



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

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

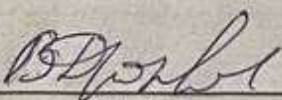
На тему Влияние изменения погодных условий на миграции птиц в западном секторе Российской Арктики

Исполнитель _____ Хохлова Людмила Павловна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ кандидат биологических наук
(ученая степень, ученое звание)

_____ Мандрыка Ольга Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

_____ 
(подпись)

_____ кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

_____ Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«__» «_____» 2022 г.

Санкт-Петербург,
2022

Оглавление

Сокращения.....	3
Введение.....	4
Глава 1. Описание района и объекта исследования	6
1.1 Физико-географическое описание района исследования	6
1.1.1 Географическое описание территории.....	6
1.1.2 Климатические условия.....	7
1.2 Миграции птиц и влияющие на них факторы	10
1.2.1 Годовой цикл птиц	10
1.2.2 Миграции птиц	12
1.3 Характеристика исследуемых видов птиц.....	15
1.3.1 Полярная крачка (<i>Sterna paradisaea</i>).....	15
1.3.2 Белая чайка (<i>Pagophila eburnea</i>).....	19
1.3.3 Характеристика обыкновенной моёвки (<i>Rissa tridactyla</i>).....	21
Глава 2. Сбор данных для исследования влияния изменения погодных условий на миграции птиц	24
2.1 Данные по встречаемости исследуемых видов птиц.....	24
2.1.1 Методы изучения миграций птиц.....	24
2.1.2 Сбор данных по встречаемости исследуемых видов птиц	26
2.2 Метеорологические данные	26
2.2.1 Гидрометеорологические станции западного сектора Российской Арктики.....	26
2.2.2 Сбор метеорологических данных	29
Глава 3. Влияние погодных условий на миграции птиц.....	30
3.1 Метеорологические условия и их влияние на миграции птиц	30
Заключение	38
Список используемой литературы	39
Приложение А	41

Сокращения

ГМС	Гидрометеорологическая станция
ЗФИ	Земля Франца-Иосифа
ВМО	Всемирная метеорологическая организация

Введение

Миграция птиц является сложным природным явлением, полноценное изучение которого началось только в конце XIX в. Миграционные процессы сложны в изучении, в основном, из-за высокой мобильности птиц: невозможно заниматься изучением перемещения отдельной особи или популяции при таких быстрых перемещениях объекта исследования. На данный момент времени основным методом изучения миграций является исследование перемещений птиц при помощи кольцевания. Миграции птиц изучаются по имеющимся данным возврата окольцованных птиц, но огромное количество помеченных особей после кольцевания не попадают вновь для дальнейшего изучения их перемещений. Помимо этого, при помощи кольцевания невозможно получить оперативные данные о перемещениях птицы.

Сложность изучения миграций птиц привела к тому, что на данный момент времени миграционные перемещения мало изучены. В частности, не до конца известно, какие факторы влияют сильнее всего на миграции птиц. Метеорологические условия влияют на сроки миграционных передвижений, однако какие именно метеорологические элементы обладают самым сильным влиянием на миграции птиц, до сих пор точно не определено.

В последние 30 лет происходит потепление мирового климата, и интенсивнее всего оно происходит в Арктике. Изменение погодных условий в связи с потеплением климата может повлиять на зависимость миграционных процессов арктических видов птиц от различных метеорологических факторов. Необходимо изучение миграций птиц в условиях климатических изменений для определения того, как нынешние погодные условия влияют на миграционные передвижения птиц.

Целью данной работы является проведение анализа влияния изменения погодных условий на миграции птиц западного сектора Арктики. Для достижения поставленной цели выполнялись следующие задачи:

1. Дать физико-географическую характеристику региона исследования;

2. Рассмотреть исследуемые виды птиц;
3. Изучить годовой цикл и сезонные миграции птиц;
4. Собрать данные по наблюдениям исследуемых видов птиц и метеорологические данные в западном секторе Арктике за 30 лет;
5. Провести анализ влияния изменений погодных условий на миграции птиц;
6. Проанализировать полученные результаты.

Для исследования были выбраны три морских вида птиц: обыкновенная моёвка (*Rissa tridactyla*), полярная крачка (*Sterna paradisaea*) и белая чайка (*Pagophila eburnea*). Морские птицы существуют в экотоне атмосферы и океана, используют как морскую, так и наземную среду обитания, и поэтому могут быть особенно чувствительными к изменениям климата. Также они являются надёжными индикаторами изменений экосистем, связанных с климатическими, а также другими антропогенными и природными факторами.

Актуальность данной работы заключается в необходимости изучения миграций птиц в Арктике и их зависимости от погодных условий, так как подобные исследования проводятся крайне редко. Изучение миграций в Арктике крайне проблематично из-за отсутствия орнитологических станций и сурового климата, который может помешать проведению учётов птиц. В связи с этим существует крайне ограниченное количество исследований на тему данной работы.

Научная новизна работы состоит в том, что ранее не было проведено подобных исследований по выбранным для изучения видам птиц.

Глава 1. Описание района и объекта исследования

1.1 Физико-географическое описание района исследования

1.1.1 Географическое описание территории

Западный сектор Российской Арктики включает в себя сухопутные арктические территории, простирающиеся от Кольского полуострова до полуострова Таймыр, и акватории Баренцева, Карского морей. Обширная акватория Карского и Баренцева морей включает в себя порядка 150 островов и 3 архипелага. Остров Западный Шпицберген, являющийся частью норвежского архипелага Шпицберген, также является частью западной Российской Арктики, поскольку на основании особого статуса архипелага Российская Федерация имеет право осуществлять хозяйственную и научную деятельность на данном острове [14].

Архипелагами, находящимися в Баренцевом море, являются Земля Франца-Иосифа и Новая Земля, которая находится в Северном Ледовитом океане между Баренцевым и Карским морем. В Карском море, помимо архипелага Новая Земля, располагается также архипелаг Северная Земля.

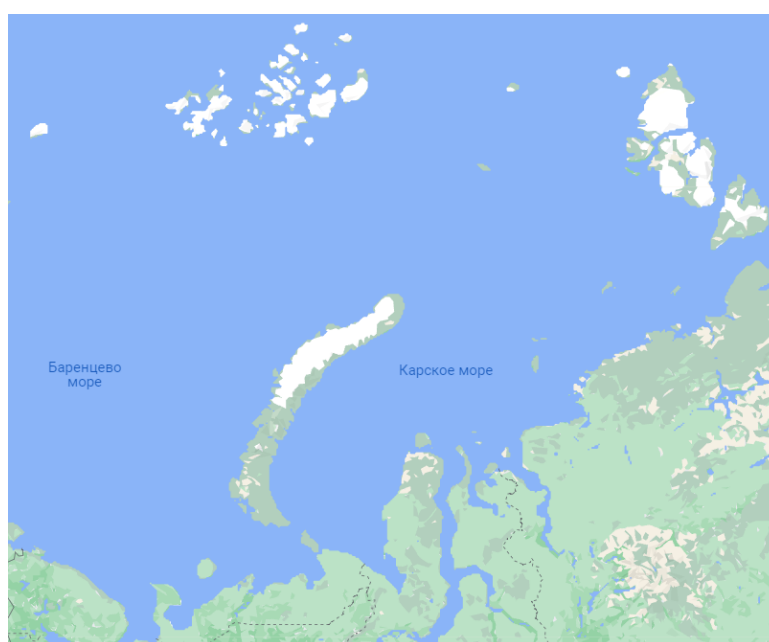


Рисунок 1 - Карта западного сектора Арктики [9]

1.1.2 Климатические условия

Арктический климат формируется под воздействием Северного Ледовитого океана и континентальных массивов суши. Главной особенностью климата Арктики является сохранение низких температур в течение всего года. Во время полярной ночи солнечный свет и тепло практически не поступают на арктическую территорию, и на протяжении 50-150 суток поверхность Арктики непрерывно остывает. Во время полярного лета поступление солнечного света непрерывно, однако из-за способности снега и льда рассеивать и отражать солнечные лучи, прогревания поверхности не происходит. Помимо этого, так как солнце находится низко над горизонтом, любые выпуклые формы рельефа создают длинные тени, что ограничивает поглощение тепла поверхностным слоем земли.

Средние январские температуры в западной Арктике колеблются в диапазоне от -40 до 0°C . В июле средняя температура составляет от -10 до $+10^{\circ}\text{C}$. Осадки выпадают преимущественно в виде снега, практически во всем районе исследования среднегодовой уровень снежного покрова составляет 50 см. В течение всего года самые сильные ветра наблюдаются над Баренцевым морем: эта область находится в зоне циклонов. Зимой скорость ветра над Баренцевым морем может достигать до 180 км/ч [8].

За последние 10 лет потепление климата в Арктике идёт примерно в 4 раза быстрее, чем в остальном мире. Ускоренное потепление Арктики происходит на протяжении последних 20 лет, и вероятнее всего будет происходить и дальше. На рисунке 2 представлен график, отображающий среднегодовую температуру поверхностного слоя воздуха в Арктике за 1900-2020 гг, из которого можно сделать вывод, что температура в Арктике поднимается стремительнее, чем в остальном мире.

По данным наблюдений, температура воздуха в Арктике за последнее столетие увеличивалась почти вдвое быстрее, чем средняя температура Земли.

С 1980-х гг. температура в холодное время года на большей части Арктического пояса увеличивалась примерно на 1°C за десятилетие.

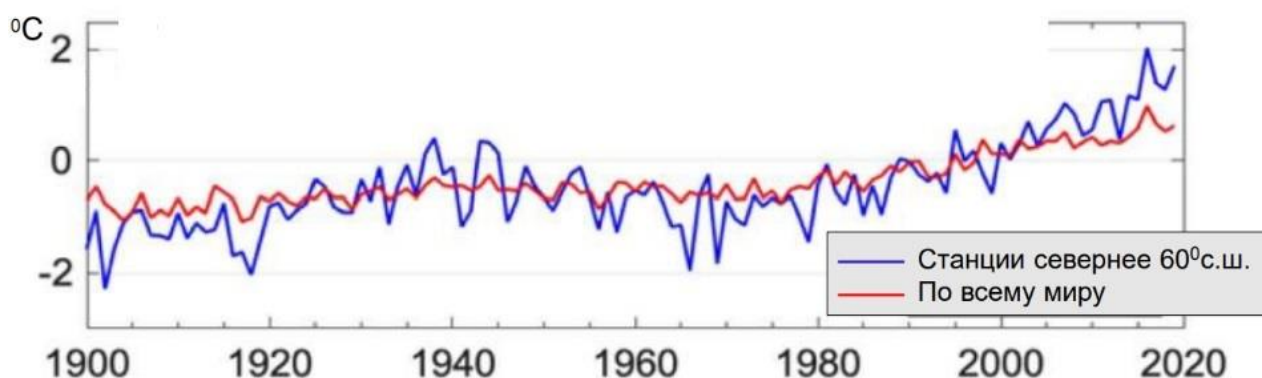


Рисунок 2 - Среднегодовая температура поверхностного слоя воздуха на наземных станциях наблюдения в Арктике за период 1900-2020 гг [13].

Значительное сокращение площади оледенения за последние 30 лет (на 15-20%) подтверждают инструментальные наблюдения за арктическими льдами со спутников. Спутниковые данные показывают, что в среднем на 2,7% за десятилетие уменьшалась среднегодовая площадь льдов в Арктике. Особенно заметна динамика летнего льда. За последнее десятилетие площадь морских льдов в сентябре сократилась на 7,4%. Начиная с 2002 года один за другим регистрировались все более глубокие минимумы летней площади льда, а в 2007 году был достигнут абсолютный минимум за период спутниковых наблюдений с 1979 года - 4,3 млн. км². Таяние арктических льдов приводит к усилению потепления в регионе вследствие так называемой положительной обратной связи: повышение температуры приводит к усиленному таянию ледового покрова Арктики. При большом количестве не покрытой льдом воды или земли без снега происходит повышенное поглощение солнечного излучения, так как в данных случаях нет отражающей поверхности белого цвета.

Изменение климата может привести к необратимым последствиям экосистемы Арктики:

1. сокращение биоразнообразия;
2. обострение существующих проблем конкуренции видов;

3. усиление влияния ультрафиолетовой радиации на биологические процессы в морской среде;

4. сокращение среды обитания белых медведей, тюленей, некоторых видов птиц;

5. нарушение кормовой базы и традиционных миграционных путей северных оленей и других видов животных.

Для окружающей среды:

1. будет продолжаться повышение среднегодовой температуры приземного воздуха. Наиболее заметным рост температуры будет в зимний период. При этом следует иметь в виду довольно высокий уровень неопределенности оценок, что объясняется недостаточно плотной сетью наблюдений, сравнительно короткими рядами многолетних инструментальных гидрометеорологических наблюдений (регулярные наблюдения в Арктике начались только во второй половине XX столетия) и ограничениями пространственного разрешения климатических моделей. Необходимы дополнительные исследования изменения климата в отдельных регионах российской Арктики;

2. ожидается сокращение периода с устойчивым снежным покровом, увеличение осадков (особенно зимних), стока рек и рост температуры воды в водоемах;

3. к середине столетия может сократиться период ледостава, увеличатся темпы деградации вечной мерзлоты. Уменьшение ледовитости арктических морей будет проходить преимущественно за счет сокращения площади и толщины многолетних льдов;

4. прогнозируется подъем уровня моря и увеличение частоты и интенсивности опасных погодных явлений;

5. повышение концентрации загрязняющих веществ в атмосфере;

6. повышение загрязнения водоемов, суши и морей;

7. увеличение эмиссии метана из-за таяния вечной мерзлоты [7].

1.2 Миграции птиц и влияющие на них факторы

1.2.1 Годовой цикл птиц

Годовой цикл сезонных явлений птиц представляет собой систему генетически закреплённых закономерно меняющихся в течение одного года физиологических состояний организма и обусловленных ими поведенческих реакций и морфологических процессов, связанных с размножением, ростом и развитием, линькой, миграциями и скоррелированных с сезонными изменениями среды обитания. Особенностью годового цикла птиц является то, что в течение года у особей происходит смена физиологических состояний и обусловленных ими сезонных явлений в строгом, последовательном порядке.

Годовой цикл птицы имеет некоторые различия в зависимости от возраста птицы. Принято разделять особей по следующим возрастным группам: птенцы, молодые, неполовозрелые и взрослые. К молодым относятся птицы первого года жизни, от момента покидания ими гнезда до завершения постювенальной линьки. Как правило, к этой возрастной группе относятся птицы возрастом до одного года, поэтому чаще всего таких птиц называют «первогодками». К неполовозрелым - все особи с момента окончания постювенальной линьки до наступления момента первой половой активности. В последнюю возрастную группу (взрослые) входят особи, которые приступали к размножению более одного раза.

Цикл жизни птицы состоит из нескольких периодов и некоторые характерны только для молодых и неполовозрелых особей. После рождения птенца, его последующего развития и покидания гнезда наступает ювенальная миграция. Ювенальная миграция необходима для ухода с места рождения и для перемещения на участки, богатые кормом, на период постювенальной (послелиночной) миграции. После ювенальной миграции происходит постювенальная линька, которая сменяет оперение с ювенального, характерного для первогодок, на окончательное взрослое. С этого момента

птицу принято определять по возрасту не как «молодую», а «неполовозрелую». Вторая миграция в жизни птицы - послелиночная - происходит после первой линьки птицы, и позволяет особи попасть в пригодный для зимовки ареал обитания. Далее происходит зимовка, а после неё - предбрачная линька, предбрачная миграция и предбрачная активность. Предбрачная линька изменяет временно обычное оперение птицы на «брачный наряд», который необходим для привлечения особи противоположного пола во время периода размножения. Во время предбрачной миграции птицы перемещаются к местам размножения. Предбрачная активность включает в себя поиск пары и территории для гнездования. После предбрачной активности наступает период половой активности, и после него у птицы уже не будет ювенальной миграции и постювенальной линьки, так как эти процессы характерны только для первого года жизни особи. Вместо них будет происходить послебрачная миграция и послебрачная линька, и после них все периоды годового цикла повторяются вновь. При второй половой активности птица станет считаться взрослой особью [11].

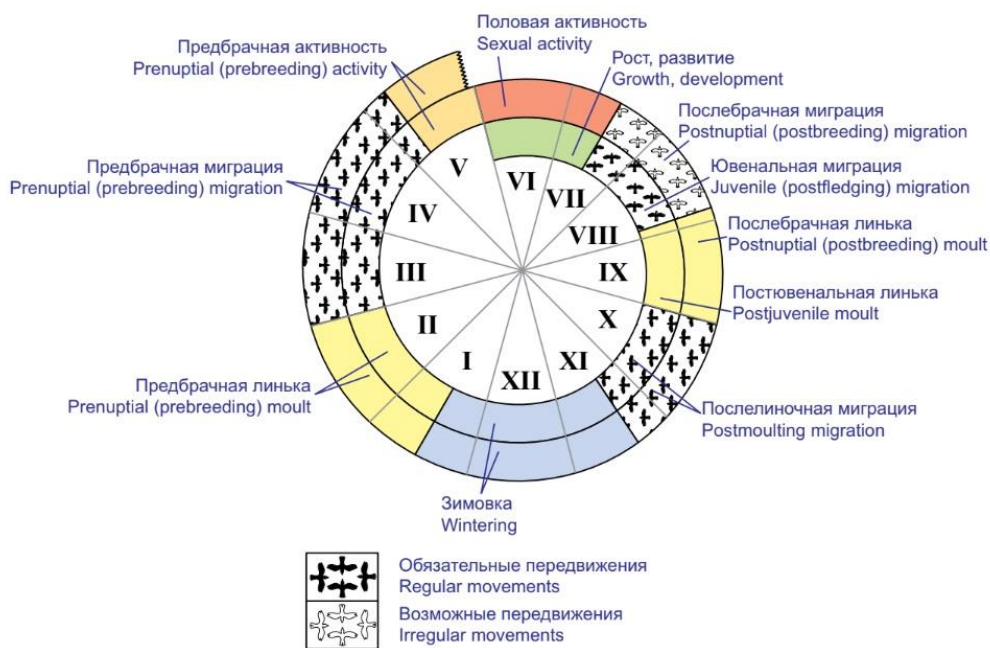


Рисунок 3 - Схема годового цикла птицы [11].

1.2.2 Миграции птиц

Миграции - это передвижения, которые связаны с со сменой постоянного участка обитания. Миграции занимают особенное место в годовом цикле птиц, являясь его неотъемлемой частью. Миграционные процессы необходимы для поиска подходящей кормовой базы, избежания неблагоприятных климатических условий. Данные причины миграций важны не только для выживаемости особи, но и для размножения. Период половой активности и последующего гнездования невозможен без достаточного количества пропитания и пригодных климатических условий, так как от этого напрямую зависит выживаемость будущих птенцов.

Миграционная активность имеет различные формы. Кочевой тип миграций представляет собой обязательные и географически направленные перемещения. Чаще всего причиной такого типа миграций являются внешние факторы, например недостаток кормов. При наличии достаточного количества пропитания миграция наступает только в периоды обязательных перемещений, а при отсутствии кормов миграционные перемещения продолжаются. Кочевая форма миграций характерна в основном для видов птиц, которые используют в пищу семена и плоды растений, плодоносящих не ежегодно.

Блуждающая форма миграционного поведения подразумевает под собой отсутствие обязательных перемещений. Передвижения возникают только при дефиците кормов, неблагоприятных условиях для гнездования.

Особой формой миграций является расселение молодняка, или ювенальная миграция. Такая форма миграционных перемещений характерна для первогодков, и она является первой миграцией в жизни особи.

Последней формой миграций являются перелёты, это дальние и направленные перемещения всех особей определённой популяции в другие климатические зоны. Принято считать, что их продолжительность и направленность закреплены наследственно у дальних мигрантов.

Современные взгляды, основанные на исследованиях поведения и физиологии птиц, указывают на то, что миграция - это регулярное, ежегодное перемещение особей, вызванное внешними факторами. Регулярность прилёта и вылета является самой впечатляющей особенностью миграционных перемещений [12].

1.2.3 Влияющие на миграции птиц факторы

Факторы, влияющие на миграции птиц, можно разделить на две группы: внешние и внутренние.

К внешним факторам относятся метеорологические условия (скорость ветра, температура и др.), наличие кормовых ресурсов, пригодная территория для гнездования и длина светового дня (фотопериод).

В результате множества исследований было выявлено, что длина светового дня влияет на состояние птиц, побуждая их к подготовке к миграции. В 1926 году канадский биолог и орнитолог Уильям Роуэн обнаружил, что искусственное увеличение продолжительности светового дня зимой вызывает у мигрирующих видов преждевременное развитие таких явлений, как отложение жира, предбрачная линька. Данное исследование породило интерес орнитологов к дальнейшему изучению фотопериодического контроля сроков миграции птиц. В дальнейшем ряд исследователей продолжили изучать данный вопрос. Подобные исследования проводили американские орнитологи Альберт Вольфсон и Дональд Фарнер в 1959 году и 1961 году соответственно, а также российский и советский орнитолог Виктор Рафаэлевич Дольник в 1975 году [12]. В научных работах вышеперечисленных учёных было выявлена зависимость сроков миграций от длины светового дня для десятков видов птиц умеренных и высоких широт. Принято считать, что длина светового дня влияет на две группы физиологических функций в организме. Фотопериод контролирует фазы околосуточных ритмов, представляя собой датчик времени. Помимо этого, фотопериод контролирует околосезонные циклы птиц. Дональд

Фарнер предположил в своих работах, что эти две функции фотопериода связаны между собой: околосоточные ритмы исполняют роль биологических часов, которые измеряют длину светового дня при фотопериодическом контроле годового цикла. Виктор Дольник в 1975 году обнаружил, что наличие низкой температуры в сочетании с длинным световым днём не привело к проблемам с отложением жира у исследуемых видов птиц [5]. В то же время, сочетание высоких показателей температуры и короткого светового дня не способствовали миграционному накоплению жира. Таким образом, длина светового дня является важным внешним фактором для миграционных процессов птиц.

Наличие кормовых ресурсов и пригодная для гнездования территория также являются важными факторами, влияющими на миграции птиц. Оба эти фактора важны, преимущественно, после зимовки, когда птицы готовятся к размножению. Отсутствие пригодного места для гнездования заставляет особей разных видов птиц совершать дополнительные перемещения в поисках подходящей локации для гнездования. Помимо этого, для успешного брачного периода и выращивания потомства необходимо наличие достаточной кормовой базы, в поисках которой птицы проводят некоторое время, что влияет на сроки предбрачной миграции.

Метеорологические условия изменяют сроки вылета и прилёта птиц, влияют на их миграционные маршруты. Подробнее погодные условия и их влияние на миграции птиц будут изучены в последней главе.

К внутренним факторам относятся эндогенные окологодовые ритмы. Первые данные об окологодовых ритмах сезонных явлений у птиц были получены при изучении оседлых тропических и некоторых перелётных видов птиц в 1959 году австралийским орнитологом Джоном Маршаллом. В дальнейшем ряд экспериментов показали, что окологодовые ритмы существуют у многих видов птиц. Например, было доказано, что славка-черноголовка (*S. atricapilla*) обладает регулярными функциями годовых функций (например, миграционная линька), которые поддерживаются на протяжении множества

годовых циклов. В то же время, такие функции как набор веса уже через год становятся аритмичными. Такие эксперименты показывают, что окологодные ритмы птиц являются врождёнными, и образовались в процессе эволюции в связи с сезонным изменением окружающей среды. Предполагается, что сроки миграций, и скорость прохождения миграционного маршрута также являются наследуемыми признаками, которые образовались благодаря естественному отбору [12].

На сегодняшний день вопрос остаётся открытым, какие факторы являются преобладающими для начала миграций. Долгое время в течение прошлого столетия считалось, что решающими факторами для миграционных перемещений птиц являются внешние факторы, так как для перелётов птиц необходимы подходящие погодные условия. Многочисленные эксперименты, проведённые в лабораторных условиях, свидетельствуют о том, что эндогенные окологодные ритмы, фотопериоды задают время начала развития миграционного состояния. Однако внешние факторы среды могут существенно повлиять на сроки отлёта и прилёта птиц, и на время их нахождения на миграционном маршруте. Таким образом, и внешние, и внутренние факторы контролируют миграционные процессы птиц, и нуждаются одинаково в пристальном изучении. В данной работе будет подробно изучены только внешние факторы, а именно метеорологические (погодные) условия.

1.3 Характеристика исследуемых видов птиц

1.3.1 Полярная крачка (*Sterna paradisaea*)

Полярная крачка (*Sterna paradisaea*) - вид птиц из семейства чайковых. Обладает небольшими размерами (33-35 см), и очень короткими лапами, вследствие чего предпочитает перемещаться только по воздуху. Окраска оперения взрослых разножающихся особей бледно-серая, шапочка чёрного

цвета, ноги и клюв красного цвета. У молодых особей чёрная шапочка по размеру меньше, чем у взрослых, а также ноги и клюв чёрного цвета.

Питаются полярные крачки мелкими видами рыб, ракообразными, насекомыми. Состав кормов птиц может быть разным, в зависимости от местообитания птицы.



Рисунок 4 - Полярная крачка (*Sterna paradisaea*) [19]

Полярные крачки гнездятся в полярных областях, распространяясь по территориям возле Северного Ледовитого океана. Ареал гнездования охватывает обширные территории Евразии и Северной Америки. Гнездование полярных крачек отмечено на побережьях в Исландии, Ирландии, Великобритании, Швеции, Дании, Финляндии. Также были отмечены случаи гнездования в Франции, Бельгии, Польше, но это единичные случаи, не свойственные обычному гнездовому ареалу вида.

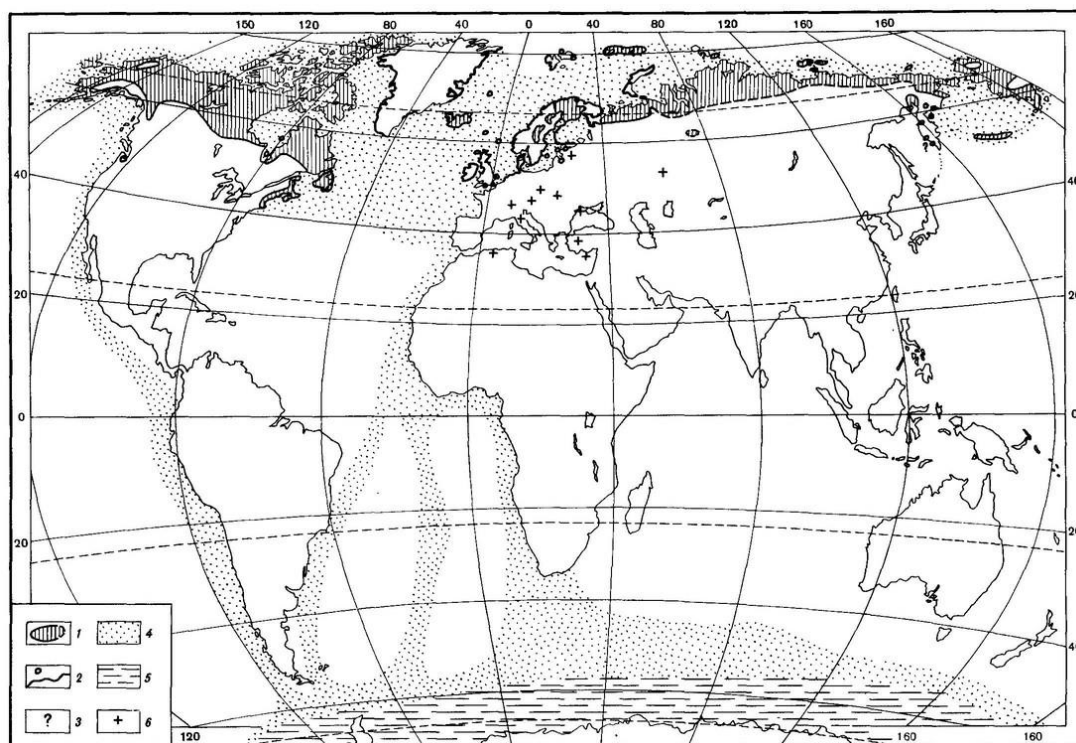


Рисунок 5 - Область распространения полярной крачки [16]

1 — область гнездования (пунктиром показана неуточнённая граница), 2 — гнездование на узкой прибрежной полосе и отдельные поселения, 3 — предполагаемые места гнездования, 4 — область пролёта, 5 — места зимовок, 6 — залёты

Что касается гнездования на территории России, известны гнездовые заселения полярных крачек на Ладожском озере, на побережье Кольского полуострова, Белового моря, включая Соловецкие острова. Крачки также гнездятся по всему Ямалу. В целом, область гнездования крачек распространяется по всему полярному кругу России, и самым южным заселением крачек считается область на Енисее около Игарки.

Полярные крачки отмечены также на островах арктической зоны России: на Новой Земле, острове Врангеля, Земле Франца-Иосифа, Новосибирских островах. Общая популяция вида составляет 3 миллиона особей.

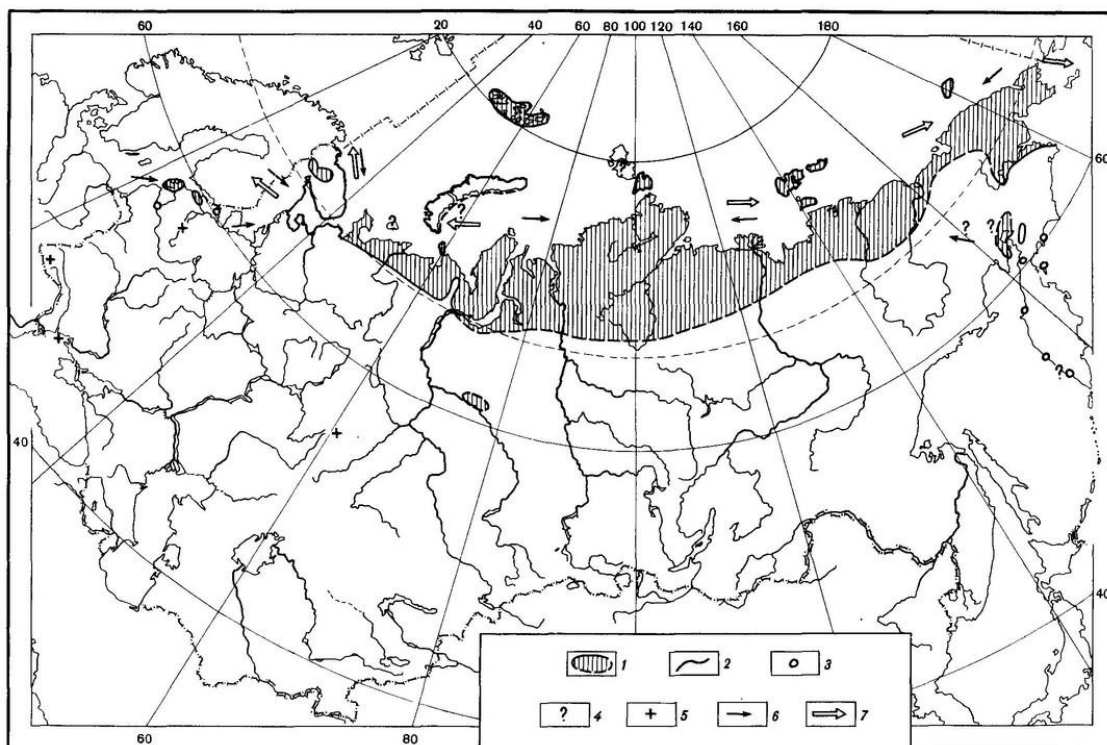


Рисунок 6 - Ареал полярной крачки в России [16]

1 — область гнездования (пунктиром показана неуточнённая граница), 2 — гнездование в узкой прибрежной полосе, 3 — отдельные поселения, 4 — места предполагаемого гнездования, 5 — залёты, 6 — направления весенних миграций, 7 — то же осенних миграций

На зимовку полярные крачки отправляются в Антарктиду, пролетая через Атлантический и Тихий океаны. Птицы проникают в Антарктиду вплоть до 74° ю.ш. Данный вид птиц является одним из самых дальних мигрантов, и единственным видом, мигрирующим каждый год из Арктики в Антарктиду. За год полярная крачка может пролететь суммарно до 80 000 км [16].

Полярные крачки начинают летать в возрасте 21-24 дней, после чего у них начинается ювенальная миграция. Птицы перемещаются в места зимовок, в среднем первая миграция у полярной крачки длится порядка 2 месяцев. Во время зимовки, в возрасте около 100 дней, начинается постювенальная линька, которая плавно переходит в предбрачную линьку без перерыва. Большое количество молодых птиц в первый год жизни не достигает гнездового ареала обитания, и проводит лето на просторах Атлантического и Индийского океанов. На следующий, второй год жизни, в годовом цикле полярных крачек

наблюдается два периода миграционной активности - послебрачная и предбрачная миграция. Эти миграционные активности объединяют гнездовую и зимовочную часть ареала [11].

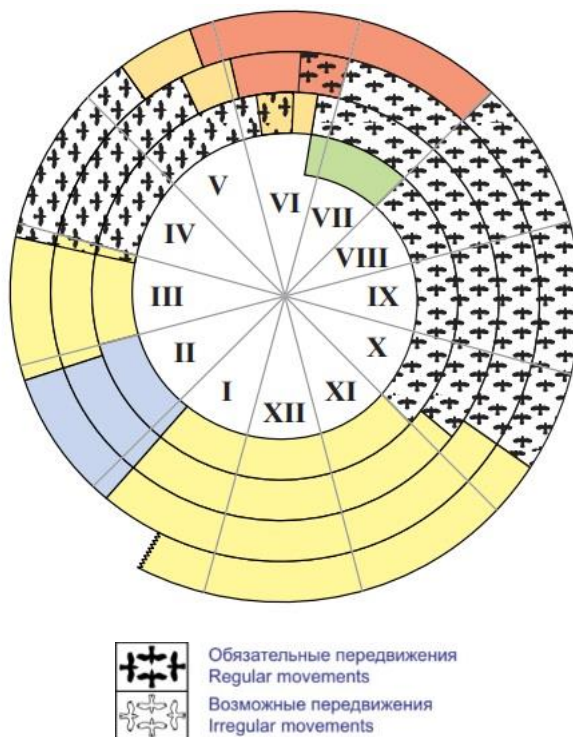


Рисунок 7 - Миграционная активность в жизненном цикле взрослой особи у полярной крачки [11]

1.3.2 Белая чайка (*Pagophila eburnea*)

Белая чайка (*Pagophila eburnea*) - вид птиц из семейства чайковых. Характерный представитель арктической орнитофауны, внесена в Красные книги Российской Федерации и Норвегии.

Оперение у взрослых птиц полностью белого цвета, ноги чёрного цвета. Окраска оперения молодых особей также белого цвета, но помимо этого на оперении можно наблюдать тёмные пятна на крыльях, хвосте, в области клюва. Размер птицы средний, длина взрослой особи составляет порядка 40 см. Питание белой чайки состоит из рыбы (преимущественно сайки), криофильных

беспозвоночных. Данный вид чаек также может использовать в пищу остатки чужой добычи и мусор, добытый на суше. Зимой часть их рациона состоит из фекалий, в частности белых медведей, моржей и тюленей.



Рисунок 8 - Белая чайка (*Pagophila eburnea*) [20]

Гнездится белая чайка на высокоширотных островах Арктики: на Канадском Арктическом архипелаге, Шпицбергене, Земле Франца-Иосифа, Северной Земле, на островах Карского моря. Вне гнездового периода белую чайку можно встретить по всему Северному Ледовитому океану. Белая чайка - циркумполярный вид, который редко залетает в глубь континента. Ареал обитания, в основном, простирается от Северной Земли через Землю Франца-Иосифа к Шпицбергену. В 2012 году общая популяция белых чаек составляла 19 000-27 000 особей.

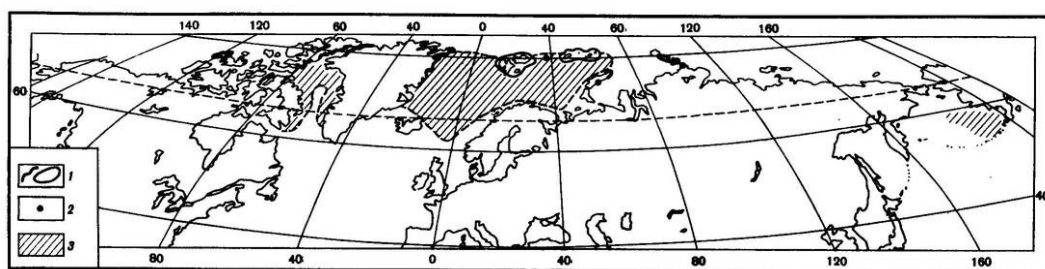


Рисунок 9 - Область распространения белой чайки

1 — область гнездования, 2 — отдельные гнездовые поселения; 3 — места зимовок [17]

Данный вид чаек особенно чувствителен к изменениям ледовых ландшафтов, так как круглогодично обитает на территориях, которые покрыты льдом. Белая чайка проводит все этапы жизни на ледовом покрове, размножаясь, питаясь и зимуя. Современное изменение климата привело к уменьшению ледового покрова Северного Ледовитого океана, что не может не влиять на состояние вида. К примеру, в 2002-2003 годах численность этого вида в Канаде сократилась на 80%, и есть основания предполагать, что такое снижение численности связано с уменьшением территории, покрытой льдом. Из-за сокращения льдов происходит потеря мест обитания, размножения, охотничьих угодий. Белая чайка не будет заниматься гнездованием, если источников пищи недостаточно, чтобы её потомство не погибло ни в процессе инкубации, ни в процессе вылупления [17].

1.3.3 Характеристика обыкновенной моёвки (*Rissa tridactyla*)

Обыкновенная моёвка - вид птиц из семейства чайковых. Птица средних размеров (37-41 см), окрас оперения неоднородный: голова белого цвета, спина и крылья серые, кончики крыльев чёрные. Клюв жёлтого цвета, а ноги - чёрного.



Рисунок 10 - Обыкновенная моёвка (*Rissa tridactyla*) [15]

Основным источником питания данного вида птиц является рыба (треска, мойва, пикша), однако в рационе моёвок также можно обнаружить веслоногих ракообразных, кальмаров.

Моёвки являются прибрежными морскими птицами, обитающими в арктических и субарктических регионах мира. Жизнь птиц постоянно связана с морем, сушу моёвки посещают только для гнездования. Гнездится моёвка на скалистых берегах, большими колониями. Средняя численность колоний достигает до 100 тыс. пар. Популяция моёвок распространяется по всем северным островам арктического бассейна (Гренландия, Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля, остров Врангеля).

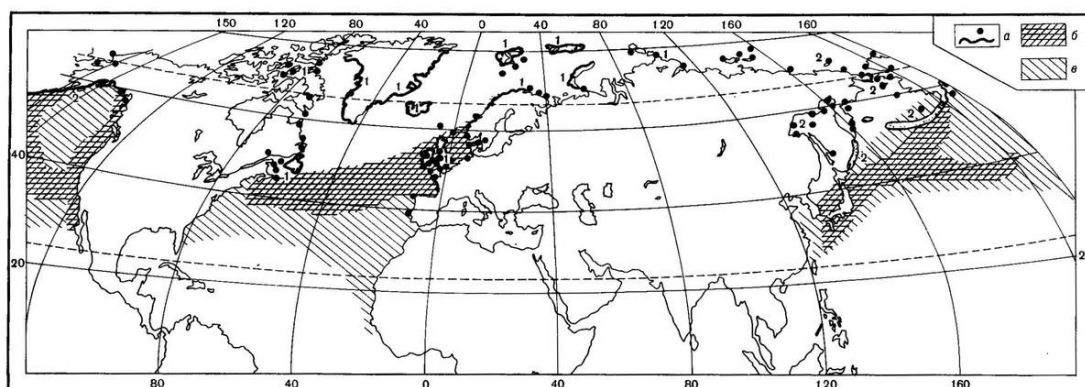


Рисунок 11 - область распространения обыкновенной моёвки
а — гнездовые поселения и гнездование узкой полосой вдоль побережья, б — область массовых зимовок, в — область нерегулярных зимовок [15]

Общая популяция моёвок в мире составляет, в среднем, 15 миллионов особей. На данный момент времени не замечено снижения численности вида, однако повышение температуры океана негативно сказывается на многих видах рыб, в том числе входящих в рацион моёвок. Потепление температуры воды негативно сказывается на популяции различных видов рыб, и такое воздействие в дальнейшем может негативно повлиять на размножение моёвок, которые сильно зависят от своего основного источника питания [15].

Миграционные перемещения у моёвок всех возрастных групп занимают подавляющее количество времени. Перемещения у первогодков происходят во время ювенальной миграции, постювенальной линьки, и после неё. Также возможны перемещения птиц всех возрастных групп во время зимовок и во время предбрачной линьки. Период размножения у птиц начинается, в среднем, на 4-ом году жизни. Миграции молодых птиц происходят немного позднее, чем у птиц старших возрастных групп [11].

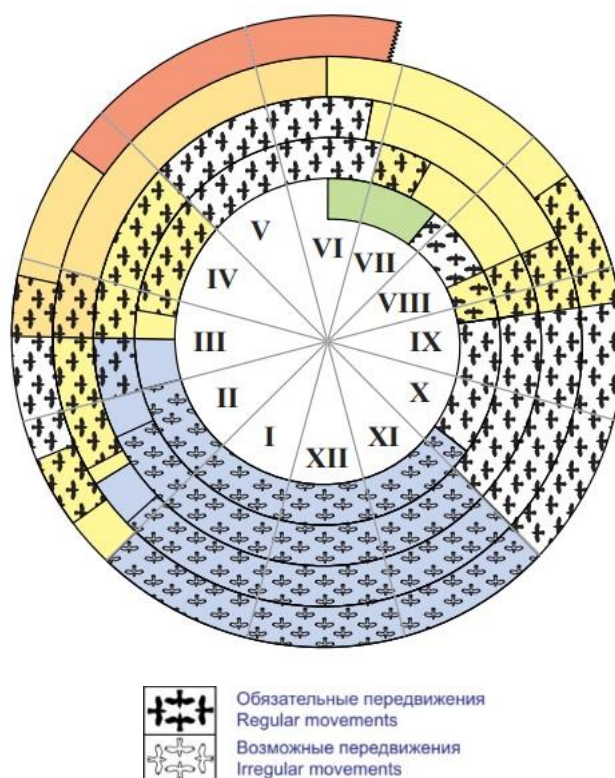


Рисунок 12 - Миграционная активность в жизненном цикле у моёвки [11]

Глава 2. Сбор данных для исследования влияния изменения погодных условий на миграции птиц

2.1 Данные по встречаемости исследуемых видов птиц

2.1.1 Методы изучения миграций птиц

Птицы всю жизнь находятся в непрерывном движении. Благодаря полёту и способности быстро преодолевать большие расстояния, птицы занимают особое положение по отношению ко всем остальным представителям животного мира. Птицы широко используют свою способность к полёту, являясь самыми мобильными животными на планете.

Люди издавна наблюдали за птицами, подмечая сезонность появлений птиц в определённых местах. Аристотель был одним из первых учёных, написавших о миграциях. В древние времена и вплоть до XVIII в. перемещения птиц изучались при помощи простых наблюдений. Только в конце XIX в. был изобретён метод кольцевания, который широко используется для изучения миграций птиц и по сей день. В 1899 г. датский учёный Г. Мортенсен заметил, что скворцы рядом с его домом возвращаются в одно и то же место из года в год. Тогда Мортенсен изготовил алюминиевые кольца, которыми пометил птиц. На кольцах был выбит адрес кольцевателя и порядковый номер кольца. Человек, нашедший птицу, посылал информацию о встрече с окольцованной птицей Г. Мортенсену. Такой метод изучения птиц и их перемещений оказался эффективным, и в 1930 г. кольцеванием занимались 30 центров кольцевания на территории 20 стран. На территории СССР птиц начали кольцевать в первом десятилетии XX в.

Применение прочных алюминиевых колец позволило использовать кольцевание для изучения демографических аспектов миграций, маршрутов миграций, мест зимовок и размножения. С помощью данного метода была установлена продолжительность жизни мигрирующих птиц в природе, сроки

миграционных процессов и места прилёта, отлёта. При наличии центров кольцевания по всему миру представилось возможным отмечать залёты птиц в нетипичные для них местообитания, тем самым отслеживая изменения в ареалах обитания.

Преимуществом метода кольцевания является его универсальность: во всем мире используются одинаковые кольца для мечения птиц, которые изготавливаются в Польше, и кодируются кольца по одному и тому же принципу. Код кольца состоит из набора символов, содержащего в себе латинские буквы и цифры. Латинские буквы отображают серию кольца, которая является различной в зависимости от вида птицы. Цифры, идущие после серии, являются уникальным цифровым кодом для каждого конкретного кольца. Также на каждом кольце присутствует буквенное обозначение центра кольцевания той страны, в которой птица была окольцована. При кольцевании птицы кольцеватель заносит сведения о птице и код кольца, которым её поместили, в специальную ведомость на орнитологической станции. При нахождении помеченной птицы можно связаться с центром кольцевания, который указан на кольце птицы. Например, птицы, помеченные в Российской Федерации, на кольцах имеют обозначение «MOSKWA».

Метод кольцевания, несмотря на свою универсальность и широкое применение для изучения миграций птиц, обладает рядом недостатков. При помощи кольцевания проблематично отслеживать миграции отдельных особей или популяций, и невозможно получить оперативную информацию о перемещениях птицы. Также недостатком метода является низкий процент находок птиц от общего количества окольцованных особей.

Более техничным и точным методом исследования перемещений птиц является использование геолокаторов, которые позволяют отслеживать перемещение птиц в течение всего года. Однако использование данных устройств требует повторного отлова птицы для считывания данных, что зачастую достаточно проблематично осуществить. Помимо этого, такой метод исследования является дорогостоящим, и поэтому может использоваться

только для конкретных задач и целей, не получая широкого применения в мире и не заменяя метод кольцевания [1].

Самым простым методом исследования миграций птиц является наблюдение за птицами. Такой метод позволяет изучать перемещения птиц в любом месте планеты, так как для наблюдения необходимо только присутствие опытного орнитолога, который может в полевых условиях быстро и безошибочно определить вид птицы. Места встреч птиц, их вид, количество особей письменно описывается и впоследствии, как правило, публикуется в виде научных работ. В России с 1992 г. издаётся в Санкт-Петербурге «Русский орнитологический журнал», который включает в себя огромное количество информации о встречах птиц орнитологами. Данное издание, помимо сводок о встречах различных видов птиц по всей России, освещает все вопросы по проблемам орнитологии.

2.1.2 Сбор данных по встречаемости исследуемых видов птиц

Для анализа влияния изменений погодных условий на миграции птиц был собран массив данных, включающий в себя информацию о 167 встречах обыкновенной моёвки, полярной крачки и белой чайки на территории Российской Арктики за 30 лет (1990-2020 гг). Данные включают в себя место наблюдения за птицей и дату наблюдения. Вся информация была собрана при помощи материалов «Русского орнитологического журнала».

2.2 Метеорологические данные

2.2.1 Гидрометеорологические станции западного сектора Российской Арктики

Сеть полярных гидрометеорологических станций является основой мониторинга природных процессов, которые протекают в океане и атмосфере

арктической области. В 30-е годы прошлого столетия было создано подавляющее количество полярных ГМС, и связано это с образованием Главного управления Северного морского пути. Значение сети полярных ГМС заключалось в оснащении оперативной информацией мореплавания и полётов авиации в высоких широтах.

Пространственный охват, количество наблюдательных платформ и пунктов были весьма значительными. В 1985 г. функционировали 110 основных ГМС, из них на 24 проводились аэрологические, на 24 — актинометрические, на 80 — морские гидрологические наблюдения. Из 110 ГМС 32 станции являлись корреспондентами Всемирной метеорологической организации.

В 90-е годы прошлого столетия обвальное сокращение сети было вызвано дефицитом финансирования арктических Управлений гидрометеорологической службы. Начиная с 2000 г. отмечается позитивная динамика развития сети.

В настоящее время функционируют и передают информацию 52 ГМС Мурманского, Северного, Якутского и Чукотского Управлений гидрометеорологической службы, на которых проводятся стандартные метеорологические (52 станции), морские гидрологические (44 станции), актинометрические (10 станций), аэрологические (7 станций) наблюдения [2].

Каждая станция обладает своим уникальным синоптическим индексом или индексом ВМО (Всемирной метеорологической организации), который представляет собой пятизначный цифровой идентификатор. Такой индекс может быть только у тех метеостанций, которые передают данные своих наблюдений в государственную и/или международную сеть обмена метеорологической информацией [18].

В западном секторе Арктики на данный момент времени функционируют 16 гидрометеорологических станций:

1. ГМС Баренцбург, индекс ВМО 20107;
2. ГМС им. Э.Т. Кренкеля, индекс ВМО 20046;
3. ГМС о. Визе, индекс ВМО 20069;

4. ГМС им. Е.К. Фёдорова, индекс ВМО 20292;
5. ГМС Стерлегова, индекс ВМО 20476;
6. ГМС Диксон, индекс ВМО 20674;
7. ГМС им. М.В. Попова, индекс ВМО 20667;
8. ГМС Марресаля, индекс ВМО 23032;
9. ГМС Амдерма, индекс ВМО 23022;
10. ГМС Малые Кармакулы, индекс ВМО 20744;
11. ГМС Индига, индекс ВМО 22292;
12. ГМС Канин Нос, индекс ВМО 22165;
13. ГМС Святой Нос, индекс ВМО 22140;
14. ГМС Териберка, индекс ВМО 22028;
15. ГМС Вайда-Губа, индекс ВМО 22003;
16. ГМС Мурманск, индекс ВМО 20292 [3].



- 1 - Баренцбург, ВМО 20107
- 2 - Им. Э. Т. Кренкеля, ВМО 20046
- 3 - Остров Визе, ВМО 20069
- 4 - Им. Е.К. Федорова, ВМО 20292
- 5 - Стерлегова, ВМО 20476
- 6 - Диксон, ВМО 20674
- 7 - Им. М.В. Попова, ВМО 20667
- 8 - Марресаля, ВМО 23032
- 9 - Амдерма, ВМО 23022
- 10 - Малые Кармакулы, ВМО 20744
- 11 - Индига, ВМО 22292
- 12 - Канин Нос, ВМО 22165
- 13 - Святой Нос, 22140
- 14 - Териберка, ВМО 22028
- 15 - Вайда-Губа, ВМО 22003
- 16 - Мурманск, ВМО 20292

Рисунок 13 - Расположение ГМС в западном секторе Арктики [QGis].

2.2.2 Сбор метеорологических данных

Для дальнейшего анализа были собраны метеорологические данные с 16 ГМС западного сектора Российской Арктики, наименования и индексы ВМО которых были перечислены в прошлом пункте под номером 2.2.1. Массив метеорологических данных включает в себя среднемесячные значения температуры, влажности воздуха, атмосферного давления и среднемесячное количество атмосферных осадков за 30 лет (1990-2020 гг).

Данные были собраны при помощи архивов Государственного фонда данных о состоянии окружающей среды, которые включают в себя десятки архивов по различным разделам изучения природной среды за период с 1874 г. по настоящее время.

Глава 3. Влияние погодных условий на миграции птиц

3.1 Метеорологические условия и их влияние на миграции птиц

Климат и погода обладают моделирующим и стимулирующим значением для миграционных процессов птиц. Метеорологические условия могут разными способами влиять на миграции птиц, меняя направление полёта, сроки прохождения миграционного маршрута, иногда даже приводя к летальному исходу. К примеру, массивные дождевые фронты могут помешать свободному пролёту стаи в период миграции, вследствие чего птицам придётся поменять свой курс полёта. Птицы могут избегать миграционных перелётов под воздействием холодных воздушных масс, и в то же время при определённых погодных условиях миграция может усилиться. Например, осенняя миграция в высоких широтах северного полушария соотносится с перемещением зоной низкого давления антициклонами. В весеннее время миграционные пролёты птиц происходят в условиях благоприятной погоды, когда приближается фронт низкого давления [10].

Основными метеорологическими элементами, влияющими на миграции птиц, принято считать температуру, относительную влажность воздуха, количество атмосферных осадков и атмосферное давление. Перечисленные метеорологические элементы используются в данной работе для анализа их влияния на миграции исследуемых видов птиц.

В ряде исследований, посвящённых проблеме зависимости миграций птиц от погодных условий, содержится достаточно противоречивая информация касательно того, какие метеорологические факторы являются наиболее значимыми во время миграционных процессов птиц. Однако подавляющее количество исследователей склоняется к тому, что на интенсивность миграции птиц больше всего влияют три метеорологических фактора: температура, влажность и атмосферные осадки [4].

Птицы особенно чувствительны к изменениям атмосферного давления во время полёта, снижаясь к земле при циклоне, так как у земли давление выше, чем на высоте. В ясную погоду птицы поднимаются вверх, так как у поверхности земли оно высокое, и при помощи набора высоты птицы сбрасывают давление. Слабо изученным является влияние атмосферного давления на механизмы миграций птиц, однако есть предположения, что на начало осенних миграций птиц влияет повышенное атмосферное давление [6].

Ключевое значение метеорологические условия приобретают в моменты начала миграции [21]. Ряд птиц может мигрировать при любых условиях, однако для подавляющего большинства необходимо благоприятное стечение погодных условий для начала миграционных передвижений.

3.2 Условия отбора данных для анализа

Из полученного массива данных, включающего в себя сведения о наблюдениях исследуемых видов птиц и метеорологические данные с 16 гидрометеорологических станций западного сектора Российской Арктики за 30 лет (1990-2020 гг), для дальнейшего анализа был отобран ряд данных. Главной целью работы является изучить влияние изменения погодных условий на миграции птиц. Для достижения поставленной цели из общего массива данных были отобраны только те встречи птиц, которые соответствуют определённым условиям:

1. Наблюдение птиц было произведено во время начала миграции (предбрачной, послебрачной, послелиночной);
2. Место наблюдения птиц находится близко к одной из 16 гидрометеорологических станций, данные которых используются в работе.

Последнее условие необходимо для использования метеорологических данных с самых близких по расположению к местам наблюдения за птицами гидрометеорологических станций. Таким образом, при наличии данных,

соответствующих вышеперечисленным условиям, представляется возможным произвести анализ влияния метеорологических условий на миграции птиц.

Все данные охватывают период 30 лет, а именно 1990-2020 гг. Изменение климата Арктики, его потепление, происходит с повышенной скоростью начиная с конца прошлого столетия. Климатические изменения могут варьировать восприимчивость птиц во время миграций к различным метеорологическим условиям, снижая или увеличивая чувствительность животных к тем или иным метеорологическим факторам.

3.3 Анализ влияния изменения погодных условий на миграции птиц

Для анализа влияния погодных условий на миграции птиц были отобраны встречи исследуемых видов птиц согласно условиям, которые были указаны в прошлом пункте под номером 3.1. Все отобранные наблюдения полярной крачки, обыкновенной моёвки и белой чайки представлены в таблицах 1, 2 и 3. Значения метеорологических параметров для каждой встречи каждого исследуемого вида представлены в таблицах 1, 2 и 3 приложения А. Помимо среднемесячных значений метеорологических параметров за тот месяц, когда птица была встречена, в таблицах 1, 2 и 3 приложения А присутствуют также значения за 2 более ранних месяца: это необходимо для понимания динамики изменения определённого параметра.

Таблица 1 - Встречи полярной крачки и ближайшие к местам встреч ГМС

Место встречи	Дата встречи	Тип миграции	Ближайшая ГМС, индекс ВМО
губа Тайная (Новая Земля)	май 1999 г.	предбрачная	Малые Кармакулы, 20744

Продолжение таблицы 1

губа Волоковая (Святой Нос)	апрель 2000 г.	предбрачная	Святой Нос, 22140
остров Большой Айнов (Айновские о-ва)	апрель 2002 г.	предбрачная	Вайда-Губа, 22003
губа Дровяная (Святой Нос)	апрель 2003 г.	предбрачная	Святой Нос, 22140
мыс Святой Нос	август 2003 г.	послебрачная	Святой Нос, 22140
о. Вайгач (Карское море)	сентябрь 2005 г.	послебрачная	Амдерма, 23022
о. Северный (пролив Вега)	апрель 2007 г.	предбрачная	Диксон, 20674
скалы возле Териберского маяка	май 2010 г.	предбрачная	Териберка, 22028
о. Большой Кий (Кийские ос-ва)	март 2012 г.	предбрачная	Вайда-Губа, 22003
о. Кирова (Карское море)	июль 2015 г.	послебрачная	им. Е.К. Федорова, 20292
о. Богатый (Новая Земля)	июль 2015 г.	послебрачная	Малые Кармакулы, 20744
река Кара	июль 2017 г.	послебрачная	Амдерма, 23022
о. Русский (Карское море)	август 2019 г.	послебрачная	им. Е.К. Федорова, 20292
о. Колчака (Карское море)	сентябрь 2019 г.	послебрачная	им. Е.К. Федорова, 20292

Таблица 2 - Наблюдения обыкновенной моёвки и ближайшие к местам наблюдения ГМС

Место наблюдения	Дата наблюдения	Тип миграции	Ближайшая ГМС, индекс ВМО
о. Долгий (Баренцево море)	февраль 1997 г.	предбрачная	Амдерма, 23022
Индигская губа (Баренцево море)	октябрь 2003 г.	послелиночная	Индига, 22292
о. Гуляевская Кошка (Баренцево море)	апрель 2005 г.	предбрачная	Индига, 22292
о. Рыкачева (Карское море)	сентябрь 2006 г.	послелиночная	Стерлегова, 20476
мыс Флора (ЗФИ)	апрель 2008 г.	предбрачная	им. Э.Т. Кренкеля, 20046
о. Западный Шпицберген	сентябрь 2010 г.	послелиночная	Баренцбург, 20107
о. Западный Шпицберген	март 2011 г.	предбрачная	Баренцбург, 20107
бухта Тихая (ЗФИ)	февраль 2012 г.	предбрачная	им. Э.Т. Кренкеля, 20046
бухта Тихая (ЗФИ)	март 2013 г.	предбрачная	им. Э.Т. Кренкеля, 20046
о. Западный Шпицберген	август 2013 г.	послебрачная	Баренцбург, 20107
устье р. Поной	сентябрь 2018 г.	послелиночная	Святой Нос, 22140

Таблица 3 - Наблюдения белой чайки и ближайшие к местам наблюдения ГМС

Место наблюдения	Дата наблюдения	Тип миграции	Ближайшая ГМС, индекс ВМО
------------------	-----------------	--------------	---------------------------

Продолжение таблицы 3

о. Брайса (ЗФИ)	октябрь 1995 г.	послебрачная	им. Э.Т. Кренкеля, 20046
залив Нерпы (Новая Земля)	март 2002 г.	предбрачная	Малые Кармакулы, 20744
о. Хейса (ЗФИ)	октябрь 2007 г.	послебрачная	им. Э.Т. Кренкеля, 20046
о. Бианки (Восточные о-ва, Карское море)	апрель 2011 г.	предбрачная	Стерлегова, 20476
о. Шокальского (Карское море)	ноябрь 2014 г.	послебрачная	им. М.В. Попова, 20667
о. Белый (Шпицберген)	март 2016 г.	предбрачная	Баренцбург, 20107
о. Исаченко (Карское море)	апрель 2017 г.	предбрачная	Стерлегова, 20476
о. Белый (Новая Земля)	ноябрь 2020 г.	послебрачная	им. М.В. Попова, 20667

Анализ представляет собой сопоставление данных о местах, времени встреч исследуемых видов птиц с значениями метеорологических параметров, полученными на ближайших к местам наблюдения ГМС. Такое сопоставление позволит выявить закономерности между метеорологическими факторами и сроками отлёта птиц.

При анализе полученных данных были получены следующие заключения:

1. Обыкновенная моёвка и полярная крачка преимущественно начинали миграционные перемещения при более высоких температурах по сравнению с двумя прошлыми месяцами наблюдения. Более прогретый воздух способствует упрощению полёта, так как тёплый воздух легче холодного, что позволяет птице легче набирать необходимую высоту. Белая чайка, в свою

очередь, начинала мигрировать при более низких показателях температуры по сравнению с прошлыми месяцами наблюдения. Вероятно, это связано с тем, что белым чайкам необходима благоприятная ледовая обстановка во время миграций, особенно во время предбрачных. Данный вид птиц начинает свои перемещения в более холодное время, потому что ощущает взаимосвязь между пониженными температурами и стабильностью ледового покрова.

2. Не была выявлена сильная зависимость между количеством выпавших атмосферных осадков и сроками отлёта всех исследуемых видов птиц. Меньше половины полярных крачек, обыкновенных моёвок и белых чаек во время наблюдений улетали в месяцы с меньшим количеством выпавших атмосферных осадков. В силу того, что в Арктике достаточно скудные осадки круглогодично (100-200 мм в год), ежемесячные показатели количества атмосферных осадков в месяц встречи и за 2 месяца до наблюдения птицы являются невысокими, и даже высокие показатели являются низкими по сравнению с количеством осадков в остальном мире. Можно предположить, что количество осадков в Арктике не влияет на миграции птиц в силу их небольшого количества круглогодично.

3. Подавляющее количество птиц всех исследуемых видов начинали перемещения в месяцы с пониженной относительной влажностью атмосферного воздуха.

4. Атмосферное давление не влияет на начало миграций исследуемых видов птиц, так как показатели данного параметра могут как высокими так и низкими во время начала перемещений птиц.

5. Отобранные для анализа данные охватывают промежуток 30 лет. За время данного периода в Арктике произошло повышение температуры, увеличение количества выпадающих атмосферных осадков. Показатели относительной влажности воздуха и атмосферного давления практически не изменились. Изменения показателей метеорологических параметров во времени не сказались на чувствительности исследуемых видов птиц к определённым параметрам, и в течение всего периода исследования

наблюдается одинаковая тенденция к особенной восприимчивости птицами температуры и относительной влажности воздуха при начале миграционных передвижений.

Заключение

В результате данной работы было проанализировано влияние изменения погодных условий на миграции птиц в западном секторе Арктики. Преобладающими метеорологическими факторами, влияющими на миграционные передвижения исследуемых видов птиц, являются температура и относительная влажность воздуха. Для исследования был выбран временной промежуток 30 лет (1990-2020 гг), так как в связи с изменением климата восприимчивость птиц к определённым метеорологическим условиям могла измениться. Анализ показал, что исследуемые виды птиц на протяжении 30 лет остаются наиболее чувствительны к изменениям температуры и относительной влажности воздуха. Изменений в преобладающих метеорологических факторах на протяжении 30 лет не было обнаружено.

Миграции птиц обладают особым значением для окружающего мира. Мигрирующие птицы играют роль в распространении семян, спор растений, они связывают разные континенты и их экосистемы дважды в год. Важность изучения миграций заключается в том, что благодаря таким исследованиям представляется возможным отслеживать изменения в ареалах обитания птиц. Птицы являются одним из индикаторов изменения окружающей среды, и пристальное наблюдение за изменениями их миграций может позволить понять изменения в разных экосистемах и сообществах.

Список используемой литературы

1. Актуальные вопросы изучения миграции птиц [Электронный ресурс]. – URL: https://zmmu.msu.ru/menzbir/publ/tsvey_migrations.pdf (дата доступа: 21.05.2022).
2. География России: полярные станции Российского сектора Арктики [Электронный ресурс]. – URL: <https://geographyofrussia.com/polyarnye-stancii-rossijskogo-sektora-arktiki/> (дата доступа: 09.05.2022).
3. Действующие наблюдательные подразделения гидрометеорологической сети в Российской Арктике [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.aari.ru/dept/science/hydrology/change/index.php> (дата доступа: 25.05.2022).
4. Дольник В. Р. Динамическая модель прогноза миграции птиц // Методы обнаружения и учета миграций птиц. - Л., - 1981а. - С. 123-133.
5. Дольник В.Р. Миграционное состояние птиц. – М.: Наука, 1975. – С. 398.
6. Жалакявичус М. Связь миграций птиц с погодными условиями. Моделирование и прогнозирование / Изучение, моделирование и прогнозирование сезонных миграций птиц, Вильнюс, - 1987. - С. 116-149.
7. Зеленина Л.И., Федькушова С.И. Прогнозирование и последствия изменения климата Арктического региона. – АиС. 2012. №5 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-i-posledstviya-izmeneniya-klimata-arkticheskogo-regiona> (дата доступа: 25.05.2022).
8. Изменение климата Арктики [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.arctic.ru/climate/> (дата доступа: 23.05.2022).
9. Карты Google [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.google.com/maps/?hl=RU> (дата доступа: 20.05.2022)
10. Мацюра А.В. Миграция птиц и метеорологические параметры: краткий обзор. Часть i. – Acta Biologica Sibirica. 2015. №1-2. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/migratsiya-ptits-i-meteorologicheskie-parametry-kratkiy-obzor-chast-i> (дата обращения: 20.05.2022).

11. Носков Г.А., Рымкевич Т.А., Гагинская А.Р. Миграции птиц Северо-Запада России. Неворобьиные. – СПб: Профессионал, 2016. – С. 16-18.
12. Носков, Г. А. Миграционная активность в годовом цикле птиц и формы ее проявления / Г. А. Носков, Т. А. Рымкевич // Зоологический журнал. – 2008. – Т. 87. – № 4. – С. 446-457.
13. Потепление Российской Арктики: материалы WWF [Электронный ресурс]. – URL: <https://wwf.ru/upload/documents/Arktika.pdf> (дата доступа: 18.05.2022).
14. Правовой статус Шпицбергена [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.arcticugol.ru/index.php/o-shpitsbergene/status> (дата доступа: 15.05.2022)
15. Птицы России: обыкновенная моёвка [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.egir.ru/bird/96.html> (дата доступа: 10.05.20)
16. Птицы России: полярная крачка [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.egir.ru/bird/107.html> (дата доступа: 15.05.2022).
17. Птицы России: белая чайка [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.egir.ru/bird/78.html> (дата доступа: 16.05.2022).
18. Северо-Евразийский климатический центр: описание метеорологических данных <http://seakc.meteoinfo.ru/actuals/9-catalogue-stations-international-exchange/8-daily-archive223-description>
19. Союз охраны птиц России: полярная крачка [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rbcu.ru/birdclass/list.php?id=6&SECTION_ID=1245 (дата доступа: 15.05.2022).
20. Ebird: data collection [Электронный ресурс]. – URL: <https://ebird.org/species/ivogul> (дата доступа: 16.05.2022).
21. Richardson, W.J. Reorientation of nocturnal landbird migrants over the Atlantic ocean near Nova Scotia on autumn. -1978. - Auk. 95, 717-732.

Приложение А

Таблица 1 - Значения метеорологических параметров во время встреч полярной крачки

ГМС, индекс ВМО	Дата встречи птицы	Температура, °С			Кол-во атмосферных осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %			Атмосферное давление, мм рт.ст.		
		В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи
Малые Кармакулы, 20744	май 1999 г.	-6,6	-12,9	-15,3	4,2	14,8	5,7	79	76	70	1014	1009	1022
Малые Кармакулы, 20744	июль 2015 г.	7,0	5,6	0,9	23,6	41,2	21,8	82	84	81	1005	1003	1009
Святой Нос, 22140	апрель 2000 г.	-0,4	-3,7	-5,4	33,1	32,1	18,1	87	92	95	1003	1002	1004
Святой Нос, 22140	апрель 2003 г.	-2,0	-3,3	-4,7	5,1	11,4	15,6	81	82	84	1007	1005	1006
Святой Нос, 22140	август 2003 г.	10,4	11,1	3,3	12,4	8,3	7,2	78	82	83	1011	1015	1008
Вайда-Губа, 22003	апрель 2002 г.	1,4	-3,6	-5,3	11,7	20,5	21,3	81	79	82	1017	1001	989
Вайда-Губа, 22003	март 2012 г.	-1,9	-6,2	-5,3	32,1	9,0	25,0	82	83	83	1004	1011	1015
Амдерма, 23022	сентябрь 2005 г.	6,0	9,0	7,9	60,4	37,6	80,8	88	84	88	998	1008	1005
Амдерма, 23022	июль 2017 г.	12,9	1,9	-5,9	4,2	22,5	35,3	76	91	95	1008	998	1004
Диксон, 20674	апрель 2007 г.	-9,3	-18,6	-28,0	32,5	70,6	4,4	71	83	85	1004	1003	1010

Продолжение таблицы 1

Териберка, 22028	май 2010 г.	4,4	1,2	-6,4	27,1	19,6	42,9	81	85	86	1012	1009	1010
им. Е.К. Федорова, 20292	июль 2015 г.	0,5	-0,3	-10,6	29,5	11,4	13,6	98	96	99	1010	1007	1016
им. Е.К. Федорова, 20292	август 2019 г.	3,0	1,4	0,8	31,7	31,7	31,5	95	94	95	1007	1004	1010
им. Е.К. Федорова, 20292	сентябрь 2019 г.	0,3	3,0	1,4	30,5	31,7	31,7	93	94	95	1007	1007	1004

Таблица 2 - Значения метеорологических параметров во время встреч обыкновенной моёвки

ГМС, индекс ВМО	Дата встречи птицы	Температура, °С			Кол-во атмосферных осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %			Атмосферное давление, мм рт.ст.		
		В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи
им. Э.Т. Кренкеля, 20046	апрель 2008 г.	-22,2	-23,8	-21,2	43,3	32,7	10,0	75	74	78	1015	1007	1002
им. Э.Т. Кренкеля, 20046	февраль 2012 г.	-9,5	-9,8	-9,3	26,4	15,3	43,1	91	90	92	1001	1014	994
им. Э.Т. Кренкеля, 20046	март 2013 г.	-17,3	-22,7	-24,5	38,9	22,1	34,9	80	82	83	1023	1011	1011
Баренцбург, 20107	сентябрь 2010 г.	1,4	4,4	6,0	34,3	11,5	12,7	70	82	84	1003	1007	1006
Баренцбург, 20107	март 2011 г.	-12,1	-12,2	-14,4	12,4	98,4	63,5	79	83	81	1001	1008	1004
Баренцбург, 20107	август 2013 г.	6,6	6,6	3,2	11,7	103,8	55,9	83	85	82	1015	1003	1001

Продолжение таблицы 2

Индига, 22292	октябрь 2003 г.	2,5	7,7	14,4	17,4	35,2	42,1	90	86	89	1004	1007	1005
Индига, 22292	апрель 2005 г.	-7,0	-16,8	-12,0	44,3	38,0	69,3	81	84	85	1010	1009	1009
Амдерма, 23022	февраль 1997 г.	-13,0	-21,4	-24,4	3,2	15,4	26,9	84	86	89	997	991	1001
Святой Нос, 22140	сентябрь 2018 г.	6,8	9,6	11,0	12,5	48,9	30,6	82	87	85	1002	999	1002
Стерлегова, 20476	сентябрь 2006 г.	-1,1	3,4	6,5	23,2	46,0	21,2	80	81	83	1021	1008	1005

Таблица 3 - Значения метеорологических параметров во время встреч белой чайки

ГМС, индекс ВМО	Дата встречи птицы	Температура, °С			Кол-во атмосферных осадков, мм			Относительная влажность воздуха, %			Атмосферное давление, мм рт.ст.		
		В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи	В месяц встречи	За месяц до встречи	За 2 месяца до встречи
им. Э.Т. Кренкеля, 20046	октябрь 2007 г.	-11,1	-3,4	-0,2	29,7	23,4	11,5	88	93	93	998	1004	1004
им. Э.Т. Кренкеля, 20046	октябрь 1995 г.	-8,7	-1,7	0,3	17,8	19,6	41,9	87	88	91	1006	1006	1006
им. М.В. Попова, 20667	ноябрь 2014 г.	-14	-6,2	1,7	20,7	10,1	40,3	88	87	89	1002	1017	1005
им. М.В. Попова, 20667	ноябрь 2020 г.	-12,4	-1,5	4,1	14,8	47,4	51,3	84	89	91	1008	1001	1007
Баренцбург, 20107	март 2016 г.	-6,7	-6,0	-4,1	91,4	28	79,3	82	88	89	1004	1001	1012
Стерлегова, 20476	апрель 2017 г.	-16,8	-15,2	-25,4	2,7	5,6	14,3	81	85	89	1006	997	1001
Стерлегова, 20476	апрель 2011 г.	-14	-17,1	-27,7	22,3	32,6	31,2	96	82	99	1003	1003	1008
Малые Кармакулы, 20744	март 2002 г.	-13,3	-17,9	-19,3	13,2	18,9	14,6	79	80	74	1001	998	997