



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

Кафедра экспериментальной физики атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Особенности метеорологического режима атмосферы города
Улан-Батор (Монголия)»

Исполнитель **Баярсайхан Энхэрмаа**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Симакина Татьяна Евгеньевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Восканян Карина Левановна

(фамилия, имя, отчество)

« 8 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение.....	3
1. Физико-географические особенности монголии	6
1.1 Физико – климатическая характеристика улан-батор	8
1.2 Релеф монголии.....	11
1.3 Особенности климата	11
2. Анализ основных метеорологических параметров в районе улан-батора.	18
2.1 Температурный режим на станции улан-батор.....	19
2.2 Осадки и влажность в улан-баторе. Годовое распределение осадков в улан-баторе	22
2.3 Ветровой режим на станции улан-батор.....	23
3. Сравнительная характеристика метеорологического режима улан-батор и периферийных городов.....	26
3.1 Методика сравнения. Выбор станций аналогов (зуунмод, тэрэлж, баянчандман, луун).....	26
3.2 Результаты исследования	32
Заключение	49
Список использованных источников	51

Введение

Улан-Батор, столица Монголии, отличается уникальными метеорологическими условиями, которые оказывают значительное влияние на жизнь и деятельность населения. Географическое положение города, расположенного на высоте более 1300 метров над уровнем моря, а также его континентальный климат, характеризующийся резкими температурными колебаниями между сезонами, создают особые метеорологические особенности. Зимой температура может опускаться до -40°C , в то время как летние месяцы приносят значительное потепление с температурами, превышающими $+30^{\circ}\text{C}$. Эти обстоятельства влияют не только на здоровье и повседневную жизнь горожан, но и на такие сферы, как сельское хозяйство, строительство, транспорт и энергоснабжение.

Актуальность изучения метеорологических особенностей Улан-Батора обусловлена не только необходимостью адаптации населения к специфическим климатическим условиям, но и растущими вызовами, связанными с изменением климата. Изменения в температурных режимах, частота и интенсивность осадков, а также увеличение количества экстремальных погодных явлений становятся предметом пристального внимания как ученых, так и государственных структур. Понимание местных климатических условий имеет практическое значение для оптимизации различных аспектов городской инфраструктуры, разработки эффективных систем предупреждения о неблагоприятных погодных условиях и улучшения качества жизни населения.

Таким образом, изучение метеорологических особенностей Улан-Батора представляет собой важную задачу, способствующую гармоничному развитию города и повышению устойчивости его инфраструктуры в условиях меняющегося климата. Улан-Батор, будучи самой холодной

столицей мира, расположен в долине реки Туул, окруженной горными хребтами, что создает уникальные мезо- и микроклиматические условия. Цель работы — анализ климатических тенденций Улан-Батора на основе данных метеостанций за 2011–2024 гг., включая изучение температуры, влажности, осадков и ветрового режима. В работе решены следующие задачи:

1. Изучение тенденций изменения температуры воздуха в Улан-Баторе за период 2011-2024 гг.
2. Рассчитать колебания и изменения влажности.
3. Анализ параметров ветра.
4. Сравнение теплового режима, осадков, параметров ветра в Улан-Баторе и окружающих соседних станций: в Зуунмод, Баянчандман, Лун, Тэрэлж.

Работа по структуре состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы.

В первой главе представлены определения простых и сложных метеорологических условий, минимумам погоды, описано влияние данных условий на полеты воздушных судов.

Во второй главе изложены Работа по структуре состоит из списка аббревиатур, введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения.

В первой главе изложены физико-географическая и климатическая характеристика в районе Монголии.

Во второй главе представлен анализ основных метеорологических параметров районе Улан-Батор, а именно температурный режим, данные об осадках и влажности и ветровой режим, за период 2011-2024.

В третьей главе составлена сравнительная характеристика метеорологическая режима Улан-Батора и соседних станциях: Баянчандман, Лун, Зуунмод, Тэрэлж.

В заключении приведены выводы по данной исследовательской работе.

Информационно-методической базой стали исследования и научные труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные изучению влияния синоптических процессов и атмосферных явлений на различных местностях. А также архивные данные метеорологических элементов и явлений на станции Улан-Батор и близ лежащих метеорологических станциях.

Информационно- методической базовой стали исследования и научные труды очечественных и зарубежных ученых

1. Физико-географические особенности Монголии

Монголия расположена в Северо-восточной Азии и не имеет выхода к морю, граничит с двумя государствами: Российской Федерацией и Китайской Народной Республикой. Общая длина всех границ составляет 7678 км, из них граница с Российской Федерацией – 3485 км, с Китайской Народной Республикой – 4673 км. Наибольшая протяженность Монголии с запада на восток – 2392 км.

Территория Монголии включает в себя районы относительно больших высот. Северо-западная и центральная части Монголии - высокогорные районы, а восточная часть - обширный степной регион. Южная часть страны представляет собой полупустынный и пустынный район, который известен как монгольские Гоби.

Страна занимает территорию 1566,5 тыс. кв. км.

Землепользование в Монголии можно охарактеризовать следующими категориями: 76,5% площади земель используется для сельского хозяйства, из которых примерно 0,8% обрабатывается, 1,6% используется для сенокоса, а 97,6% - пастбища. Города и населенные пункты занимают 0,3% земельной площади, в то время как 10,4% зарезервированы для особых нужд государства, включая землю, используемую в целях государственной безопасности и обороны, специальные охраняемые районы, дороги и сети связи национального значения.

Лес и кустарники составляют 9,7% площади суши, а водная поверхность - 1,1%; 1,7% земельной площади составляют пустоши, которые не пригодны для использования.

Общий водный ресурс Монголии оценивается в 599 км³ воды, состоящей в основном из воды, хранящейся в озерах (500 км³) и ледниках (62,9 км³). Восемьдесят пять процентов этих водных ресурсов являются

пресной водой; Монгольское озеро Хубсугул содержит 93,6% всех пресноводных ресурсов страны.

Страна расположена на возвышенности более 1500 метров над уровнем моря (средняя высота - 1580 м). Над этим плато возвышается ряд горных массивов и хребтов.

Мировой водораздел, который пересекает северные районы страны, делит Монголию на две неравные и неодинаковые по своей природе области. Северная часть по природным условиям является продолжением восточносибирских ландшафтов. Южная часть относится к пустынным и полупустынным районам Центральной Азии.

Однако пустыни занимают сравнительно небольшую территорию Монголии, это объясняется ее высоким положением над уровнем моря.

Только для Монголии характерны ряд исключительных физико-географических явлений. В ее пределах находятся центр мирового максимума зимнего атмосферного давления, самый южный в мире пояс распространения вечной мерзлоты на равнинном рельефе (47°с.ш). В западной Монголии в котловине Больших озёр находится самая северная на земном шаре зона распространения пустынь (50.5°с.ш). На рисунке 1.1 представлена физическая карта Монголии.

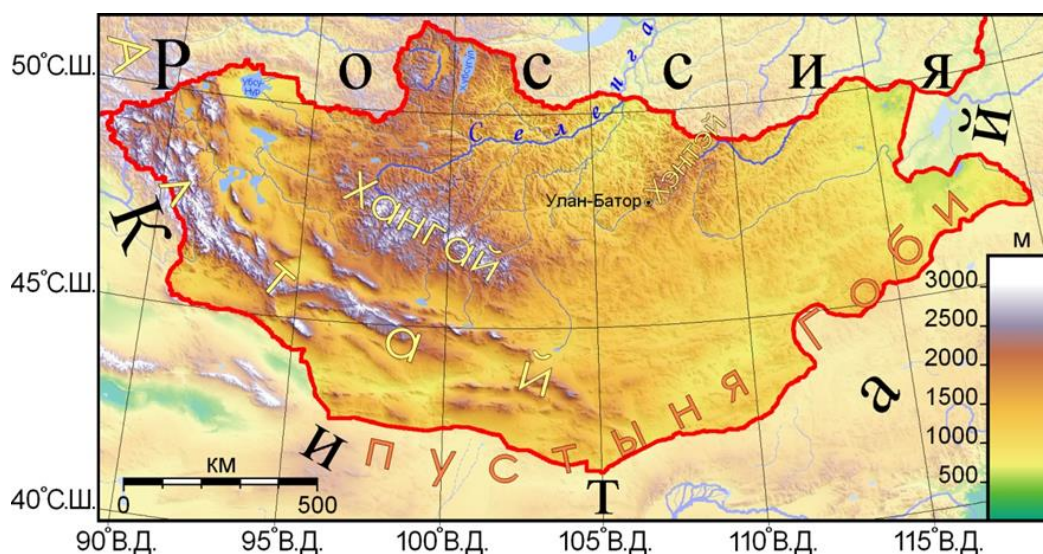


Рисунок 1.1 Физическая карта Монголии

1.1 Физико – климатическая характеристика Улан-Батор

Площадь 470,4 тыс.га в обширной долине реки Туул, между четырьмя горами. Город Улан-Батор, вершина хребта Хэнтэй, Асралт Хайрхан (2799м) Туул, на склонах горы Богд-Хан (средняя высота 1350м) Расположен в бассейне реки, включает гору Чингэлтэй (1949), гору Баянзурх (1834 м), Горы Богд-Хан (2256) и Сонгинохаирхан (1652м) окружен. Строительство и развитие столицы Улан-Батора высота местности над уровнем моря составляет 1260-1350 м, вся поверхностью суши. Он представляет собой систему склонов, спускающихся от северных гор к бассейну реки Туул.

Самая высокая точка города Улан-Батор – гора Богдхан. Самая высокая вершина – Цеце-Гун (2256м), самая низкая точка находится в долине реки Туул. Дереня Туул (Птичья фабрика) (1203 м).

Река Туул длиной 148 км, протекающая через город, является притоком реки Асралт. В него впадают реки Гачуурт, Тэрэлж, Толгоит и Улиастай, берущие начало с горы Хайрхан. Площадь водохранилища реки Туул составляет 6300 км². Основным источником питания являются атмосферные осадки, на долю которых приходится около 90 процентов. Восточная река Сельби протекает через среднее течение реки Хэнтэй, которая является рукавом гор Их Баян. Она берет начало у подножия горы и течет по своему руслу до Кхандгаита и Шарги. Река имеет множество мелких притоков, среди которых реки Морыт, Селх, Белх, Чингэлтэй и Ганз Худжийн. Река Сельбе берет начало в 35 км к северу от города и впадает в реку Туул с запада и западная река, в зависимости от степени застройки города, полностью закрыт. Площадь водохранилища реки Сельбе составляет 319 км². Другие реки он также питается атмосферными осадками и такими реками, как Туул и Селебе. Расход воды уменьшается, а влажная почва в русле реки высыхает, Селебе, Толготы Мерзлая почва на лугах и болотах

близ устья реки высыхает и оттаивает. Усиливаются такие процессы, как просадка грунта.

-Микрорегион землетрясения

Согласно общей карте сейсмической зоны Монголии (М1:250 000, 1983) 75% территории подвержено землетрясениям магнитудой 7 и выше находится в вероятной зоне. В частности, более 40 процентов населения страны густонаселенного города Улан-Батор подвержен риску возможного сильного землетрясения. Ученые и исследователи говорят, что вероятность этого высока. В Улан-Баторе проведены первые инженерно сейсмологические изыскания. Землетрясение в Могодичане магнитудой 7-8 баллов 5 января 1967 года. Последовательно была создана первая схема сейсмического микрорегиона. При создании карты учитывалась оценка долин реж Туул, Сельбе и Улястай. Рекомендации по детальному изучению и последующему детальному построению карт микрорайонов дано, но эта работа до сих пор не выполнена. В 2005-2008 годах исследование картографирование микрорайона землетрясения Улан-Батор, проведенное в Центре астрономических геофизических исследований, было проведено в соответствии с методами исследования, применяемыми на мировом уровне, и сделан вывод о том, что предыдущие работы по оценке сейсмической опасности города Улан-Батор были детально усовершенствованы, а максимальный уровень толчков установлен на уровне 8 баллов. Река Туул – наиболее крупный приток рек Орхон, впадающей затем в река Селенга, является составной частью единой гидрографической сети трансграничного бассейна озера Байкал со стороны Монголии. Из общей длины 728 км река Туул течет в пределах города Улан-Батор общей протяженностью около 35 км (от Гачуурта до Сонгино).

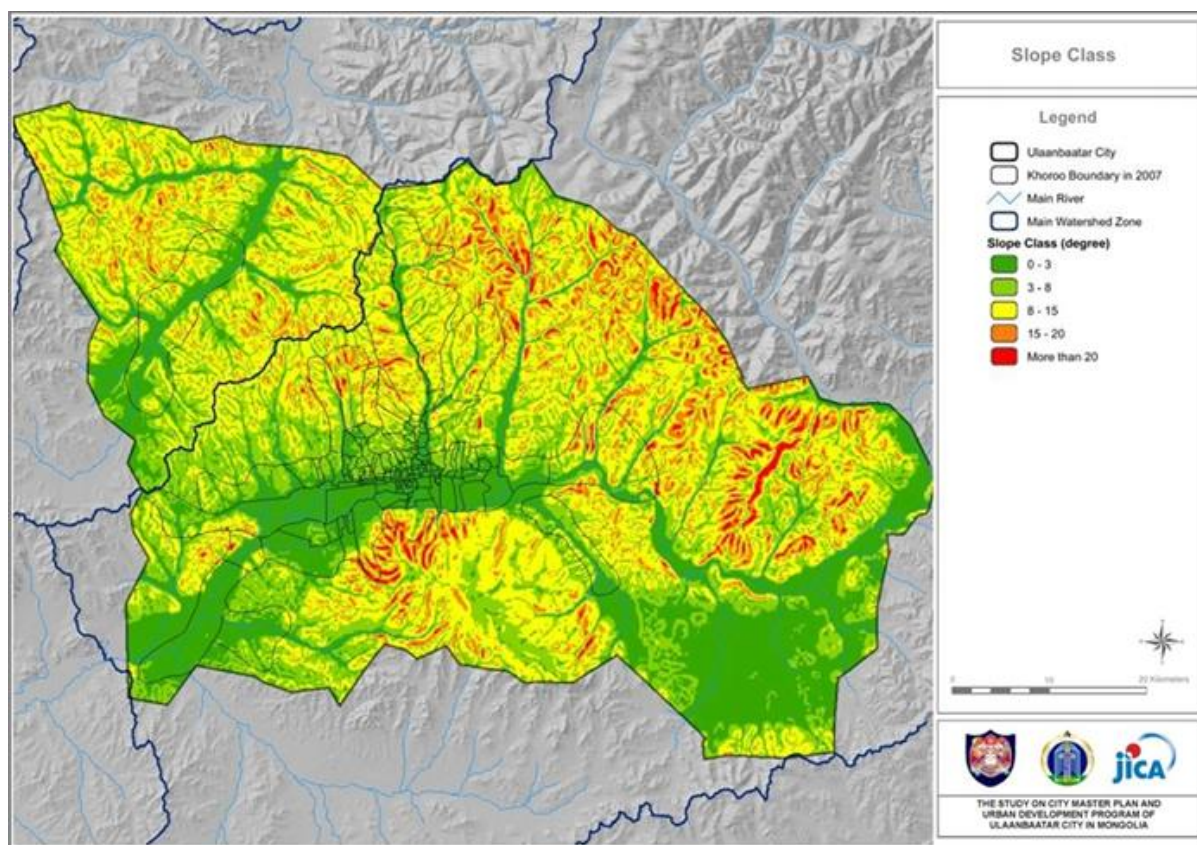


Рисунок 1.2. Уклоны поверхности на территории г. Улан-Батора.

В орографическом отношении территория города Улан-Батор находится в Хэнтэй-Хангайском регионе в области Хэнтэйского мегасвода, представляющего собой сводово-блоковое поднятие, осложненное системой наложенных горстов, грабенов, купольных массивов и вытянутое в северо-восточном направлении, является областью интенсивного горообразования. Останцы на блоках поверхностей выравнивания свидетельствуют о дифференцированных движениях территории. Система блоков ограничена разломами северо-восточного направления.

1.2 Рельеф Монголии

Столица Улан-Батор расположена в Человекокаменной котловине среди гор хребта Хан-Хэнтей. Обширная долина реки Туул и ее притоков имеет рельеф из террас, горных склонов и косогоров.

Физическая география или рельеф Монголии характеризуется ее природными и климатическими условиями, особенно в городе Улан-Баторе и его окрестностях. С другой стороны, город, урбанизированные элементы и деятельность человека создают совершенно новые факторы загрязнения воздуха, а также микро и мезоклимата.

1.3 Особенности климата

Климат город Улан-Батора непосредственно связан с его географическим положением и обусловлен взаимодействием основных климатообразующих факторов. Территория города находится в сфере влияния западного пересона с характерными для него циклоническими и антициклоническими процессами (Убоднова, 2005). По географическим и термическим условиям, а также по режиму увлажнения территория г. Улан-Батора относится к умеренной зоне с небольшой продолжительностью солнечного сияния 2862 2816 час в год, жарким летом и холодной зимой. Повторяемость приземных инерсий температур воздуха холодного периода составляет порядка 130 дней в среднем за год (таблица 1.1)

Таблица 1.1

Среднее число дней с приземной инверсией воздуха за год (данные Национального Агентства по метеорологии и мониторингу окружающей среды Монголии)

Станция	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
Улан-Батор	-	18.0	21.0	23.8	24.0	22.8	20.4
КЫЗЫЛ	19.5	20.8	18.5	27.5	26.2	26.0	27.5

Над территорией город Улан-Батора развивается Азиатский антициклон, сопровождаемый нисходящими потоками воздуха, мощными приземными температурными инверсиями, слабыми ветрами, застойными воздушными массами. Его центр располагается у северной окраины Монголии, южнее озера Байкал. Зима очень морозная, безветренная, малоснежная. Весна обычно затяжная, холодная, ветреная. Лето длится приблизительно 110 дней с конца мая до сентября. За это время выпадает до 80% годовой нормы осадков. Наиболее сухое время года – весна (табл. 1.2). Отличительной чертой климата город Улан-Батора является ярко выраженная континентальность, которая проявляется в резких колебаниях хода основных метеорологических элементов. Годовой ход атмосферного давления в город Улан-Баторе выражен довольно четко и, являясь почти зеркальным отражением годового хода температуры воздуха, имеет многолетний максимум зимой и минимум летом.

Таблица 1.2

Характеристика температур по станциям Монголии (данные
Национального Агентства по метеорологии мониторингу окружающей
среды Монголии)

Название станции и географическое положение		Барун-Хара 48°50'с.ш., 106°в.д	Ундур-Хан 47°20'с.ш., 110°40' в.д	Чойбалсан 48°с.ш., 144°30'в.д	Улясутай 47°40'с.ш., 96°50'в.д.
Абсолютная Высота,м		806	1027	755.6	1753
Средне годовая температура, °С		-2	-1.2	0.3	-3.1
Абсолютные значение температуры воздуха.	Макс.	38.6	38.9	40.1	32.0
	Мин.	-48.1	-46.3	-41.6	-46.2
Число дней.		-	123	128	99
Среднегодовая сумма осадков, мм.		294	235	242.6	215
Осадки, мм по месяцам.	X -III	24.1 мм	22.5 мм	19.5 мм	26.9 мм
	IV-V	26.4 мм	24.1 мм	21.4 мм	24.8 мм
	VI- IX	214.8	188.4	191.7	163.3

В пределах Улан-Батора влажность определяется иссушающим влиянием городских пространств, примыкающих к Туульской долине, и общей атмосферной циркуляцией умеренных широт (Аргучинцева и др., 2008).

Ветровой режим от особенностей рельефа и орографии Туульской долины. Максимальная средняя месячная скорость западных ветров 3.4 м/с отмечается в апреле, минимальная 1.2 м/с – в январе.

Гидрографически бассейн река Туул граничить на севере с бассейнами рек Хара и Ероо, на востоке – с бассейном река Хэрлэн, на юге – с бессточным бассейном Централтной Азии и на запад – с бассейном река Орхон. Сведения о водосборе и длине оснтвного водотока могут по разным литературным источникам варьировать, но порядок цифр сохраняется. Так,

по данным (Бат Б. 1997), общая длина река Туул 704 км, площадь водосбора – 50 400 км². Туул имеет довольно развитую гидрографическую сеть. Ее притоки: река Тэрэлж – длина 65 км, площадь водосбора 1232 км²; река Холын Хондий – длина 23 км, площадь водосбора 280 км²; река Улиастай – длина 35 км, площадь водосбора 317 км²; река Сэлбэ – длина 34.7 км, площадь водосбора 305 км²; а также притоки Гачуурт, Баян-Тургэн и другие. Особенность города Улан-Батора заключается в том, что он расположен среди отрогов гор, в пределах поймы и надпойменной террасы река Туул и вы тянут с запада на восток. Это определило высокую концентрацию промышленных предприятий, жилых массивов, автозаправочных станций, центральной автомагистрали и железной дороги преимущественно вдоль русла основной реки.

Анализ источников антропогенных воздействий позволяет выделить несколько территориальных зон, оказывающих существенное влияние на загрязнение городской среды. К основным источникам воздействия следует отнести: главные водозаборы города и канализационные очистные (КОС); промышленную зону с обособленным положением от дельных предприятий легкой и пищевой промышленности; юрточную часть. Промышленная зона города – предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ), пищевой, мясной промышленности (мясо- и биокомбинат), кожеобработки, птицеводства (птицекомбинат) – оказывает существенное загрязняющее воздействие на все компоненты окружающей среды. Разнообразны и виды загрязнения: химическое, биологическое, механическое, шумовое, тепловое.

Юрточная часть города – еще одни источники почти всех видов загрязнений. За отопительный сезон, который длится в Монголии с 15 мая, то есть около 210 дней в году, жители юрт сжигают до 443 тыс. т низкокачественного угля и 700 тыс. м³ дров. Отметим, что весь поверхностный сток с этой территории поступает в река Туул.

В последние годы наблюдаются ускоренные темпы развития процессов урбанизации на территории Монголии. Этому способствовали общее увеличение численности населения страны, рост промышленного производства, внутренняя миграция населения (Банзарагчийн Болор, 2006). Несмотря на национальные традиции ведения хозяйства, условия быта, возрастает стремление монголов к проживанию в крупных городах. В связи с индустриализацией, развитием автомобильного и железнодорожного транспорта городское население страны стремительно растет. Так, в городе Улан-Баторе по данным за 2009 г. проживало 1 106,7 тыс. человек, в 2012 г. численность населения столицы Монголии превысила 1 227,0 тыс. человек, на 1 январь 2016 г. – 1 380,8. При этом за период 1980-2016 гг. население г. Улан-Батора увеличилось в 3,6 раза (по данным Статического агентства столицы Монголии: Улаанбаатар хотын хүн ам, 1980-2016 <http://ubstat.mn/StatTable=20>)).

Основными источниками загрязнения атмосферы города Улан-Батора являются четыре ТЭЦ, предприятия стройиндустрии, малые котельные, печные трубы домов, автотранспортные и железнодорожные предприятия, использующие для отопления твердое угольное и жидкое топливо. Тепловые электростанции работают на сернистых углях из Багануура и Шарын гола. Обобщенная информация по потреблению твердого топлива и выбросам загрязняющих вещества в атмосферу по некоторым ТЭЦ города приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Характеристика загрязняющих веществ в выбросах от ТЭЦ город
Улан-Батора (данные МПР Монголии)

Объект	Уголь, т/год	Зола, т/год	SO ₂ , т/год	NO ₂ , т/год
ТЭЦ-4	1 935 158	36 509	17 416	22 170
ТЭЦ-3	867 402	20 405	7652	8583
СЗУ - средний зимний	544 903	12 860	4809	6311

Объект	Уголь, т/год	Зола, т/год	SO ₂ , т/год	NO ₂ , т/год
уровень загрязнения				

Суммарный выброс взвешенных веществ в атмосферный воздух города составляет 61,44 г/м³. Вокруг города вследствие выпадения зимой угольной пыли происходит загрязнение снежного покрова (Сарантуя, 2005). В центральной части города уровень загрязнения воздуха из-за выбросов авто транспорта в 2 раза выше, чем в других районах. Здесь отмечаются повышенные концентрации пыли, окиси углерода, озона, двуокиси азота, формальдегида, свенца, хрома, марганца и фтора.

Зона наибольших концентраций двуокиси серы смещена на восток от центра города под влиянием преобладающих ветров западных румбов, повторяемость которых за год составляет 40%.

В условиях города Улан-Батора длительные периоды с ясным небом и тихой погодой обуславливают фотохимические смоги. Этому способствует присутствие в возду одновременно озона, двуокиси азота и формальдегида. Улан-Баторский смог представляет собой ядовитый туман грязно-желтого цвета, возникавший во влажном воздухе в условиях антициклона на высоте 100-200 метров.

Расположение столицы в обрамлении горных отрогов в сочетании с неблагоприятными метеорологическими факторами создает условия для накопления загрязняющих веществ в атмосфере и не позволяет воздушным потокам эффективно их рассеивать.

Весной при повышении температуры воздуха и под влиянием прогрева земной поверхности действие Азиатского антициклона ослабевает, усиливается циклоническая деятельность, сопровождающаяся осадками и сильными ветрами, что способствует очищению атмосферы города.

Влияние юрточной части. В юрточной части Улан-Батор проживает 620,0 тыс. жителей. Атмосферные выпадения от печного отопления оседают на почвы города, аккумулируются в почвенном профиле и представляют экологическую опасность для биоты и человека. Поэтому наибольшее загрязнение атмосферного воздуха в городе постоянно отмечается в районах сосредоточения юрт, занимающих всю северную часть города и другие районы. Выбросы юрточной части города значительно снижают прозрачность атмосферы города, создают условия для образования смога.

Юрточная часть является основным источником всех видов загрязнения.

Как по охвату территории города, так и по превышению экологических норм. Таким образом, в работе (Кошелева, Касимов, 2012) показано, что в центральной части города имеются участки повышенного загрязнения почв весьма и чрезвычайно опасными загрязняющими веществами – тяжелыми металлами.

2. Анализ основных метеорологических параметров в районе Улан-Батора

Улан-Батор — самая холодная столица в мире, расположенная в уникальной климатической среде, простирающейся с запада на восток вдоль широкой долины реки Туул, на высоте 1000 футов над уровнем моря. Метеорологический режим Улан-Батора отличается от соседних станций по некоторым параметрам. Это связано с влиянием местных физико-географических условий на климат города.

Город расположен на высоте 1300–1350 м в долине реки Туул, между горными хребтами (Богд-Хан, Чингэлтэй). Такое расположение:

1. Ограничивает рассеивание загрязнений.
2. Снижает скорость ветра.
3. Усиливает температурные инверсии зимой.

Среднегодовые температуры растут со скоростью 0.10–0.14°C/год, что согласуется с глобальными тенденциями.

Городской климат Улан-Батора отличается повышенными температурами и сниженной влажностью по сравнению с прилегающими территориями.

Низкая скорость ветра и инверсии зимой способствуют накоплению загрязняющих веществ.

Работа демонстрирует, что климат Улан-Батора формируется под влиянием как глобальных процессов, так и локальных географических факторов. Для дальнейших исследований целесообразно включить данные по загрязнению воздуха и их связи с метеопараметрами.

2.1 Температурный режим на станции Улан-Батор

Температура воздуха из-за глобального потепления за последние годы резко возросло количество случаев экстремальной жары, экстремального холода и стихийных бедствий.

Таблица 2.1

Среднегодовое количество осадков в Улан-Баторе составляет 302.3 мм

	Средняя температура	Максимальная температура	Минимальная температура	Осадки
I	-20.3	-2.6	-37.0	1.5
II	-16.1	6.4	-34.4	2.3
III	-5.2	18.9	-27.1	5.6
IV	3.8	28.7	-16.7	11.0
V	10.3	32.6	-8.0	22.2
VI	16.6	34.5	-1.1	57.0
VII	18.8	36.9	5.8	84.2
VIII	16.7	36.7	0.0	69.7
IX	10.5	31.7	-8.8	28.2
X	1.6	22.0	-19.2	9.7
XI	-9.9	12.8	-31.5	7.6
XII	-18.4	-0.3	-32.9	3.3
Год	0.7	36.9	-37.0	302.3

Средняя температура воздуха на минимум — -37.0°C , а годовое количество осадков — 302,3 мм. На метеостанции Улан-Батор за последние 14 лет минимум температура составила $0,7^{\circ}\text{C}$, максимум — $36,9^{\circ}\text{C}$.

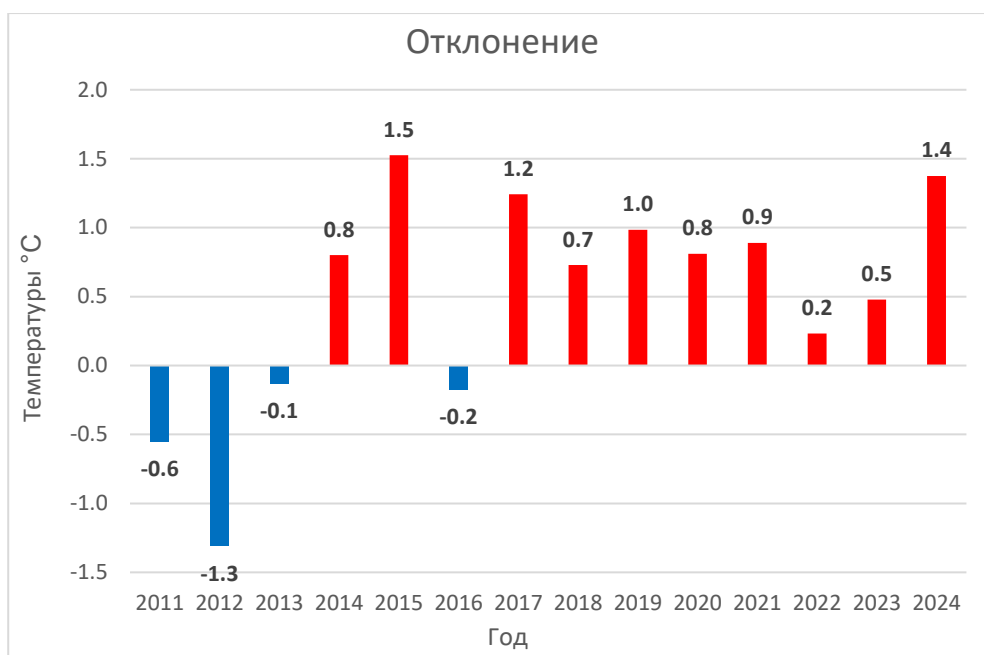


Рисунок 2.2 - Отклонение температуры воздуха °С , Улан-Батор.

Отклонение от климатологических данных за норму определения изменения климата принят 30 летний период с 1991 по 2020 год (Научно - исследовательский и информационный институт по гидрометеорологии Монголии). Для температуры воздуха отклонение от -1.0 до +1.0 считалось близким к климатической норме, отклонение больше +1.1 считалось теплее норм а отклонение меньше -1.1 считалось холоднее нормы. (Норм 0.2)

Таблица 2.2

Отклонение температуры воздуха °С, Улан-Батор

Год	Отклонение	Объяснение
2011	-0.6	В среднем за многие годы
2012	-1.3	Холоднее, чем обычно за многие годы
2013	-0.1	В среднем за многие годы
2014	0.8	В среднем за многие годы

Продолжение таблицы 2.2

Год	Отклонение	Объяснение
2015	1.5	Теплее, чем в среднем за многие годы
2016	-0.2	В среднем за многие годы
2017	1.2	Теплее, чем в среднем за многие годы
2018	0.7	В среднем за многие годы
2019	1.0	В среднем за многие годы
2020	0.8	В среднем за многие годы
2021	0.9	В среднем за многие годы
2022	0.2	В среднем за многие годы
2023	0.5	В среднем за многие годы
2024	1.4	Теплее, чем в среднем за многие годы

При сравнении средней температуры воздуха города Улан-Батора за последние 14 лет с 30-летней нормой с 1991 по 2020 год рассчитано отклонение, и в 2019 году самый холодный год был на $-1,3^{\circ}\text{C}$ ниже среднемноголетней нормы, тогда как в 2015 и 2024 годах самые теплые годы были на $1,4^{\circ}\text{C}$ - $1,5^{\circ}\text{C}$ выше среднемноголетней нормы, а в остальные годы температура близка к среднемноголетней норме.

2.2 Осадки и влажность в Улан-Баторе. Годовое распределение осадков в Улан-Баторе

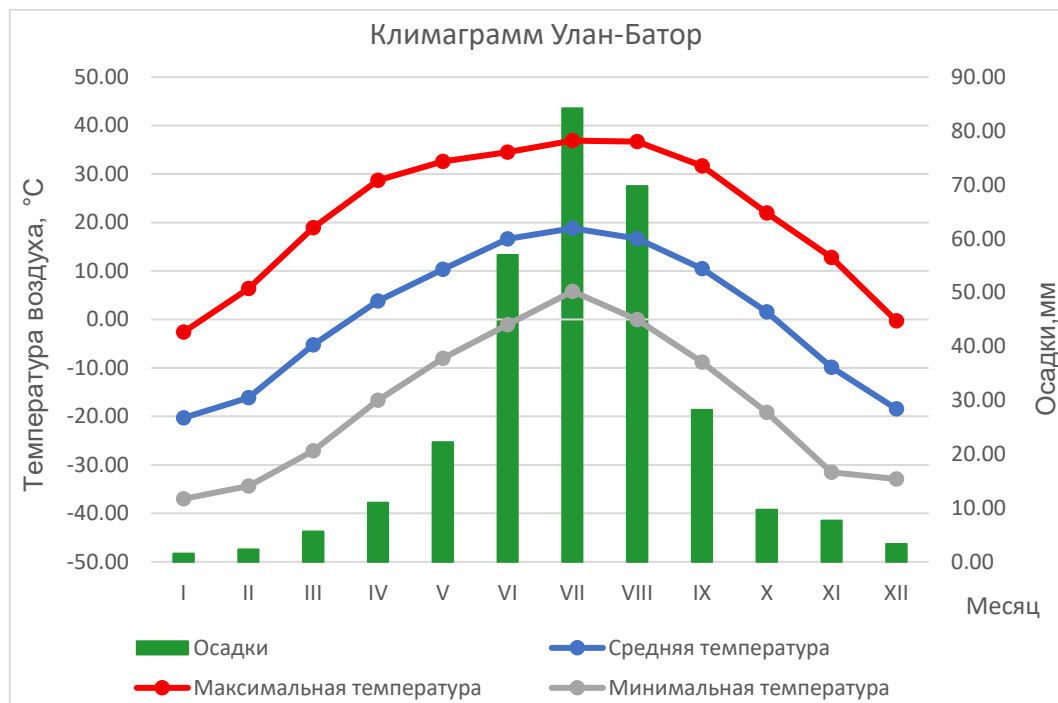


Рисунок 2.1 – Климаграмма Улан-Батора

2.3 Ветровой режим на станции Улан-Батор



Рисунок 2.2 – Среднее скорость ветра на станции Улан-Батор

Исследование скорости ветра 3м/с это скорость самая частая наблюдаемая всегде. На всех станции 3 м/с. Тут сразу видно самый низких значение Улан-Батор. Больших скорость Улан-Баторе нет. Потому что горами окружен. 3 м/с 685 раз была за эти 14 лет. Улан-Баторе 5 м/с 69 раз была. Самая большая скорость 5,6 м/с.

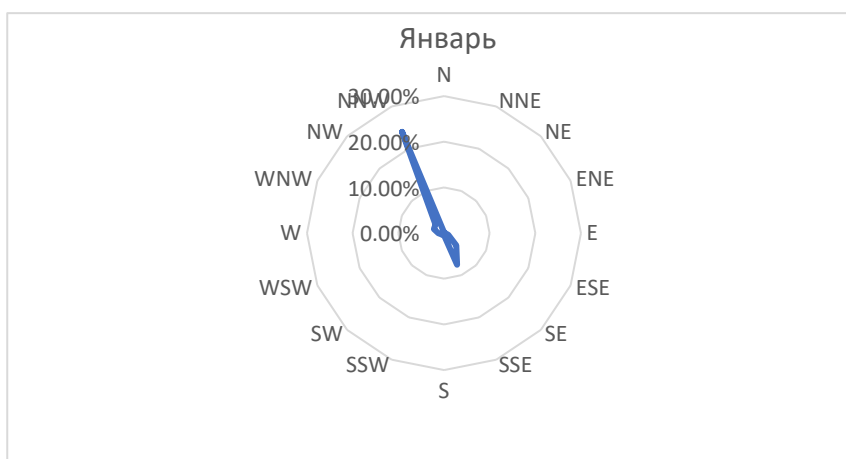


Рисунок 2.3 – Среднее направление ветра на станции Улан-Батор в зимний период года (Январь)

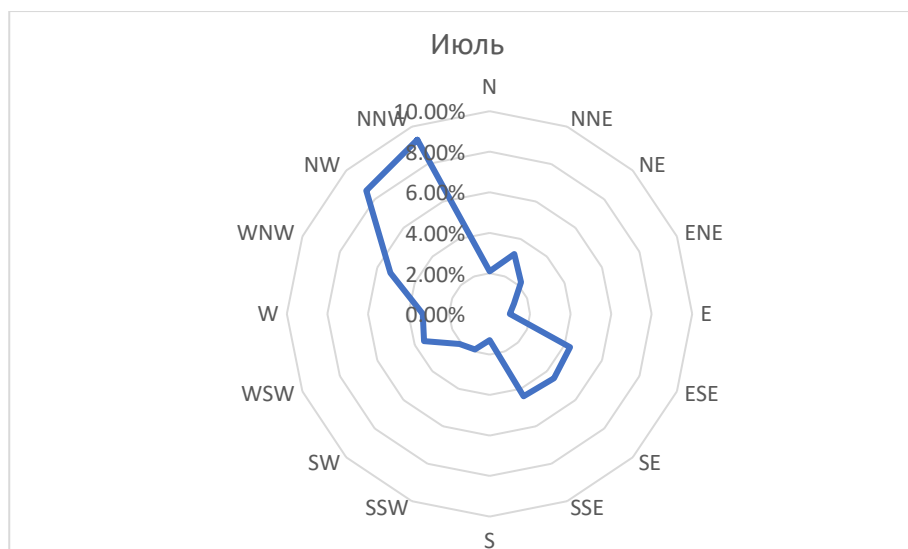


Рисунок 2.4 – Среднее направление ветра на станции Улан-Батор в летний период года (Июль)

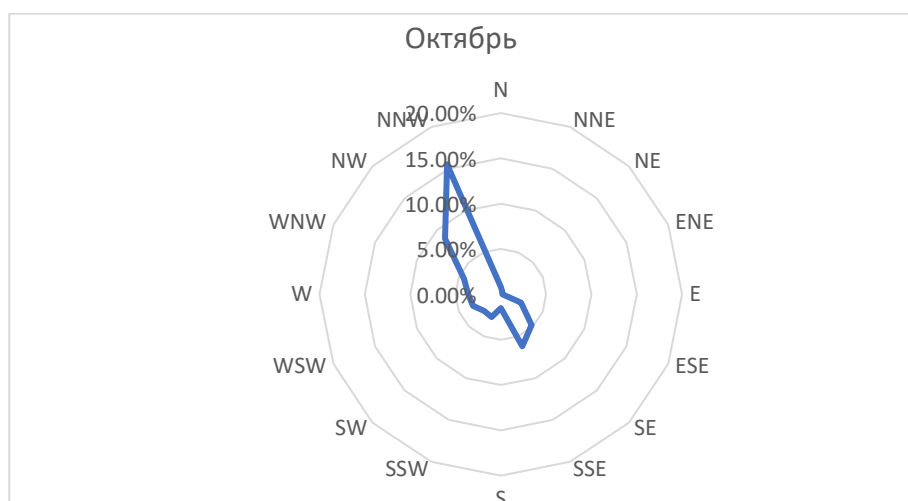


Рисунок 2.5 – Среднее направление ветра на станции Улан-Батор в осенний период года (Октябрь)

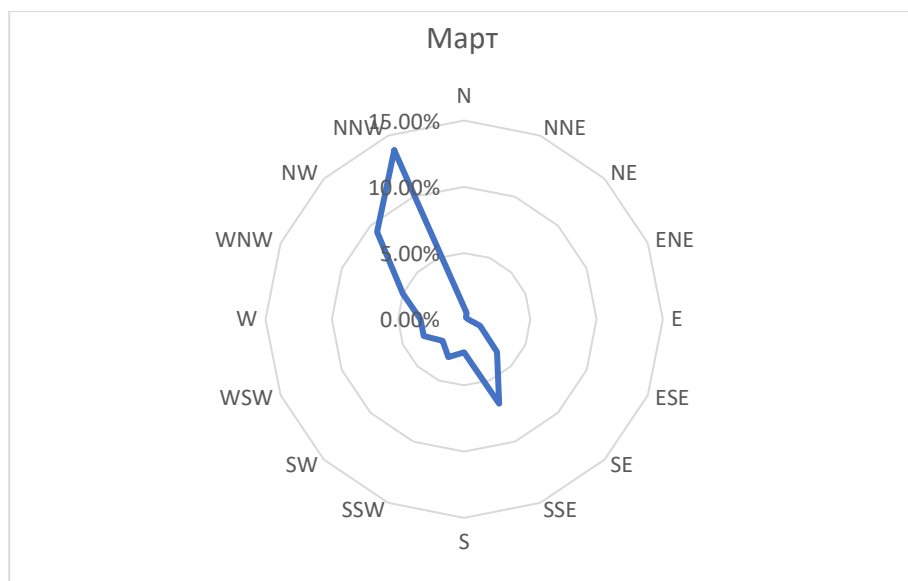


Рисунок 2.6 – Среднее направление ветра на станции Улан-Батор в весенний период года (Март)

Из рисунков 2.3 и 2.6 прослеживается характерная роза ветров по сезонам. Ветер северо – западный, практически не меняется. Больше часть года добавляется юго – восточно направление. На графиках (Рисунок 2.3 и 2.6) доминируют ветры северо-западного направления, что способствует переносу загрязнений из промышленных зон в восточные районы города.

3. Сравнительная характеристика метеорологического режима Улан-Батор и периферийных городов

3.1 Методика сравнения. Выбор станций аналогов (Зуунмод, Тэрэлж, Баянчандман, Луун)

Выбор районов Монголии Улан-батора для проведения исследований и описание исходных данных. Для работы мы выбрали 5 станций, расположенных в городе Улан-Баторе, а также на юге, севере, западе, востоке и окраинах, с целью изучения особенностей климатического режима в Улан-Баторе. Для этой цели были отобраны данные за последние 14 лет четырех станции: Зуунмод, Лун, Тэрэлж, и Баянчандман.

Баянчандман находится на севера запад от Улан-Батор. Станция Лун на запад от Улан-Батор. Станция Зуунмод на юге от Улан-Батор. Станция Тэрэлж на востоке от Улан-Батор. Данный внутри Улан-Батор с другим станциями который вокруг находится.

Таблица 3.1

Расположение станций

Код	Провинция	Название станции	Широта	Долгота	Высота м	Расположение
4770701	TUB	Зуунмод	47.71	106.93	1548	На юг
4790531	TUB	Лун	47.87	105.25	1011	Запад
4790701	Ulaanbaatar	Улан-Батора	47.92	106.85	1306	Улан-Батора в центр
4800751	UB	Тэрэлж	47.99	107	1523	Левый
4820631	TUB	Баянчандмань	48.23	106.28	1256	Северо-запад

1. Наши данные включают среднюю температуру, максимальную температуру, минимальную температуру.
2. Скорость и направление ветра.
3. Осадки, влажность за последние 14 лет.

Станция Лун расположена на $47^{\circ} 53' 00''$ северной широты и $105^{\circ} 17' 04''$ восточной долготы. Лун расположена на высоте 1012 метров над уровнем моря. По природным зонам относится к зоне сухих степей. Относится к зоне сухого и теплого климата.

Географическое положение Станция Зуунмод расположена на $47^{\circ} 42' 27'' 1$ северной широты и $106^{\circ} 56' 06'' 1$ восточной долготы, на высоте 1549 метров над уровнем моря. По природным зонам относится к горно-лесостепной зоне. Относится к зоне сухого и теплого климата.

Географическое положение Станция Баянчандман расположена на $48^{\circ} 22$ градуса северной широты, $106^{\circ} 28$ градуса восточной долготы и на высоте 1257 метров над уровнем моря. По природным зонам относится к горно-лесостепной зоне. Относится к зоне сухого и теплого климата.

Метеорологическая станция Тэрэлж расположена на курорте Тэрэлж и в туристических районах и река Тэрэлж. Территория района включает юго-восточную часть хребта Хэнтэй и лесостепное средногорье южной части Хэнтэйской тайги. Самая северная точка – гора Гэл (2550,8), расположенная на границе заповедника Хэн Хэнтий и национального парка река Тэрэлж на ($48^{\circ}02'51'33''2$) северной широты, $107^{\circ}03'8'13''48$ восточной долготы, самая южная точка находится за горой Гандан, на южном берегу реки Туул, и простирается на 77 км с севера на юг. Западная граничная точка – плато 2045,6 северной широты, $48^{\circ}01'21'46''5$ расположенное к северо-западу от перевела Дархит, южная граничная точка – перевал Юдэгийн (Жудэгийн) (1985,0; $48^{\circ}01'71'74''7$ северной широты), ($108^{\circ}00'61'69$ восточной долготы) и простирается с запада юго на 70 км. Выпуклый вогнутый – это горные регионы, которые часто состоят из крутых, скалистых гор с куполообразными вершинами и долинами, где берут начало реки. Это место с природной красотой и уникальным ландшафтом со скалистыми горными образованиями.

Рассматривая климатический район и особенности станции Тэрэлж, можно подчеркнуть, что большая часть влаги, поступающей от преобладающих западных и северо-западных ветров в течение большей части года, задерживается здесь, поэтому влажность воздуха выше, чем в других регионах, и горный район Хэнтий не является «влажным, прохладным» регионом. Национальный парк река Горхи-Тэрэлж имеет континентальный климат. Климатические параметры распределены симметрично, с влажным летом и очень холодным зимой. Для климатических условий влагообеспеченность больше 1, плюс сумма температур, или теплообеспеченность, составляет 1523,7°C. Среднегодовая температура составляет -3,7°C. Средняя температура января составляет -24,5°C, а средняя температура июля составляет 14,4°C. Сумма активных температур для роста растений составляет 1427,3°C, вегетационный период – 131 день, сумма полезных температур – 772,3°C, а жара выше 10,0°C составляет 82 дня, аккумулируя 231,6°C тепла, что свидетельствует об уникальных особенностях высокогорного региона и дефиците тепла. Природный комплекс Горхи Тэрэлж считается одним из самых влажных районов. Среднегодовое количество осадков составляет 346,8 мм, около 90% из которых выпадает в теплый сезон. Ветры обычно западные и северо-западные, среднегодовая скорость составляет 1,5 м/с.

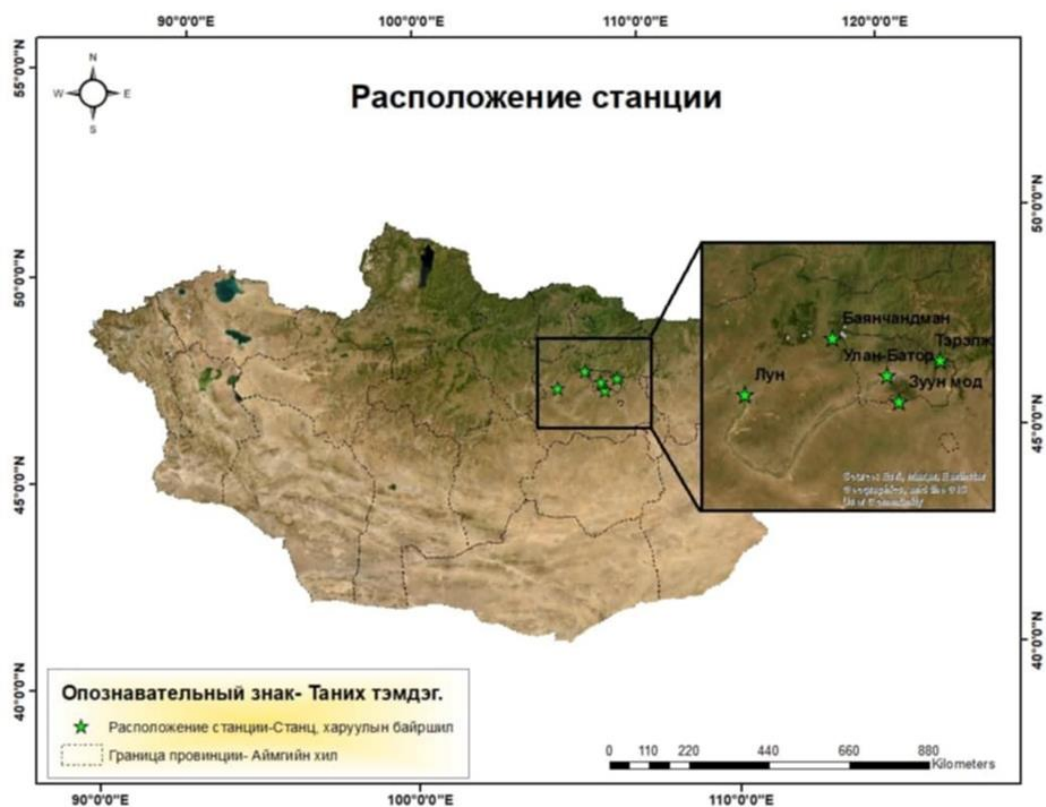


Рисунок 3.1 - Расположение станций Улан-Батора, Зуунмод, Баянчандман, Лун, Тэрэлж на территории Монголии.

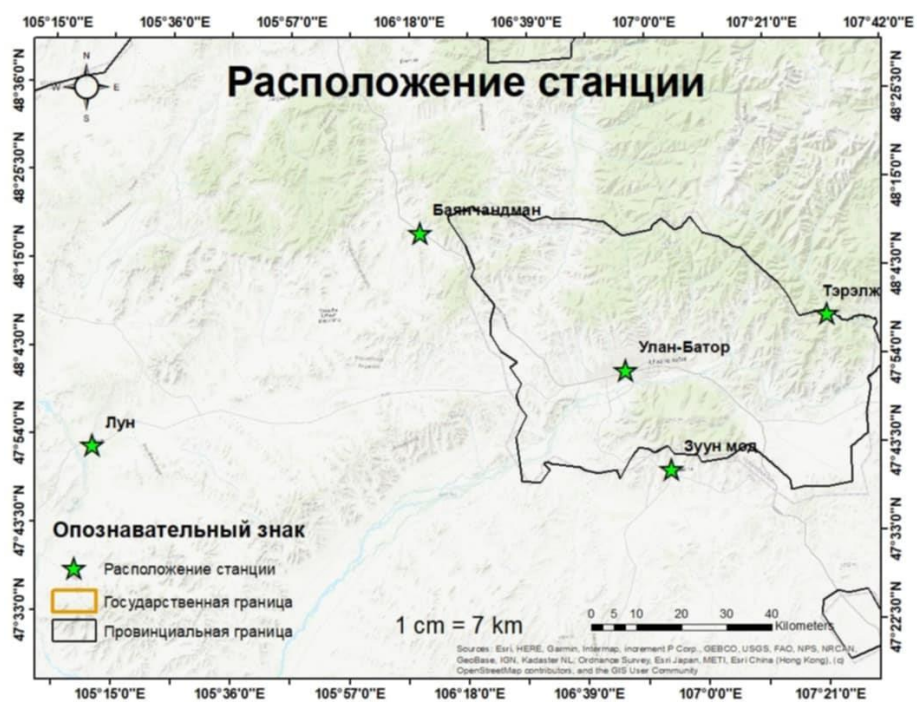


Рисунок 3.2 - Расположение Улан-Батора, Зуунмод, Баянчандман, Лун, Тэрэлж.

Для исследовательской работы были составлены следующие методы и ресурсы. Используются данные первичных метеорологических наблюдений и статистические данные. Результаты также были получены с использованием методов обработки климата и программного обеспечения EXCEL.

Отчет о метеорологических наблюдениях.

1. Средняя дневная температура воздуха, абсолютные максимумы и минимумы .
2. Суммарное количество осадков за день.
3. Ежедневная относительная влажность.
4. Скорость и направление ветра.

За норму определения изменения климата принят 30-летний период с 1991 по 2020 год (Научно-исследовательский и информационный институт по гидрометеорологии).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots + x_{30}}{30} = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} x_i \quad (1)$$

$\bar{x}$ – среднее значение за многие годы

x – стоимость за этот год

Отклонение среднегодовой температуры воздуха и осадков в городе Улан-Батор рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Здесь: σ – отклонение

$\bar{x}$ – среднее значение за многие годы

x – стоимость за этот год

n - длина линии

Для температуры воздуха отклонение от -1,0 до +1,0 считалось близким к климатической норме, отклонение больше +1,1 считалось теплее климатической нормы, а отклонение меньше -1,1 считалось холоднее нормы.

Отклонение количества осадков рассчитывалось путем сравнения общего количества осадков за определенный период со средним годовым количеством осадков за этот период, выраженным в процентах. Если отклонение количества осадков составляет 80–120%, то оно считается близким к в среднем за многие годы, если оно больше 120%, то оно считается выше долгосрочного среднего значения, а если оно меньше 80%, то оно считается ниже долгосрочного среднего значения.

Для нахождения связи между переменными, используемыми в исследовании, были использованы математические статистические методы корреляции и регрессии. Коэффициент регрессии представляет силу (амплитуду) связи, а коэффициент корреляции представляет плотность связи. Даны пары значений наблюдения: $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$. Тогда коэффициент корреляции определяется по следующей формуле.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (3)$$

Коэффициент линейной корреляции находится в интервале $(-1) \sim (+1)$. Российским ученым А.М. Гатулиным разработана пятиуровневая шкала оценки причинно-следственной связи: если меньше 0,1, то связь отсутствует, если от 0,1 до 0,5, то слабая связь, если от 0,5 до 0,8, то умеренная связь, если больше 0,8, то сильная связь, если близок к 1, то функционально тесная связь (Гатулин, 1992).

3.2 Результаты исследования

Таблица 3.2

Среднегодовые температуры на станциях, °С

	Зуунмод	Лун	Улан-Батор	Тэрэлж	Баянчандмань
2011	-1.1	-0.8	-0.4	-4.4	-0.2
2012	-2.3	-2.2	-1.1	-5.1	-1.3
2013	-0.9	0.0	0.1	-3.7	-0.1
2014	-0.1	1.1	1.0	-2.9	0.7
2015	0.6	1.4	1.7	-2.7	1.5
2016	-0.5	-0.5	0.0	-3.2	0.0
2017	0.7	1.3	1.4	-2.7	1.5
2018	-0.1	1.0	0.9	-2.6	0.5
2019	0.6	1.8	1.2	-2.8	1.2
2020	0.2	1.1	1.0	-3.3	1.2
2021	0.4	0.9	1.1	-2.3	1.0
2022	-0.4	0.5	0.4	-3.4	0.4
2023	0.1	0.5	0.7	-3.1	0.6
2024	0.9	1.3	1.6	-2.3	1.7
Среднее	-0.1	0.5	0.7	-3.2	0.6

Средние температуры воздуха за последние 14 лет на 5 изученных нами метеостанциях схожи, но на метеостанции Тэрэлж было относительно прохладно, от $-2,6^{\circ}\text{C}$ до $-5,1^{\circ}\text{C}$, в то время как средние температуры воздуха на остальных 4 станциях были очень схожими, от $-2,3^{\circ}\text{C}$ до $1,8^{\circ}\text{C}$. На метеостанции Тэрэлж (Тэрэлж на востоке от Улан-Батор) среднегодовая температура за весь рассматриваемый период была отрицательной.

Средняя температура воздуха за последние 14 лет была самой холодной на станции Тэрэлж (она находится на востоке относительно Улан-Батор) и составила -3.2°C , а средняя температура воздуха на остальных 4 станциях была примерно на -0.1°C - 0.7°C теплее (таблица 4, рисунок 3.3).

Таблица 3.3

Таблица изменине температуры на станциях

Станция	Zuunmod	Lun	Ulaanbaatar	Terelj	Bayanchandmani
Скорость изменения, °C/год	0.14	0.13	0.10	0.13	0.12
R ²	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4

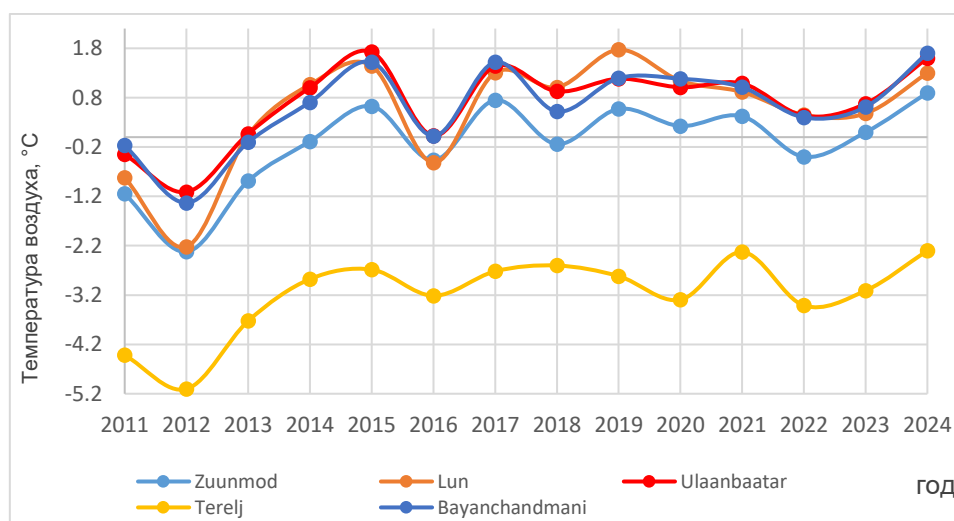


Рисунок 3.3 - Среднегодовые температуры на станциях, °C

Графики рисунка 3.3 отражают процесс потепления на всех рассмотренных станциях за период 2011-2024 гг. Скорость потепления (см. таблицу 4) составляет от 0.10 до 0.14 °C в год. Медленнее всего потепление происходит в Уланбаторе, быстрее всего – в Зуунмод.

Среднегодовые температуры на станциях, °C на 5 обследованных метеорологических станциях помещены в таблице 3.4. На графике (рисунок 3.3) красные линии это Улан-Батор. Она идёт по верху. Практически все года она всё такие высоко. Значить Улан-Батор теплее.

Таблица 3.4

Среднегодовая температура воздуха на станциях, °С

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср
Zuunmod	-19.7	-16.4	-6.3	2.5	9.0	15.3	17.4	15.2	9.4	0.6	-10.5	-18.0	-0.1
Lun	-25.3	-19.5	-4.5	5.4	12.0	18.6	20.6	18.4	11.7	2.2	-11.3	-22.6	0.5
Ulaanbaatar	-20.3	-16.1	-5.3	3.8	10.3	16.7	18.8	16.7	10.5	1.6	-9.9	-18.4	0.7
Terelj	-24.3	-20.1	-9.6	0.4	6.9	12.7	15.0	12.8	6.5	-2.1	-14.2	-22.2	-3.2
Bayanchandmani	-19.0	-15.7	-5.3	3.3	9.6	15.8	17.9	15.9	9.8	1.3	-9.1	-17.1	0.6

Среднегодовые температуры, на выбранных обследованных метеорологических станциях схожи на протяжении многих лет - самые теплые месяцы июнь, июль и август (от 14 до 21°С), самые холодные – декабрь, январь и февраль (от -17 до -26°С). На метеорологической станции Тэрэлж было относительно прохладно, от -24,6°С до 15,0°С, в то время как среднегодовые температуры воздуха на остальных 4 станциях были очень схожи, от -25,3°С до 20,7°С (таблица 3.4, рисунок 3.4).

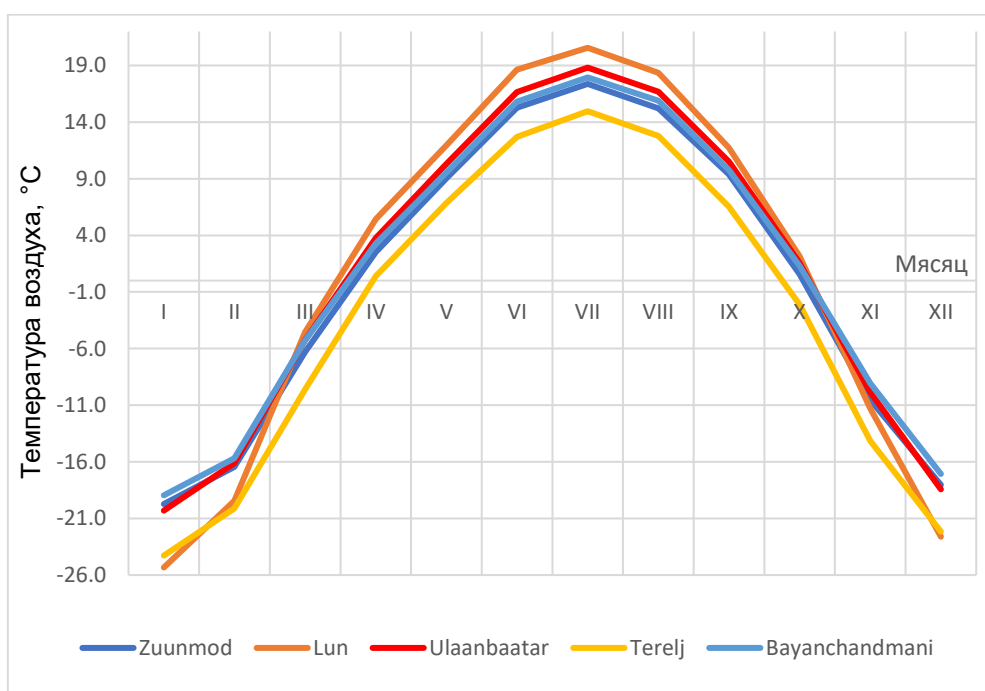


Рисунок 3.4 - Среднегодовые температуры на пяти станциях, °С.

Рассматривая среднегодовые температуры на пяти станциях можно заметить годовой ход хорошо выражен. На всех станциях графики схожи. Минимумы температуры на каждой станции отмечаются в январе, а максимум в июле. Самая минимальная и максимальная температура за холодное и тёплое время года наблюдалась на станции Луна и отмечалась -25.3, и 20.6°с соответственно. Станции находятся в одной местности их температурный режим сильно не отличается. Если посмотреть на среднегодовую температуру разница между станциями в диапазоне 5-10°С. Корреляция для наглядности.

Таблица.3.5

Корреляции между данными о средней температуре воздуха по метеорологическим станциям.

Станции	Зуунмод	Лун	Улан-Батор	Тэрэлж	Баянчандман
Зуунмод		0.94	0.97	0.93	0.98
Лун	0.94		0.96	0.89	0.94
Улан-Батор	0.97	0.96		0.92	0.98
Тэрэлж	0.93	0.89	0.92		0.87
Баянчандман	0.98	0.94	0.98	0.87	

Корреляции между данными о средней температуре воздуха по метеорологическим станциям. Можем заметить что связи положительная и достигают высоких значений.

Составлено корреляционная связь по температуре между станциями. Везде прослеживается положительная связь, очень высокая связь Баянчандман с Зуунмод и Улан-Батор (0.98). То есть все они синхронны. Особенно Баянчандман который находится на северо-западе, очень похоже температура меняется Улан-Батор.

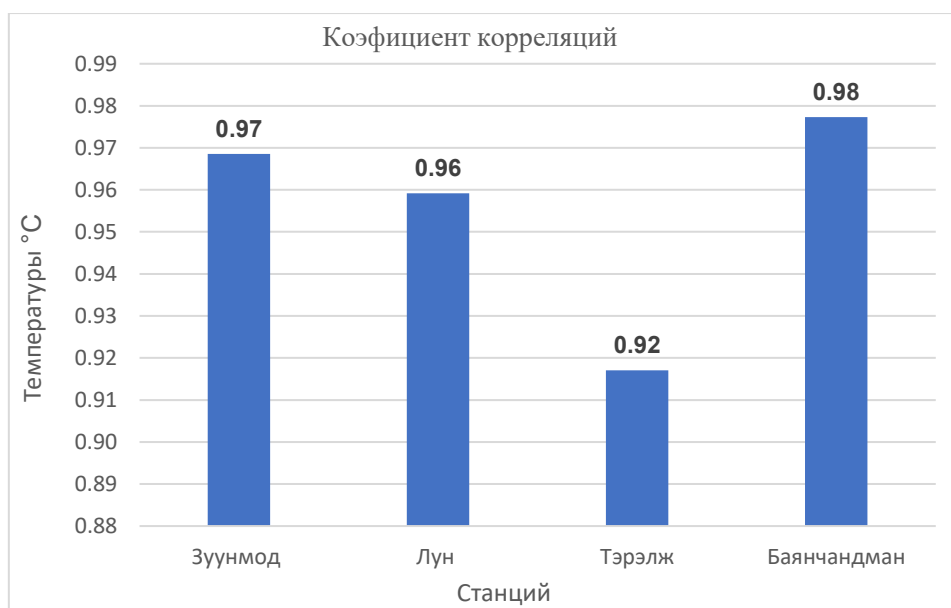


Рисунок 3.5 - График коэффициента корреляций между температурным режимов на станциях

Корреляция между данными о средней температуре воздуха по метеорологическим станциям и средней температурой воздуха на станции Улан-Батор. Представлена наглядная диаграмма Корреляции между данными о средней температуре воздуха по метеорологическим станциям и средней температурой воздуха на станции Улан-Батор. Самая высокая корреляционная связь со станцией Баянчандман. Появилась коэффициента корреляция мужду температурами на соседних станциях и Улан-Баторе. То есть всегде они сенхронна. Особенно Баянчандман который находится на севера западе очень похоже температура меняется Улан-Баторе. На севера западе.

Рассматривая температурный режим, можно сказать, что средняя годовая температура воздуха в Улан-Баторе (2011–2024 гг.) 0.7°C , что выше, чем в Тэрэлже (-3.2°C), но ниже, чем в Луне (0.5°C). Это объясняется тем, что Улан-Батор расположен на высоте 1300 метров над уровнем моря, что снижает температуру по сравнению с соседними станциями, расположенными на меньшей высоте. Тренд потепления: $+0.10\text{--}0.14^{\circ}\text{C}/\text{год}$.

Проанализировав данные по сезонным колебаниям, можно прийти к выводу, что в зимнее время года (декабрь–февраль) температура достигает -25.3 , лето (июнь–август): до $+20.7^{\circ}\text{C}$.

Температура на станции Улан-Батор теплее высокогорного Тэрэлжа, но холоднее равнинных станций (Лун) из-за высотной поясности.

На графике (Рисунок 3.4) виден синхронный рост температур на всех станциях, особенно выраженный после 2015 года. Корреляция между Улан-Батором и Баянчандманом достигает 0.98, что подтверждает общность климатических процессов. "Тепловой остров" Улан-Батора. Разница температур "центр–окраина" достигает $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ зимой. Ночное охлаждение слабее на 1.5°C из-за нагретых зданий.

Режим осадков данной территории определяется атмосферной циркуляцией, рельефом местности и испарением с поверхности. Данные об объеме осадков, характере их выпадения, месячном и годовом распределении, а также интенсивности широко используются в различных секторах транспорта. Режим осадков в нашей стране определяется действием областей низкого давления, однако в летний период весьма существенно влияние местной тепловой конвекции. Для Монголии характерно небольшое количество сильных осадков в летний сезон, на долю которых приходится большая часть общего месячного и годового количества осадков.

Рассмотрим все пять метеорологических станций и их изменение средней температуры, и количество осадков.

Таблица 3.6

Среднегодовые параметры атмосферы (осадки и температура) в Баянчандмане за период 2011-2024

Месяцы	Средняя температура	Максимальная температура	Минимальная температура	Осадки
I	-19.1	0.9	-39.1	1.2
II	-15.5	7.6	-37.2	1.4
III	-5.2	19.1	-29.8	3.8
IV	3.2	29.2	-19.1	8.4
V	9.3	32.6	-9.7	21.3
VI	15.8	34.5	-2.3	52.9
VII	17.8	37.6	3.5	86.2
VIII	15.7	36.7	-1.9	75.2
IX	9.8	31.7	-14.2	37.1
X	1.2	22	-22.1	7.2
XI	-9.4	12.8	-32.9	5.2
XII	-17.1	3.6	-36.4	3.1
Год	0.5	37.6	-39.1	303.0

Средняя температура воздуха на минимум — $-39,1^{\circ}\text{C}$, а годовое количество осадков — 303,0 мм. На метеостанции Баянчандман за последние 14 лет минимум температура составила $0,5^{\circ}\text{C}$, максимум — $37,6^{\circ}\text{C}$.

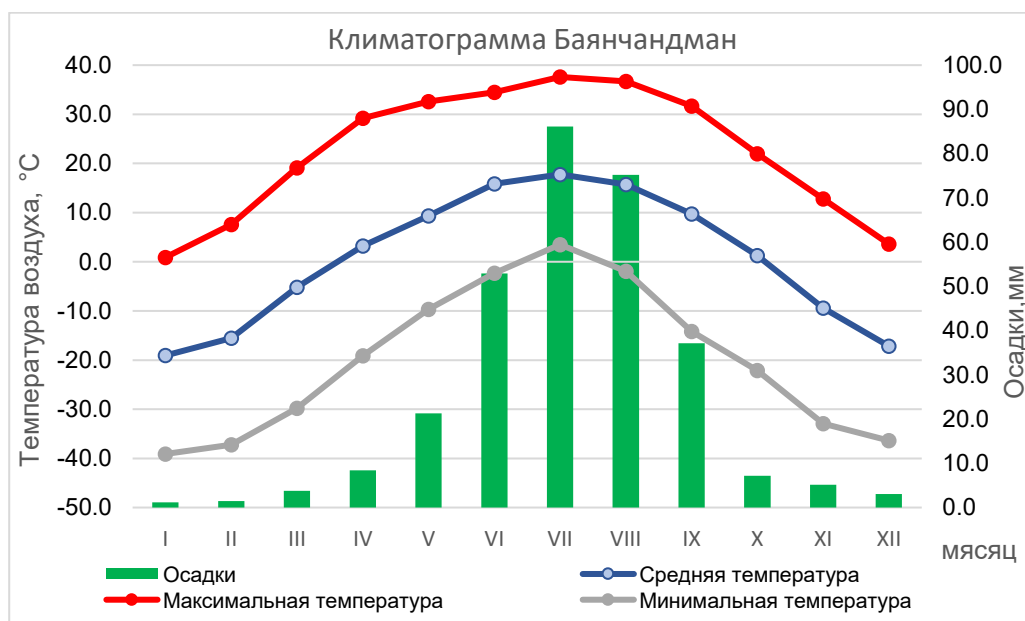


Рисунок 3.6 – Климатограмма станции Баянчандман

Таблица 3.7

Среднегодовые параметры атмосферы (осадки и температура) в Зуунмод за период 2011-2024

Месяцы	Средняя температура	Максимальная температура	Минимальная температура	Осадки
I	-19.7	0.9	-37.9	1.1
II	-16.4	5.3	-35.2	2.3
III	-6.3	17.4	-25.9	4.5
IV	2.5	26.6	-19	9.2
V	9.0	31.8	-9.6	19.1
VI	15.3	32.8	-1.3	58.7
VII	17.4	34.6	4.8	79.8
VIII	15.2	34.9	-1	72.6
IX	9.4	30.9	-12.1	26.1
X	0.6	19.3	-21.6	7.8
XI	-10.5	10.9	-33.3	8.8
XII	-18.0	2.7	-35.5	3.1
Год	-0.1	34.9	-37.9	292.9

Средняя температура воздуха на минимум — -37.9°C , а годовое количество осадков — 292.9 мм. метеостанции Зуунмод за последние 14 лет составила $0,5^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум — $37,6^{\circ}\text{C}$, абсолютный последние 14 лет составила -0.1°C , максимум 34.9°C .

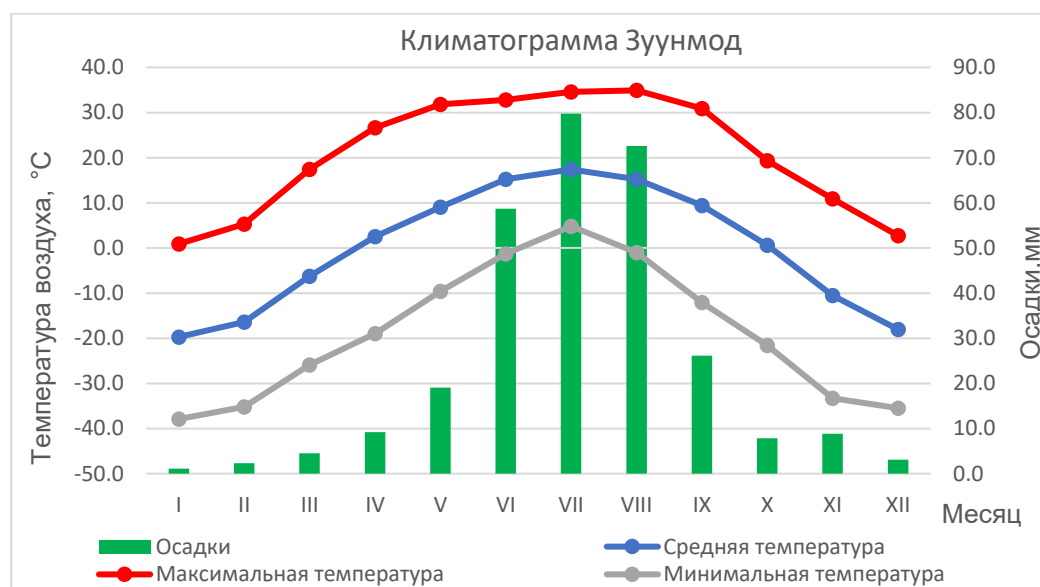


Рисунок 3.7 – Климатограмма станции Зуунмод

Таблица 3.8

Среднегодовые параметры атмосферы (осадки и температура) в Тэрэлж за период 2011-2024

	Средняя температура	Максимальная температура	Минимальная температура	Осадки
I	-24.3	-2.1	-44.0	1.5
II	-20.1	7.6	-43.0	3.7
III	-9.6	16.8	-36.6	7.1
IV	0.4	26.1	-29.2	12.8
V	6.9	30.2	-19.2	28.6
VI	12.7	31.3	-5.7	63.4
VII	15.0	34.1	-2.2	99.2
VIII	12.8	34.8	-3.7	86.9
IX	6.5	29.1	-13.8	33.8
X	-2.1	19.5	-24.6	12.5
XI	-14.2	11.0	-40.4	7.1
XII	-22.2	1.8	-43.2	2.5
Год	-3.2	34.8	-44.0	359.3

Средняя температура воздуха на минимум — -44.00°C , а годовое количество осадков — 29.9 мм. метеостанции за Тэрэлж последние 14 лет составила -3.19°C , максимум — 34.80°C .

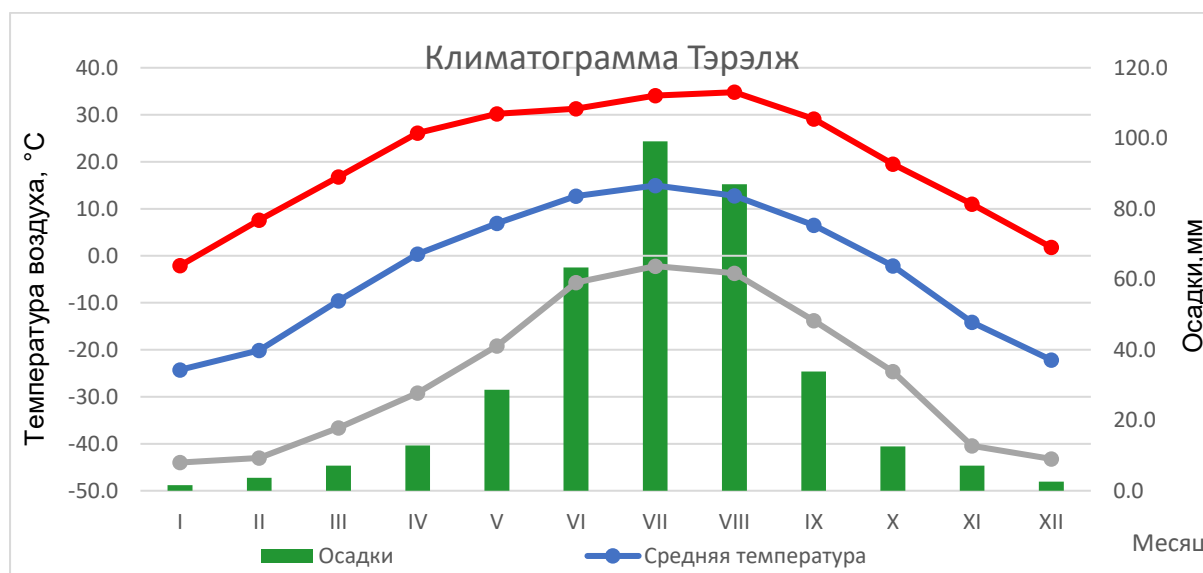


Рисунок 3.8 – Климатограмма станции Тэрэлж

Таблица 3.9

Среднегодовые параметры атмосферы (осадки и температура) в Луун за период 2011-2024

	Средняя температура	Максимальная температура	Минимальная температура	Осадки
I	-25.3	2.5	-45.5	1.1
II	-19.8	7.0	-44.0	1.7
III	-4.8	22.5	-31.7	3.2
IV	5.6	32.3	-19.4	11.8
V	12.2	34.9	-8.3	19.7
VI	18.6	38.1	1.0	40.1
VII	20.7	38.5	7.3	56.8
VIII	18.5	39.5	1.3	55.6
IX	11.7	33.6	-9.9	21.5
X	2.2	23.7	-20.1	5.1
XI	-10.9	13.7	-38.3	6.0
XII	-22.4	3.4	-42.3	2.3
Год	0.5	39.5	-45.5	224.6

Средняя температура воздуха на минимум — -45.5°C , а годовое количество осадков — 224.6 мм. На метеостанции Лун за последние 14 лет минимум температура составила $0,5^{\circ}\text{C}$, максимум — 39.5°C .

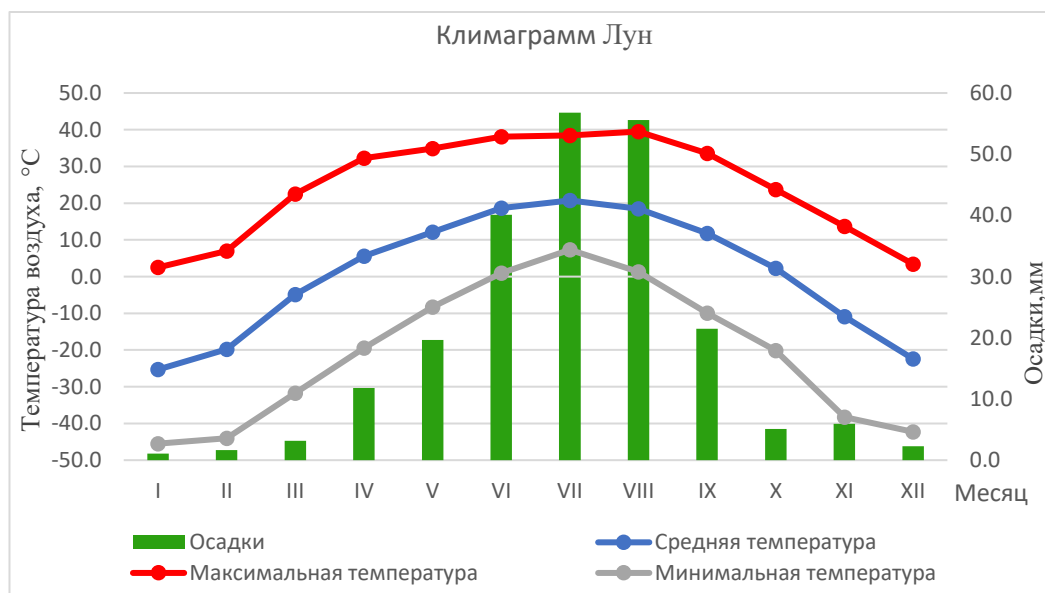


Рисунок 3.9 – Климатограмма станции Лун

Рассмотрим наглядно диаграмму по средним многолетним значениям осадков на станциях Улан-Батор, Баянчандман, Лун, Тэрэлж, Зуунмод за период 2011-2024 года на рисунке 3.10.

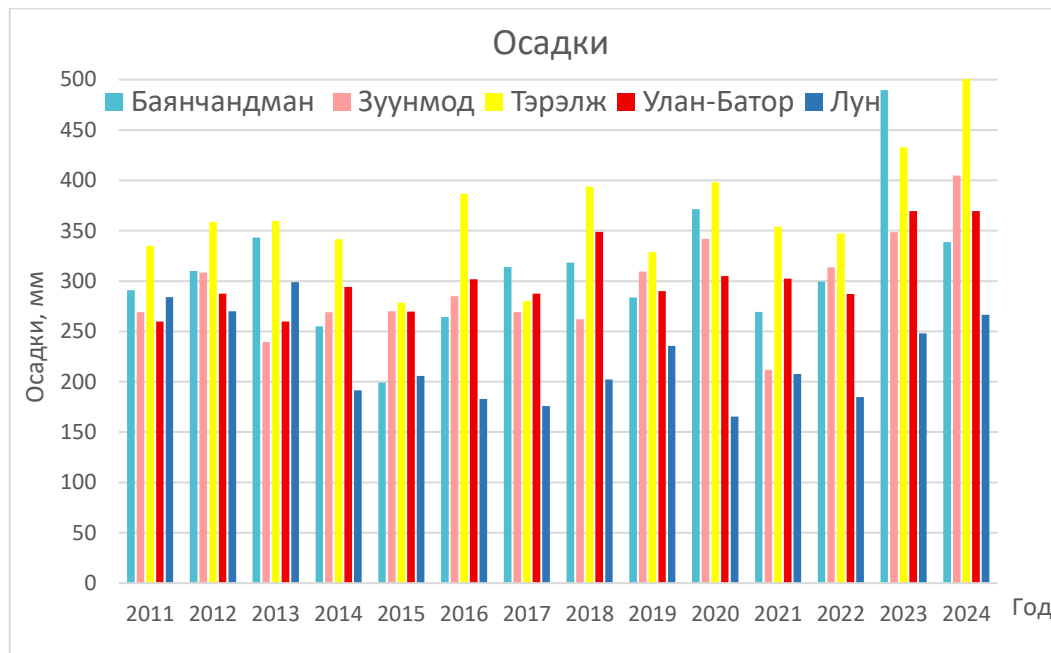


Рисунок 3.10 - Средние многолетние данные по осадкам на станциях за период 2011-2024 года

Не очень отличается. Станция Лун, Зуунмод намного меньше осадков чем другим станциями. Зуунмод на юге, Лун на Западе от Улан-Батор. Например, среднегодовое количество осадков в Улан-Баторе — 302 мм, тогда как на станции Тэрэлж — около 367 мм, а на станции Лун — 222 мм.

Минимум в Луне (224.6 мм) из-за сухого степного климата; максимум в Тэрэлже (359.3 мм) благодаря горному влиянию.

Это связано с тем, что Улан-Батор находится в зоне сухого климата, а соседние станции расположены в более влажных районах Монголии.

Улан-Батор: 302.3 мм (меньше, чем в Тэрэлже — 359.3 мм).
Минимум осадков: станция Лун (224.6 мм), что связано с её расположением в зоне сухих степей.

Сезонное распределение: 80% осадков выпадает летом (июнь,август). Зимой — менее 5% (преимущественно снег).

Рассмотрим графически среднегодовые значения влажности на станциях:



Рисунок 3.11 – Средние многолетние данные относительной влажности на Станции Зуунмод за период 2011-2024 года

На станции Зуунмод средняя относительная влажность за многолетние данные меняется в пределах от 53% до 61%. Самое низкое значение прослеживается в 2015 году и равно 53%, самый высокий показатель в 2023 году – 61%.

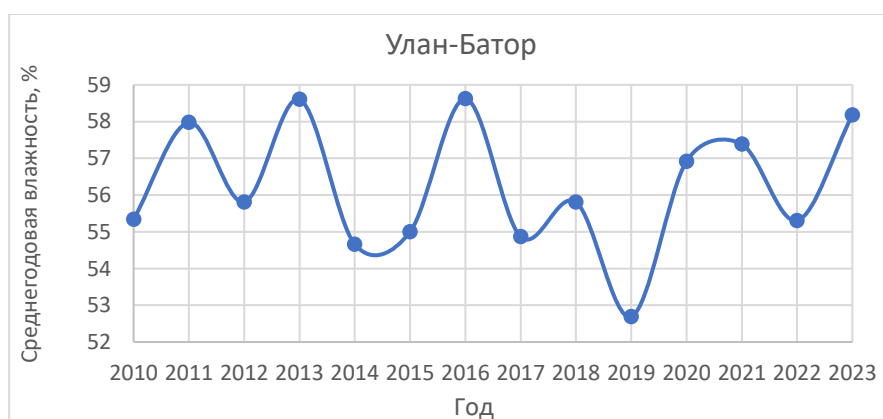


Рисунок 3.12 – Средние многолетние данные относительной влажности на Станции Улан-Батор за период 2011-2024 года

На станции Улан-Батор средняя относительная влажность за многолетние данные находится примерно на одном уровне в пределах от

51% до 59%. Самое низкое значение прослеживается в 2019 году и равно 53%, самый высокий показатель зафиксирован в 2013 и 2016 году – 59 %.



Рисунок 3.13 – Средние многолетние данные относительной влажности на Станции Лун за период 2011-2024 года

На станции Луне средняя относительная влажность за многолетние данные меняется в пределах от 55% до 64%. Самое низкое значение прослеживается в 2019 году и равно 55%, самый высокий показатель в 2019 году – 64%.



Рисунок 3.14 – Средние многолетние данные относительной влажности на Станции Баянчандман за период 2011-2024 года

На станции Баянчандман влажность за период 2011-2024 года изменяется в пределах от 55% до 65%. Самое низкое значение прослеживается в 2019 году и равно 55%, самый высокий показатель в 2023 году – 65%.

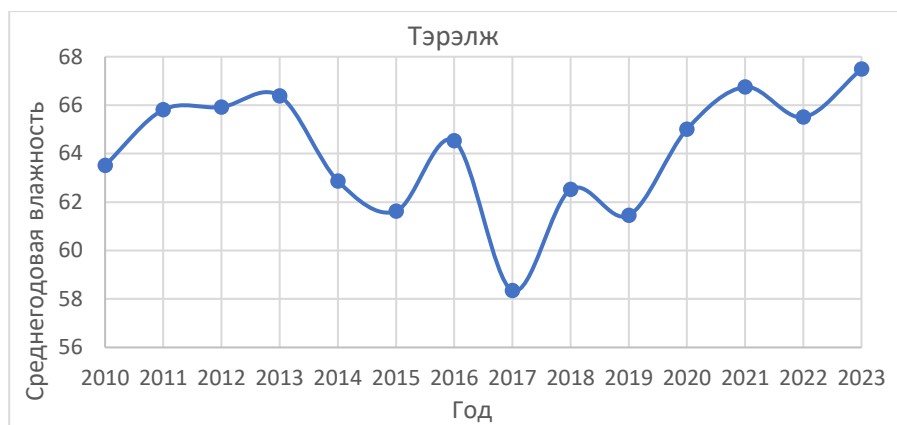


Рисунок 3.15 – Средние многолетние данные относительной влажности на Станции Тэрэлж за период 2011-2024 года

На станции Тэрэлж влажность изменяется в пределах от 55% до 65%. Самое низкое значение прослеживается в 2019 году и равно 55%, самый высокий показатель в 2023 году – 65%.

Это обуславливается тем, что большая часть влаги, поступающей от преобладающих ветров западного направления и горной местности задерживается здесь, поэтому влажность воздуха на станция Тэрэлж выше, чем в других регионах.

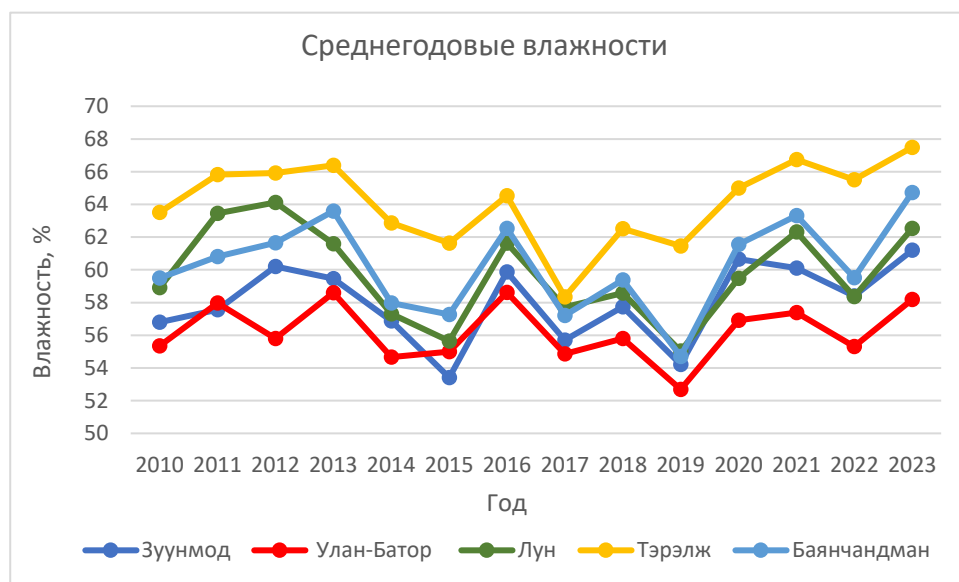
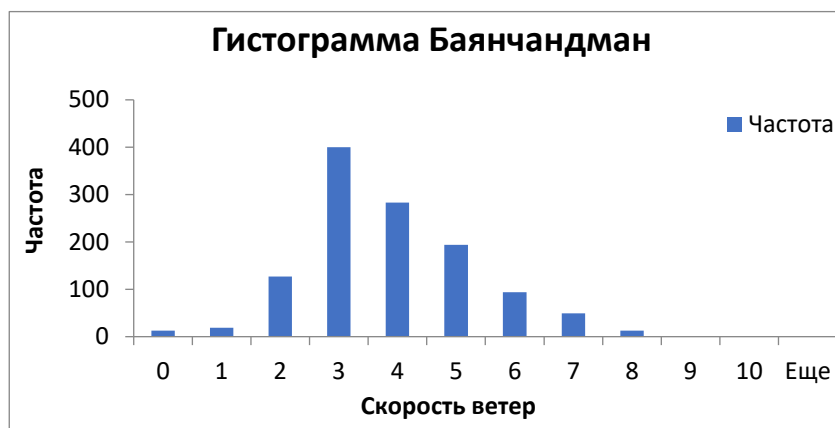


Рисунок 3.16 - Средние многолетние данные относительной влажности на Станциях за период 2011-2024 года

На Рисунке 3.16 заметно, что Улан-Батор отличается более низкой влажностью по сравнению с прилегающими станциями, более сухой, что

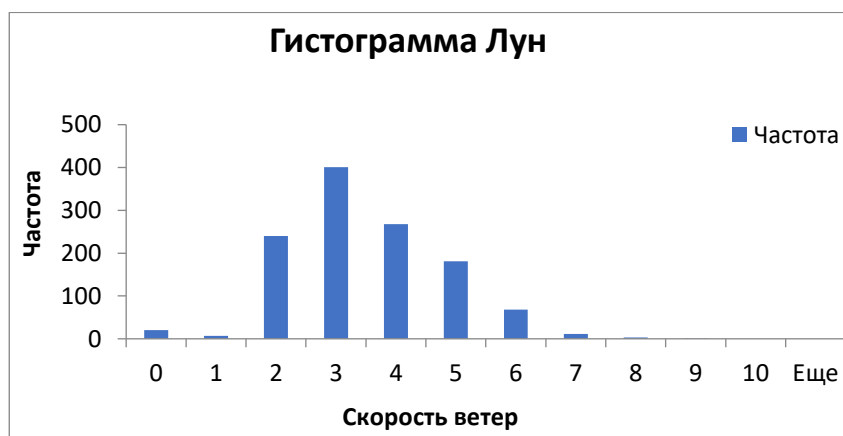
объясняется урбанизированным ландшафтом и тепловым островным эффектом.

Рассмотрев температурный режим, среднее количество осадков и относительную влажность на Тэрэлж, Лун, Зуунмод, Баянчандман за период 2011-2024 года приведём данные ветрового режима по скоростям ветра на рисунках 3,17-3,20.



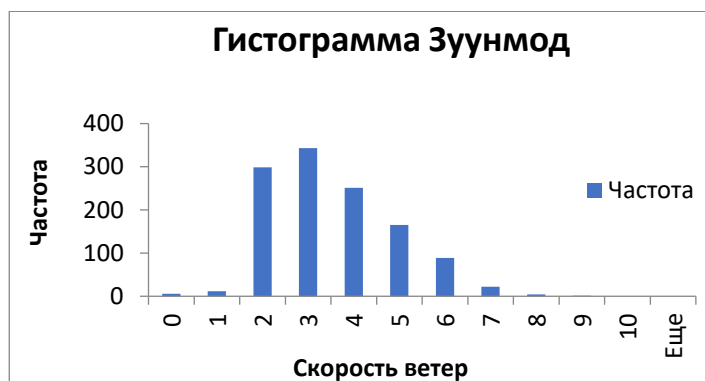
Рисунках 3,17 – Среднее скорость ветра на станции Баянчандман

На станции Баянчандман средняя максимальная скорость ветра составляет 3 м/с (400 зафиксированных случаев за многолетний период). Максимальная скорость составляла на северо-западе Баянчандман - 8 м/с (число случаев - 13).



Рисунках 3,18 – Среднее скорость ветра на станции Лун

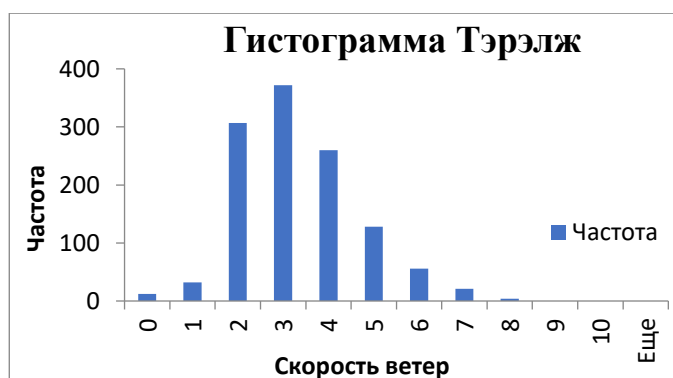
На станции Лун средняя максимальная скорость ветра составляет 3 м/с (401 зафиксированных случаев за многолетний период). На западе Луне максимальная скорость достигла 9 м/с (зафиксирован случай - 1).



Рисунках 3,19 – Среднее скорость ветра на станции Зуунмод

На станции Зуунмод средняя максимальная скорость ветра составляет 3 м/с (343 зафиксированных случаев за многолетний период).

На Зуунмод максимальная скорость достигла 9 м/с (зафиксирован случай - 1).



Рисунках 3,20 – Среднее скорость ветра на станции Тэрэлж

На станции Тэрэлж средняя максимальная зафиксированная скорость ветра составляет 3 м/с (372 зафиксированных случаев за многолетний период). Максимальная скорость достигла 8 м/с (всего 4 случая).

Если сравнивать скорость ветра в Улан-Баторе на рисунке 2.2: 1.2–3.4 м/с - ниже, чем на некоторых соседних станциях. Например, на станции Луне средняя за год скорость ветра — 3.4 м/с, а на станции Банчандман среднее 3.4 м-с. Это обусловлено тем, что Улан-Батор находится между горными хребтами, в зоне слабого ветра, который препятствует обменным процессам в приземном слое атмосферы. В результате концентрация вредных примесей в воздухе повышается, что часто приводит к смоговым ситуациям.

Таблица 7.

Ветер направление

Станции	N	NE	E	ES	S	SW	W	NW
Баянчандман	3576.096	806.3936	2113.788457	6183.92	1327.694520	1003.413330	825.3363	2863.3501
Лун	2502.295	4606.8117	1976.670121	1390.892	996.5305142	1631.464285	2170.169	3325.1663
Зуунмод	2645.252	1433.9261	1125.319345	1440.25	938.1581326	2470.804836	2953.512	5692.7721
Тэрэлж	2104.888	1434.7304	2024.326601	1360.171	864.6913318	3955.848531	3470.4598	3484.8838
Улан-Батор	1440.7626	849.4630	1728.43127	1028.536	370.06142	847.66878	1389.329	1645.747

Заключение

В работе рассмотрены различия в температуре воздуха, количестве осадков и скорости ветра в Улан-Баторе и на соседних станциях. Таким образом, метеорологический режим Улан-Батора отличается от соседних станций по некоторым параметрам. Это связано с влиянием местных физико-географических условий на климат города.

Средняя годовая температура воздуха в Улан-Баторе (2011–2024 гг.) 0.7°C , что выше, чем в Тэрэлже (-3.2°C), но ниже, чем в Луне (0.5°C). Это объясняется тем, что Улан-Батор расположен на высоте 1300 метров над уровнем моря, что снижает температуру по сравнению с соседними станциями, расположенными на меньшей высоте. Тренд потепления: $+0.10$ – $0.14^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Сезонные колебания (декабрь–февраль) температура достигает -25.3°C , лето (июнь–август): до $+20.7^{\circ}\text{C}$. "Тепловой остров" Улан-Батора выражен четко. Разница температур "центр–окраина" достигает 2 – 3°C зимой.

Количество осадков в Улан-Баторе меньше, чем на некоторых соседних станциях. Это связано с тем, что Улан-Батор находится в зоне сухого климата, а соседние станции расположены в более влажных районах Монголии. Улан-Батор: 302.3 мм (меньше, чем в Тэрэлже — 359.3 мм). Минимум осадков: станция Лун (224.6 мм), что связано с её расположением в зоне сухих степей. Сезонное распределение: 80% осадков выпадает летом (июнь–август). Зимой — менее 5% (преимущественно снег).

Средняя скорость ветра в Улан-Баторе: 1.2–3.4 м/с - ниже, чем на некоторых соседних станциях. Это обусловлено тем, что Улан-Батор находится между горными хребтами, в зоне слабого ветра, который препятствует обменным процессам в приземном слое атмосферы. В

результате концентрация вредных примесей в воздухе повышается, что часто приводит к смоговым ситуациям.

Доминируют ветры северо-западного направления, что способствует переносу загрязнений из промышленных зон в восточные районы города.

Работа демонстрирует, что климат Улан-Батора формируется под влиянием как глобальных процессов, так и локальных географических факторов. Для дальнейших исследований целесообразно включить данные по загрязнению воздуха и их связи с метеопараметрами.

Список использованных источников

1. Архивные данные метеорологических параметров станций Улан-Батор, Тэрэлд, Баянчандман, Лун, Зуунмод за период 2011-2024 гг.
2. Архивные данные географического факультета Монгольского университета науки и технологий.
3. База данных NOAA (National Centers for Environmental Information)
4. Батнасан Н., Цогтбаатар Ж. Влияние глобального потепления на температурный режим Монголии // Метеорология и гидрология. – 2022. – № 4. – С. 45–58.
5. Гинин П.Д. и Саандар М. (ред.). Атлас экосистем Монголии. Улан-Батор. 2019 - 264 с.
6. Дэмбэрэл С. Анализ экстремальных погодных явлений в Центральной Монголии (2010–2023 гг.) // Вестник РГО. – 2023. – Т. 12, № 3. – С. 67–81.
7. Монгольское агентство по мониторингу окружающей среды и метеорологии (NAMEM).
8. Моторнов К.Н. Региональная физико-географическая характеристика Внутренней и Внешней Монголии; Москва, 2009. – С. 16
9. Нарожный Ю.К, Парамов В.В, Отгонбаяр Д. Тенденции изменения среднелетних температур воздуха и осадков в Западной Монголии // Вопросы географии Сибири. Томск. 2006. №26. С. 55-60.
10. Л.П. Сидорова. Метеорология и климатология. Часть 1. Метеорология. Учебное электронное текстовое издание. 2015. – С. 197.
11. Угрюмов, А. И., Лаврова И. В. Основные закономерности общей циркуляции атмосферы: учебное пособие; Российский

государственный гидрометеорологический университет. - Санкт-Петербург: Изд-во РГГМУ, 2021. – С. 72.

12. Global Historical Climatology Network (GHCN) – архив данных по температуре и осадкам для Монголии.