04.май	22.апр	89	08.апр	67	196
1983	05.май	13.апр	87	19.апр	67	237
1984	16.май	07.май	138	03.май	66	241
1985	21.май	06.май	112	26.апр	88	164
1986	17.май	29.апр	93	14.май	97	260
1987	16.май	04.май	83	22.апр	99	185
1988	18.май	08.май	97	05.май	78	170

1989	13.май	03.май	102	15.апр	89	296
1990	02.май	21.апр	89	11.апр	86	260
1991	30.апр	14.апр	98	04.апр	67	238
1992	14.май	05.май	99	26.апр	76	200
1993	14.май	02.май	102	19.апр	62	252
1994	09.май	24.апр	116	03.апр	82	216
1995	20.апр	13.апр	132	25.мар	54	183
1996	17.май	05.май	104	28.апр	78	227
1997	07.май	28.апр	135	15.апр	84	184
1998	26.май	15.май	142	18.май	91	213
1999	03.июн	29.апр	140	25.май	79	204
2000	29.апр	21.апр	75	07.апр	68	257
2001	02.май	19.апр	122	16.апр	76	192
2002	05.май	29.апр	162	11.апр	83	230
2003	17.май	01.май	127	30.апр	78	228
2004	22.май	06.май	96	28.апр	74	249
2005	14.май	03.май	95	08.май	70	204
2006	13.май	04.май	110	30.апр	64	174
2007	11.май	22.апр	130	13.апр	65	278
2008	23.май	11.май	193	10.май	60	230
2009	17.май	10.май	98	06.май	65	205
2010	04.май	17.апр	99	30.мар	70	229

ПриложениеБ

Индексы атмосферной циркуляции Г.Я. Вангенгейма

Таблица Б1 – Индексы Г.Я. Вангенгейма

Год	Тип циркуляции	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1955	e	7	23	16	22	6	4	18	22	18	7	7	16
	w	24	1	3	5	21	14			6	24	6	5
	c		4	12	3	4	12	13	9	6		17	10
1956	e	15	23	17	18	7	15		5	5	7	7	10
	w	11		7	5	10	11	7	26	11	13	6	15
	c	5	6	7	7	14	4	24		14	11	17	6
1957	e	14	15	15	16	18	7	21	20	16		6	2
	w	12	13	9		3	9	4		3	24	9	17
	c	5		7	14	10	14	6	11	11	7	15	12
1958	e	19	15	25	20	14	15	13	11	5	17	13	17
	w	6	11			15		8	9	6		7	6
	c	6	12	6	10	2	15	10	11	19	14	10	8
1959	e	13		13	19	17	11	21	11		4	24	28
	w	14	16	18	5		3	5	4	15	3		3
	c	4	12		6	14	16	5	16	15	24	6	
1960	e	24	16	20	21	23	4	25	20	16	13	23	16
	w		4			2	14	6	6	7	10	7	15
	c	7	9	11	9	6	12		5	7	8		
1961	e	19	9		8	20	15	21	9	9	16	13	6
	w	2	14	31	9	4	15	10	19	8	13	11	11
	c	10	5		13	7			3	13	2	6	14
1962	e	3	8	16	17	21		17	10	12	9	25	2
	w	20	5	2		5	21	3	19	12	13	4	18
	c	8	15	13	13	5	9	11	2	6	9	1	11
1963	e	6	19	4	25	28	5	16	23	17	7	7	9
	w			7			8	5	8	6	19	15	8
	c	25	9	20	5	3	17	10		7	5	6	14
1964	e		19	21	13	14	17	18	9	4	16	2	12
	w	15	1	2	7	6	11	4	7	17	4	12	14
	c	16	9	8	10	11	2	9	15	9	11	16	5
1965	e	14	5	16	22	4	14	8	16	17	4	10	16
	w	10	2	4		4	12	7	5	3	9	8	11
	c	7	21	11	8	23	4	16	10		18	12	4
1966	e	20	15	9	18	22	19	20	13	4	13	28	31
	w	3	5	13	3	4	5	11	10	10	8	2	
	c	8	8	9	9	5	6		8	16	10		
1967	e	15	14	18	25	21	9	23	28	23	9	20	6
	w	8	3	13		2	7	1			19	3	7
	c	8	11		5	8	14	7	3	7	3	7	18
1968	e	12	18	13	13	13	27	4	22	15	4	19	18
	w	8	3	13	5	6		10		4	15	1	
	c	11	8	5	12	12	3	17	9	11	12	10	13
1969	e	28	21	19	20	13	12	14	24	15	7	15	21
	w	3	7	8	3	6	5	6		5	6	13	
	c			4	7	12	13	11	7	10	18	2	10
1970	e	22	13	21	15	19	18	22	16	16	18	9	17
	w		10	10	13	3		7	7	4	6	15	5
	c	9	5		2	9	12	2	8	10	7	6	9

продолжение таблицы Б1

Год	Тип циркуляции	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1971	e	16	18	24	15	18	23	22	19	13	5	12	8
	w	5		4	5	1			7	9	13	14	12
	c	10	10	3	10	12	7	9	5	8	13	4	11
1972	e	25	25	17	18	23	30	26	29	15	21	3	15
	w		4	8	4	5		3			3	21	9
	c	6		6	8	3		2	2	15	7	6	7
1973	e	16	16	10	21	22	19	16	14	14	3	3	12
	w	3	9	9	6	3	2	7	4	7	17	16	11
	c	12	3	12	3	6	9	8	13	9	11	11	8
1974	e	21	20	19	7	17	22	26	21	21	26	22	21
	w	7	8	4		9	8	5	6	6	2	8	8
	c	3		8	23	5			4	3	3		2
1975	e	11	9	13	17	23	20	19	18	25	19	24	5
	w	20	2	10	5		4	6	2	3	5	3	15
	c		17	8	8	8	6	6	11	2	7	3	11
1976	e	7	22	27	14	26	10	22	17	20	27	23	30
	w	12		2	9	3	4			2		4	1
	c	12	7	2	7	2	16	9	14	8	4	3	
1977	e	29	20	15	25	17	20	25	19	12	11	11	11
	w		4	8	5	3	2	2	3	8	13	13	11
	c	2	4	8		11	8	4	9	10	7	6	9
1978	e	18	19	20	17	27	16	17	19	15	8	4	10
	w	9	5	6	3		3	9	6	12	12	24	9
	c	4	4	5	10	4	11	5	6	3	11	2	12
1979	e	25	17	20	21	20	14	19	22	12	12	22	18
	w	4	6	11	2	11	7	9	9	16	7	5	7
	c	2	5		7		9	3		2	12	3	6
1980	e	19	27	26	26	13	29	13	14	17	21	6	4
	w	4		2			1	11	10	4	8	17	20
	c	8	2	3	4	18		7	7	9	2	7	7
1981	e	21	23	17	15	31	26	31	26	12	22	16	19
	w	5	3	11	2		4		4	6	9	8	12
	c	5	2	3	13				1	12		6	
1982	e	6	14	18	12	20	8	21	22	13	16	14	8
	w	15	5	10	10	2	12	1	4	13	8	11	14
	c	10	9	3	8	9	10	9	5	4	7	5	9
1983	e	12	6	13	22	31	11	20	6	19	5		9
	w	15	1	11	8		7	6	14	3	22	21	18
	c	4	21	7			12	5	11	8	4	9	4
1984	e	18	29	23	20	24	21	17	13	7	11	24	26
	w	10				3		8	2	23	20	6	3
	c	3		8	10	4	9	6	16				2
1985	e	12	23	26	11	20	17	14	22	11	14	22	6
	w	7	2	5	15	5	9	12	9	8	4	4	19
	c	12	3		4	6	4	5		11	13	4	6
1986	e	15	18	23	19	23	21	15	16	6	5	17	11
	w	13		7	4	8		10	12	19	26	8	12
	c	3	10	1	7		9	6	3	5		5	8
1987	e	7	6	26	14	18	20	13	13	19	27	19	2
	w	9	9	5	5	4	10	12	15	6		3	12
	c	15	13		11	9		6	3	5	4	9	17
1988	e	21	17	25	9	21	17	31	14	9	12		5
	w	10	12	6	16	4	3		12	21	8	13	20
	c			5	5	6	10		5		11	17	6
1989	e	3	5	19	28	13	24	13	16	17	10	14	10
	w	27	20	6		12			11	6	16	2	12
	c	1	3	6	2	6	6	18	4	7	5	14	9

продолжение таблицы Б1

Год	Тип циркуляции	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1990	e	13	11	3	16	6	16	19	22	10	15	11	16
	w	12	17	22	10	7	3	3	7	14	8	5	14
	c	6		6	4	18	11	9	2	6	8	14	1
1991	e		10	9	10	4	12	4	18	9	16	15	
	w	15	12	18	8	11	14	10	12	11	9	14	13
	c	16	6	4	12	16	4	17	1	10	6	1	18
1992	e			23	13	13	10	19	17	20		16	11
	w	11	22	8	14	10	14	4	7	3	18	8	10
	c	20	7		3	8	6	8	7	7	13	6	10
1993	e	6	4	11	14	17	6	15	11	12	9	28	12
	w	21	16	14	6	3	6	14	10	7	13	2	19
	c	4	8	6	10	11	18	2	10	11	9		
1994	e	9	12	9	22	5	4	25	19	20	12	9	15
	w	22		22	5	12	18		1	10	13	15	9
	c		16		3	14	8	6	11		6	6	7
1995	e	10	4	14	12	19	16	9	5	15	4		12
	w	15	24	12	11	7	5	13	8	7	21	12	5
	c	6		5	7	5	9	9	18	8	6	18	14
1996	e	19	17	23	13	19	7	13	25	6	9	19	6
	w		3		8	7	7	9	4	2	18	11	9
	c	12	9	8	9	5	16	9	2	22	4		16
1997	e		4	3		8	23	14	21	8	1	17	7
	w	10	19	14	13	8	7	8	3	12	23	9	15
	c	21	5	14	7	15		9	7	10	7	4	9
1998	e	6		18	16	9	16	17	5	17	2	13	8
	w	16	20	8	11	9	10	8	14	3	23	8	13
	c	9	8	5	3	13	4	6	12	10	6	9	10
1999	e	14	6	16	14	13	24	10	13	20	10	18	6
	w	12	15	15	9	7	6	10	14	10	12	7	23
	c	5	7		7	11		11	4		9	5	2
2000	e	3	0	0	16	10	12	21	6	16	21	25	3
	w	20	22	19	10	12	5	10	19	3	10	5	20
	c	8	7	12	4	9	13	0	6	11	0	0	8
2001	e	11	9	8	14	4	15	29	21	17	18	8	13
	w	6	10	14	6	10	7	2	10	3	13	13	9
	c	14	9	9	10	17	8	0	0	10	0	9	9
2002	e	0	0	11	24	14	10	18	21	6	8	14	16
	w	21	22	17	6	5	17	8	2	9	17	13	6
	c	10	6	3	0	12	3	5	8	15	6	3	9
2003	e	3	11	7	20	16	6	26	9	13	0	11	2
	w	14	6	15	6	11	13	0	4	16	20	19	27
	c	14	11	9	4	4	11	5	18	1	11	0	2
2004	e	17	13	16	22	8	5	16	15	8	16	3	8
	w	5	2	5	3	10	17	15	6	16	15	20	18
	c	9	14	10	5	12	8	0	10	6	0	7	5
2005	e	9	16	6	10	20	6	14	14	12	13	13	11
	w	17	2	5	10	7	9	15	16	15	14	14	10
	c	5	10	20	10	4	15	2	1	3	4	3	10
2006	e	22	17	14	13	13	13	16	18	7	11	6	3
	w	7	0	4	14	7	7	3	10	14	16	20	21
	c	2	11	13	3	11	10	12	3	9	4	4	7
2007	e	0	22	16	8	14	10	7	22	11	14	8	0
	w	20	0	12	5	12	13	14	4	17	12	5	24
	c	11	6	3	17	5	7	10	5	2	5	17	7

продолжение таблицы Б1

Год	Тип циркуляции	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2008	е	11	3	8	17	11	6	8	7	14	10	6	21
	w	18	20	16	9	9	20	15	17	11	21	16	7
	с	2	6	7	7	11	4	8	7	5	0	8	3
2009	е	12	12	10	17	15	9	17	8	5	4	16	17
	w	16	10	15	3	7	9	7	20	19	15	13	4
	с	3	6	6	10	9	12	7	3	6	12	1	10
2010	е	23	14	3	13	14	9	24	12	11	14	13	13
	w	0	8	16	12	9	3	5	15	9	9	13	9
	с	8	6	12	5	8	18	2	4	10	8	4	9

Приложение В

Приземные аномалии давления и температуры воздуха Северного полушария

Таблица В1 – Приземные аномалии давления воздуха. Январь

Год	№ Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1955	-7.7	-14.3	-6.3	-7	4	3	5.2	-2	-2	1.7
1956	5.4	3.3	1.5	4	-4	-5.1	11.5	4	2	10.5
1957	3.8	9.7	20.6	3.5	13.8	2	-1	4.2	1.7	-3.7
1958	4.4	-15.5	-13.9	-7.4	-5.8	-2	3.3	-4	0.9	0.6
1959	11.5	8.1	1.7	11.8	0.8	-1	6.4	0.1	0.4	-3
1960	3.5	-3.1	0.8	0.2	3.5	-1.7	-0.9	0.5	0.9	0.8
1961	2.5	-7.7	-6.9	0.1	0.9	1	4.3	2	5.9	2.3
1962	0.2	5.9	8.6	3	9.2	6	0.1	3	6.9	-2.3
1963	6.8	6.6	10.8	6.4	15	7	4.7	6	2.8	-2.8
1964	-7.5	-12.5	-7.1	-10.2	-6.4	-2.2	0.9	-8	-3.2	-2.8
1965	4.2	-2.2	-4.3	2.9	-2	-2.2	2.3	0.1	-4	-1.9
1966	1.7	1.9	-1.3	6.4	2	-3	10.6	5.6	-0.7	12.2
1967	-2	-4.4	-1.1	-5.9	-3.3	-1.1	-3.8	-2.2	0.2	0.2
1968	-0.3	5.3	9.4	1	0.1	1	5.4	2	0.1	7
1969	5.8	11.6	11.9	8.7	0.5	-8.4	9.5	6	-7	6.6
1970	11.7	1.6	1.4	5.5	0.8	-4	5.5	1.8	-1.7	-0.4
1971	5.9	8.7	6.7	6.4	1.7	0.1	4.3	0.2	-3.8	-4
1972	2.1	3.6	7.3	-1.4	4.9	2	-4.9	-4	-4.5	-5.1
1973	-8.7	-2.6	0.8	-8	-3.3	-1.7	-6.6	-3	-0.2	-1.6
1974	6.1	7.3	7.9	-2.3	2.9	-0.8	-2.3	-1.1	-0.4	-0.9
1975	-1.7	-2.2	0.2	-3	3.3	1.8	-4.1	4	-4	-0.9
1976	-1.7	-5	-6.8	-3.7	-0.8	4.9	-1.9	-2	5.3	-2.8
1977	2	-3	-4.6	0.5	10.7	1.8	1.8	1.3	-2.1	-5.9
1978	-1.1	-1	0.5	0.6	4.5	-5.2	6.7	8.8	6.5	7
1979	-5.1	-2.1	-2	-0.8	8.5	0.1	3.7	3.3	0.1	0.1
1980	4.6	4.3	6.1	3.6	5.5	-3.6	11.9	0.8	-2	3.3
1981	-14.1	-15	-17	-14	-2	-4	-4	2	1	0.5
1982	4	6.4	0	6	4	0	2	4	0	1
1983	0.5	-5	-12	-2	-10	-5	0	-2.3	0	-1
1984	-1.8	-2	-2.1	-2	5	5.6	0	-0.9	8	-4
1985	-2.5	-6	-4	-2	10	4	2	2.5	3	0
1986	-3	-12	-14	-4	-4	-3.8	-4	-3.8	4	-1
1987	-11	-12.1	-12	12.8	-2	-1.4	-9	-7.3	-3.2	-6.8
1988	-5	-3.5	-4	-2	1	1	2	1.7	2	-1.6

продолжение таблицы В1

Год	№ Станции									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1955	10.5	0.9	-2.4	8	-5.4	16.2	0.1	2.4	8.9	6.8
1956	3	7.3	1.3	14.7	-7.2	9	2.3	9.3	3.7	8
1957	-7	1.4	3.8	-5.6	2.8	-9.8	-0.5	-11	-11.3	4.8
1958	4	1.4	-1.9	4	-8.1	8.7	3	8.4	2.3	2.5
1959	5.4	-2.5	-0.2	-0.3	-3.4	11.1	-5	23.1	18.3	18.7
1960	3	0.6	-0.4	5.8	-2.3	11.3	-6	11.9	11.3	11.1
1961	0.8	1.1	1	1.6	-2.3	1.9	-6	1.7	3.6	-0.4
1962	-7.2	-2.5	1.1	-9.1	2.9	-8.5	-1	-5.1	4.1	-9.8
1963	-0.9	-0.3	1.8	1.2	-0.9	9.3	4	28.1	17.8	18.6
1964	-6.3	-6.4	3.9	-2	-3.3	-3.1	-6	4.1	1.7	5.2
1965	-0.4	-1.3	1.1	-0.8	-1.8	1.2	4	6.2	4.5	0.2
1966	12.2	4.7	3.7	13.8	-2.8	17.4	4	19.1	16.7	11.2
1967	3.5	-0.4	-2.9	3.2	-0.5	6.4	1	17.1	14.4	13.8
1968	9.2	8	5.1	4.7	4.7	5.5	-2	9.8	8.4	4.7
1969	13.2	-0.7	0.5	11	0.9	16.6	4	24.2	21.2	11.4
1970	5.5	-0.7	-0.4	2.2	-3.8	7	-8	8.8	8.7	1.5
1971	5.9	-4.3	-2.2	0.7	-3.6	6.5	-8.4	9.3	7.3	0.6
1972	-5.4	-5.9	-3	-3.5	0.9	-9.2	0.1	-8.6	-3.3	-1.9
1973	-6.1	-3.1	-0.8	-6.6	-1.7	-9	-5.4	4.8	-1.9	0.8
1974	-6.6	2.3	1	-5	3.5	-8.2	0.1	-13	-11.2	-17.4
1975	-2.2	-2.4	-2.8	0.7	0.2	0.4	2.8	0.4	-1.1	-16.4
1976	-2.5	-2	0.6	3	0.5	-2.6	1.4	0	-1.5	-0.3
1977	1.8	-5.9	-1.4	2.5	-8.7	9.4	-8	21.6	17	11.6
1978	-2	2	1.7	0.2	0.2	-1.8	5	0.2	3.5	-1.3
1979	4.6	0.2	0.2	1.8	-3.9	8.1	1	17.1	14.8	14.1
1980	0.1	-1.4	-2	0.9	-1.2	4.1	-3.6	12.5	11.7	13.2
1981	-2	-3	1	4.6	-3.8	-2	-3	4	-1	5
1982	0.5	-4	-1	-5.6	-1	0	8	8	4.4	7
1983	-2.1	3.5	-0.3	2.5	1	-6	4.4	-12.5	-17.5	-14
1984	-4.9	0.8	2.2	-2	3.3	4	8	-12.1	-11	-10.1
1985	2	-5	-0.8	-8	-8	2	-16	12	12	15.5
1986	-6.5	-1.8	0.5	-7.5	-2	-11.2	0	-5	-1.8	-5.7
1987	-8.8	-5.2	-3	4.2	-5.3	-7	-3.8	-1.7	0.3	14.3
1988	-3.2	-1.2	2.5	-4	5	-5.8	4	-3.9	4	-3

продолжение таблицы В1

Год	№ Станции									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1955	-13.4	-13	6.4	1.5	-12.1	-10	-3.3	-1.3	-5	-4.6
1956	-3.3	-2.1	2.1	-1.8	-4.7	-4.6	-5.4	2.6	-2	-3.6
1957	0.9	4.2	-8.1	-1.2	4.2	2	2.4	-6.4	-4	5
1958	-3.1	-2.7	0.5	-3	-4.5	-3.3	-5.5	-2.4	-2	-3.5
1959	-5.6	-5.1	12.3	6.5	-3.8	-2.6	-8.2	9.8	1	-5
1960	4.5	-5.4	12	8.5	-3	-2.2	2.6	10.9	9	-3.4
1961	-6.1	4.6	6	2.3	-4.8	1.7	1.5	6.8	6	1.5
1962	4.3	5.1	-4	-10.4	-1.9	1	-10.8	-1.5	-6	-1.1
1963	-0.6	-14.1	19.4	26.6	0.6	-10	18	8.4	12	1.2
1964	1.8	-6.7	4.8	15.4	11	2.1	14.8	-3.2	4	13.3
1965	-1.8	-1.7	4.8	-3.8	-5.2	-2	-5.3	0.8	-1	-6.4
1966	-16.9	-11	14	8.2	-7.3	-4.2	6.6	13.9	12	-4.2
1967	-2.7	-2.7	16.3	8.9	0.7	1.9	3	10.9	8	-1
1968	5.9	3.3	2.8	1.4	3.1	-9.7	-4.3	58	-2.7	-5.8
1969	-8.7	-12.8	14	2.7	-8	-5.4	0.6	15.5	10	-1.2
1970	-17.2	-14	10.1	0.1	-13.7	-11.1	1	9.4	10.2	-6.1
1971	-16.3	-6.7	2.2	-5	-11.1	-3.3	-3.9	-0.1	-5	-1.9
1972	-8.7	2.8	4.1	3.3	-6.9	-3.2	9.5	1	15.2	0.7
1973	0.2	-1.9	0.6	7	4.1	2.5	8.8	-0.9	4.7	5.6
1974	-16	-1.3	-8	-13.2	-3.3	3.1	-4.5	-1.1	0.1	2.7
1975	-4.8	1	-5.4	-13.1	-1.1	3	-13	-9.3	-16	0.5
1976	8.2	4.1	-2.2	0	7.1	2.8	-4.7	-2.1	-8.2	-3.1
1977	-3	-4	13.6	2.6	-7.5	-5.8	-1.6	14.1	5	-3.9
1978	5.6	8.2	2.6	-1.7	-4.6	-0.4	-6.3	-1.1	-4.1	-4
1979	2.1	-2.6	11.4	6.8	-7.1	-9	1	11.6	7.8	-6.5
1980	-0.1	-3.4	11	8.2	-2.5	-3.1	6	10.1	9.9	-0.2
1981	16	10	-3.5	4	10.9	6	0	-5.2	-11	1.5
1982	-3	-3.7	8	5	2.2	0	4.8	5	2	2.5
1983	8	9	-18	-10	12	12	-8	-9.7	-17	5.8
1984	4.7	12	-11.9	-11.4	-3.2	6	-11	-7.5	-9.1	-4
1985	-5.4	-6.8	13	12.1	-2	-5	4	9.1	8	-4.3
1986	2.9	12	8.1	-5	-4.5	4	-5	3.2	1	-6.8
1987	3	-10	10	16	5.2	-3.5	12.5	4	13	0
1988	-9.5	4.5	4	-9	-9.2	0	-11	-4	-3	-3.5

продолжение таблицы В1

Год	№ Станции									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1955	-5.2	-2	-7.1	-4	-1.3	0.3	-10	-15.3	-10.1	-4.9
1956	-1.5	-1.5	-4.4	0.3	-3.2	-2.5	6.1	4.1	-0.7	-0.7
1957	1.1	1.1	-4.1	-5.6	1.4	2.5	-8.1	-6.3	-6.4	-3.9
1958	-2.2	-4	-3.7	0.7	-4.4	-4.2	2	-0.1	0.6	-1
1959	-1.4	-1.4	-10.7	-3	-7.1	-4.7	9.3	0.1	-8.1	-2
1960	-2.7	-2.7	1	6.6	-3.6	-4.2	12	6.8	4.9	-0.8
1961	-0.7	0.1	3	6.1	2.1	1.5	7.7	4.9	3.4	0.5
1962	1.4	1.4	-8.7	-6.4	-3.3	0.8	-2	-7.9	-9.5	-8.8
1963	-4.6	-4	6.4	2.5	1.8	-2.1	7.2	-3.3	2.5	1.3
1964	9	9	1.9	-4.4	6.2	8.6	0.5	-10.3	-7.7	-11.4
1965	-4.7	-4	-1.8	2.1	-3.2	-2.1	0.1	1.9	4.2	5
1966	-6	-6.5	10.2	10.3	-5.7	-6.8	4	2.4	12.3	4.7
1967	1.7	0.1	0.6	1.5	-2.8	-1.8	2	-0.1	0.1	0.9
1968	-3.5	-6.2	-4.2	-0.5	-10.5	-10.1	6	4.3	-0.3	-5.9
1969	-2.3	-1.8	13.3	14.8	6.9	0.3	19	16.7	17.8	19.2
1970	-4	-3.6	5.2	5.8	-3.2	-1.9	3	1.4	3.8	2.3
1971	-3.3	-2	-3.3	-6.1	1.8	2.4	-3.7	-11.5	-8.3	3.6
1972	-4	0.1	19.2	14.7	11.8	6	1	7.4	16.8	8.3
1973	1.7	3.1	8.2	4.2	8.3	6	-5.4	-0.5	5.2	-1
1974	4.4	3.6	8	4.5	6.5	4.8	-4.6	5.6	8.5	9.2
1975	5.8	1.9	-8.8	-10.4	-1.5	2.3	-8.8	-10.3	-7.9	-7.9
1976	2.1	-1.7	-10.6	-10	-10	-6.3	0.5	-5.5	-12.2	-13.1
1977	-1.1	1.5	6.6	8.6	4.7	4.2	21.3	16.7	9.9	14
1978	-3.5	-1.5	-2	-4.8	0.3	0	-3.7	-8.5	-3.7	-0.2
1979	-3.8	-2.6	3.4	7.8	-4	-4.8	9.3	5.1	6.2	7.6
1980	-2	-1.2	3.3	6.5	-0.3	0	9.6	5.8	5	4
1981	0.9	-4	-7	-10	-3	-4	-8.5	-11	-8.8	-4
1982	3	3	-3.1	3	-1.5	1.5	4.2	-2.3	-6	-8
1983	11.7	7	-16	-17	-6.3	0	-6	-10	-15.8	-16
1984	1.8	1	-7.6	-7.4	-2.9	0	-4.7	-2.7	-4.2	3
1985	-5.7	-3	0.2	4.8	-3	-2.1	8.1	4	1.5	-6
1986	-2.5	-1.5	-6	0	-8.6	-4	-5.5	2.7	-1.5	-3
1987	-2	0	5.4	6.5	0	0	3	1	2	-3.1
1988	1	2	4	0.7	3.2	2	-6	-4.5	4	3.8

продолжение таблицы В1

Год	№ Станции									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1955	-0.6	0.5	0.3	-15	-6.7	1.6	1.2	3.1	-7.4	-0.2
1956	-3.3	-3.3	-2.1	7.7	6	2.9	0.2	8	6.5	3.8
1957	-0.9	0.9	-1.9	-8.2	-7.8	0.7	2.1	-3.3	-13.4	-9
1958	-2.7	-3.3	1.4	3.1	6.3	-0.5	-3	8.2	6.4	6.5
1959	-2.8	-3.2	3.3	4.1	0.1	1.7	-1	5.8	4	2.4
1960	-3.9	-2.5	-3.8	10.8	6.6	-4.6	0.1	1.7	13	7.3
1961	-0.2	0.2	1.1	5.9	3	1	1	3.7	5	-0.7
1962	-3	0.2	-2.9	-6.6	-10.8	-0.1	1	-0.9	-10	-7.5
1963	-3	-3.1	-1.6	-0.8	0.1	-2.5	-2	4	3.2	1.9
1964	-3.7	3	-7.8	-5.7	-12.8	-6.7	0.1	-10.6	-8	-6.4
1965	0.2	-1.7	3.1	-0.5	3	0.8	0.2	1.7	0.1	-2.7
1966	-1.9	-4	3.3	0.2	2.6	-1.5	-3	6.5	2	-0.9
1967	-2.6	-3	1.9	-1.4	-3.6	1.2	1	3.8	-40.2	-6.5
1968	-10.9	-10	-8.1	3.7	6.6	-10.3	-6	-0.9	4	7
1969	11	4	16.7	18.5	16	8.9	4	11.6	11.1	7.4
1970	0.5	-1.4	2.4	6	-1.7	2	2	-4.3	3.2	-0.9
1971	3.2	4.1	0.5	-9.1	-12.7	4.9	5.5	-6.1	-8	-8.2
1972	8.8	3.8	3.2	3.4	6.2	0.8	3	-0.2	4.9	2.6
1973	2.6	3.5	-3.5	-4.6	-7.4	-2.7	2.2	-6.6	-11.5	-9.8
1974	4.9	2	5.5	7.2	7	2.2	1.5	3	12.3	8.1
1975	-3.2	0.1	-5.3	-8.7	-8.3	-2.2	0.3	-6.4	-5	-3.8
1976	-10	4.2	-4	-0.2	-5.7	-5.5	-3.1	-6.6	1.2	2
1977	8.8	4.8	10.3	19.3	16.2	4.6	3	10.9	21	14.7
1978	-1	-1.2	1	-6.6	-6.5	-0.5	-1.1	-1.3	-1.5	-4.2
1979	0.9	0.6	7.8	6.4	2.6	4.4	1.6	4.6	4.9	2.3
1980	0.7	0.1	1.4	7.2	1.6	-0.7	-0.6	2	9.3	7.4
1981	-1.1	-4	1	-14	-4	-1	-2	4	-4	4
1982	2.7	0.3	-5.8	-4	-6.8	-3.2	-4	-4.2	-2	1
1983	-8	1	-10	4.4	-8.4	-6	-0.7	-7.8	-4	-2
1984	2	2	0	-2.7	2.3	4.3	2.1	4.9	4	6
1985	-1	0.1	-1.3	5.2	-2.4	0	0	-2.5	6	5.3
1986	3.7	-2	-2	3.9	-0.5	-1.8	1.7	-2	4	2.9
1987	-2.5	-1	-4.7	3	-4.7	-3	0	-6	0	-1.5
1988	2	2	-1	-10.2	-2	-1.4	0	-3.5	-9.2	-5

продолжение таблицы В1

Год	№ Станции									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1955	5.4	3.1	-0.6	-4.6	-1.9	-2.1	1.5	-5.3	-2	0.1
1956	6	0.2	-5.3	4.7	-1.3	-6.2	-5.9	4.8	-2.9	-4
1957	-0.8	-2.7	-2.9	-13.6	-8.1	-1.5	-0.7	-10.2	-7.8	0.1
1958	9.4	4.3	2.9	5.7	4.3	0.3	0.5	7.4	4.3	0.8
1959	4.2	3.4	-0.4	0.8	-1.3	-3.6	-0.9	5.3	-11.4	0.1
1960	0.4	1.7	4.2	9.3	6.3	1.6	1.3	12.2	4.7	-1
1961	2.8	1	-1.7	4.4	1.3	-0.1	1.6	8.9	2	0.1
1962	3.8	3.9	2.5	-7	-4.7	-1.1	-2.6	-5.9	-10.9	-3.2
1963	7.3	8.7	3	4.8	2.1	-5.7	-9.2	7.3	-5.8	-2.4
1964	-5.7	-1.6	2.7	-4	-2.7	3.6	3.8	-2.9	-6.5	2.9
1965	-1.6	-0.9	-0.9	0.7	-3.4	0.7	-2	4.4	-7.5	1.7
1966	0.4	-0.5	-4.9	0.4	-2.4	-3.7	-2.4	3.1	-2.2	-5.1
1967	6.4	5.2	2	-9.7	-6.6	-2.5	0.1	-9.6	-7	-4.6
1968	0.2	1.5	0.4	3.7	4.2	-3.6	-4.9	1	2	-5
1969	5.5	6.5	2.7	2.4	0.5	-1.6	-1	6.6	-12.9	-3.6
1970	-1.5	0.9	4.1	6.4	6.3	3.8	2.8	11.9	8	4.1
1971	-3	-4.2	1.5	-1.6	1	2.3	1.8	2.1	-5.6	3.8
1972	-2.3	-0.3	-0.2	3.8	2.7	4.9	5.8	7.7	-6.8	7
1973	-4.4	-3.3	2.3	-12	-7.2	3.9	3.2	-11.7	-10	2
1974	0.5	1.4	2.5	10.9	4.9	4.5	1.9	12.2	0.1	1.4
1975	-2.7	-0.8	2.8	-2.1	-0.2	-1.2	-3	-2.2	3	-2.6
1976	1.6	2.5	-0.6	2.1	-0.5	-5.1	-3.6	2.1	0	-6.5
1977	7.3	9.1	7.2	13.7	5.7	5	7.2	19.9	6.3	3.1
1978	-3.5	-3.8	-5.5	2.1	-5.4	-3.3	-3	-1.7	-14.7	-2.9
1979	-1.5	-1.2	-3.3	1.9	-2.7	-3	-0.6	2.4	-6.5	-3.1
1980	1.4	3.1	0.9	7.2	-0.2	-1	-0.8	12.1	-1.9	-1.6
1981	3.2	6	7	-4	1.4	2	-1	-8	-2.5	-0.5
1982	-2.6	0	1.6	2.3	0.7	-2	-1.5	0	6	-0.2
1983	-3.6	0	1	-4	-1	1.2	2.5	-4	-2	-3
1984	4.3	3	2	3.9	4.2	1.3	0.3	1.2	8	1.8
1985	-2	1	3.8	8.5	6	3	1.6	9	5	3.6
1986	-0.8	1	0	1.5	2	-2	-2	5	-2	-2
1987	-4	-2	0	-1.5	1	1	0.5	-0.7	2	1.5
1988	-4	-2	5.5	9.5	-8	-8.2	-3.8	-8.5	-4	-7.2

продолжение таблицы В1

Год	№ Станции									
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
1955	0.1	-1.4	-3.7	1.1	0.2	0.5	-2	-6.4	-10	-7.8
1956	-4	-0.1	-1.3	2.5	6	-0.8	2.3	-9.1	8	11.9
1957	-11.4	-5	-7.7	0.7	-0.3	-0.3	-4.1	2	9.2	12.1
1958	-0.7	1	-2.9	-8.2	-3.1	-2.8	0.6	0.8	-7.1	-12.6
1959	-0.7	-2.7	-3.7	-0.5	6.1	2.2	4.6	-4.5	9.8	11.2
1960	-2.2	2.4	-3.3	-6.5	-3.1	-3	3.7	-3.1	-2.4	-7.1
1961	0.5	2	-6	-7.1	-7.8	0.6	1.7	-3.9	-6.6	-14
1962	-6.2	-4.4	1	1.1	8.6	-1.9	-3.8	4.9	7	12.1
1963	-12.3	3.4	-1.8	-3.7	-7.7	-11.8	4.1	3.5	6	-0.5
1964	3.8	-1.3	-4.4	0.5	-2.2	4.3	-4.1	-8.1	-9.9	-11.6
1965	-0.6	-0.7	0.9	2.5	3.6	0.8	1.8	3.2	0.5	-4.5
1966	-8.4	-3.5	-9.7	-8.5	-7.8	-1.4	-3	-6.8	-1	-9.8
1967	-2.2	-10.1	-10	-5.5	-0.2	0.9	-11.3	-10.6	-3	2.3
1968	-7.1	0.7	-2.5	-3.3	3.1	-3.8	0.1	3.4	7.9	15.5
1969	-2	-6.7	-10.9	-7.6	1.9	0.5	-4.4	-3.9	9	15.1
1970	1.7	8.6	6.4	2.3	0.4	-0.3	13.5	13.6	9.5	6.1
1971	1	2.7	8.2	8.1	13.9	1.6	3.8	11.9	12.5	12
1972	3	2.3	-1.1	5.6	4.5	8.1	2.8	2.2	5.9	6.5
1973	5	-9.2	-3.3	2.3	3.3	6.6	-10	-6.7	0.1	4.8
1974	-5.8	11.5	12	5.6	2.9	-8.3	11.6	14.7	11.6	5.3
1975	-2.2	0.3	2.8	3.9	5.6	2.6	-5.2	2.5	1.3	4.4
1976	-5.4	0.7	-2.8	-10.3	-4.7	-4	-0.9	-1	-3.9	-6
1977	0.8	2.3	-4.4	-4.8	-10.4	-3.8	1.8	-3.8	-8.1	-16.6
1978	-3.5	-6.4	-11	-5.5	-8.4	-4.6	-5.8	-9.7	-3.8	-9.6
1979	1.2	-8.7	-13.3	-2.5	-6.5	2.6	-9.7	-12.2	-6.2	-8
1980	-2.9	5.8	5.74	1.4	5.8	1.3	-6.7	9.4	8.1	-73
1981	-3	-3	-4	-8	-9.5	-10.6	-10	-11.4	-18	-12
1982	1	2	2	4	4.7	-1	0	-1.8	2	4.1
1983	1.5	-1	4	0	-1.8	-3	1.3	2.2	-2.1	-37
1984	-0.5	6.1	9.5	5.2	2	-3.5	0.6	4.2	0.4	-1.2
1985	1	2.7	-4.5	-3.2	-16	-8	-5.8	-10	-9.7	-18
1986	-2	4	0.2	-3.4	-2	-2	-2	-1.1	-9.1	-5
1987	-1	-2	-4.8	-4.7	-5.7	1.6	-6	-9.1	-11.5	-8.2
1988	-1	-8	-10	-7	-4	2	-10	-13.6	-8	-7

Таблица В2 – Приземные аномалии давления воздуха. Февраль

Год	№ Станции									
	1	2	3	4	6	7	8	9	12	13
1955	7.8	5	9.4	4	5.5	4.9	1.3	-1	6	2.4
1956	-0.5	-0.4	5.6	-2	0.1	1.2	-3	-0.5	-3.4	-1
1957	4.7	2.5	7.4	3.7	-2.6	7.7	-4	-0.9	0.4	-1.3
1958	7.8	0.3	-1.8	9	-9	9.9	2	-3.2	-3	-1.9
1959	-7.6	-4.1	3.8	-5.7	-2	-5.3	-1	-0.4	-1.5	1.3
1960	-1.6	-3.7	0.9	1.2	-1.3	4.7	0.1	-0.4	3.3	-2.1
1961	2.3	-8.5	-6.6	-3.3	-0.5	-0.8	-4.4	-4	4.3	0.2
1962	-0.5	3.3	8	3	-6.4	6.7	0.2	-2.9	4.1	-2.1
1963	2.7	-3.8	-3.6	3	-6	5.3	1	-1.8	-3.3	-0.1
1964	-3.4	-9.2	-2	-8.5	7.3	-6.4	-6	-2	-7.3	-4.6
1965	8.9	-0.3	1.6	4.3	2.1	1.2	-4	-4.2	-4.1	-2.1
1966	-3.5	-5.1	3.7	-5.1	-0.9	-3.9	-1.5	-2.3	1.8	2.4
1967	-2.7	-5.3	-1.5	-3.1	4.2	-0.7	-2.1	-1.6	-2.7	-2.2
1968	5.8	-1.2	-4	3.3	-4	5.6	3.2	1.1	-4.3	-0.6
1969	2.8	-9.3	-6.3	-6	-7.9	-2.8	-2.5	-5.4	2.5	1.5
1970	2.6	6.5	-1.5	8.6	4	4.4	0.8	-2	-4	-0.3
1971	-2	-11.3	-2.9	-5.2	1.7	-2.9	-5.5	-4.7	-3.8	-4.9
1972	6.6	4.7	2.1	6	-1.6	-3.2	1.4	-2.6	-0.7	-0.5
1973	2.3	7	4.8	6	-4	4.6	2.7	0.5	5.4	-2.3
1974	-0.8	-4.9	-6.1	-3.1	1.2	-0.2	-2.2	-2	0.4	-4.3
1975	-0.7	-4.2	-0.4	-2	-3	-0.1	-2.1	-4	-3	-2.4
1976	0.1	2	1.9	-2.6	-0.8	-5	-8.4	-3.4	-7.3	-4.3
1977	-4.2	-15	-10.9	-7.9	2.9	-2.6	-4.7	0.2	-6.2	-3.7
1978	-3	-9.5	-7.5	-7.4	-5.3	-1	5.8	-1.9	2.7	3.9
1979	10	-10.7	9	10.8	-2.5	10.8	6.9	-2.7	7.8	4
1980	-3.6	-9	-6.5	-3.2	-5.6	-2.3	1.2	-2	2.6	2.2
1981	-1	-3	-1.9	-3	1	-3.8	-4	1	-2	0.9
1982	6	12.5	11	6.1	0.1	1	2.5	3	2.7	4.7
1983	-3.2	-7	-15	-3.1	-9.8	2	-1.4	-3.2	3.4	-1
1984	-2	-6.9	-7.9	-4	0.8	-4.2	-4.5	-0.6	-1.3	-4
1985	3	3.2	4	2	4.2	3	3.1	2.2	2.5	2
1986	-0.5	-1.2	-2.9	-2	-6.9	-2	-1.2	-3.1	0	-2.2
1987	-1.4	-2.6	-6	-1	-0.2	3.3	0.2	0	5.5	2
1988	-3.7	-4	-8	-2	5	-2	-1.3	4.5	-2	2

продолжение таблицы В2

Год	№ Станции									
	15	17	18	19	20	21	23	24	25	26
1955	6.8	10	16.7	12.5	11.1	-5.3	9.2	2	-11.1	-9
1956	0.1	-2.6	6.1	6.9	17	-8.7	12.2	18.8	5	-4.3
1957	3.3	2	12.7	10.3	-1.6	-19.8	3.5	-7	-9.3	-1
1958	-12.1	-5	13	7.4	5	-7.5	4.7	0.9	-0.6	-2
1959	2.3	-8	-11.7	-11.6	0.9	-0.1	-5.8	10.9	14.8	5.4
1960	-5	4	17.3	13.5	10.8	-11.3	8.2	-0.6	-7.2	-4.2
1961	2.7	2	6.2	-4.7	-6.6	-8	-4.6	-2.7	-0.1	6.2
1962	3.6	3	3.1	0.9	8	14.3	4.1	10.1	10	5.1
1963	-0.4	-4	12.4	11	9.2	-13.6	12.2	8.8	-9.1	-6.1
1964	-7.3	-10.3	2.4	0.2	9	-8.8	5.2	7.3	0.3	-2.3
1965	0.9	-1	18.4	10.5	27	14.8	15.7	23.3	11.6	-1.6
1966	2.9	-2.6	14.9	12.5	5.2	-13.5	13.1	-2.2	-13.5	-4.3
1967	-0.7	-1	-8.8	-7.2	-8.4	-4.8	-6.1	-2.2	0.2	0.8
1968	-5.4	-4.4	10	7.1	8.6	-3.2	7.6	5.9	-5.5	6
1969	-5.7	9	15	11.3	15.4	2	11.4	7.9	-5.2	-5.8
1970	1.3	5	7.3	7.3	2.8	2	7.3	-4.1	-2	5.6
1971	-0.5	7.1	2.4	-4.9	0.3	4.5	-5.6	-1	5.8	2.4
1972	-0.1	2	5.1	1.5	-1.6	-7	3.8	1.8	-9.5	-4
1973	2.9	4	5.6	-2.1	-2.9	13.3	-5.4	-5.2	2	4.8
1974	0	-4.8	4.6	1.2	-1.7	-5	-1.4	-6.3	-7	0.4
1975	-1	-1.8	-0.6	-1	3.3	-5.9	1.7	9.5	4.2	-0.3
1976	-0.1	-0.2	-15.1	-11	-5.5	-0.9	-10.3	2.7	2.7	-0.5
1977	-3.8	-2.6	3.2	7.4	4.2	13.7	10.6	-0.9	-11.1	-0.2
1978	-1.2	-4.9	14	17.2	8.5	-14.7	15.1	3.1	-10.8	-7.3
1979	3.5	-8.5	6.9	-0.4	3.8	-11.3	0.9	6.3	-6.6	-3
1980	-2.1	-1.3	-2.3	0.7	-3.7	-0.5	4.2	0.9	2.1	2.2
1981	6.8	12	-7	-7	-8	4.8	-5	1	3	0
1982	4.1	1	-17	-14	-18	-10.7	-7.4	-4.5	-0.3	0
1983	1.2	4.6	2	-1	10	8.8	4	12	1.9	0
1984	-0.2	3.6	-13.2	-12	-6.7	8	-9	1.9	5	4
1985	3	2	-1.1	3	2.6	-7.4	6.7	8.3	1.8	-2.6
1986	-1.4	-5.2	12	12	17.3	-3.5	18	20	-5	-8
1987	-1.3	-9	-1.5	3	0	-5.4	6	4	0	0
1988	2.3	4	-1	-2	0.8	4.8	-2.2	-5	-0.6	2.5

продолжение таблицы В2

Год	№ Станции									
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1955	-4.3	6.8	1.2	-10.9	-10	-9	-8.1	2.1	-11.1	-8.2
1956	14.9	10	17	0.2	-9.4	-7	19.7	20.4	4.1	-2
1957	-8.7	10.4	-2.2	-4.4	-1.3	-2	-7.3	-0.6	-3.3	-0.4
1958	-5.8	6.6	0.1	-6.3	-1.8	-2.2	-11.9	-2.4	-9	-4.4
1959	14.4	-16.2	1	15.5	11.9	14	3.5	-4.3	5.6	6
1960	-2.8	11.2	2	-1.8	-1.9	-1.5	-0.5	1.3	-0.8	0.1
1961	1.6	-3.2	-1	5.4	7.6	5.8	0.5	-0.1	4.5	3.4
1962	1.2	-1	-1.7	1.6	0.7	0.2	-1.5	-1.5	-3.8	-3.5
1963	4	6.8	8	-5.5	-9.3	-8	4.4	2.9	-3.2	-5.3
1964	4.2	-2.3	2	-0.5	0.2	1	1.3	4.1	-2	-2.2
1965	12.4	7.5	5	0.5	-2	-2	-5	0.6	-5.4	-3.7
1966	-6.9	13.2	5	-9	-1.5	-2	-4.8	6	-6.9	-3.3
1967	-3.6	-6.5	-1.4	2.8	5	5	2.7	-1	4.1	3.6
1968	1	-1.5	-2.4	-3.7	-1.3	-1.3	0.3	-4.9	0.1	0.5
1969	2	8	6.9	-8.6	-8	-7	11.7	15.5	3	-1.8
1970	-6.8	5.8	0.2	-8.1	-4	-5	-3.9	1.1	-6.4	-6.6
1971	0.7	2.5	2.8	-0.8	-2.2	-3.8	0.5	6.1	-3.4	-4.4
1972	4	-1.4	8.4	-1.9	-2.4	-0.2	12	7	9.6	5.9
1973	-8.5	-5.7	-12.7	-5.2	-4.7	-4	-10.2	-12	-9.5	-6.5
1974	-6.1	-1.5	-2.5	-5.6	-4.6	-2.3	-0.9	2	-0.2	1.5
1975	12.5	-3.6	2	8.3	6	2.8	0.6	-2.1	2	2
1976	6.2	-6.7	2.6	6.2	1.9	6	11	5.4	13.7	7.4
1977	-4.2	9.5	-5.1	-6.1	-1.4	-0.1	-1.6	4.8	-5.9	-3.4
1978	1.7	11.6	7	-7	-7.3	-5.7	4.6	4.1	-2.3	-4.7
1979	2.3	5.9	1.1	-4.4	-7.2	-3.5	-0.9	2.1	0.8	-1.9
1980	6.3	-0.1	7	4.3	4.4	1.9	8	6.9	5.4	2.9
1981	5.5	-3	4	3.6	3	0	6	8	2	1
1982	6.5	-3	3.2	7	5.8	3.8	10.4	0.2	8	5.2
1983	8	-4	2	2	2	1.8	2.6	-1.8	-2	-1
1984	7	-6	5	4	1.2	1.1	19	10	13.3	6.5
1985	10	10.7	12.1	5.4	3.7	1.8	11.1	15.5	0	-0.7
1986	15.9	7.5	15.2	-1	-7.1	-4.5	14.3	10.1	7.2	1.3
1987	0	5.5	-2	0	-3	0.3	-5	-4	0	0
1988	-10	8	3	-3.7	0	0	3.5	8	2	2

продолжение таблицы В2

Год	№ Станции									
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1955	12.6	8	-2.3	-10.8	-9.9	-5	-9.2	14.7	9.4	-4.8
1956	10	24.3	19.3	12	4.5	-0.9	6.8	15.5	15.6	0.4
1957	13.8	7.9	-5.4	-1.2	-1	0.8	2.7	12.8	10.2	5.7
1958	8.8	5.4	-7.8	-12.8	-8	-1.5	-10.8	9.5	1.2	-3.9
1959	-16	-8.7	-2.8	-6	-3.2	0.1	-9.3	-13.3	-2.9	-6.5
1960	10.5	1.5	-2.3	-4.8	-1.9	0.1	-2.6	3.9	-7.1	3.2
1961	-4.9	-3.6	-2.8	-2.7	-0.4	0.9	-1	-4.1	-5.9	1.4
1962	-2	-4.2	-1	1.1	-2.3	-2.6	0.5	-3.7	-3.5	-0.8
1963	-3.2	-2.5	1.7	2.2	-0.1	-1.5	1.3	-7.4	-4.4	-1
1964	-6	4.3	3.2	5.1	0.1	-0.7	6.5	-1.4	13.9	2.1
1965	7.6	0.1	-4.6	-7.3	-5.7	-4.3	-5.9	6.1	-0.1	-2.7
1966	15.8	10.1	0.5	-9.5	-7.1	-3.1	-7.6	12.9	2.7	-2.3
1967	-7.9	-5.2	1.8	5.5	4.3	1.2	2.6	-8	-1.9	0.1
1968	-2	-6.7	-2.7	2.2	0.8	-0.1	4.2	-2.7	0.2	3.1
1969	10	17.9	19.6	18.3	18.3	4.9	14.1	14.3	20.2	11.6
1970	8.2	1.5	-2.8	-3.1	-4.2	-3.1	-0.9	6.1	0.1	-4
1971	8.1	12.4	6.1	-0.4	-5.4	-4.5	-2.4	16.2	18.2	-2.3
1972	-3.1	-3.4	7.6	8.2	11	7.5	6.2	-8.6	-6.9	7.3
1973	-22.4	-10	-9.2	-6.8	-7.9	-5	-4.2	-11.2	-4.9	-2.4
1974	10.3	9.2	-0.3	6.2	6	5	9	10.9	9	9.1
1975	-1	-5.2	-6.6	-7.3	-2.2	-0.3	-5.9	-3.6	-8.7	-0.7
1976	-9.5	-2.3	5.1	3.8	5.8	3.5	1	-5.8	-2.7	2
1977	13.4	13.9	2.8	1.6	-1.4	1.1	2.4	14.2	9.8	3.8
1978	4	2.6	5.7	4.8	2.3	1.2	4.2	1.2	0.7	5.6
1979	7.2	2.7	0.3	-4.3	-3	-1.7	-6.4	4.7	-2.4	-4.9
1980	-4	-2.4	5.8	7	4.3	2	4.5	-1.7	5.5	5.8
1981	0.5	5.4	7.8	4	0	0	3	1.7	4	2
1982	-4	-7	1.5	4	1.4	0.6	-2.7	-8.5	-12	0
1983	-0.5	-4.4	-2.7	-8	-6	-2	-8.3	-2.3	-5	-3
1984	-6	2	17	25.4	18	11.5	18.5	-4.9	8	14
1985	14	17.8	13.4	0	-8.4	-6.2	-8	17.4	15.9	-10
1986	5.1	2	9.1	5	5.8	1.2	4	-2.4	-2	4.9
1987	4.5	-2.4	-10	-4	0	0	-1	-2	-7	0
1988	8	12	7	8.5	5.8	2	12	7	12	7.6

продолжение таблицы В2

Год	№ Станции									
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
1955	0.2	-3.3	10.7	3	-6	-7.2	-6.5	6.8	-1	-4.6
1956	-0.2	11.1	14	14	3.5	2.1	-1	8.2	4.5	1.3
1957	3	6.1	18	14	2.7	3	3.4	17	12.3	2.3
1958	-0.8	-6.4	2.7	2.8	0.6	1.8	1.4	1.6	1.9	2.3
1959	-3.8	-4.2	-12	-2.7	0.1	1.3	5.5	-10.1	-3.3	2.6
1960	-0.7	-2.9	-4	-6.9	-3.7	-4.6	-4.5	-6	-6.8	-5
1961	3	-3.1	-5	-3.6	-1	-3.1	-2.2	-4.8	-3.1	-2
1962	-1	2.3	-6	-5	0.9	0.2	-0.8	-4.7	-8	-1.8
1963	0.1	0.7	-11.7	-7.1	-1.7	2	2.9	-8.1	-1.7	1.4
1964	-1	5.5	8.2	14.8	12	12	10.9	0.2	8.1	9.5
1965	-1.8	-3.4	13.6	8.4	-1.8	1.2	1.9	9.9	5.4	1.1
1966	-3.3	-4.6	5.4	-3.7	-8	-6.7	-6.4	-1.1	-4.1	-2.9
1967	0.3	-0.7	-6	-0.6	0.1	1.4	2.3	-6	-1.7	-0.6
1968	1	3.6	5.9	7.7	5.4	8.2	5.8	5.5	9.6	3.9
1969	9	14.3	18	11.7	5.2	4.2	3.8	9.8	6.5	6.7
1970	-3	1	11.9	4.5	-1.1	1.7	0.3	7.7	1	-0.6
1971	-3.8	4.1	24.8	13.2	2.7	2.8	3.7	19.3	10.6	4.7
1972	8.5	-3	-5.9	-5.8	-6	-0.1	2.3	0.2	3.2	4.8
1973	-4.2	-5.5	-5.5	-1	-1.8	0.4	1.4	-5.6	-7.5	-1.8
1974	6	9.2	9.2	10.4	2.4	3.1	3	7.7	4.8	3
1975	-0.6	-2	-2	3.8	-3.1	0.6	2.5	-1.4	4.2	1.7
1976	1	-2.8	-2.8	-1.5	-5.1	-3.4	-1.9	-0.7	-1	2.2
1977	3	13	13	9	0.2	2.6	2.8	8.8	4.1	2
1978	3.5	-4	-4	-0.3	3.3	5.4	4.7	-1.6	0.2	1.9
1979	-3.5	0.8	0.8	-6.6	-10.1	-7.8	-5.1	-0.5	-1.9	-3
1980	3.1	0.6	0.6	6.2	5.9	6.6	3.1	-1.2	-1.5	-1.6
1981	1.8	2	-1	-1	-2	-4	-2	-2	-1.9	-2
1982	1.7	-10	-7	-4	-5	0	0	-3	0.5	0
1983	-1.5	-6.3	0	2	-1.7	0	0	-2.2	0.4	0
1984	11	9.2	-2	-1.5	2.9	4	2	0	1.8	0.2
1985	-6.4	2	16	12.1	2.8	0	-0.9	5.8	5.8	-1
1986	1.5	2.2	-8	-3.9	1.5	5.5	3.6	-6.6	1.3	0
1987	0	-4	-4	-2	-0.5	0	-0.7	-2.7	-2.4	0
1988	2	9.5	7.3	8	6	6	4	2	4	3

продолжение таблицы В2

Год	№ Станции											
	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
1955	-4.7	9.6	-1.8	-3	-4.8	3.9	2	3.3	7.4	12.9	13.6	12.9
1956	-3	3.2	7.5	0.1	-4.9	6.2	2	3.9	6.9	7.2	7.2	11.2
1957	1.4	13.3	11.5	2.6	2.1	11.9	5.9	7.4	10.7	11.3	12.2	12
1958	2	3.8	7.2	5	2.3	2.1	3.2	5.6	4.7	3.2	3.5	0.8
1959	5	-14.1	-4	1.7	5.9	-7.3	-8.7	1.8	-9.7	-7.5	-3.5	7.3
1960	-1.3	-3.8	-12.2	-5.2	0.3	-8.5	-6.7	-0.9	-8.3	-6.6	-2.1	-4
1961	-1.6	-4.7	-4.9	-4.5	-5.4	-2.2	0.6	-3.6	2	6.2	3.2	4.2
1962	-0.5	-2.6	-10.5	-2.4	-1	-7.1	-10.5	-3.2	-5.6	-6.6	0.1	8
1963	1	-7.1	-6.4	2.7	-0.8	-2.6	4.9	5.5	0.1	6.3	4.2	3.3
1964	9.4	-7.6	1.9	8.1	6.7	1	4.4	4.8	-1.6	3.2	-3.5	2
1965	0.4	15	-3.2	-4.7	-5.6	6.8	1	-7.8	10.7	9.1	6.6	6.1
1966	-1.1	0.4	-13.3	-4.4	-1.4	-9	-11.2	-6.5	-7.2	-8	-2.2	9.4
1967	3.2	-7.2	-6.1	-2.1	2.9	-4.9	-6.5	-3.2	-4.2	-6	-2.7	-1
1968	2.2	3.6	4.1	2.3	0.2	5.4	7.8	4.3	4.8	11.2	6.5	0.4
1969	6	13.2	-0.2	2.1	2.2	1.5	-2.6	-2.3	0.3	-1.8	-4	-2
1970	0.6	12.5	1.5	-0.6	-3	1.9	-3.8	-1.5	2	-6.1	-4.4	-8.7
1971	3.2	16.2	10.8	4.7	3.1	11.5	9.8	-10.4	3	8.3	1.2	2.8
1972	2.3	0.1	-2.7	2.8	0.8	2.4	8.5	6.5	9.3	15.7	15.5	13.6
1973	-1	-4.7	-11.1	-3.6	-1.9	-4.5	-7	-7.6	-2.9	-1.2	3	1.7
1974	2.6	7.6	2.6	0.8	0.4	5.3	5	1.2	4.4	10	2	10.8
1975	0.4	-6.3	1	-0.2	-0.5	-1.9	1.8	1.8	-2.1	-2.7	-0.4	3.8
1976	2.9	-1.4	-8.2	-0.8	2.3	-1.7	5.9	4.1	-0.1	8.5	6.2	8.3
1977	1.4	8.3	-4.3	-0.2	-0.6	0.4	-6.3	-3.9	-5	-7.9	-9.6	-14.2
1978	2.2	-3.6	-3.3	-0.2	-0.8	-2.8	-5.8	-5	-3.4	-3.9	-4	-8.5
1979	-2.8	0.2	-7.8	-2	-1.3	-2.6	0	2.4	1.8	7.7	16.5	12.7
1980	0.5	-3	-8.7	-3.4	-1.5	-4.6	-4.9	-1.7	4.3	-3.9	-4.2	-2.7
1981	-2	-3	-2	3.7	3.8	0	0	2	0	0	-2	-4
1982	0.7	-6	2.1	0	2	1.4	3.4	1.8	4	6	14	16
1983	0	-3	0	2	1	-2.5	-4	-0.7	-3.8	-7.5	-9.5	-14
1984	0.1	1	8	-0.9	-2	8	8	0.8	6	10	2	1.3
1985	-2.4	4	2.3	0	-4	0	6.5	6	4.3	8	8.1	12
1986	-0.2	-6	-1	0	0.7	-2.1	-2.1	-2	-2	-3.1	0	-4.9
1987	-2	3	-2	-1.2	-1.5	1	-1	-2	0	-3.9	-2.7	-5
1988	2	-2	4	0	0	-2	-1	-1	-4	-5	-5.7	-11.5

Таблица В3 – Приземные аномалии давления воздуха. Март

Год	№ Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
1955	4.3	0.3	5.7	4.3	5.4	4	0.1	2	1.5	-3.4
1956	-2.5	-2.9	-1.8	-5	-1	3	-6	0.1	2.3	1
1957	-0.4	-7.6	-3	-3	2.8	-3.7	1.6	-0.2	0.7	-1
1958	4	3.7	8.2	3.7	1.2	-6	3.9	5.2	0.9	5.6
1959	-1.2	-1.5	-3	-2.3	-1.5	3.1	-4.9	-4	-1.7	-1.7
1960	7.3	5.1	-0.3	6.2	-0.5	-0.2	5.4	5	3.9	6.9
1961	2.5	-4.4	-4.9	-2.8	-6.3	-5.2	-3.6	-3	-1.4	1.1
1962	3.8	-0.4	3	-0.4	1.3	-3.5	2.9	0.1	0.1	5.9
1963	-2.4	0.1	5.6	-4.1	1.1	-1	-2.2	-5	-0.3	-1.9
1964	1.3	1.4	2.1	0.9	-1.2	0.2	-2	-1	-2.4	-0.3
1965	0.7	2.1	7.5	1.3	10	0.2	2.7	-9	0.1	4.3
1966	3.7	-2.3	-4.9	-3.5	-5.1	-2	-1.3	-0.4	-0.4	0.1
1967	0.8	5.9	10.9	0.4	-0.4	-2	-1.1	0.2	-3	3
1968	-5.2	-6.7	-4	-6.1	-1.9	-2	-1.7	-2	0.8	-2.5
1969	1.8	-0.9	2.1	-1	7.3	1.5	2.1	4.5	2.3	-1.6
1970	3.9	-6.6	-2.6	-2.1	4.7	3	2.3	3	-2.2	0.7
1971	1.6	-1.9	-3.4	-1.7	-3.9	-0.6	-2	-0.7	-0.9	-3.4
1972	0.3	0.2	1.4	-1.8	-0.6	-0.2	-5.3	-8	-2.7	1.9
1973	-1.1	-10.3	-5.3	-2	-4.7	-2	-3.7	-4.9	-5.6	2.3
1974	2.5	-1.2	0.6	0.1	-4	-4.2	0.3	-4.2	-4.5	-1.6
1975	-2.6	-0.5	2	-1	0.3	2.8	4.5	0	-4	-1
1976	-4	-4.5	-3	-5	-1	2	-8	-5.3	-1	-2.2
1977	-2	-3.5	-2	-2.5	-1	2	-6	-5	-4.2	-2
1978	4	-2	-4.5	0	0	-2	0	0.3	2	0.5
1979	6	-0.5	-3	5	3	-1	2	0.5	-1	1
1980	-4.1	-4.5	-7	-1.5	1.5	1	-3	-2.5	-2	-1.2
1981	-3.2	-6	-9	-3	0	-0.5	-1	-1.2	-0.5	-3.5
1982	-1	-0.5	1	0	0.7	-3	-5.5	-1.7	-4	-2.2
1983	5	1	-7	4.5	-7	-9	2.2	2.5	-5	4
1984	3	-3	-8.5	3.5	0.5	0.5	3.5	4.5	0	4
1985	-9.5	-7	-5	-9	1	1	-7.5	-3	-0.5	0.2
1986	0.7	-1	-5.5	0.2	-4	-3	-3	-3.3	0.2	-1.7
1987	1	2	-3	2	-2	-4.2	3	2.5	0	5.8
1988	1	-3	-9	-0.5	4	4	0.7	0.5	2	-1

продолжение таблицы В3

Год	№ Станции									
	13	15	17	18	19	20	21	23	24	25
1955	-3.1	-3.5	-2	11.4	3.8	12.6	4.4	4.4	10.2	2.4
1956	-1.6	0.7	0.1	-7.1	-6.4	-4	-9.9	-1	4	1.3
1957	-6.5	-4	-2	7.3	3	0.1	-14.2	1.9	-5.2	-1.3
1958	1.2	-5.6	2	11.3	9.6	11.3	-6.5	10.9	9	-2.6
1959	-2.5	-1.7	-2.3	-14.9	-11.7	-7.6	-10.4	-9.4	-0.4	-1
1960	4.5	-1.2	-2	-1	1.2	2.1	-12.3	4.7	6.1	-5.5
1961	-2.6	-1.7	1	-3.4	-4.9	-2.3	8.9	-8.2	0.6	15
1962	0.1	-3.2	-8	25.4	20.8	18.7	-3.9	16.3	9.6	-2.4
1963	-2.9	-0.7	-3	-3.5	-2.5	-8.8	-10.5	0.6	-3.5	-1.5
1964	-3.1	-1.1	0.1	-6.2	-4.2	1.1	-8.1	4	9.7	-1.7
1965	-0.6	-2.6	-11.2	9.3	4	7.1	-4.6	4.3	3.8	0.2
1966	-1.5	1.7	6	3.5	4.8	0.8	12.3	1.3	0.2	12.5
1967	1.6	2.9	-7.3	-4.8	-6.7	-11	8	-13.6	-15.2	7.8
1968	0.4	-2.1	4	-1.9	-5.3	-6.1	10	-7.8	-5.9	4.9
1969	-1.6	-5.7	-4.5	9	6	8.8	-1.9	5.6	10.6	-2.3
1970	0.3	-1.2	2	10.8	4	8.8	5.6	2	0.4	4.2
1971	-2.6	-6.3	-4	8.6	7.7	3.5	8.9	9.7	4	3.5
1972	-2.8	-1.4	6	-7.7	-7.5	-6.3	3.5	-3.4	-2.2	-1.7
1973	-2.7	1.8	5.2	-5.1	-6.5	-2.4	7.9	-5.6	4.5	12.7
1974	-3.4	-1.6	-4.9	-4.6	-5.6	0.6	-0.9	2.4	6.5	0.9
1975	-1	1	3	4	-2	4	8	-3.5	2	-3
1976	-3	-1	1	2	-16	-13	5	-6	-4	3
1977	-3	-1	1	2	1.5	-2	-0.5	0	-2	2
1978	2	4	6	7	-8	-14	1	-8	-14	-1
1979	-0.5	1.5	3.5	4.5	-9	-5	6	-12	-12.5	-6
1980	1	3	5	6	-2	2	5	3.5	-1	-6
1981	-1.2	0.8	2.8	3.8	4	-3	-9	1.7	-11	-8
1982	0.5	2.5	4.5	5.5	-14	-12.5	8	-11	-8	4
1983	-3	-1	1	2	-5.2	-6	13	-10	-8	3.5
1984	0.5	2.5	4.5	5.5	3.5	9	10	7.5	8.5	1
1985	0.5	2.5	4.5	5.5	-1	2	5.5	-1	0	-0.2
1986	0	2	4	5	-20	-19	2	-17	-16	0
1987	1	3	5	6	1	-1	8	1	-2	3
1988	1	3	5	6	-1.5	-0.5	8	0	-7	0

продолжение таблицы В3

Год	№ Станции									
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
1955	-4	8	3.3	0.4	1.5	-2.2	-1	-0.9	1.6	0.4
1956	-2.5	9.2	-6.6	3	4.5	2	2.8	11.5	5.2	6.2
1957	-0.4	0.7	1.4	2	4.7	5.2	5	5.5	5.6	2.5
1958	1	7.4	11.3	10.2	-2.2	-4.6	-4	3.3	9	-4.3
1959	0.3	7.5	-11.7	0.1	5	3.4	5	8.5	-1.6	8.4
1960	-6	12.4	2.5	11	1.6	-1.9	0.1	15.1	13.5	9.1
1961	5.3	1.5	-14.6	-14	7.9	8.4	7.1	-12.8	-18.9	-2.9
1962	-5.2	3.8	7.6	4	-2.5	-6	-6	0.1	-0.6	-3.9
1963	5.9	2.9	3.4	6	3.5	4	3	3.1	4.1	0.2
1964	-1.6	15.2	-1.1	12	1.1	-3.4	-1.8	11.9	11.8	2.6
1965	3.1	3.5	-3.2	-1.9	2	3.3	2.2	-0.1	-3	3.8
1966	7.3	-3.3	4.4	0.1	3.1	1.8	0.2	-6.2	2.8	-2.8
1967	7.6	-13.1	-14.7	-17.1	2.6	5	3	-8	-16.7	-0.8
1968	2.7	-6.1	-11.9	-14.8	2	3.6	3.6	-13.7	-16.7	-2.2
1969	-2.9	12.4	6.4	8.7	0.6	-3.2	-2	9.7	5.6	5.7
1970	0.9	-3.8	1.3	-1.3	-2.1	-2.1	-2	1.3	2.8	-0.7
1971	-0.1	6.9	2	5.2	-0.5	-3	-3	1.3	3.2	-2
1972	-2	4.7	-5.2	2.2	2.5	2	2	5.1	-0.2	5.6
1973	5.5	8.9	-8.6	-0.6	8	4	2.6	3.5	-2.5	-3.3
1974	-0.2	11.7	-2.6	1.9	2.8	0	-2	14	12.4	9.7
1975	0.5	-4	-8	-5.5	-7	-6	-2	-2.6	-6.5	-3
1976	3.5	2.2	-2	3.5	3	1	-0.2	3	8	2
1977	6	0	2	-4	3	5	6	1.2	-3	4
1978	6.8	-12	-5.5	-5.5	-4	0	-2	-6	-2	-4
1979	2.5	-16	-1	-12	-6	-0.5	0	-2.5	-3	-2
1980	2	-1	7	4.7	-4	-4	-2.2	9	10	3
1981	0.5	-12	1	-5	-5	0	-1.5	-5.7	4.5	-3
1982	5	-8.5	-6	-6	1	0.5	1	0.5	-0.5	3
1983	5	-8	-7	-8.2	0.2	1.7	2.5	-5.7	-6	-4
1984	-2	5	8.5	8	-1	-2.5	-4	7.2	10	2
1985	4.7	-4	1	0	-2	-1.5	1	6.5	4.7	7.5
1986	6	-10	-15	-8	2	1	2	3.5	-3.2	8
1987	3	-2	7.5	5.5	2	0.5	-2	5.5	1.2	3.2
1988	6.5	-10	0.5	-4	-6	-4	-3.5	-3	1.5	-7

продолжение таблицы В3

Год	№ Станции									
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
1955	1.3	10.4	11	2.4	0.1	2.8	-0.6	3.1	14.5	8.2
1956	3	-12	-3	7.6	7.3	5	0.5	5.4	-7.8	4
1957	2.4	7.9	6	5.8	-2	-2.2	-0.3	-4.6	7.6	2.5
1958	-2.4	9.6	9.1	6.9	0.8	-3.2	-5	-2.3	7	6.7
1959	6.2	-19	-14.4	2.9	2.6	4.2	1.6	0.1	-17.6	-4.3
1960	3.7	7.8	10.2	13.6	4.6	5	2.5	3.2	8.2	4.9
1961	0.9	-13	-15.9	-17.1	-11.7	-6.5	-2	-5.6	-15.4	-4.4
1962	-4.9	2	-2.7	-3.4	-3.7	-6.4	-6.4	-3.5	-3.4	1.5
1963	0.2	1.4	2	2.7	-8.9	-5.8	-2.3	-9.8	-0.8	-1.1
1964	0.8	-2	6.9	11.6	4	0.9	-1	2.4	-1.1	6.9
1965	3.8	-5.5	-4.4	-0.5	3.6	3.5	2	3.5	-5.4	2.4
1966	-0.9	8	4.9	-3	-5.4	-3.9	-3.2	-2.7	7.7	2.5
1967	1.4	-10	-11	-3.1	-0.1	-0.2	-2.4	-1	-9	-3.1
1968	0.4	-15	-18	-13.6	-9.1	-2	-1	-4.7	-18.4	-17.8
1969	0.9	4	0.5	5.8	2.2	3.5	0.1	2.9	1.2	-1.4
1970	-2.1	7.7	9.8	7.3	7.2	2.1	-2	7	11.9	13.6
1971	-0.8	0.7	2.6	5.5	5.7	1.2	-1.7	4.7	0.8	6.8
1972	4.8	-2	-1.2	-2.4	0.5	3.6	2.2	2.6	-0.2	-1.6
1973	2.1	-11.5	-5.7	0.4	-1.2	0	1.9	-0.9	7.9	-2.4
1974	4.9	-4.9	6.4	14	10.1	8.9	5.3	6.6	0	8.4
1975	-2	-7	-8	-5	-2	-2	0	-4	-8	-6
1976	2	0	10	11	14.5	7.5	3.5	12	6	15.5
1977	4	1.5	-2.5	-2	1	3.5	2	1.2	-1	-4
1978	-2	-4.5	-1.5	-2.5	0	-0.5	-2	4	-3.5	-0.5
1979	-1.8	12	6	0.5	0.5	1.5	0.5	3	11	4
1980	0	9	12	12	8	2	0.5	6	13	13.5
1981	-2	1.7	-2	-4.5	-3.5	-4	-3	-5	1.2	-5
1982	1.5	2	5	1.2	2	1	0	-0.5	5	7
1983	1	-1	-3	-5	-3.2	4	1	1.5	1	-3
1984	-2	5	7	9	10.5	5	0	8	4.5	9
1985	6	-2	5	8	13	10	6	11	-1.5	7.5
1986	6	-15.5	-7	3.5	9	9	7	7	-13	-1
1987	0	4	11	13	11.5	4	-2.2	10	3	13.2
1988	-6.5	0.5	3.5	3	4	-1	5	4	0	8.5

продолжение таблицы В3

Год	№ Станции										
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
1955	1	-1	2.4	16.4	7	-1.8	-1.8	-0.3	10.4	2.8	0.1
1956	0.8	-0.8	4.9	-2.6	0.8	-1.1	-1.3	-0.9	0.1	2.8	2.6
1957	-2	-0.2	-2	8.2	3	0.1	-0.4	-0.2	7	3.9	0.2
1958	-4	-3	1.2	6	0.1	2.9	0.2	0.6	5.1	0.2	-4
1959	0.2	1.6	-2.1	-14	-9.9	-0.3	-0.3	1.9	-7.8	-0.2	1.8
1960	1.8	2	-3.1	3.9	2.5	-0.9	0.3	2.5	3.2	4.8	1.9
1961	-2.5	-0.2	-0.7	-3.3	0.3	6.2	4.4	7.9	3	2.6	3.3
1962	-3.1	-6	1.3	2.5	1.2	3.7	2.2	0.8	2.1	-1.4	-3.2
1963	-4.6	-1	-7	-6.5	-3.1	-3.3	-0.4	3.1	-5.2	2.2	1
1964	-1.2	-1	3.2	6	-3.7	-0.6	0.5	1.5	-4.5	-2.2	1.2
1965	2.4	1.6	3.2	-0.9	2.5	3.7	5.7	4.3	0.2	3.4	1.5
1966	-2.3	-2.2	2.8	7.8	-2.9	-4.2	-1.3	0.3	5.8	2.1	-1.5
1967	-3	-2.8	0.4	-3.3	-2.2	0.2	1	-1	-3.9	-2.4	-2
1968	-4	-2	-7.7	-16	-15.2	-7.9	-4	-3.4	-13.3	-8.3	-5.6
1969	0.7	0.1	0.1	-1	-2.6	0.2	1.5	3.2	0.7	1.9	-0.4
1970	4.8	2	7.6	16	11	6	0.2	6.1	10	4.8	-0.5
1971	2.4	-1	-6.1	1	4	4.9	5.2	3.5	1.1	2.6	-0.2
1972	1.3	1.5	-3.4	6.4	3.4	-2.8	0.5	3.8	6.5	6	1.9
1973	0.5	1.1	-0.5	-1	0	1	2.4	3.5	2.7	1.5	1.3
1974	5.6	4.8	4.1	0.2	2.9	2.6	2.8	5.9	3.8	5	3.6
1975	-2	-1	-4	-8	-10	-3	-2	-2	-6.5	-3	-2
1976	6	2	12	6	6.5	2	2	1.8	6	3.7	0
1977	4	2	-0.3	-2	-4	4	-2	-2	1	-1	-0.5
1978	4	1	5.2	-2	-2	-0.5	0	0	-2	-2	-1
1979	2	0.5	2	8	-1.5	-1	-3	-3	8	2	0.5
1980	4	-1	8	8	5.5	5	5	2	4	0.5	0.5
1981	-4.5	-3	-5	0.5	-2.7	-4.2	-3	-2	2.5	2	2
1982	0	-1	3	6.2	2	-0.7	-2	-2.5	4	-0.5	-1
1983	0.5	1	-1	4	1	-1	0	1	5	1	1
1984	2.7	0	7.7	2.5	4.5	-2	0.5	0	2.5	2.5	1
1985	6.5	5	9.5	-4	-1.5	5.5	2	0	-8	-4	0
1986	4.5	2	1.7	-6	-6	-3	-2.5	-3	-5	-1.5	-1
1987	2	-4	9.5	0	1	2	-0.7	-2.2	-0.5	0.5	-3.7
1988	0	-3	8.5	-1	4	3	0.5	-1	-2.5	0	-1.5

продолжение таблицы В3

Год	№ Станции											
	57	58	59	60	61	62	63	64	67	68	69	70
1955	2.7	13.1	3.6	3.4	3.4	2.7	-1	-0.2	2.7	2.7	-0.2	2.9
1956	2	-5.1	1.8	5.3	1.9	-1	3	5.3	-0.3	0.4	-1.6	-1.3
1957	-1.4	8.8	4	1.2	-0.5	3.6	-2	-5.4	2.5	-1.6	-4	-6.7
1958	-0.8	7.9	-2.6	-3.1	-2.7	-1.6	-8.4	-7.3	1	-5.1	1.5	5.4
1959	3.9	-8.3	0.8	-7.2	5	-0.2	7.6	11.1	0.1	5.7	4.2	5.7
1960	2.6	3.4	-1.3	-2.1	1	0.5	1.8	0.2	3.5	7.7	10.7	9
1961	4.4	5.3	4.9	3.9	2.7	2.6	6.8	6.6	2.6	4.8	1	0.9
1962	-3.6	7.3	-4.2	-2	-4.9	-2	-7.8	-9.2	1	-3.2	0.9	1.9
1963	2.4	-6.1	1.5	3.1	1.4	-0.2	2.1	2.2	-0.7	1.4	3.9	10.5
1964	2.8	-5.4	0.6	4.5	2	-0.5	0.7	1.6	0.4	2.2	3.7	3
1965	0.2	1	1.2	1.7	-3.8	1.8	0.8	-1.5	1.1	1.1	0.2	-3
1966	-3.3	8.5	-1.4	-6	-6.7	3	4.6	3.6	6	7.2	4.8	4.7
1967	0.1	-2.6	-5.8	-2.5	-0.1	-7	-8	-6	-4.9	-4.3	5.4	11
1968	-2.5	-11.6	-9	-4.6	-1.8	-10.6	-3.6	-0.1	-7.2	-3.8	-3.9	-0.8
1969	3.1	2.4	-0.6	-2.3	0.6	2	-2.5	-6.3	2.5	0.7	0.1	2.6
1970	2.3	9.9	1.6	0.2	-3.8	3.9	-1.5	-4	4.5	-1.1	-2.9	-9.1
1971	1.4	0.8	0.6	-4	0.4	0.3	-0.2	-4.8	1.1	1.1	1.8	-1.5
1972	2.6	6.6	4.9	1.4	1.1	6.8	-6.7	1.1	6.1	10.3	7.4	6.1
1973	1.6	4.4	2.8	1.3	-1.1	4.7	1	-4.5	2	1.5	-6.4	-8.6
1974	2.1	1.4	4.4	2.3	1.5	4.8	0.7	-0.9	3.3	3.8	1.6	-1.4
1975	-2	-5	-1	1.5	2	-2	1	8	-5.5	-6	-1.5	-2
1976	0	4	2	0	0	4	2	0	-2	-1	-4	0.7
1977	2	4	2	0	4	4	4.5	4	-1	-0.5	-2.2	-2
1978	-2	-1.5	-2	-2	-4	1	1	-2.5	3	1.5	0	-9
1979	0	13	2	0.5	-1	5	-3	-4.5	4	-1	0	-8.5
1980	1	5.5	-3	-0.5	-1	0	-7	-8	-5	-10.5	-7.5	-13
1981	1.5	4	1	2	1	1.8	-6	-5	-4	-9	-10	-18
1982	0.2	5	0	0	0.5	1	-4	-2	-4	-6	-2.7	1
1983	2	6	6	3	2.5	5.5	1	-2	6	0	0	-11
1984	0	1	2.5	1	-1	3.5	1.5	-1	2	-2	-5	-14
1985	4.5	-11	-4	3	6.5	-6.5	1	7.5	-6.5	-4.2	-7.2	-3.5
1986	-1	-6	0	2	0.5	0	2	1	0	2	2	-6
1987	-2	0.5	-1.2	-4.2	-3	-1	-3.2	-7	-2	-4	-2	-8.2
1988	1	-5	2.2	1.7	1	3	6	3.5	-3	4.5	-1.7	-9

Таблица В4 – Приземные аномалии температуры воздуха. Март

Год	№ Станции									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1955	6.6	-6	-4	0	-1.9	-2.7	-0.4	0	-0.8	-4
1956	2.9	2	0.8	-0.9	-0.1	3.1	-3	-1.8	0.5	7.7
1957	2.7	0	2.7	2	-3.1	-4.9	0.1	0.6	-2.6	-8.6
1958	3.9	0	-2	-3.7	-3	-2.7	-5.2	0.7	-0.8	-6.6
1959	3.6	6	3.2	2	3.4	5.6	2.2	4	1.7	5.5
1960	1.9	0	-2	0	-1.2	0.3	-1.8	-4	0.6	-6.5
1961	-6.4	1.1	2.2	2.6	4.1	4.3	3.9	3.4	3.9	9.7
1962	0.4	-3	-2.2	-1.4	-5.6	-2.5	-1.1	5.4	3.8	0.4
1963	2.6	-1.8	1.1	-1	-6	-7.2	-3.4	-1.7	-6.2	-8.6
1964	8	1.5	0	-3.7	-1.1	-1.7	-3.7	-2.4	-1.4	-3.1
1965	-1.3	-3	0.5	0.6	1.3	-4.5	2.8	4.1	4.3	-5.8
1966	0	-2	-0.1	0	0.6	1.4	0.3	0.8	3.1	1.8
1967	6.3	2.9	1.3	2.7	5.8	7.5	2.1	-0.3	3.2	8.9
1968	-1.1	0.1	0.3	2	3.4	3.1	1.5	2.5	3.5	7.9
1969	-2.5	0.2	-3.4	-2	-1.9	-1.6	-3	-0.8	2.2	-1.2
1970	0	1.8	-0.8	-2	2.4	3.8	-0.5	2.6	1.6	-6
1971	-2	-3.8	-0.5	-2.4	-0.8	-1.2	-1.2	-0.4	-1.8	0.9
1972	4	1.8	1.3	1.2	2	2.1	2	-1.8	0.5	0.9
1973	0.2	2	2.2	0.8	2.6	2	1.4	2.2	3	3
1974	2	0	-2.1	-1.2	-1.8	0.5	-1.7	-2.4	0.8	6.4
1975	0	2.8	0.2	-0.1	4.8	6	4.4	2	6	3.8
1976	6	0.8	-1.1	-1.9	0	1.8	0.1	-2	-2	4
1977	-8	0	1.5	2.2	1.7	0.9	4.6	4.6	3.8	-2
1978	-4	-0.8	0.6	1.4	2.5	2.3	3.2	4.4	4.8	2
1979	-2	0	-0.6	-1.2	3.8	2.3	2.5	5.2	5.2	-2
1980	-2	-1.4	-1.3	0	-2	0	-4	-1.2	-2	1.8
1981	-7.8	-5.7	-0.4	3.1	-1.8	-2	2	1.8	0	-1.6
1982	2.8	2	1.4	0.1	3.3	3	2.4	0	3.7	-4
1983	1.7	2	1.2	0.8	1	2.1	3.5	2	1.6	3.8
1984	-2	-1.8	-1.8	-1.6	0.2	2	1.2	1.8	2	7.8
1985	0	0.3	0	-1.2	2	4	-2.4	-4	0.9	5.7
1986	-2	0	0	-1.6	4.1	6.2	1.5	0.9	2	6.4
1987	-2	-2	-2	-2.9	-1.5	1.2	-5.6	-2.4	0	3.6
1988	-8	-0.8	-0.4	0	3	4.1	2	3.2	3.7	7.4

продолжение таблицы В4

Год	№ Станции									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1955	-4	-1.1	0.8	7	-2.5	-5.8	-8	-2.4	-4.4	-5
1956	1	-2.3	-3	7.5	5.4	2.8	-1	-3.5	-3.7	-3.9
1957	-4	-1.3	0	-0.7	-4	-0.4	-1.5	-2.9	-2.7	-1
1958	-6	-1.7	-3	-2.8	-4.3	-4	-4.4	-2.4	2	-4.7
1959	2.4	2.3	8	0	4.4	4.6	6	4	5.1	5.4
1960	-8.8	-5.7	-2	-1.1	-2.6	-2.8	-5.2	-6	-0.9	-3.6
1961	7.7	4.1	3.4	3.7	10.6	9	6.2	4	2	-1.4
1962	2.5	6.6	7.3	0	4.7	3.1	0.6	2.6	-1.3	-0.8
1963	-1.2	2.3	5.7	-10.1	-5.7	0.6	3.2	4	3.5	1.2
1964	-6.5	-2.2	2.9	-4.7	-3.8	-6.7	-9	-2.8	0.8	-0.9
1965	-2	1.9	3.5	-1.9	-4.1	-2.6	-5.1	-2.9	-1.9	-2
1966	5	6.9	2.1	-3	3.3	3.8	3	4	1.5	-2
1967	5.9	3.6	2.1	4.3	4	5.4	3.3	3.3	4.4	-2
1968	6.4	6.3	6.3	-5.4	5.4	9.5	10.8	6.2	4.6	5.2
1969	-0.8	-2.8	0.9	-8.5	-2.9	-2.4	-2.1	-1	-2	-4.1
1970	0	2.5	-0.4	2.8	2.7	1.2	-2	-3.7	-3.9	-2
1971	-0.8	-0.7	0.8	0	1.5	-0.5	-1.4	-2.1	-2	0.2
1972	-2	-1.5	-2	6	0.7	0.4	-1.3	0	0.8	1.5
1973	3.2	2.4	0.3	2	2.8	4	3.8	2	0.7	1.2
1974	5	-1.8	-3.2	-2.6	-1.5	2.8	-3.1	-0.3	-2.4	-3
1975	4.3	5.2	4	-2	-1.8	2	4	4	-0.1	5.2
1976	2	2	-4	6	4	-1.9	-2	0	-2	0
1977	2.2	4.6	1.2	-6	-4	-2.4	-0.9	3.2	2	0
1978	3.4	3.4	1.3	-0.2	-1.7	0	0.2	0	1.8	4
1979	0.8	2.2	-1.8	-4	-6	-3.4	-1.2	4	1.7	-2.2
1980	-0.4	0	-2	4	0	-4	-3	-2.2	-1.1	-2
1981	2.8	4.2	5.2	-6	-3.4	2	4	6	2	-1.2
1982	-3.2	-2.2	0.5	4	-0.9	-3.2	-4	0	-0.1	-0.8
1983	5.8	5.1	3.4	6	2	4	4.8	6	4	4.9
1984	4	4.8	1.7	-2	3.5	1.6	-0.7	2.4	-1.2	1.2
1985	4.8	2.3	-4	0	3.5	-2	-0.2	-0.6	0	1.9
1986	4	2.8	-1.1	-2	2	0.9	1.2	3.8	4	2.5
1987	-2.6	1.2	1.6	-2	-1	-2	-2	-0.5	-0.8	0
1988	5.1	4.5	-2	5.8	2.8	2	-0.2	0	-1.4	2

продолжение таблицы В4

Год	№ Станции									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1955	-2.9	-5.3	-0.7	-5.4	-2.8	-0.8	4.1	-5	2.7	-1.5
1956	-0.4	-0.7	1.4	-0.1	-8	0	-0.1	-4.5	-1.1	-4
1957	-3.3	-1	-0.1	-2	-1.3	-2	-1.1	-3.8	-1.7	0
1958	-5.6	-1.5	-0.4	0.2	-1.4	-4	-1.3	2.9	0.6	4.5
1959	6.7	7.1	2.7	8	8	4	1.7	-3.6	-7.6	0
1960	-2	-1.1	0.6	0.4	0.4	-1.6	0	6	2	-1.6
1961	-3.4	0.9	-4.5	1.9	2	0	1.2	-9.1	-4.2	0.4
1962	1	-0.5	2.9	-2	0.2	-2	1.2	2.3	-0.5	-2.3
1963	3.8	4.1	-1.1	2	3.6	1.7	3.4	-0.1	-3.6	-1
1964	-1.1	1.1	-2.8	1.5	2.9	1.3	-1.2	-5	-5.2	-2.8
1965	-6.4	-1.2	-3.1	2.2	-0.3	1.3	1.8	-0.4	-5.6	-2
1966	0.3	0	-1.5	-0.7	-0.5	-0.9	2.9	-2.4	2.5	0.7
1967	0.2	0.4	1.8	1.9	1.1	0.4	-2	5.7	-2.6	-5.5
1968	4	10.4	2.2	3.4	8.8	1.5	1.9	0.3	0.9	-0.4
1969	-1.2	-0.9	-2.2	0.1	0.1	-1.2	0.5	-3.8	-0.9	-8.2
1970	0.8	-2	0	-2.8	-2.2	-1.7	0	0	-2	2
1971	0	0	-0.8	-0.2	-0.2	0	0	-3.1	-2	-1.8
1972	0.7	4	0.8	1.8	4	4	3.2	-4.3	-3	-2
1973	0.8	0.8	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	0	-7.2	-3.6	1.6
1974	-1.8	-1.3	-0.8	1.2	0.8	0.7	0.6	-2	-0.6	0
1975	4	4	2.6	1.8	3	2.7	-2	0	4	-0.8
1976	0.3	2	0.9	2	1.8	1.7	-1.6	-2	0.9	-0.4
1977	-2	1.8	-3	1.9	2	1.4	-3.2	-4	-4.4	1.6
1978	0.9	1.8	1.8	1.1	1.7	1.7	2.9	1.9	2	1.8
1979	-8	1	-2	0.8	0	0	2	1.8	0	2
1980	-2.2	0.2	-1.7	1.8	-0.2	-1.7	0	1.8	0.8	1.2
1981	-0.2	-0.5	2	1.8	-0.2	-2	-2	1.8	3.2	3.1
1982	-4	1.6	-2	2	0	-2	-0.2	3.7	2	0
1983	2.2	4.2	0.8	2.2	2.7	1	2	0.8	0.8	2
1984	0	0	-0.6	-1.8	-1.8	0.3	1.6	1	0	4
1985	-2	1.8	-1.8	2	2	0.3	-3.3	-4.6	-1.8	1.2
1986	0.9	5	0	1	3.1	0.7	1	0	-0.8	2
1987	-2	-0.4	-1.4	0	0.8	1.8	3	1.8	1	0
1988	0	1	1.3	0.7	0	0.8	-1	-4	1.2	1.8

продолжение таблицы В4

Год	№ Станции									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1955	0.5	-2	-4.5	-3	-1.8	-5.6	-3.4	0.4	-2	3
1956	-4	2	2	-2	1.8	-1.4	0	-0.1	-4	-2.8
1957	0	-5	-1	-1.2	1	2.3	-4.6	0.6	-2.4	-2
1958	8	0.4	6	-0.8	-3.3	6.6	7.4	-0.2	7.5	5
1959	-2	1.6	3	2.9	-1.2	2.3	1.3	0	-1.8	-3
1960	3	-0.5	-0.8	-0.9	3	-1.5	1.2	-5.6	-2.7	-3
1961	-3.6	-1.8	-1	0.1	0.1	4.6	0.7	2.4	3.2	-3
1962	-1.2	6	-2	-2.9	-2.3	0.8	3	-1.1	4.5	2
1963	-4	-4.3	-1	0.5	-0.8	3.3	-3.2	2.8	0.2	-2
1964	-4.5	-1.9	-8.3	-2.2	-3.1	-2	-3.5	0.3	-3	0
1965	-8	-0.7	1	0.8	2.1	3.2	3.1	2	6	-2
1966	4	2	2	-3	-5.4	-4.2	-0.8	-3.6	-3.3	2
1967	2	-0.4	-5.2	-1.5	2.4	-0.1	-0.7	1.2	-0.4	-2.4
1968	4	2.6	6	1.3	1.1	4.9	4.1	3.8	3.7	-4.7
1969	2	1.8	0	-2.3	-3.6	-2	0.8	-1.2	-0.4	4
1970	2	2.2	2.3	-0.3	-2	-4	2	-1.4	2.3	-0.2
1971	-4.5	4	-1.6	-0.8	0.8	0.2	-0.3	-0.8	0.1	-2
1972	-6.8	0.5	0.3	1.8	2.8	-0.9	0.2	-0.8	-3.6	-2
1973	0.1	-4	4.2	3	1.7	8	5.2	6	5	-2
1974	-2	1.5	-3	0.9	-2	2.4	2	0.5	2.5	-3
1975	-2	1.1	-0.2	-2	-1.8	-2	-2.3	-1.2	-1.2	-2.6
1976	-2	-0.8	-1.2	-0.9	-0.4	-2	-4.3	3.8	-4	1
1977	0.4	0	2.2	0.4	1.2	5.4	3.2	4.2	4.3	4
1978	2	0	0.9	3	4.8	-0.2	-3.8	-2	-4.2	0
1979	4	-3	-2.8	0.2	0	1.6	-2	2.2	0	2
1980	2	1.7	1.5	0.8	0.6	-2	-0.4	-2	-0.2	6
1981	6	0	5.4	2	3.1	4.2	4.8	2	5.2	2.8
1982	1.8	0	-1.6	0	1.6	0.5	-1.9	-0.1	0	-0.4
1983	2	-0.6	-3.4	2	2	2	-0.3	1.2	-1.8	-1.2
1984	4.8	-0.8	3.2	2.3	-0.8	2	-0.4	-3.4	-3.1	-2.8
1985	1.1	0	4	0	1.7	4	2	2.7	0	2
1986	0	1.7	1.4	4	4.8	3.7	-0.5	3.1	-1.1	-0.9
1987	2	-1.1	-0.3	1.7	0.8	3.7	2.8	2.5	3.1	1.8
1988	2	4	5.6	3.8	1.3	4.9	0	1.2	-0.2	2.8

продолжение таблицы В4

Год	№ Станции					
	41	42	43	44	45	46
1955	-0.9	2.1	1	1	-1	-2
1956	0	2	2.1	3.3	-0.7	2.1
1957	0.4	2	-1.4	2.8	0	3.7
1958	4	6.1	-3.7	5	1	-0.1
1959	-4	1	0.3	3.3	-1.2	1.6
1960	0	0	0	0	0	1.6
1961	-5.6	-0.8	-0.9	-0.9	2	2.1
1962	6	-3.1	0	-1.2	-0.1	-1.3
1963	-3	-0.6	4.3	3.1	-0.3	1
1964	-1.5	3.5	5.4	4.5	-0.6	0.8
1965	-4	-4.4	-0.5	-2.8	0	0.6
1966	2	-0.8	-0.5	-5	1	1.1
1967	-2	-4.1	-3	-3.1	1.3	0.1
1968	-3	-3.6	-1.3	-7.3	-0.3	0.1
1969	6	6.2	0.2	-3.8	-0.2	0.5
1970	-0.3	0	-3	-2	-1.3	-1.8
1971	-1	-3.7	-1.8	-3.1	0.2	-1.4
1972	-5.1	4	1.2	0	-0.2	-0.2
1973	-2.2	-0.9	-0.1	-0.6	-0.2	-0.5
1974	0	0.4	0.9	2.1	0	2.5
1975	-1.1	-2	-1.6	-0.9	-0.3	-0.4
1976	-4.3	5.1	0	5.5	-1	0
1977	2	-1.8	0.8	-3.1	0.1	0.1
1978	-3.2	-2.3	-0.2	-1.2	-0.3	0
1979	0	0.8	-4	-0.8	-0.7	-2
1980	2	4	0	2	0.3	-1.3
1981	2	-3.6	-3.9	-3.2	0.3	0.9
1982	-4	2	-0.1	0	0	-0.1
1983	-6	0.2	-2	-0.2	-0.1	0.2
1984	-2.2	2	-0.8	0.8	-0.8	-1.7
1985	0	1.8	0	-0.1	0	0.5
1986	0	-1.1	0	-2	-1.8	-1.7
1987	-0.4	0.9	0	0.4	0.5	-0.6
1988	2	-4	-2	-3.4	0.7	0.3

Приложение Г

Карты изокоррелят приземных аномалий давления и температуры воздуха для
двух классов замерзания реки Печоры

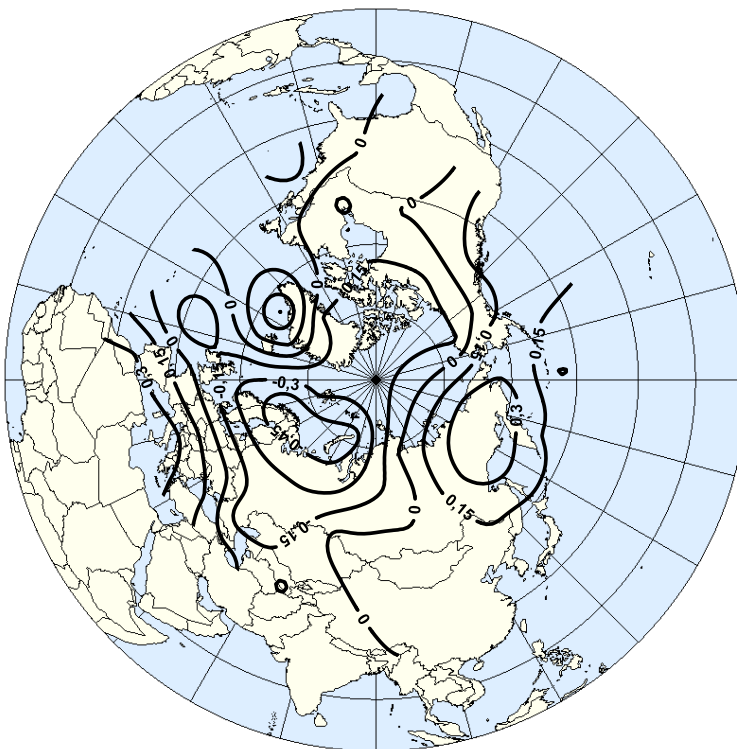


Рисунок Г1 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса
раннего замерзания
(сентябрь)

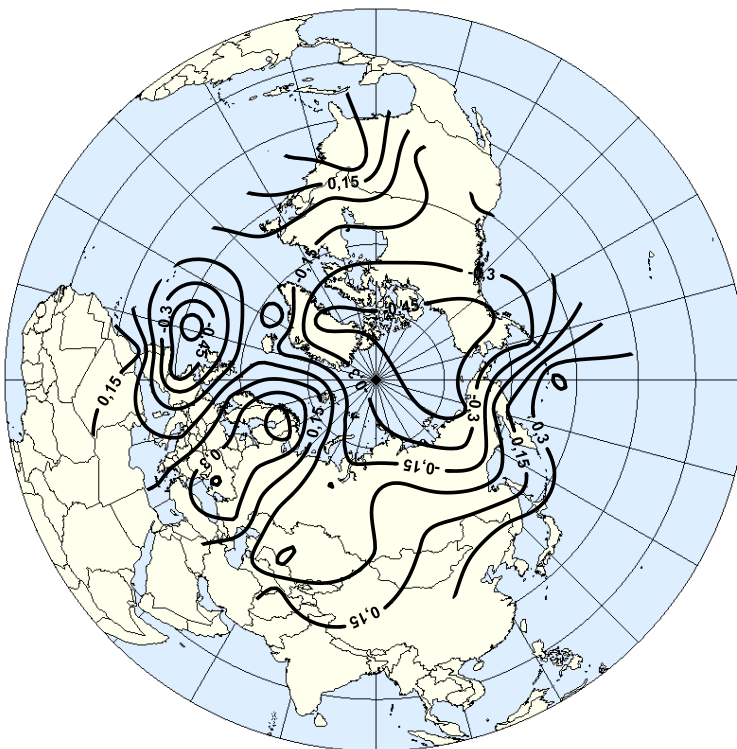


Рисунок Г2 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса позднего замерзания (сентябрь)



Рисунок Г3 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса раннего замерзания (август)

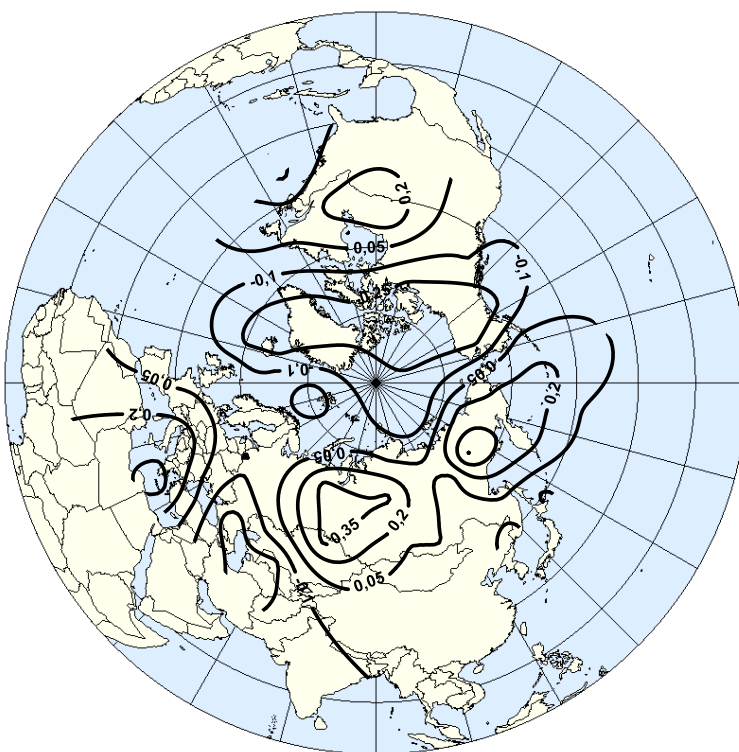


Рисунок Г4 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса позднего замерзания (август)

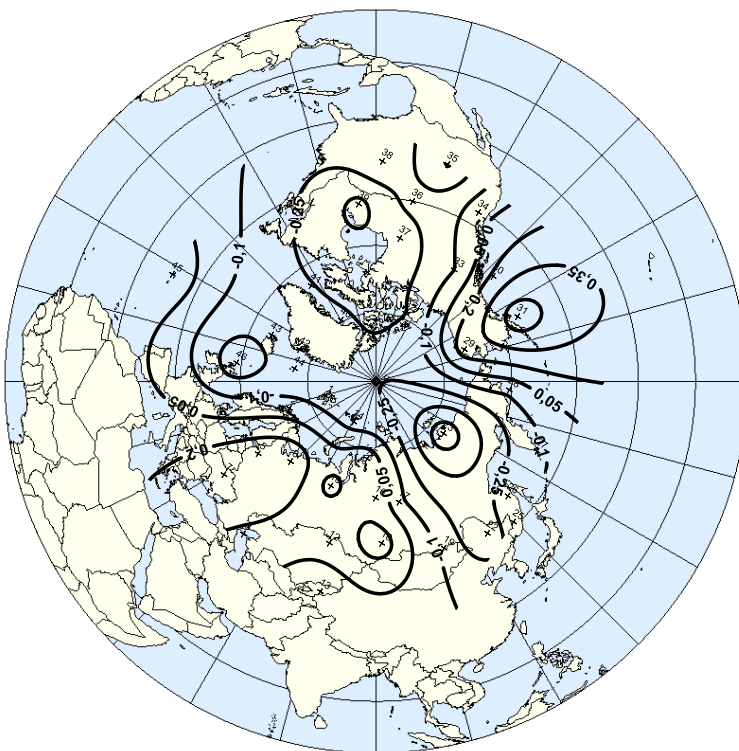


Рисунок Г5 – Изокорреляты приземных аномалий температуры воздуха для класса раннего замерзания (сентябрь)



Рисунок Г6 – Изокоррелянты приземных аномалий температуры воздуха для
класса позднего замерзания
(сентябрь)

Приложение Д

Карты изокоррелят приземных аномалий давления и температуры воздуха для
двух классов вскрытия реки Печоры

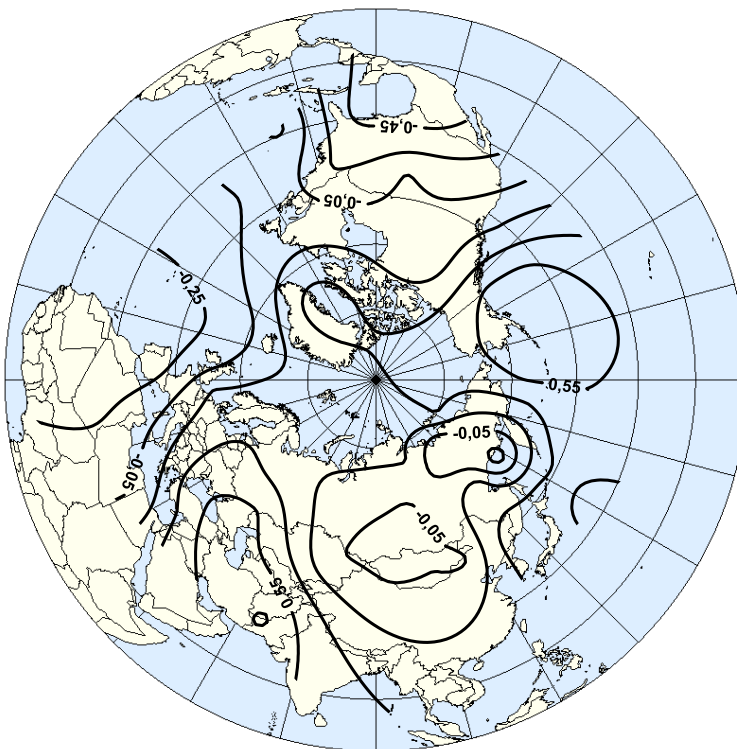


Рисунок Д1 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса
позднего вскрытия
(январь)

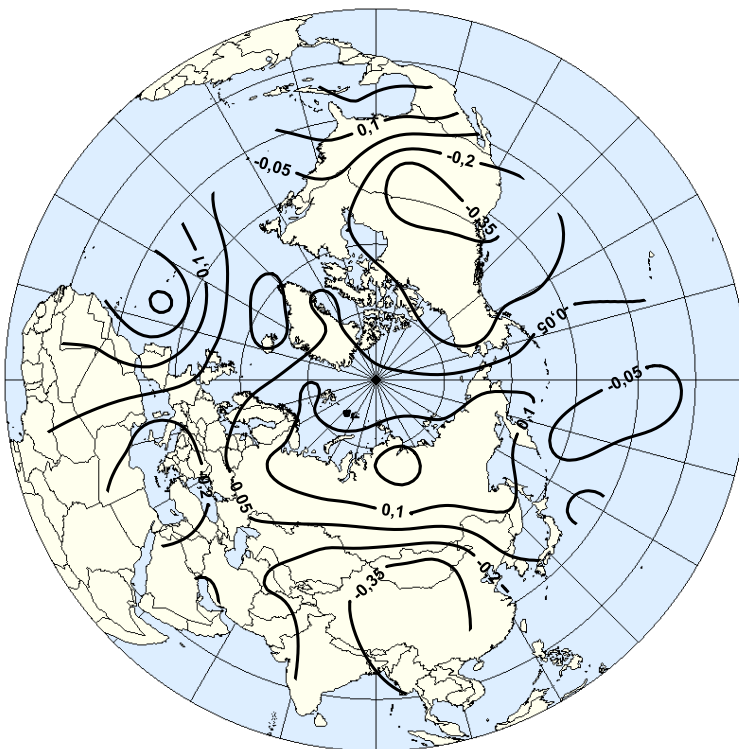


Рисунок Д2 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса раннего вскрытия (январь)

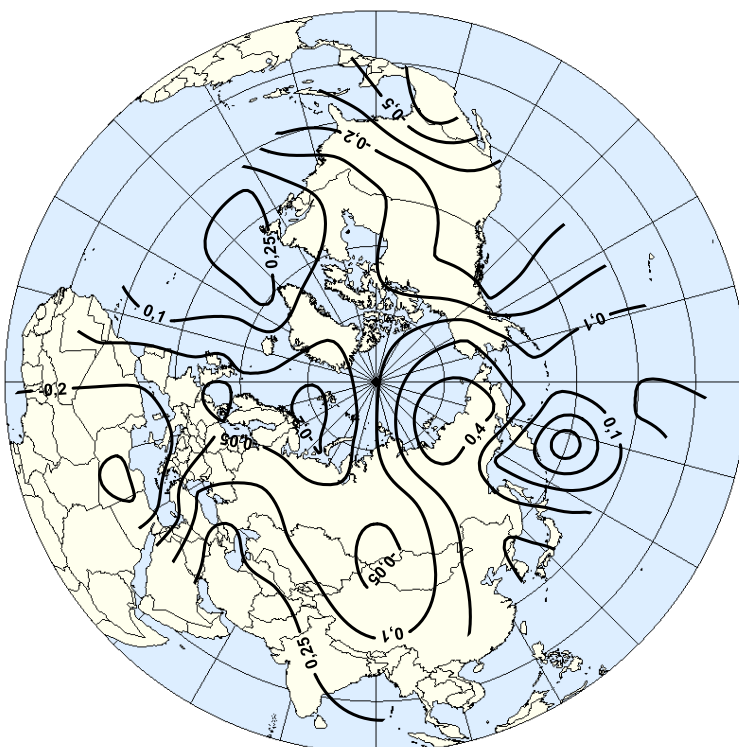


Рисунок Д3 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса позднего вскрытия (февраль)

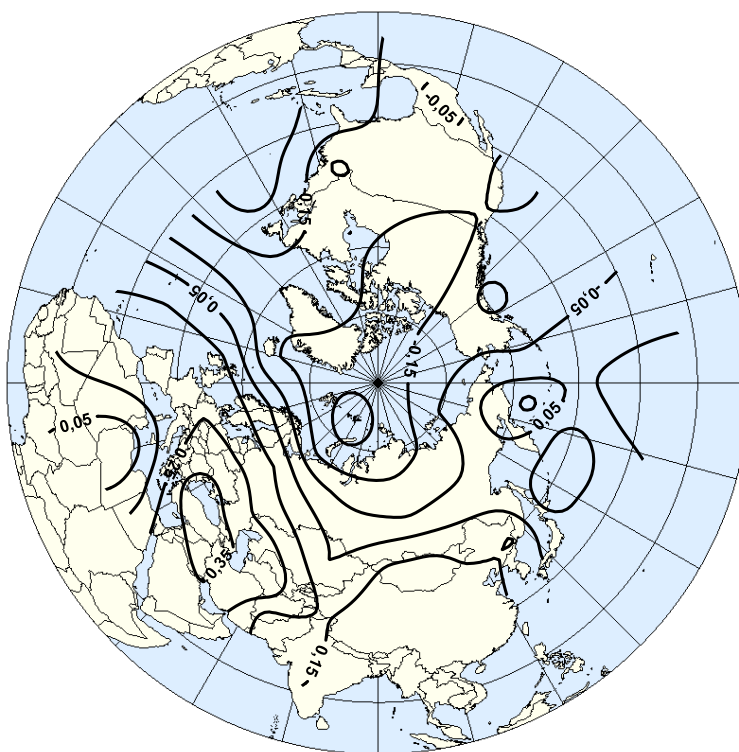


Рисунок Д4 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса раннего вскрытия (февраль)

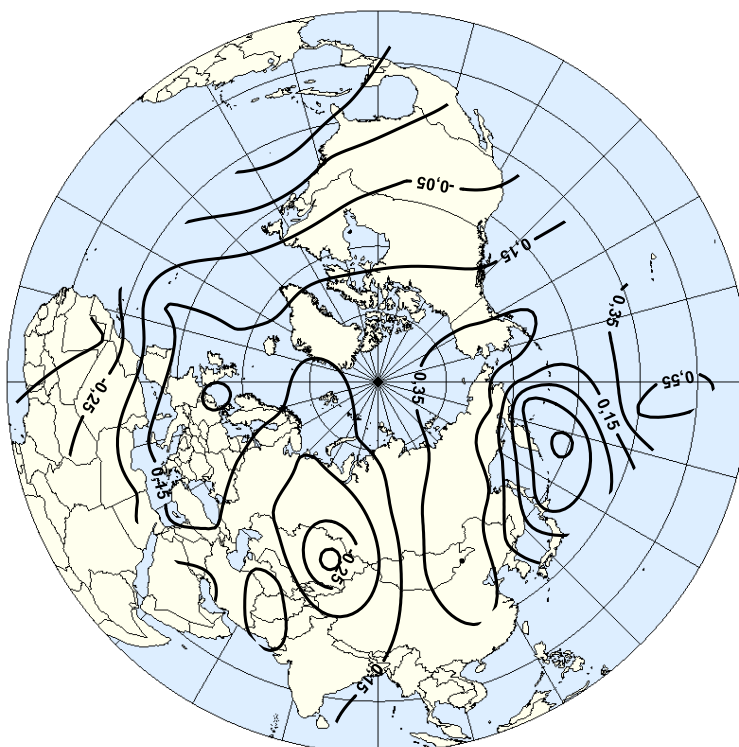


Рисунок Д5 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса позднего вскрытия (март)

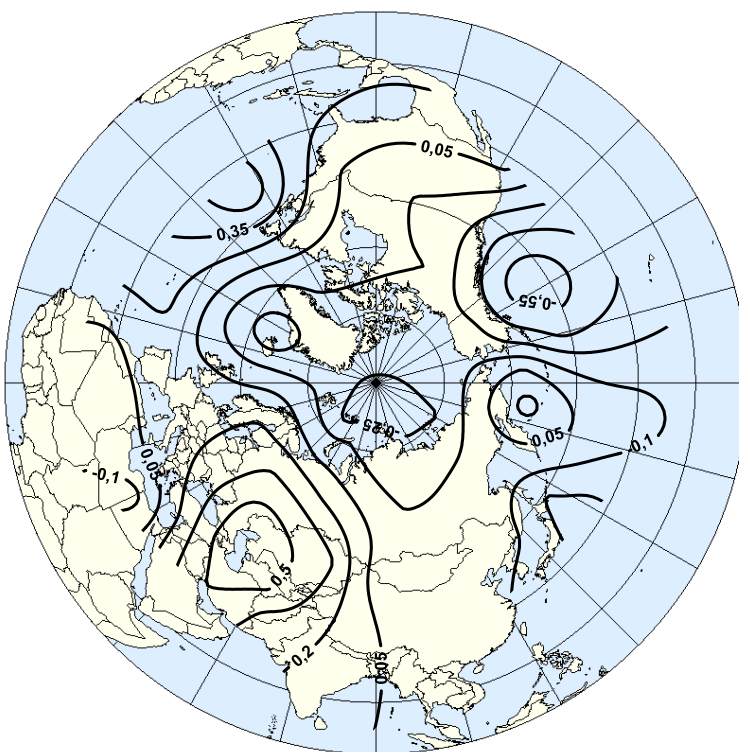


Рисунок Д6 – Изокорреляты приземных аномалий давления воздуха для класса раннего вскрытия
(март)

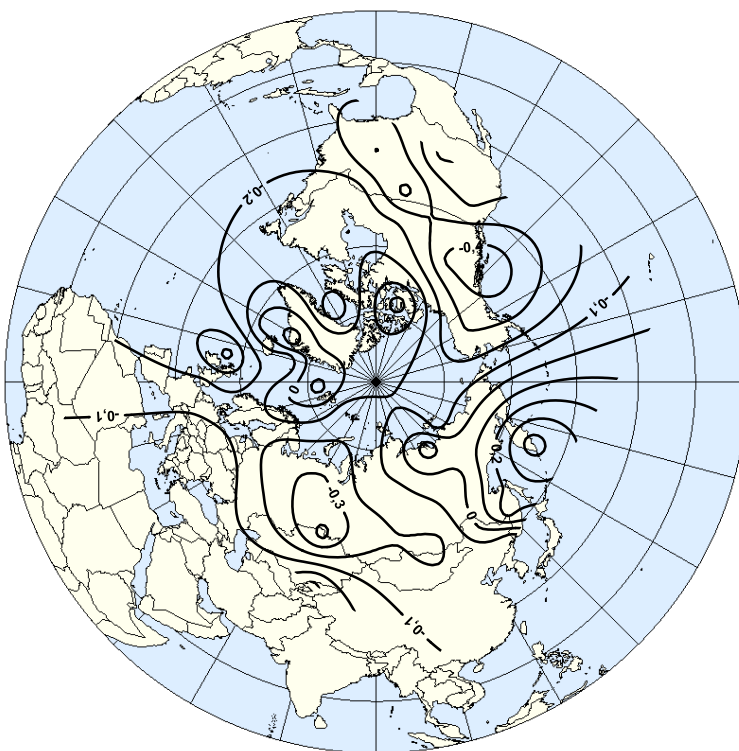


Рисунок Д7 – Изокорреляты приземных аномалий температуры воздуха для класса позднего вскрытия
(март)

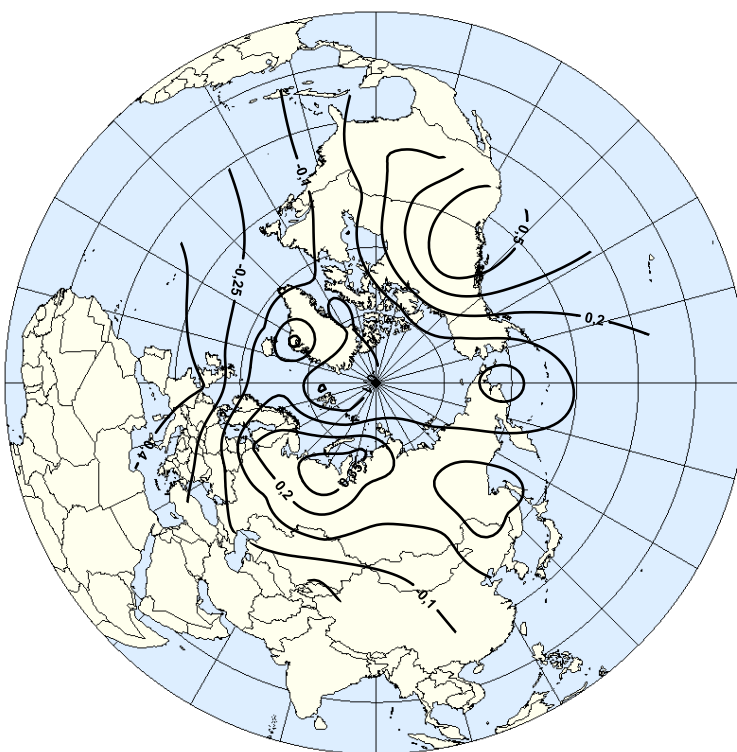


Рисунок Д8 – Изокорреляты приземных аномалий температуры воздуха для
класса раннего вскрытия
(март)