



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Зависимость приземного содержания малых газов от основных
метеорологических величин в городе Иркутск»

Исполнитель _____ Коротяев Никита Александрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ кандидат физико-математических наук
(ученая степень, ученое звание)
Ермакова Татьяна Сергеевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

_____ кандидат физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Анискина Ольга Георгиевна
(фамилия, имя, отчество)

«05» июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. АТМОСФЕРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА.....	5
1.1 Проблема загрязнения воздуха	5
1.2. Современное состояние атмосферы.....	6
1.3. Источники загрязнения атмосферного воздуха.....	7
1.4. Как сказывается загрязнение атмосферы в г. Иркутске	9
1.5. Влияние пандемии на атмосферу.....	11
2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ.....	14
2.1. Климат г. Иркутска	14
2.2. Влияние метеопараметров на загрязняющие вещества	16
3. ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕТЕОВЕЛИЧИН ЗА 2019 И 2020 ГОДЫ	18
3.1. Анализ выбросов в г. Иркутск в 2019 и 2020 году	18
3.2. Давление.....	21
3.3. Инверсия и изотермия	28
3.4. Ветер.....	33
3.5. Осадки	41
3.6. Разница 2019 года и 2020 года в общем количестве осадков.....	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Измерения высотных профилей содержания углекислого газа и малых газовых составляющих атмосферы (CH_4 , CO , N_2O , N_2 , NO_2) до последнего времени носили эпизодический характер. Только в последние годы проведено значительное количество специальных исследований указанных газовых составляющих атмосферного воздуха в тропосфере и стратосфере.

Так называемые малые газовые составляющие (примеси) атмосферы— метан (CH_4), окись углерода (CO), закись азота (N_2O), двуокись азота (NO_2) и окись азота (NO) имеют существенное значение в поглощении оптического излучения, несмотря на их малую концентрацию.

Данная выпускная квалификационная работа в метеорологической области посвящена изучению климатических и метеорологических величин в городе Иркутске.

Целью представленной работы является исследование зависимости приземного содержания малых газов от основных метеорологических величин.

В соответствии с обозначенной целью, были поставлены следующие задачи:

- Проанализировать сезонную и многолетнюю изменчивость характеристик климатических и метеорологических величин,
- Оценить связь между климатическими и метеорологическими величинами,
- Исследовать влияние всех величин на атмосферу.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников. В первой главе, на основе различных литературных источников, дается общее описание атмосферного загрязнения воздуха.

Во второй главе приводится описание климатических и метеорологических параметров.

Треть глава посвящена анализу изменчивости метеовеличин за 2019 и 2020 годы.

1. АТМОСФЕРНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА

1.1 Проблема загрязнения воздуха

Атмосфера характеризуется чрезвычайно высокой динамикой, обусловленной как быстрым движением воздушных масс в боковом и вертикальном направлениях, так и большой скоростью, с которой протекают различные физико-химические реакции.

Атмосфера сейчас воспринимается как огромный химический котел, на который воздействуют многочисленные и меняющиеся антропогенные и природные факторы. Газы и аэрозоли, выбрасываемые в атмосферу, обладают высокой реакционной способностью.

Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется наибольшим расчетным значением концентрации, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в том числе опасным скоростям ветра.

На сегодняшний день наиболее значимой глобальной проблемой можно считать загрязнение атмосферы планеты, т.е. загрязнение воздуха. Причем главная опасность этой проблемы заключается не только в отсутствии чистого воздуха, но даже в непосредственном влиянии такого загрязнения на глобальное изменение климата.

Прежде всего, атмосферный воздух является основным и важнейшим жизненно важным элементом окружающего человека пространства: человек в норме вдыхает в течение дня около 15 м³ и взамен выделяет почти 600 литров углекислого газа.

Загрязнение атмосферы может быть естественным и искусственным (или антропогенным). Природное загрязнение происходит при извержениях вулканов, выветривании, пыльных бурях, лесных пожарах и выносе кристаллов соли в атмосферу. Природные ресурсы обычно не вызывают значительного загрязнения.

Источниками искусственного загрязнения являются промышленный транспорт и выбросы от населения. Основными поставщиками загрязнения являются промышленные предприятия. Они выбрасывают в атмосферу несгоревшие частицы топлива, пыль, сажу и пепел. Цементные заводы являются мощными поставщиками мельчайшей пыли в атмосферу.[1]

1.2. Современное состояние атмосферы

В настоящее время практически все экосистемы на нашей планете подвергаются в той или иной степени деградации под воздействием антропогенного фактора.

Основными источниками химического загрязнения атмосферного воздуха являются предприятия металлургической и химической промышленности, теплосети: ТЭЦ, котельные и транспорт. Эта проблема затрагивает в основном города, где сосредоточены промышленные предприятия различных отраслей, а также разрастающиеся населенные пункты. Качество атмосферного воздуха в промышленных городах вызывает озабоченность не только у экологов, но и у населения в целом.

Сегодня есть глобальная проблема. Это повышение кислотности осадков и поверхностного покрова. Причина - кислотные дожди. Они образуются при взаимодействии оксидов серы, углерода, азота и воды.

Большинство исследователей выделяют внедрение экологически чистых, малоотходных и безотходных технологий, рациональное размещение производства и использование природных ресурсов, строительство очистных сооружений как важнейшие пути решения экологических проблем. Необходимо следить за последствиями воздействия промышленности и транспорта на окружающую среду, чтобы не допустить превышения этого воздействия и не допустить локальных изменений в окружающей среде, ведущих к катастрофам.[2]

1.3. Источники загрязнения атмосферного воздуха

Продукция города представлена предприятиями машиностроения, теплоэнергетики, строительства, легкой и пищевой промышленности, которые практически равномерно распределены по административным районам. В городе более 250 промышленных предприятий, в том числе около 3000 техногенных источников. Они выделяют в воздух 113 (учтенных) компонентов загрязняющих веществ, суммарный выброс которых составляет около 6 кг/с.

Многие крупные компании входят в число ведущих промышленных предприятий города. Прежде всего, это авиационный завод, выпускающий военные и гражданские самолеты. Иркутский завод тяжелого машиностроения производит горнодобывающее, карьерное, обогащительное и металлургическое оборудование. Релейный завод относится к предприятиям оборонно-промышленного комплекса и специализируется на выпуске коммутационных аппаратов. В строительной отрасли есть завод ЖБИ и керамики. Пищевая промышленность представлена деятельностью мясокомбината, маслобойни, молочной и хлебопекарной.

Иркутская энергетика. Иркутская ГЭС — гидроэлектростанция на р. Ангара – первая ступень Ангарского каскада.[4]

Промышленные источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на источники выбросов и источники выбросов. К источникам выброса относится технологическое оборудование, при работе которого выделяются примеси. Источником выбросов являются трубы, вентиляционные шахты, аэрационные лампы и другое оборудование. К основным источникам промышленного загрязнения атмосферного воздуха относятся предприятия химической и нефтяной промышленности, предприятия энергетики, производства строительных материалов, металлургии и удобрений.

В энергетике основным источником загрязнения атмосферного воздуха являются тепловые электростанции, которые потребляют до 80% всего производимого топлива.

Углеводороды, диоксид серы, оксиды азота, сероводород, аммиак, хлор и другие вещества поступают в атмосферу в больших количествах от предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

В металлургии черные и цветные металлы обычно получают из оксидных или сульфидных руд.

Химические предприятия выбрасывают в атмосферу огромное количество вредных веществ, в том числе диоксид серы, окись углерода, оксиды азота, пыль, аммиак.

Целлюлозно-бумажные предприятия выбрасывают в атмосферный воздух сероуглерод, диоксид серы, фенолы, меркаптаны, диметилсульфид и хлор.

Машиностроительные предприятия выбрасывают в воздух пыль, угарный газ, оксиды азота, различные кислоты и щелочи. В авиации основными источниками загрязнения воздуха являются самолеты, а также вспомогательные службы; производство лакокрасочных материалов, аккумуляторные, ремонтные мастерские и т.д.

Виды морского и речного транспорта загрязняют атмосферный воздух угарным газом, оксидами азота и углеводородами.

В крупных городах автомобили являются основным источником загрязнения воздуха.

В связи с тем, что выхлопные газы автотранспорта попадают в нижние слои атмосферы и процесс их рассеивания существенно отличается от процесса рассеивания выбросов от высотных стационарных источников, вредные вещества практически попадают в зону дыхания человека.

В районах развитого сельскохозяйственного производства наибольшую опасность представляют средства защиты растений, при распылении которых разносится ветром и загрязняет почву, водоемы и воздух.[5]

1.4. Как сказывается загрязнение атмосферы в г. Иркутске

Сегодня около 90% всех людей, живущих на планете, дышат воздухом с высоким уровнем загрязнения, превышающим допустимые значения. А ООН давно признала проблему загрязнения воздуха главной угрозой здоровью не только человечества, но и всей планеты.

Именно загрязнение воздуха ежегодно убивает миллионы людей и наносит ущерб всей окружающей территории. В последнее время эта проблема уступила место проблемам пандемии, но не утратила своей значимости.

Многие невидимые частицы из атмосферы попадают в легкие и кровь человека и вызывают почти треть смертей от инсультов, респираторных и онкологических заболеваний (рак легких). Когда различные загрязняющие вещества взаимодействуют, солнечный свет и образующийся приземный озон могут вызвать множество респираторных заболеваний, таких как астма и тому подобное, лечение которых стоит не менее триллиона долларов в год.

Вредные компоненты, содержащиеся в атмосфере, могут воздействовать на организм человека при непосредственном контакте с поверхностью эпидермиса (кожи) или слизистых оболочек: например, если человек потеет в газовом пространстве с открытыми порами.

Следует иметь в виду, что вместе с органами дыхания загрязненный воздух может поражать также зрительную систему и даже обоняние, а при попадании на слизистую гортани вызывать спазмы связок. А вдыхаемые частицы размером до 1 мкм (твердые или жидкие) способны достигать альвеол легких и адсорбироваться в кровеносной системе (даже в лимфатических узлах).

Загрязненный воздух чаще всего раздражает дыхательные пути, вызывая бронхит, эмфизему и астму. Сера, пары азота, а также различные взвешенные частицы могут оказывать особенно раздражающее действие.[3]

Основные характеристики и последствия воздействия загрязнения атмосферного воздуха на организм человека в большинстве случаев

проявляются изменением уровня общего самочувствия, его ухудшением: головными болями, слабостью, изменением трудоспособности.

На основании этих показателей исследователи смогли сделать вывод, что значительное количество загрязняющих веществ может попасть в организм человека через легкие. Исследования показали, что каждый день при вдыхании около 15 кг атмосферного воздуха в организме человека появляется гораздо больше опасных веществ, чем поступает с водой или пищей.

Наличие примесей в атмосферном воздухе может привести к таким глобальным процессам, как потепление или похолодание и другим изменениям в биосфере. Эффект глобального потепления заключается в увеличении облачности, особенно в районах крупных промышленных городов. Поток солнечной радиации в городах снижается, ухудшается общая видимость.

Органические вещества и тяжелые металлы относятся к числу наиболее опасных веществ для здоровья населения. Наличие в воздухе высоких концентраций диоксида серы, диоксида азота, озона, углеводородов и многих других вредных веществ приводит к ухудшению состояния.

Чтобы не повышать уровни загрязнения атмосферного воздуха при неблагоприятных метеорологических условиях для рассеивания вредных веществ, эти условия необходимо предвидеть и учитывать. В настоящее время определяются факторы, определяющие изменение концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе при изменении метеорологических условий. Оперативное прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха осуществляется с целью кратковременного снижения выбросов вредных веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Согласно статистическим данным, ежегодно публикуемым Министерством природных ресурсов, Иркутская область занимает девятое место по объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (825 тыс. т) (по данным на 2014 г.) среди остальных 84 субъектов-учредителей Российской Федерации.

Загрязнителями атмосферного воздуха, содержание которых превышает установленные гигиенические нормативы, являются продукты сгорания топлива (бензапирен, формальдегид, диоксид азота и оксид углерода, нерастворимые вещества, сажа), технологические выбросы предприятий цветной металлургии (растворимые твердые фториды, фтористый водород), целлюлозно-бумажная промышленность (сероуглерод, сероводород), химическая (хлороводород). Загрязнение городов и населенных пунктов региона основными примесями происходит в результате выбросов предприятий энергетики, угольной, деревообрабатывающей промышленности, большого количества малых котельных, жилищно-коммунального хозяйства с печным отоплением, автотранспорта.

Смертность населения от болезней органов дыхания, вероятно, обусловлена загрязнением воздуха диоксидом азота, оксидом азота, аммиаком.

Смертность от злокачественных новообразований, вероятно, обусловлена загрязнением воздуха бензапиреном, формальдегидом.[6]

1.5. Влияние пандемии на атмосферу

В Российской Федерации смертность от четырех причин в 2020 г. (болезни органов дыхания, пищеварения, системы кровообращения, злокачественные новообразования), вероятно, обусловлена загрязнением атмосферного воздуха.

Выбросы в атмосферный воздух от промышленных источников и энергетических систем на современном этапе развития достигли таких масштабов, что во многих районах, особенно в крупных промышленных центрах, уровень загрязнения значительно превышает допустимые гигиенические нормы.

Когда миллионы людей остались дома, концентрация диоксида азота (NO₂) в воздухе снизилась на 10-50 процентов. Однако в результате карантина концентрация озона увеличилась во всех городах - до 30 процентов. Во время

движения автомобили выделяют оксид азота (NO), который помогает расщеплять озон в атмосфере на диоксид азота и кислород — сложные эффекты блокировки.

Сокращение автомобильного движения привело к снижению загрязнения воздуха.

Незавершенный 2020 год превзошел предыдущий рекорд высокого и экстремально высокого уровня загрязнения воздуха и стал самым «грязным» как минимум за последние 16 лет. В январе-феврале 2020 года количество зафиксированных метеослужбой случаев загрязнения атмосферного воздуха увеличилось в полтора раза по сравнению с аналогичным периодом прошлого года - до 44 случаев. Однако с начала весны, которая была периодом нерабочих дней и карантина из-за пандемии коронавируса, и к концу июня зафиксировано всего два случая высокого загрязнения воздуха. Однако в июле, когда в регионах сняли строжайшие карантинные ограничения, загрязнение воздуха начало резко расти из месяца в месяц.[7]

Углекислый газ.

Самый удивительный результат, по мнению авторов, заключается в том, что хотя выбросы углекислого газа (CO₂) сократились на 5,4% в 2020 году, количество CO₂ в атмосфере продолжало расти примерно такими же темпами, как и в предыдущие годы. Во-первых, хотя сокращение выбросов на 5,4 % было значительным, увеличение атмосферных концентраций находилось в пределах нормы межгодовых колебаний, обусловленных естественными процессами. Во-вторых, океан не поглощал столько CO₂ из атмосферы, как в предыдущие годы, вероятно, из-за неожиданно быстрой реакции на снижение давления CO₂ в воздухе вблизи поверхности океана.

Загрязнители воздуха и метан.

Оксиды азота (NO_x) могут реагировать с другими атмосферными соединениями в присутствии солнечного света с образованием озона, опасного для здоровья человека, животных и растений. Этот загрязнитель реагирует с образованием короткоживущей молекулы, гидроксильного радикала, который

играет важную роль в разложении долгоживущих газов в атмосфере. Сокращение выбросов NO_x, полезное для очистки воздуха, также уменьшило способность атмосферы очищать другой важный парниковый газ — метан. Однако, как и в случае с CO₂, снижение выбросов не привело к снижению концентрации метана в атмосфере. Напротив, метан вырос на 0,3% за последний год, быстрее, чем когда-либо за последнее десятилетие.

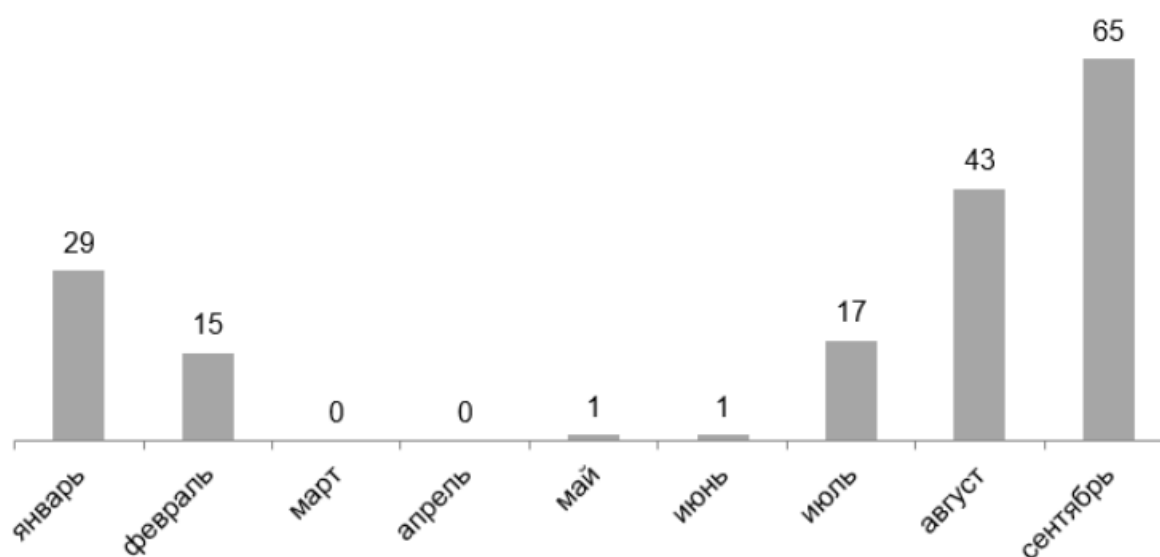


Рисунок 1.1- Число случаев высокого и экстремально высокого загрязнения воздуха в 2020 году



Рисунок 1.2- Высокие и экстремально высокие загрязнения по регионам в 1-3 кварталах 2020 года

Главная авария года произошла на норильской ТЭЦ-3, в результате которой свыше 20 тыс. тонн нефтепродуктов попали в почву, реку Амбарную, ее приток Далдыкан и озеро Пясино.[8]

2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

2.1. Климат г. Иркутска

Климат Иркутска резко континентальный с продолжительной (около 6 месяцев) морозной зимой и теплым, влажным, дождливым летом. Строительство Иркутской и других ГЭС на реке Ангаре оказало значительное влияние на климат города: он облегчился, но в то же время резко повысилась влажность в регионе. Летние температуры значительно снизились, а зимние немного повысились по сравнению с периодом до строительства ВЭ.

Зимой в городе преобладает антициклон, преобладает сухая солнечная морозная погода, слабый ветер (не более 1 м/с), интенсивен процесс охлаждения земной поверхности. В теплое время года антициклоны сменяются циклонами (пониженное атмосферное давление), для которых характерна сильная облачность и обильные осадки. Лето Самый холодный месяц в Иркутске – январь (-15-33°C), самый теплый – июль (+18+20°C). В температурном режиме минимум воздуха -50°C, максимум +36°C. Средняя температура в Иркутске в январе -18°C (ночью), -15°C (днем), в июле +20°C (ночью) и +23°C (днем). Суточные амплитуды достигают 20°C, годовые амплитуды до 50°C. Суровые температурные режимы в современных условиях могут передаваться с помощью вентиляционного оборудования и систем кондиционирования.

Причинами возникновения экстремальных температурных проявлений являются континентальный климат Иркутска и циркуляционные процессы в нижних слоях атмосферы (поступление холодного воздуха из арктических широт в холодное время года и длительный переход барометрических высот в летний период). Одним из самых неблагоприятных погодных явлений в городе является сильный ветер, метеорологи выделяют два годовых максимума сильных и очень сильных ветров - в мае и ноябре. В середине зимы и лета случаи с сильным ветром повторяются минимально. Зимой метели связаны с сильными ветрами, большая часть которых наблюдается с ноября по март. В летние месяцы пыльные бури и грозы связаны с сильными ветрами, обычно с мая по июнь.

Сильный туман (видимость менее 50 м) в теплое время года наблюдается в 5 раз чаще, чем в холодное, кроме того, в последние годы наблюдается все больше туманных дней. На образование тумана и повышенной облачности летом, изморози и плохой видимости весной и осенью влияют гидроэлектростанции.[9]

2.2. Влияние метеопараметров на загрязняющие вещества

На обширной территории Западной и Восточной Сибири отчетливо виден годовой ход повторяемости поверхностных инверсий с зимним максимумом, при этом амплитуды повторяемости увеличиваются к востоку и уменьшаются у побережья морей. Зимой повторяемость инверсий составляет 50% в Западной Сибири и 75-80% в Иркутской области. Летние значения повторяемости на этих станциях составляют 20-30%. Осенью в Сибири уже формируется зимний антициклон. Распространение на большую площадь вызывает удлинение периода инверсии за счет увеличения повторяемости поверхностных инверсий в утренние и вечерние часы.

Поверхностные инверсии при разных скоростях ветра

Зимой ясно в континентальных районах, на побережье незначителен. Наименее застойные явления наблюдаются днем, их повторяемость составляет 40-50%, вечером и ночью повторяется до 60-80%. Суточные изменения повторяемости застоя воздуха во многом связаны с местными условиями: близостью к морю, рельефом, продолжительностью дня и ночи.

Лето характеризуется суточными колебаниями с максимальной амплитудой повторяемости стагнации воздуха, которая составляет 40-55% для континентальных районов и 10-15% для прибрежных районов. Наибольшая частота наблюдается ночью. Она резко уменьшается с восходом солнца и не превышает 5% в 9 часов утра.

Высота слоя перемешивания.

Высота пограничного слоя составляет в среднем около 1000 м, но при определенных условиях может изменяться в широких пределах. Чем сильнее турбулентность, тем она интенсивнее, а потому увеличивается с усилением ветра и снижением устойчивости атмосферы. В пограничном слое атмосферы происходит наиболее полное перемешивание примесей от источников

загрязнения. Непосредственно над этим слоем наблюдается резкое градиентное или обратное распределение температуры.[]

3. ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕТЕОВЕЛИЧИН ЗА 2019 И 2020 ГОДЫ

В ходе нашей работы были поставлены задачи:

1. Определить месяцы, когда изменчивость давления была больше 10 гПа, для дальнейшего анализа этих месяцев.
2. Определить принципиально отличающиеся месяцы с преобладающим количеством сроков инверсии.
3. Определить в каких месяцах условия способствовали накоплению или вымыванию загрязняющих веществ.

Для их достижения проведены исследования различных архивов с данными метеопараметров.

3.1. Анализ выбросов в г. Иркутск в 2019 и 2020 году



Рисунок 3.1-Общее количество выбросов в г. Иркутске за 2019 год

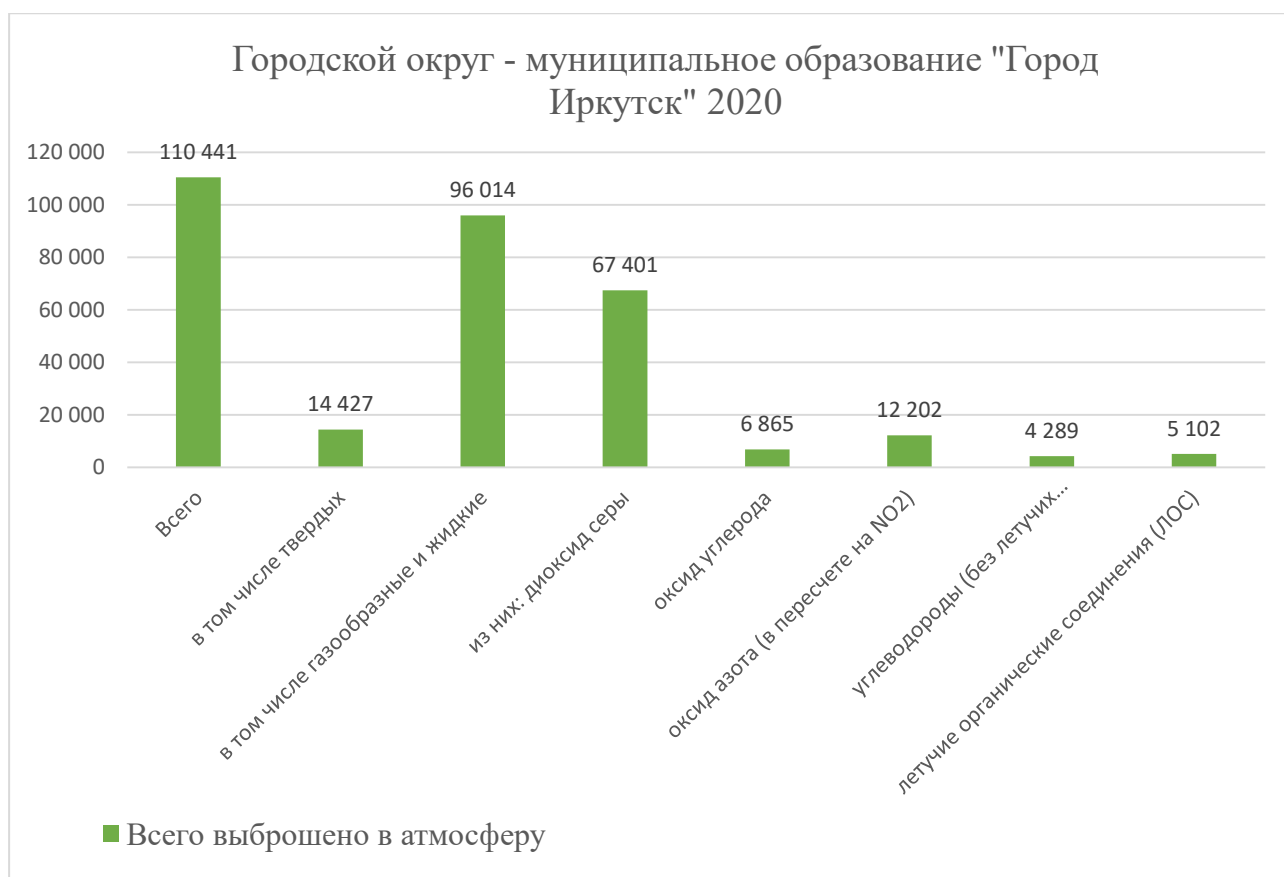


Рисунок 3.2-Общее количество выбросов в г. Иркутске за 2020 год

Анализируя графики (Рисунок 3.1 и рисунок 3.2) с общим количеством выбросов в городе Иркутске, можно пронаблюдать что, значения ЛОС (летучих органических соединений) в 2019 году составляли 4903 тонны, а в 2020 значение количество выбросов ЛОС составляло 5102 тонн.

Количество выбросов углеводородов (без ЛОС) в 2019 году составило 4286 тонн, а в 2020 значение количества выбросов углеводородов составило 4289 тонн.

Количество выбросов оксида азота в 2019 году составило 8947 тонн, а в 2020 значение количества выбросов оксида азота составило 12202 тонны.

Количество выбросов оксида углерода в 2019 году составило 6023 тонны, а в 2020 значение количества выбросов оксида углерода составило 6865 тонн.

Количество выбросов диоксид серы в 2019 году составило 44896 тонны, а в 2020 значение количества выбросов диоксид серы составило 67401 тонна.

Количество газообразных и жидких выбросов в 2019 году составило 69252 тонн, а в 2020 значение количества газообразных и жидких выбросов составило 96014 тонн.

Количество твердых выбросов в 2019 году составило 9553 тонны, а в 2020 значение количества твердых выбросов составило 96014 тонн.

Общее количество выбросов в 2019 году составило 78805 тонны, а в 2020 значение общего количества выбросов составило 110441 тонн.

3.2. Давление

В рисунках 3.3 и 3.4 приведены значения атмосферного давления на уровне станции.

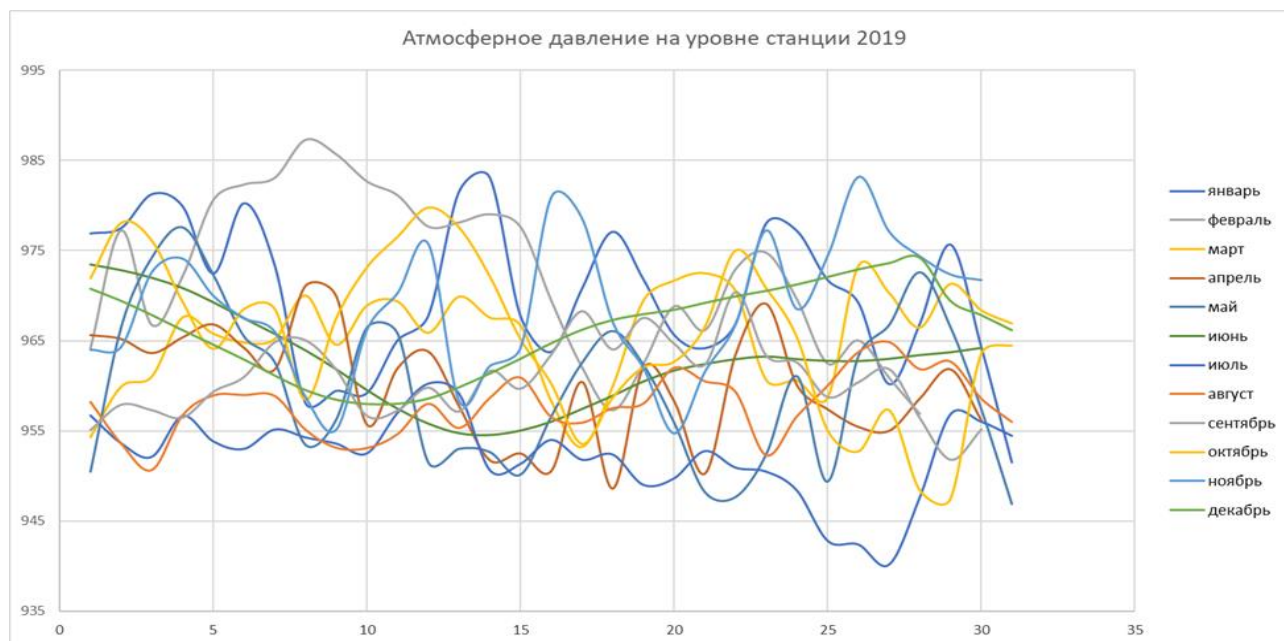


Рисунок 3.3-Атмосферное давление на уровне станции за 2019 год, гПа

По графическим изображениям можно отметить, что в зимний, весенний и осенний периоды ход давления был максимальный.



Рисунок 3.4-Атмосферное давление на уровне станции за 2020 год, гПа

По графическим изображениям можно отметить, что в зимний, весенний и осенний периоды, также как и в 2019 году, ход давления был максимальный. Анализируя это, для дальнейшей работы будем рассматривать именно эти месяцы.

Пример таблицы с атмосферным давлением.

Таблица 3.1- Атмосферное давление на уровне моря и станции

Номер станции	Год	Месяц	Число	Время срока	Атмосферное давление на уровне станции	Атмосферное давление на уровне моря	Среднее значение за сутки на уровне станции	Среднее значение за сутки на уровне моря	Число	Месяц
30710	2020	1	1	0	969,9	1031,1	969,775	1030,175	1	январь
30710	2020	1	1	3	970,8	1031,3	968,1875	1028,6875	2	январь
30710	2020	1	1	6	970	1030	966,35	1026,075	3	январь
30710	2020	1	1	9	970,2	1030,3	966,8625	1027,725	4	январь
30710	2020	1	1	12	970,1	1030,3	971,375	1032,95	5	январь
30710	2020	1	1	15	969,6	1029,9	972,7375	1033,65	6	январь
30710	2020	1	1	18	968,6	1029	969,8625	1030,0125	7	январь
30710	2020	1	1	21	969	1029,5	970,2	1031,275	8	январь
30710	2020	1	2	0	969,1	1030,2	973,6875	1035,0375	9	январь
30710	2020	1	2	3	969,7	1030,4	975,1	1037,6375	10	январь
30710	2020	1	2	6	968,7	1028,8	974,525	1037,6125	11	январь
30710	2020	1	2	9	968,3	1028,6	967,8625	1030,45	12	январь
30710	2020	1	2	12	968	1028,4	965,575	1027,925	13	январь
30710	2020	1	2	15	967,1	1027,3	967,425	1029,6	14	январь
30710	2020	1	2	18	966,6	1027,1	970,7875	1032,8	15	январь
30710	2020	1	2	21	968	1028,7	969,0625	1031,2625	16	январь
30710	2020	1	3	0	968,5	1028,9	964,275	1025,9625	17	январь
30710	2020	1	3	3	968,7	1029,1	957,6	1018,3125	18	январь
30710	2020	1	3	6	966,6	1025,6	961,9625	1023,1625	19	январь
30710	2020	1	3	9	965,8	1024,9	958,1875	1019,1375	20	январь
30710	2020	1	3	12	965,1	1024,4	959,75	1021,1375	21	январь

30710	2020	1	3	15	964,7	1024,2	968,6875	1031,1	22	январь
30710	2020	1	3	18	965,3	1025,1	970,65	1033,025	23	январь
30710	2020	1	3	21	966,1	1026,4	967,1	1029,1125	24	январь
30710	2020	1	4	0	966,4	1027,5	961,3375	1022,55	25	январь
30710	2020	1	4	3	966,6	1027,6	963,6375	1024,7	26	январь
30710	2020	1	4	6	964,8	1024,3	969,925	1031,4875	27	январь
30710	2020	1	4	9	965	1025,2	965,3875	1026,1375	28	январь
30710	2020	1	4	12	966,6	1027,6	960,65	1020,4375	29	январь
30710	2020	1	4	15	967,6	1029	972,6125	1033,2375	30	январь
30710	2020	1	4	18	968,4	1029,7	976,4	1039,225	31	январь

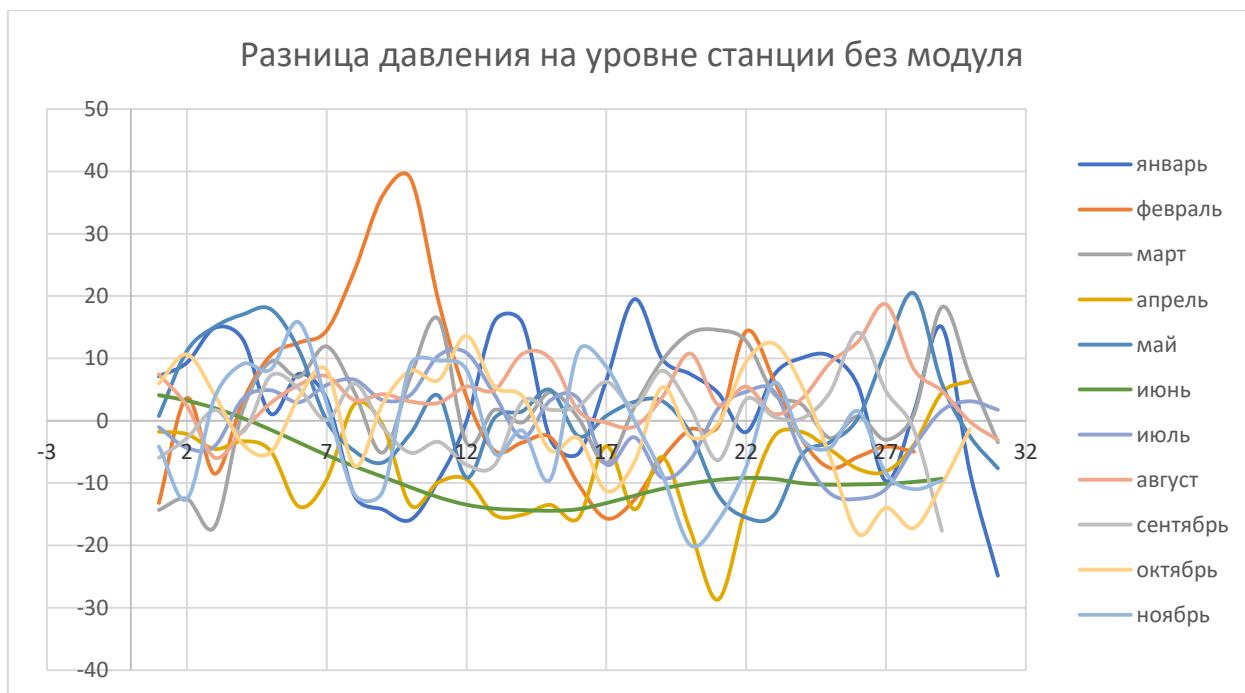


Рисунок 3.5-Разница давления на уровне станции между 2019 и 2020 годами, гПа



Рисунок 3.6-Разница давления на уровне моря между 2019 и 2020 годами, гПа



Рисунок 3.7-Разница давления на уровне станции между 2019 и 2020 годами, гПа

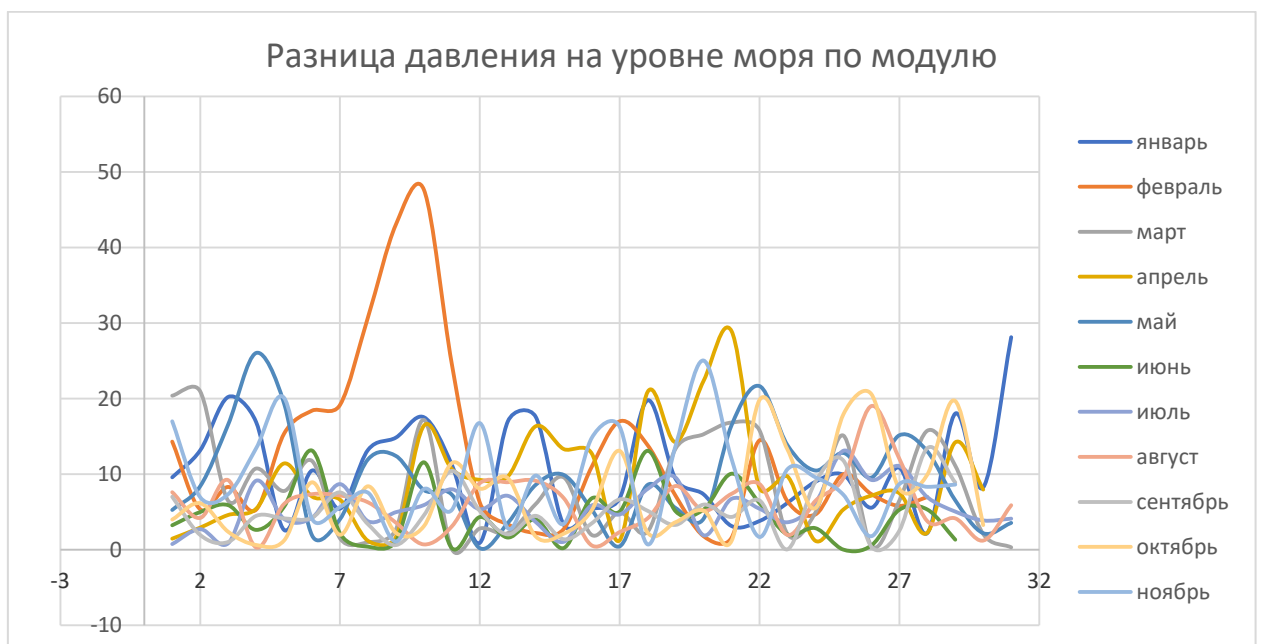


Рисунок 3.8-Разница давления на уровне моря между 2019 и 2020 годами, гПа

Анализируя изменения давления в эти периоды, обратим внимание на те месяцы, в которых разница превышала 10 гПа, а именно на январь, февраль, март, апрель, май, сентябрь, октябрь, ноябрь. Также по графику видно в какие месяцы разница была наибольшей. В середине (январь) и в конце зимы (февраль), в конце (ноябрь) осени, в начале (март) и середине (апрель) весны.

На графиках можно отметить, что на уровне моря значения были зафиксированы выше, чем на уровне станции. Это повышение прослеживается за все месяцы, которые были выписаны ранее.

Далее рассмотрим месяцы, которые превышали разницу в 10 гПа (Рисунок 3.8). Январь имеет скачкообразный ход на протяжении всего месяца. Максимум приходится на конец месяца и достигает значения 28,1 гПа. Минимум наблюдается в середине месяца, и он равен 0,9 гПа.

В феврале наблюдается очень значительный скачок в начале месяца, и спад к окончанию месяца. Максимум приходится на 10 число и достигает значения 47,6 гПа. Минимум приходится на 21 февраля и опускается до 1,6 гПа.

Март имеет несколько скачков давления на протяжении месяца. Максимум приходится на начало месяца и достигает значения 20,9 гПа. Минимум наблюдается в конце месяца и опускается до 0,5 гПа.

Апрель имеет скачкообразный ход с большим скачком в середине месяца, и его максимумом 28,9 гПа. Минимум же наблюдается после максимума и достигает 1,2 гПа.

Май имеет скачкообразный ход на протяжении всего месяца. Максимум приходится на начало месяца и достигает значения 26,1 гПа. Минимум приходится на середину месяца и опускается до 0,2 гПа.

Сентябрь имеет более плавный ход с небольшими скачками в конце месяца. Максимум приходится на 28 число и достигает 13,4 гПа. Минимум наблюдается 23 числа и опускается до 0,4 гПа.

Октябрь имеет плавный ход с ярко выраженными скачками в конце месяца. Максимум наблюдается в конце месяца 29 числа и достигает 19,7 гПа. Минимум наблюдается в начале месяца 4 числа и опускается до 0,6 гПа.

Ноябрь имеет скачкообразный ход на протяжении всего месяца. Максимум приходится на начало месяца и достигает 17 Гпа. Минимум наблюдается в середине месяца и опускается до 0,7 Гпа.

Как мы видим из результатов исследования все месяцы проявляли скачкообразный ход. Большую разницу в давлении можно наблюдать поздней зимой и ранней весной. Зависимости по времени экстремумов не наблюдалось.

3.3. Инверсия и изотермия

Пример таблицы с приземными значениями температуры.

Таблица 3.2- Приземными значениями температуры

Число	Срок	Давление, гПа	Высота, м	Температура, С	Градиент
январь.01	00ч	1000	328		
		984	437	-22,5	1,258503401
		929	875	-15,6	
		925	908	-15,1	
		924	916	-15,1	

январь.01	12ч	1000	293		0,677966102
		979	437	-17,1	
		936	790	-12,5	
		925	883	-13,1	
январь.02	00ч	1000	307		
		980	437	-27,9	1,093474427
		968	530	-26,7	
		948	687	-24,7	
		925	874	-21,7	
январь.02	12ч	1000	314		
		981	437	-28,1	0,991150442
		974	490	-28,9	
		932	822	-23,4	
		925	879	-22,5	
январь.03	00ч	1000	331		
		983	437	-35,1	1,16575592
		933	817	-29,6	
		925	880	-28,7	
январь.03	12ч	1000	347		
		986	437	-28,1	1,234567901
		972	544	-26,5	
		925	914	-21,1	

Исходя из анализа поля давления, который был проделан в предыдущей подглаве, были выбраны месяцы: январь, февраль, март, апрель, май, сентябрь, октябрь, ноябрь. Они выбраны для анализа случаев изотермии и инверсии.

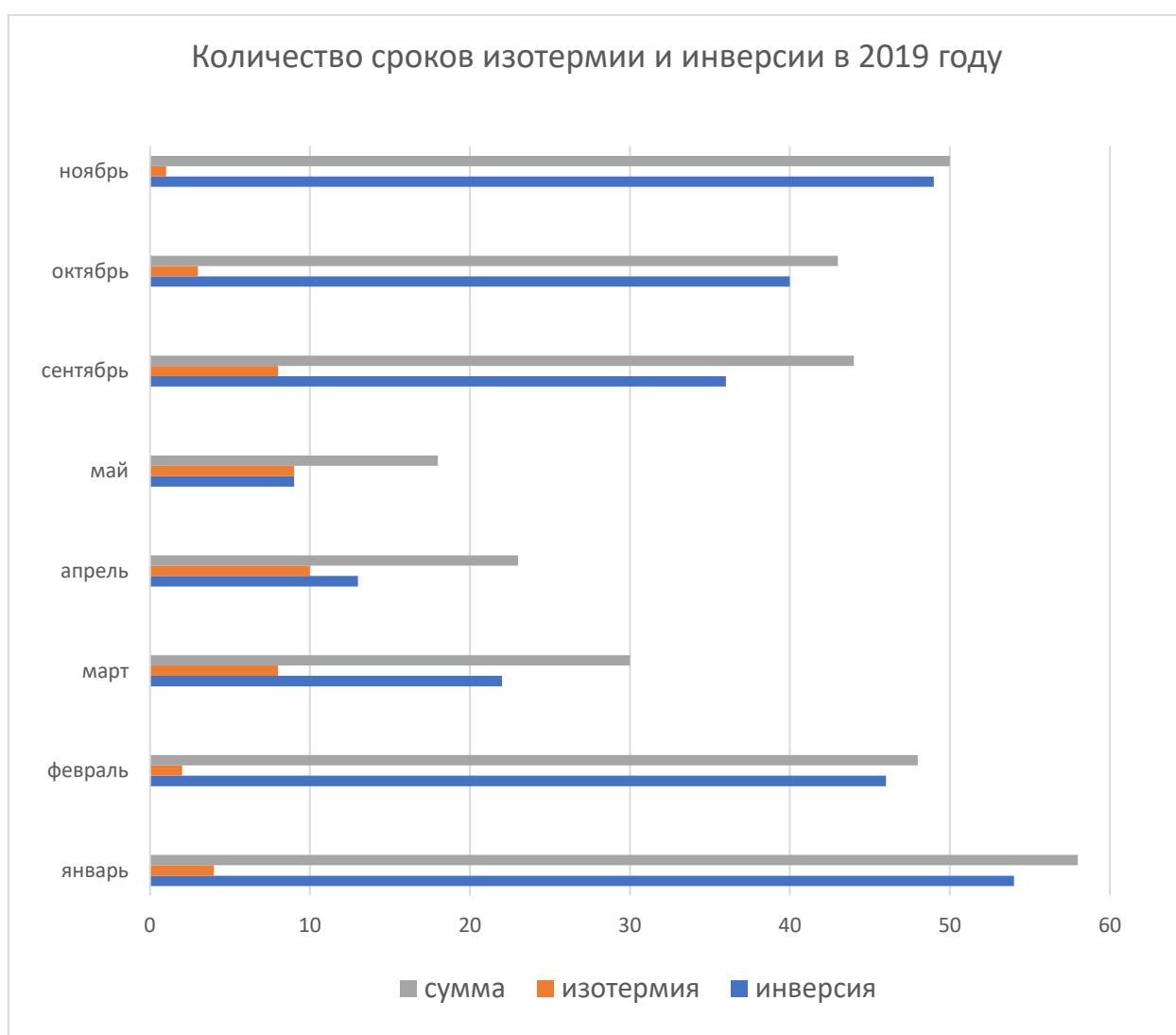


Рисунок 3.9- Количество сроков изотермии и инверсии в 2019 году.

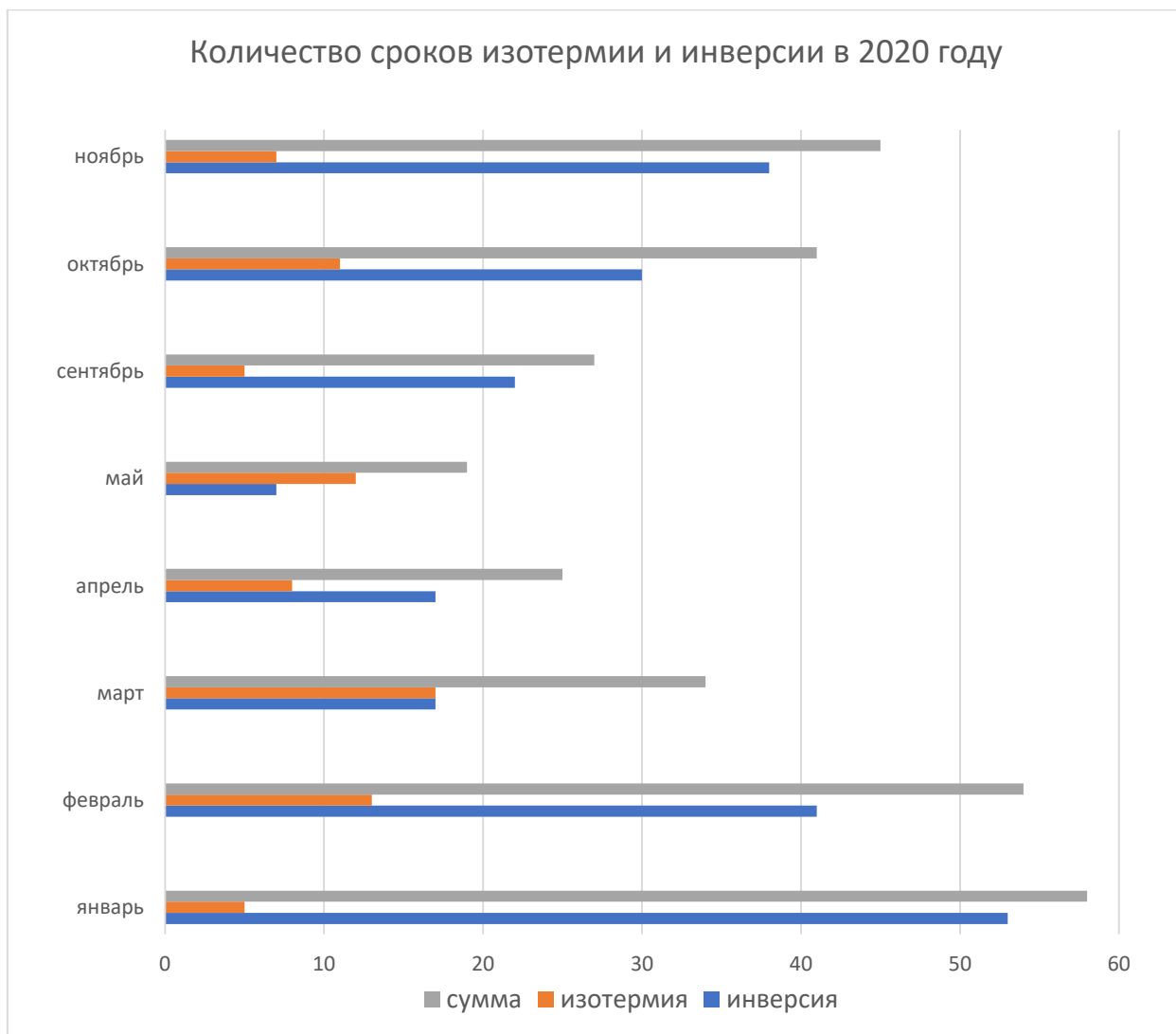


Рисунок 3.10- Количество сроков изотермии и инверсии в 2020 году.

В рамках работы были рассчитаны количество сроков с инверсией и изотермией в 2019 году (Рисунок 3.9) и 2020 году (Рисунок 3.10). Исходя из данных графика (Рисунок 3.9), можно увидеть, что количество сроков с инверсией преобладало в такие месяцы как: ноябрь, октябрь, сентябрь, февраль, январь.

Сравнивая два года, 2019 и 2020, можно заметить, что количество сроков с инверсией в 2020 году меньше чем в 2019.

Так в ноябре 2019 года количество сроков с инверсией было 49, а в ноябре 2020 года количество сроков было 38.

В октябре 2019 года количество сроков с инверсией было 40, а в октябре 2020 года количество сроков было 30.

В сентябре 2019 года количество сроков с инверсией было 36, а в сентябре 2020 года количество сроков было 22.

В мае 2019 года количество сроков с инверсией было 9, а в мае 2020 года количество сроков было 7.

В марте 2019 года количество сроков с инверсией было 22, а в марте 2020 года количество сроков было 17.

В феврале 2019 года количество сроков с инверсией было 46, а в феврале 2020 года количество сроков было 41.

В январе 2019 года количество сроков с инверсией было 54, а в январе 2020 года количество сроков было 53. Единственный месяц, который выбивается из списка, это апрель, т.к. в апреле в 2020 году было больше инверсий чем в 2019, 17 против 13.

Сравнивая эти годы по количествам сроков изотермии, можно наблюдать обратную ситуацию.

Так в ноябре 2019 года количество сроков с изотермией было 1, а в ноябре 2020 года количество сроков было 7.

В октябре 2019 года количество сроков с изотермией было 3, а в октябре 2020 года количество сроков было 11.

В сентябре 2019 года количество сроков с изотермией было 8, а в сентябре 2020 года количество сроков было 5.

В апреле 2019 года количество сроков с изотермией было 10, а в апреле 2020 года количество сроков было 8.

В мае 2019 года количество сроков с изотермией было 9, а в мае 2020 года количество сроков было 12.

В марте 2019 года количество сроков с изотермией было 8, а в марте 2020 года количество сроков было 17.

В феврале 2019 года количество сроков с изотермией было 2, а в феврале 2020 года количество сроков было 13.

В январе 2019 года количество сроков с изотермией было 4, а в январе 2020 года количество сроков было 5.

3.4. Ветер

В программе «GRADS» были построены графики с направлением и скоростью ветра. Рисунок 3.11, рисунок 3.12, рисунок 3.13, рисунок 3.14

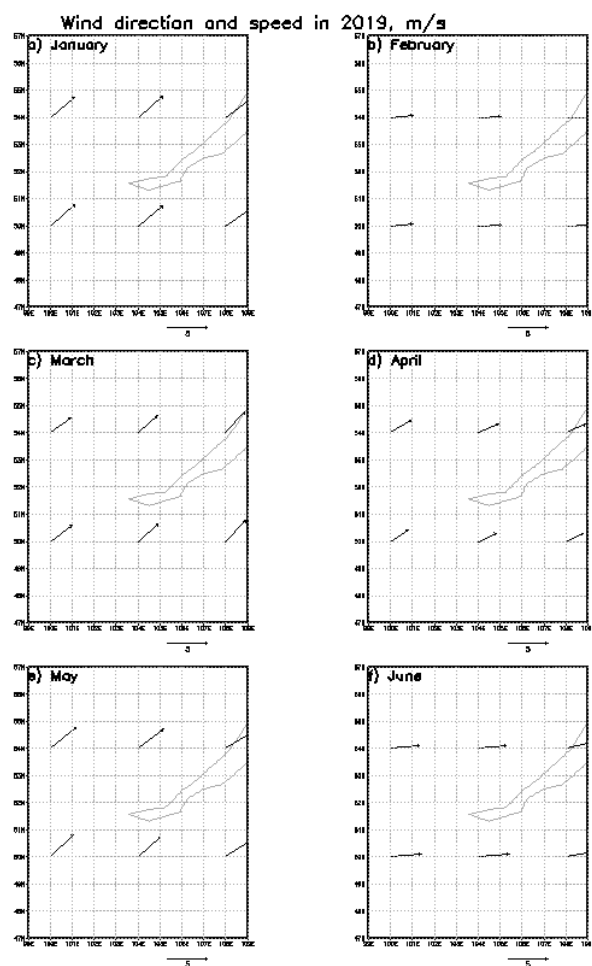


Рисунок 3.11-Направление и скорость ветра в 2019 году, м/с

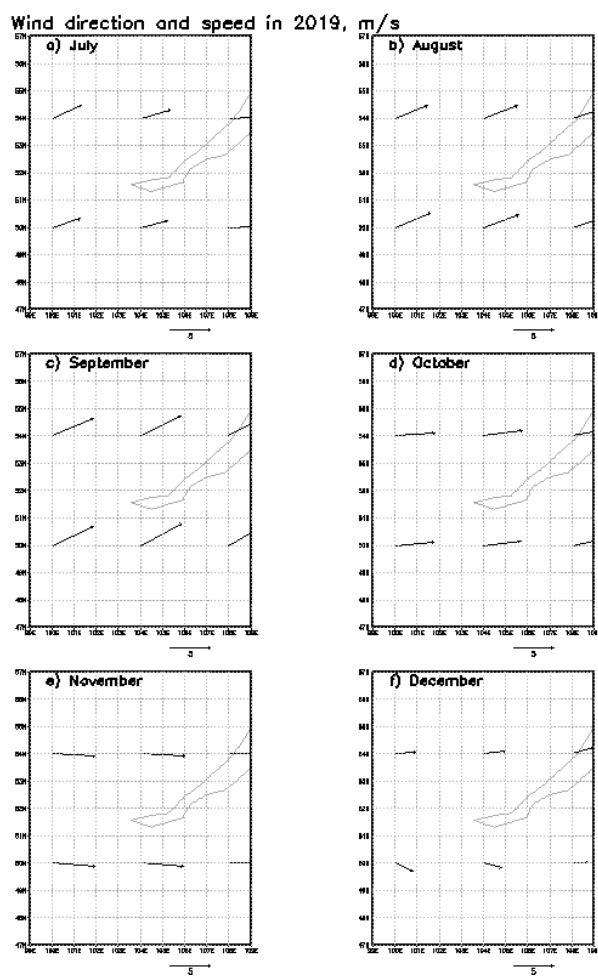


Рисунок 3.12-Направление и скорость ветра в 2019 году, м/с

На рисунках 3.11 и 3.12 представлено распределение направления и скорости ветра в 2019 году. Анализируя данные рисунки, можно отметить, что направление ветра меняется в пределах от западного до юго-западного направления. Средние скорости ветра каждого месяца не превышают 8 м/с. Также на рисунках видно, что в весенние месяцы скорости ветра наименьшие, а в осенние наоборот, наибольшие.

Как мы видим из результатов исследования, нет месяцев с принципиально разным направлением ветра, значит перенос частиц на протяжении всего исследуемого периода будет происходить с одних и тех же

направлений. Следовательно, качество воздуха зависит от предприятий, которые находятся на западе и юго-западе города.

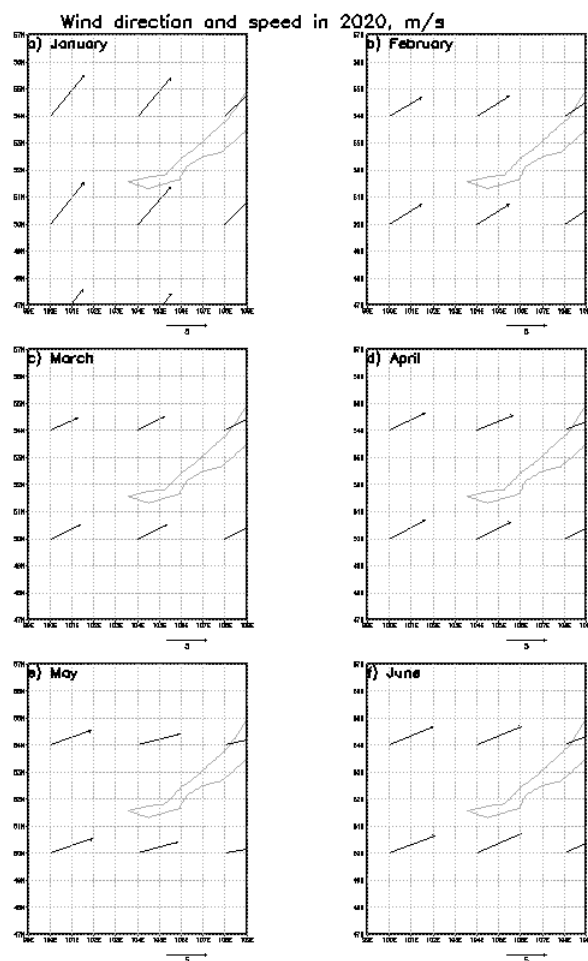


Рисунок 3.13-Направление и скорость ветра в 2020 году, м/с

На рисунке 3.13 и рисунке 3.14 представлено распределение направления и скорости ветра в 2020 году. Анализируя данные рисунки, можно отметить, что направление ветра меняется в пределах юго-западного направления. Средние скорости ветра каждого месяца не превышают 8 м/с. Также на рисунках видно, что в зимние и осенние месяцы, скорости ветра наибольшие.

Как мы видим из результатов исследования, нет месяцев с принципиально разным направлением ветра, значит перенос частиц на протяжении всего исследуемого периода будет происходить с одних.

Построены графики розы ветров, по направлению ветра, для определения дополнительного источника загрязняющих веществ.

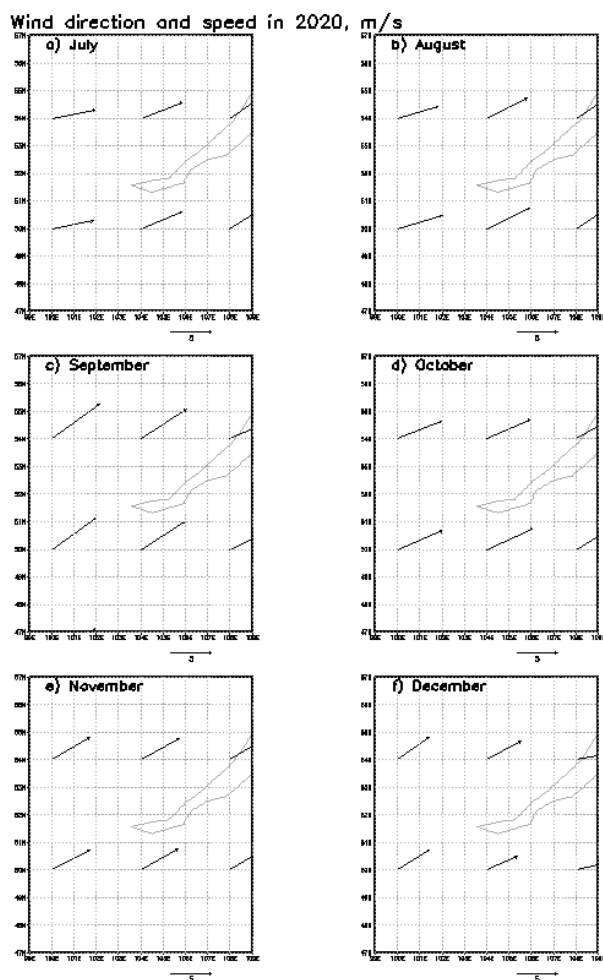


Рисунок 3.14-Направление и скорость ветра в 2020 году, м/с

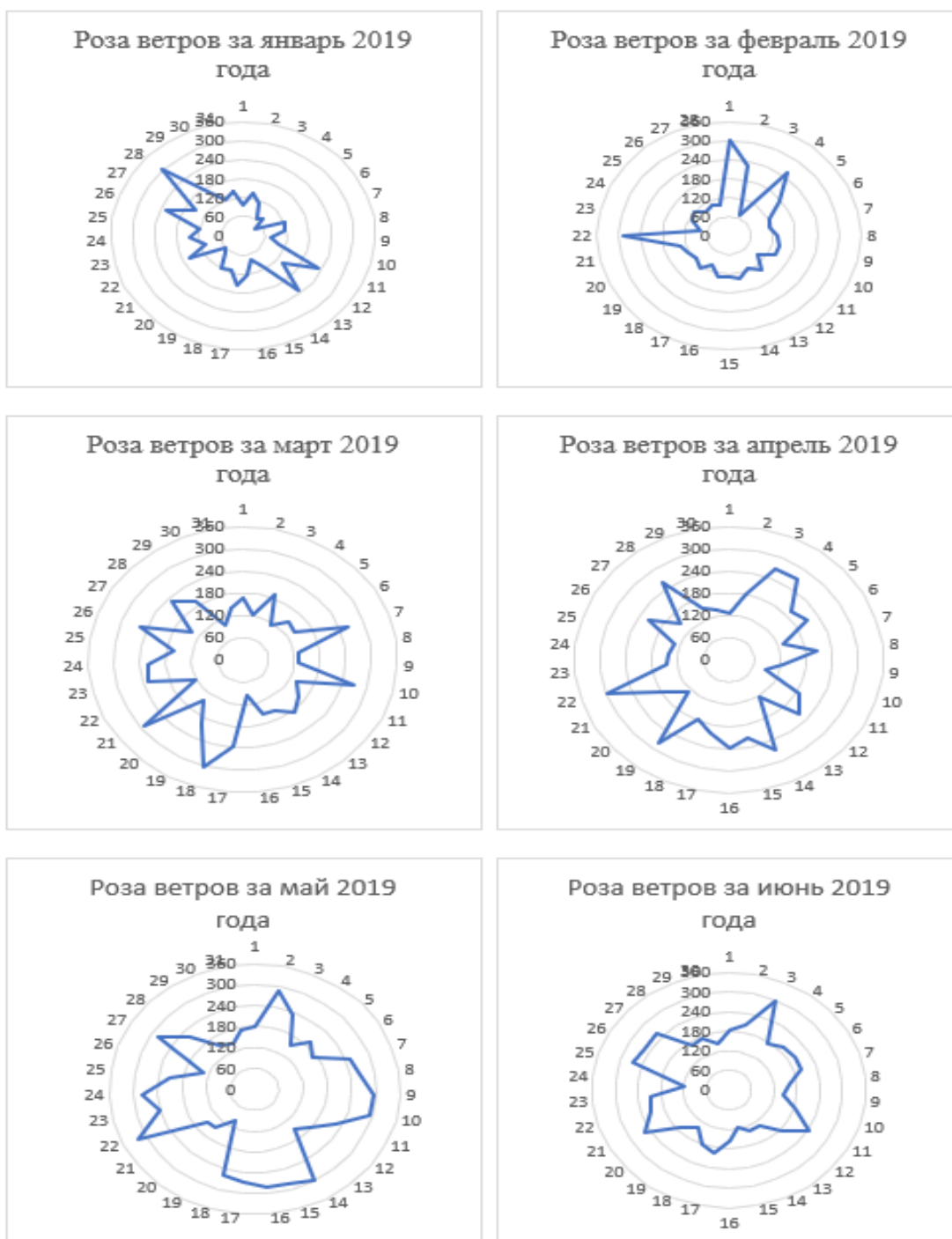


Рисунок 3.15- Роза ветров за первое полугодие 2019 года

Анализируя рисунок 3.15, мы наблюдаем что, в весенние месяцы направление ветра отличалось от зимних месяцев. Так зимой среднее значение ветра было в пределах 130-140°, что говорит о направлении юго-

востока, а весной среднее направление ветра было 200° , что говорит о кардинально другом направлении ветра юго-юго-запад.

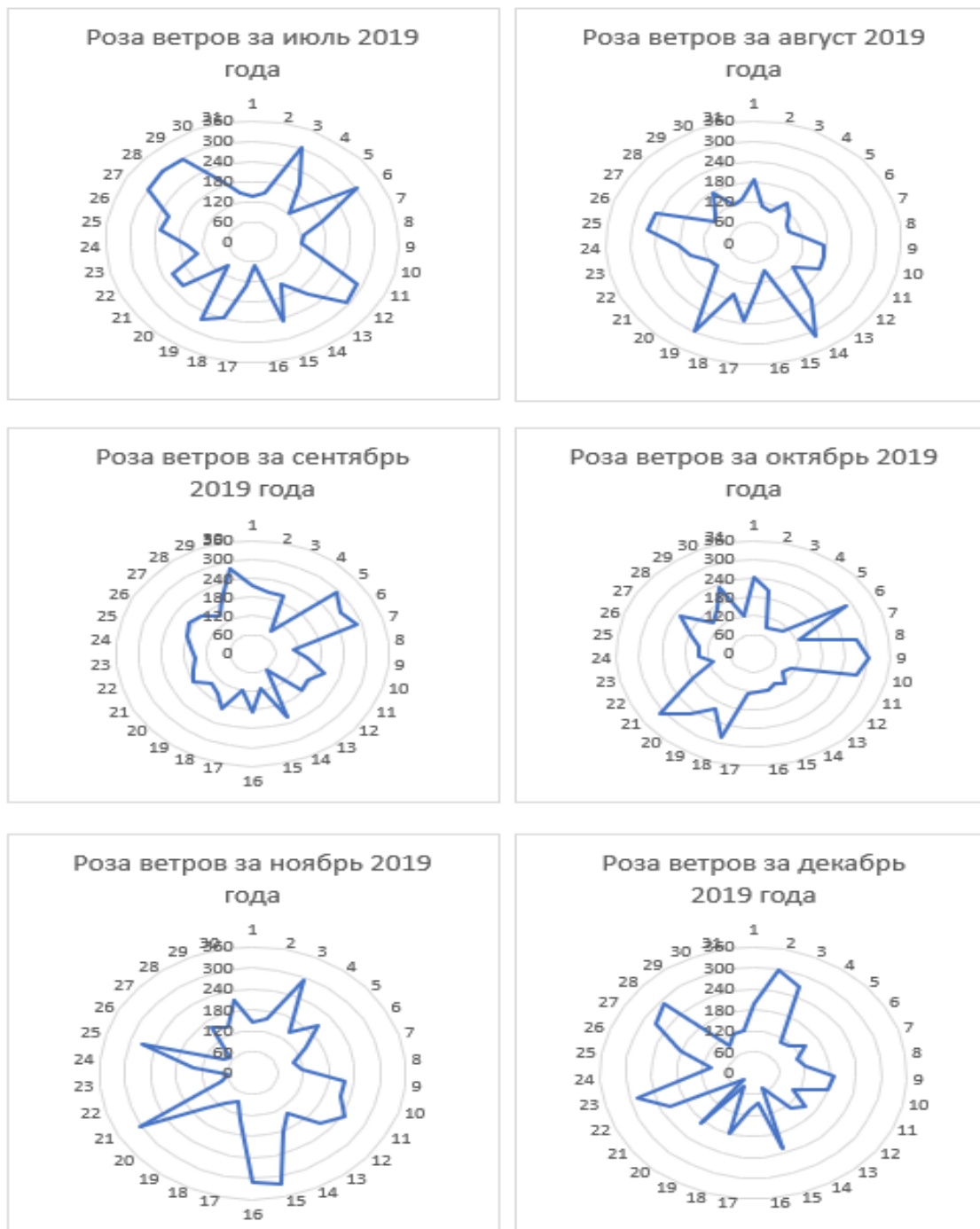


Рисунок 3.16- Роза ветров за второе полугодие 2019 года

Анализируя рисунок 3.16, мы наблюдаем что, в летние месяцы направление ветра не принципиально отличалось от осенних. Так в оба сезона среднее значение ветра составляло 180-190°, что говорит о южном направлении ветра.

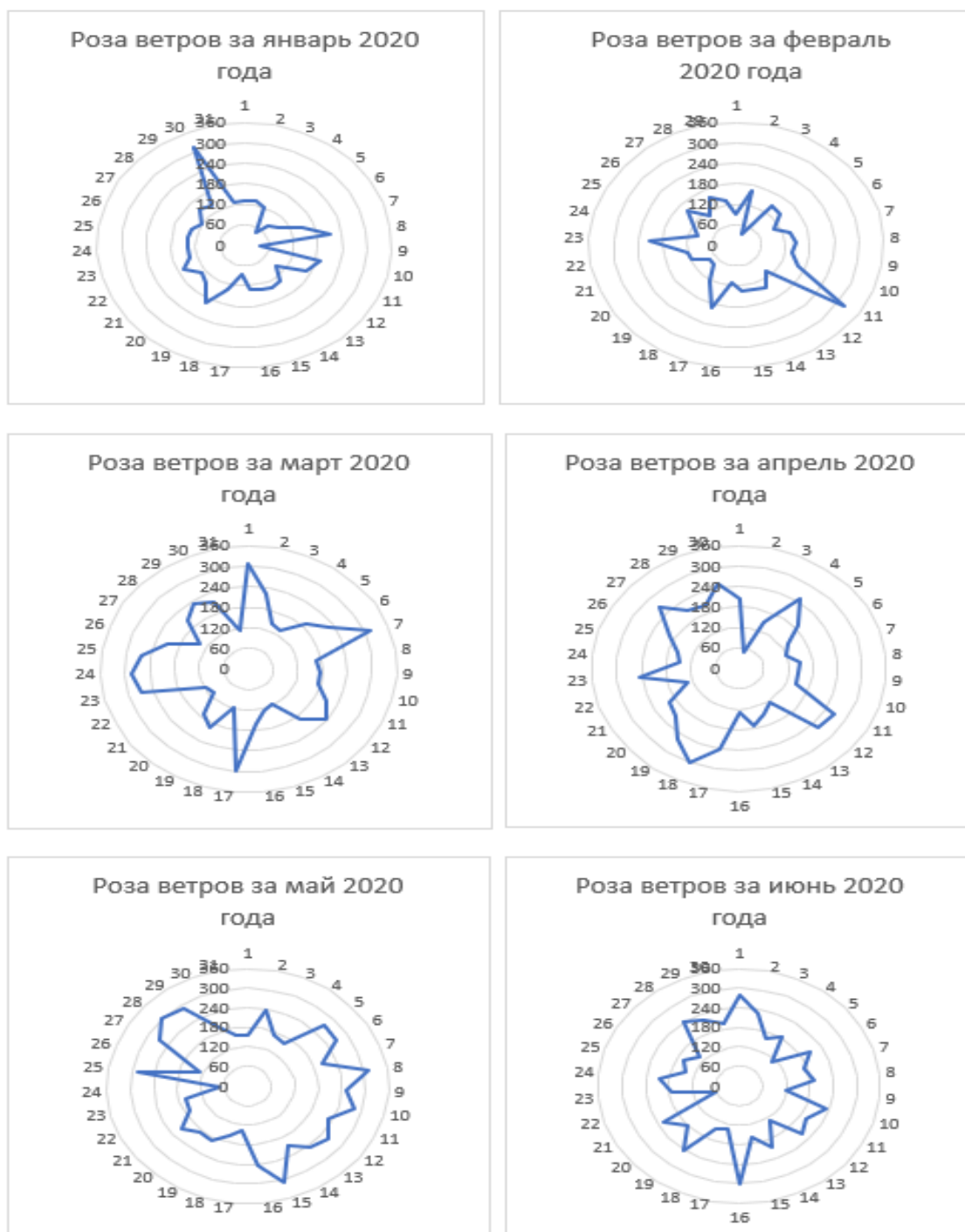


Рисунок 3.17- Роза ветров за первое полугодие 2020 года

Анализируя рисунок 3.17, мы наблюдаем что, в весенние месяцы направление ветра отличалось от зимних месяцев. Так зимой среднее значение ветра было в пределах 135° , что говорит о направлении юго-востока, а весной среднее направление ветра было 200° , что говорит о кардинально другом направлении ветра юго-юго-запад.

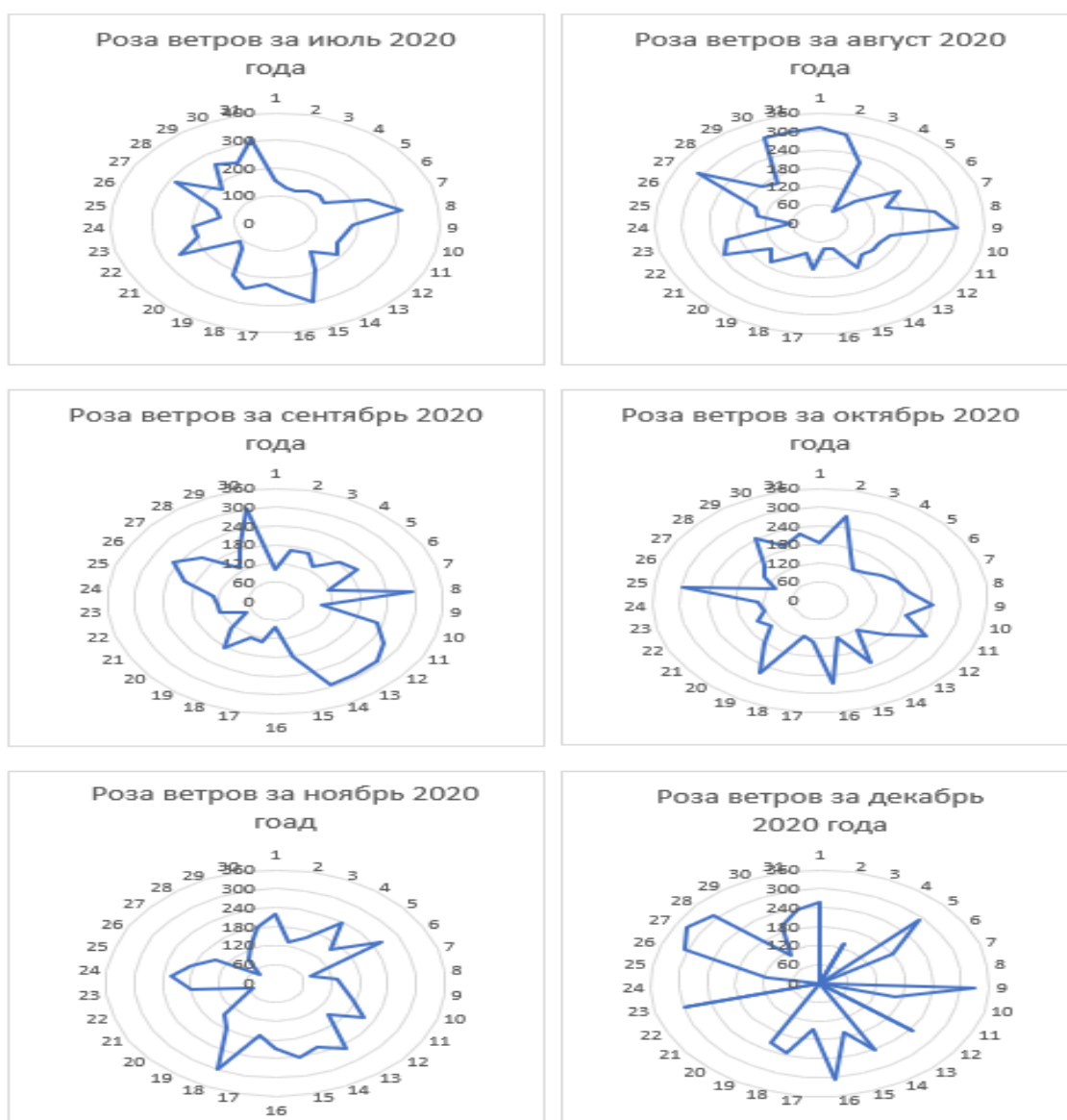


Рисунок 3.18- Роза ветров за второе полугодие 2020 года

Анализируя рисунок 3.18, мы наблюдаем что, в летние месяцы направление ветра не принципиально отличалось от осенних. Так в оба сезона среднее значение ветра составляло 180-190°, что говорит о южном направлении ветра.

Таким образом, весенний период 2019 и 2020 года не отличались друг от друга по дополнительным источникам загрязняющих веществ.

3.5. Осадки

В программе «GRADS» были построены графики с общим количеством осадков за каждый месяц.

Total precipitation 1mm/day

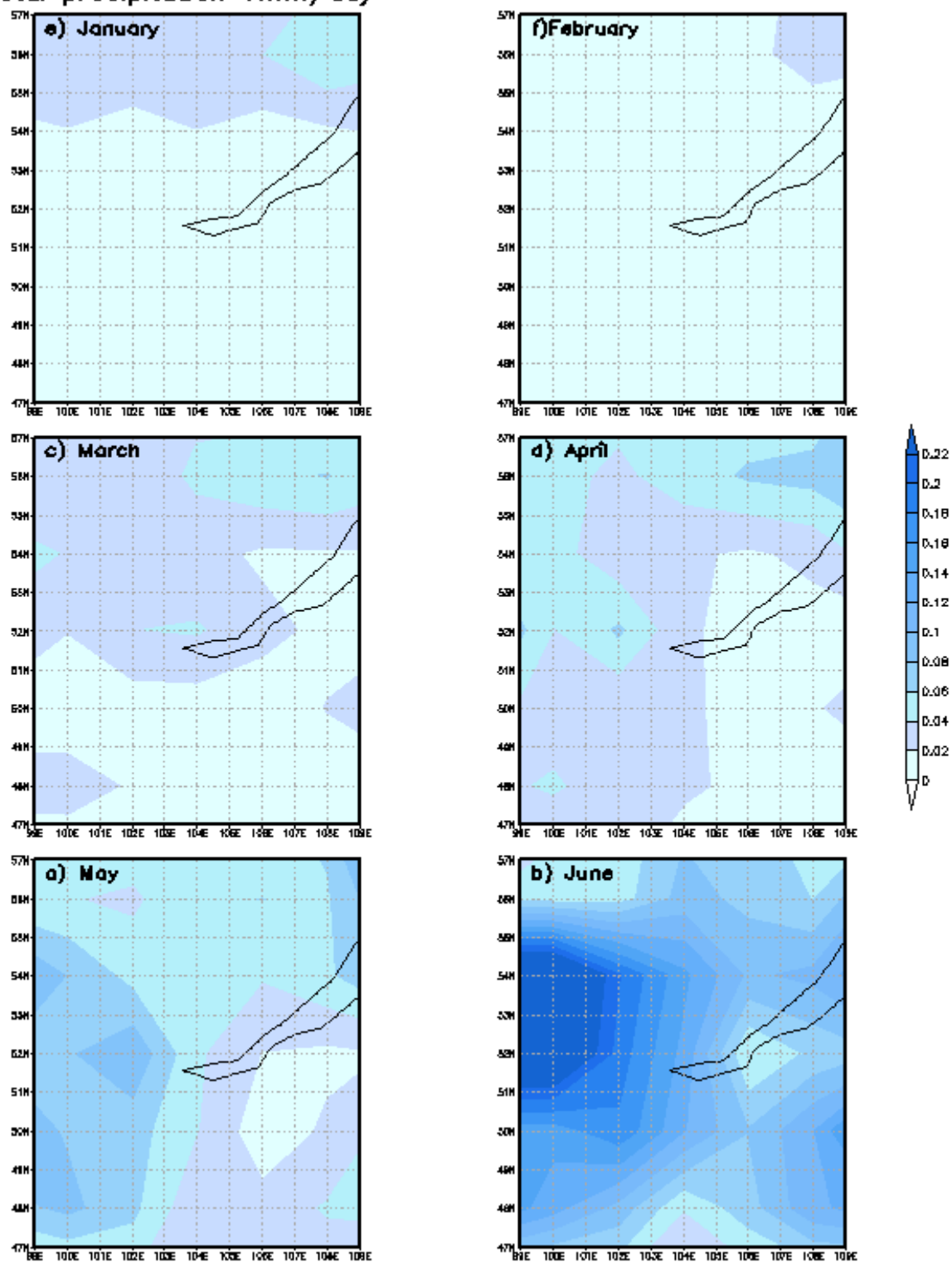


Рисунок 3.19-Общее количество осадков за каждый месяц 2019 года, 1мм/день

На рисунке 3.19 представлено общее количество осадков за первое полугодие 2019 года. Рассмотрим каждый месяц отдельно.

В январе осадки достигали максимума в 0,06мм/день на севере и северо-востоке от города.

Можно отметить, что февраль является самым сухим месяцем, не только в 2019 году, но и за весь рассматриваемый мною период, его показатели едва превышает отметку в 0,02 мм осадков в день, которые можно наблюдать на северо-востоке от города.

В марте показатели общего количества осадков достигали значений максимума 0,06мм/день, а минимума 0мм/день, и это распределение затрагивает черту города.

Апрель более влажный месяц по сравнению с предыдущими месяцами, его максимум общего количества осадков достигает 0,08мм/день.

В мае можно отметить общее количество осадков достигает значения 0,1мм/день, и этот месяц является самым влажным месяцем весны, но на территории города преобладают значения в 0,02-0,04мм/день.

Значения в июне, как начало лета, самого влажного периода в Иркутске, достигают свыше 0,22мм/день осадков. Максимум же не затрагивает черты города, на него приходятся значения общего количества осадков 0,08-0,01мм/день.

Total precipitation 1mm/day

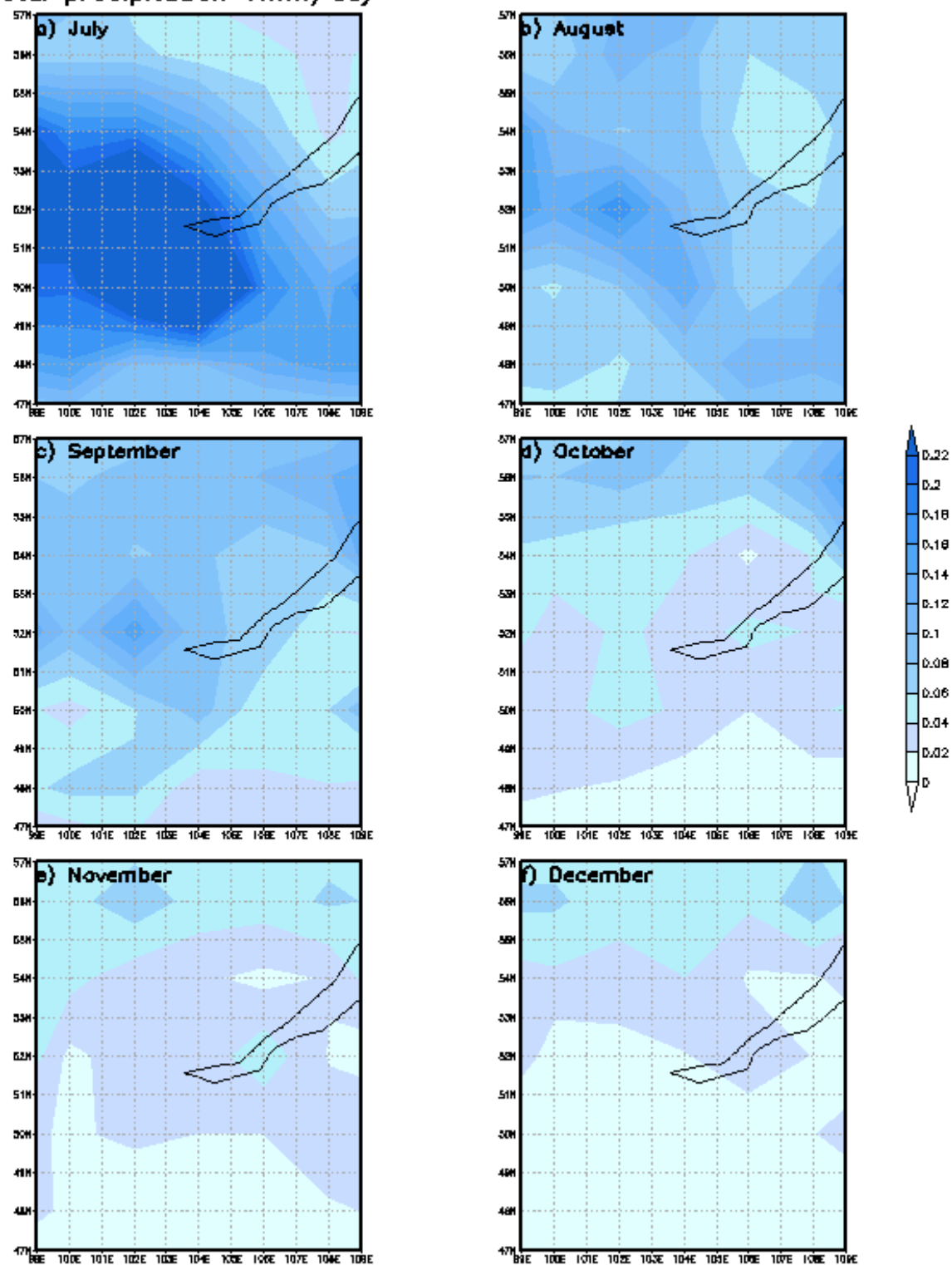


Рисунок 3.20-Общее количество осадков за каждый месяц 2019 года, 1мм/день.

На рисунке 3.20 представлено распределение общего количества осадков за второе полугодие 2019 года. Также рассмотрим каждый месяц отдельно.

В июле осадки достигали максимума немного юго-западнее города, общее количество осадков достигало свыше 0,22мм/день, а минимум общего значения количества осадков опускалось до 0,04мм/день на северо-востоке от города. Этот месяц является самым большим по общему количеству осадков.

В августе значения общего количества осадков доходили до 0,18мм/день, а минимум общего количества осадков не опускался ниже 0,08мм/день мы наблюдаем.

В сентябре общее количество осадков показывал максимум со значением 0,16мм/день, а минимум показывал значения общего количества осадков 0,02мм/день.

В октябре максимум общего количества осадков был равен 0,12мм/день, и его распределение не охватило черты города. Черту города охватил минимум значений общего количества осадков 0,02мм/день.

Ближе к зиме, уже в ноябре, общее количество осадков значительно падают, и достигают максимума со значением 0,08мм/день.

Декабрь является с самыми низкими показателями в этом полугодие, общее количество осадков достигает максимума со значением 0,06мм/день.

Total precipitation 1mm/day

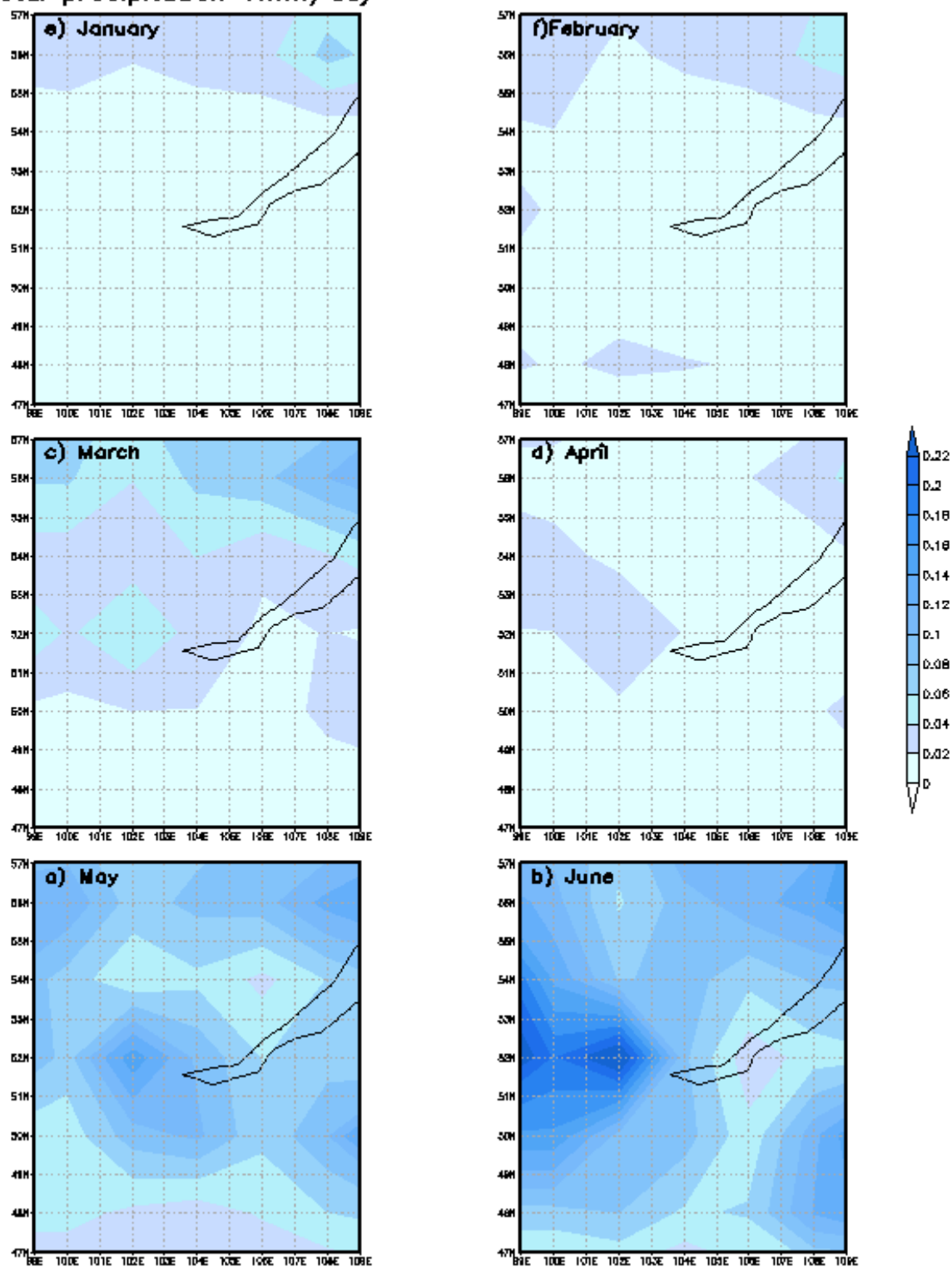


Рисунок 3.21-Общее количество осадков за каждый месяц 2020 года, 1мм/день

Рассмотрим рисунок 3.21, общее количество осадков за первое полугодие 2020 года.

В январе значения общего количества осадков достигали максимума на северо-востоке, 0,08 мм/день.

Февраль очень похож на предыдущий месяц, его распределение общего количества осадков схоже, но максимум достиг всего 0,06 мм/день.

В марте общее количество осадков достигало максимума значений на северо-востоке 0,1мм/день.

Значения в апреле наблюдались с самыми низкими показателями не только в первом полугодии 2020 года, но и во всем 2020 году. Его показатели немного перевалили значения 0,02мм/день на северо-востоке и западе от города.

В мае значения общего количества осадков доходили до 0,14мм/день. Эти показатели наблюдались немного западнее города. Минимум общего количества осадков был зафиксирован южнее и севернее города, и составлял 0,02 мм/день.

Завершающим месяцем этого полугодия является июнь. Его общее количество осадков достигало максимума западнее города, со значением 0,22мм/день, а минимум 0,02 мм/день, восточнее города, над озером Байкал.

Total precipitation 1mm/day

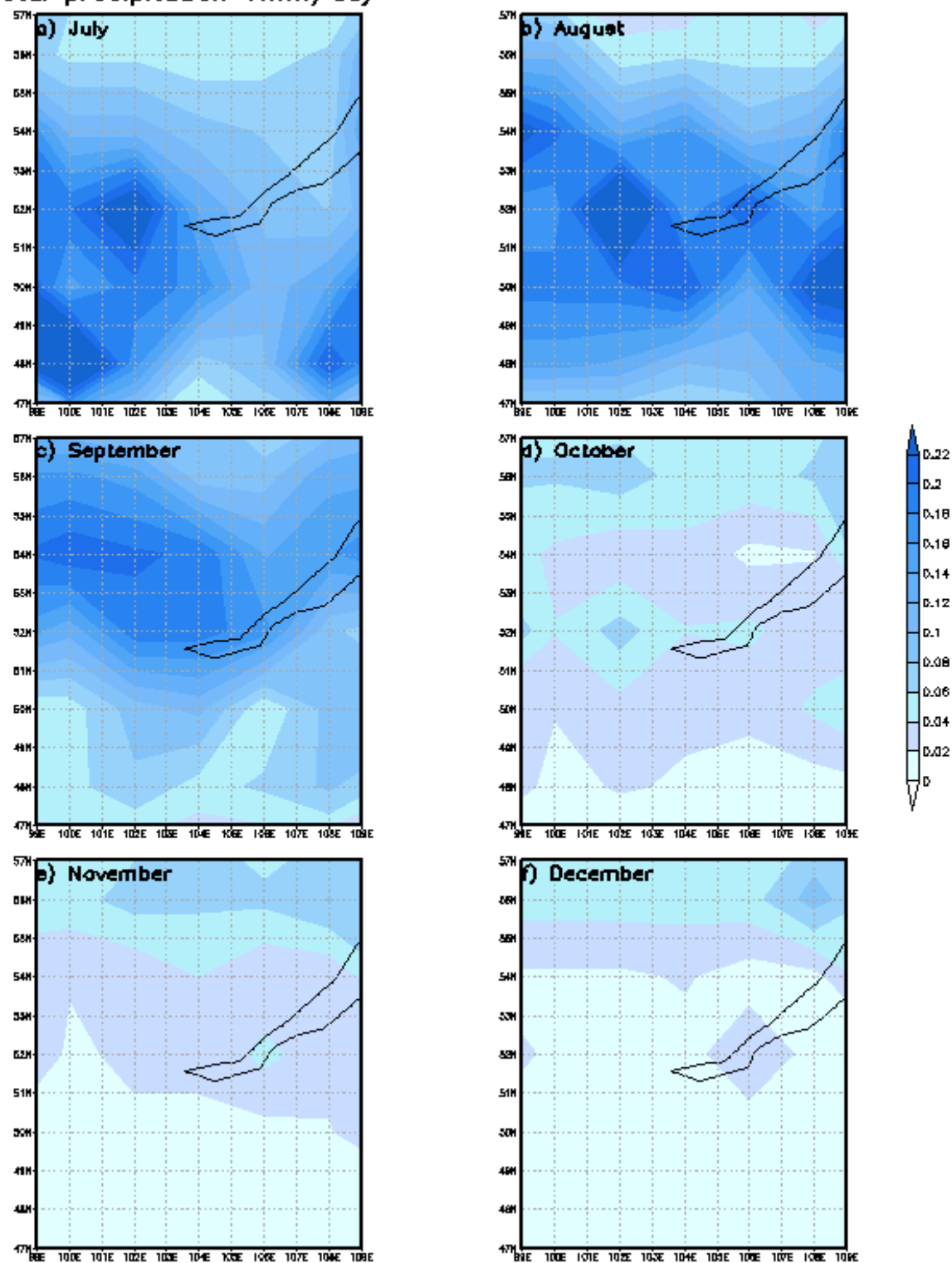


Рисунок 3.22-Общее количество осадков за каждый месяц 2020 года, 1мм/день

На рисунке 3.22, с показателями общего количества осадков за второе полугодие 2020 года, можем наблюдать, что в июле, значения общего количества осадков достигали максимума, и составляли свыше 0,22мм /день. Минимум значений общего количества осадков опускался до 0,06мм/день.

В августе значения общего количества осадков доходили до 0,22мм/день, а минимум составлял 0,02мм/день.

В сентябре максимум общего количества осадков также был 0,22мм/день, минимум же составлял 0,04мм/день.

Рассматривая октябрь, можно наблюдать как резко уменьшились показатели общего количества осадков по сравнению с предыдущим месяцем, максимум доходил лишь до 0,06мм/день. На территорию города приходилось 0,02-0,04мм/день осадков.

В ноябре общее количество осадков доходило до 0,06мм/день.

В декабре значения общего количества осадков достигало максимума на северо-востоке от города, и составляло 0,1мм/день, а на территории города общее количество осадков составляло 0,02мм/день.

3.6. Разница 2019 года и 2020 года в общем количестве осадков

В программе «GRADS» были построены графики с разностью общим количеством осадков.

Difference Total precipitation 0.01mm/day*1000

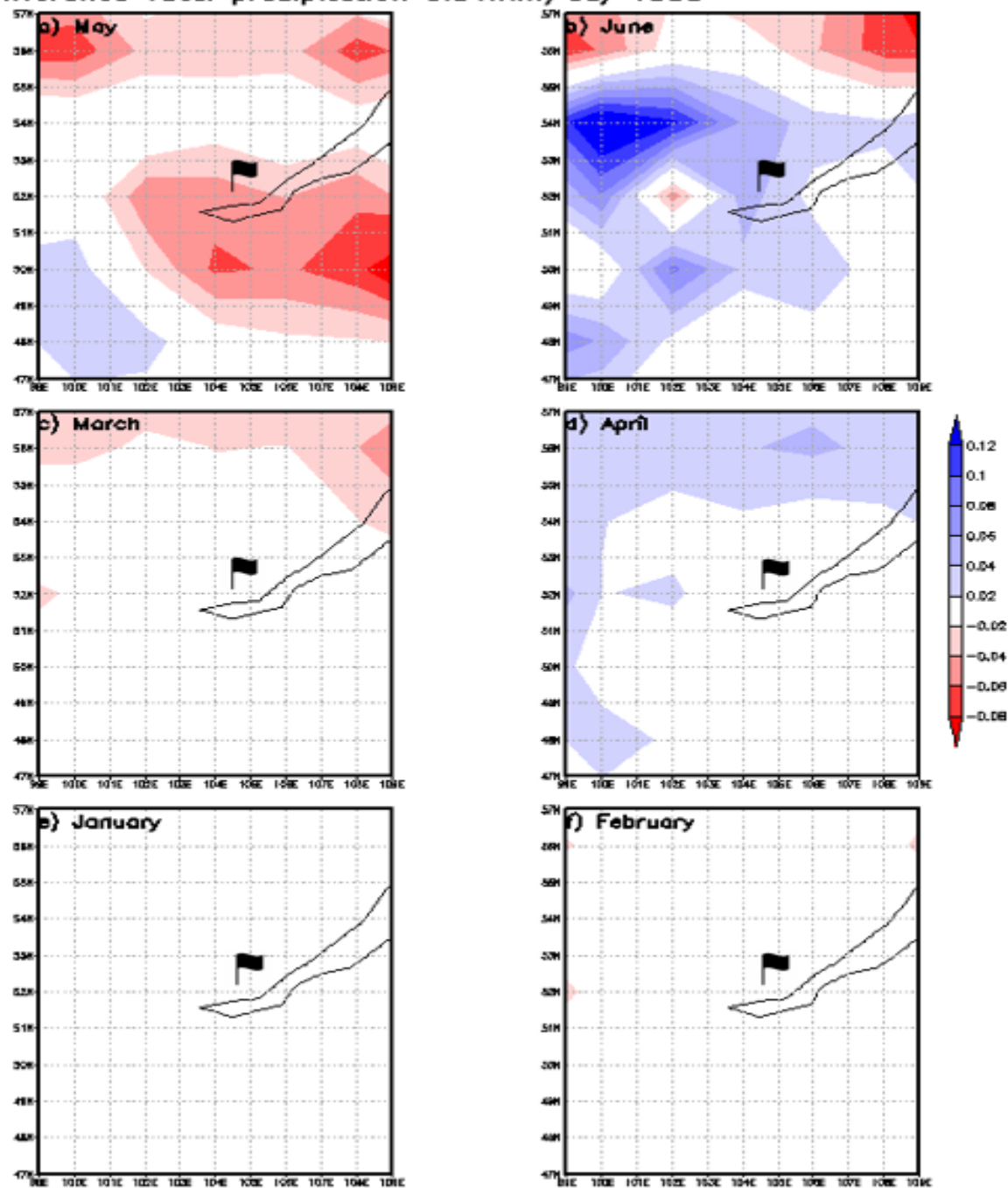


Рисунок 3.23-Разница 2019 года и 2020 года в общем количестве осадков, первое полугодие, 0,01мм/день*1000

Рассмотрим рисунок 3.23, разница общего количества осадков, на нем видно в какие месяцы 2019 года и 2020 года больше или меньше выпадало осадков.

Так в январе и феврале разницы по осадкам в 2019 году и 2020 году не было.

Рассматривая март, можем наблюдать, что на севере от города в 2020 году осадки выпадали раньше, чем в марте 2019 года. Также в 2020 году было осадков больше чем в 2019.

В апреле наоборот, осадки выпадали на севере города в 2020 году позже, чем в 2019 году, и в 2020 году их было меньше, чем в 2019.

В мае осадки в 2020 году выпадали раньше, чем в 2019. Максимум разницы достигал $0,06\text{мм/день} \cdot 1000$. Распространение в городе было со значениями $0,04\text{мм/день} \cdot 1000$. Но на юго-востоке в 2019 году осадки выпали раньше, чем в 2020.

В июне, выпадение осадков в 2019 году наблюдалось больше, чем в 2020. Но на северо-востоке и северо-западе в 2019 году выпадало осадков меньше, чем в 2020. Также в 2019 году осадки выпали раньше, чем в 2020 году.

Difference Total precipitation 0.01mm/day*1000

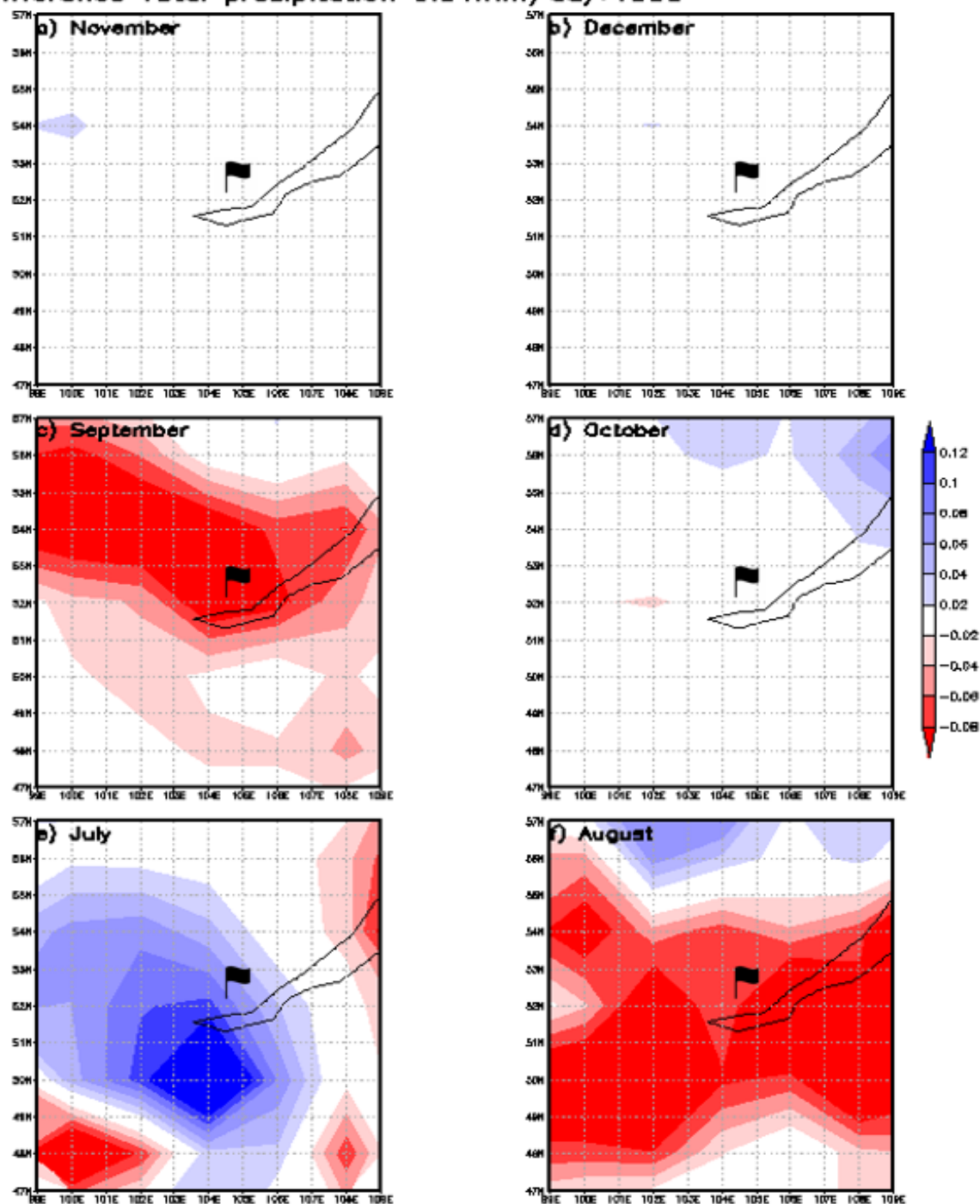


Рисунок 3.24-Разница 2019 года и 2020 года в общем количестве осадков, второе полугодие, 0,01мм/день*1000

Рассматривая рисунок 3.24, можно отметить, что в июле в 2019 году осадков было больше, чем в 2020, но на юго-западе и северо-востоке, в 2019 году их было меньше, чем в 2020. Максимумы разницы общего количества осадков в 2019 году составляли $0,12\text{мм/день} \cdot 1000$, а в 2020 году $0,08\text{мм/день} \cdot 1000$.

В августе, в 2020 году осадков было больше, чем в 2019 году, максимум разницы общего количества осадков составил $0,08\text{мм/день} \cdot 1000$. Но также на севере от города в 2020 году наблюдалось меньшее количество осадков, чем в 2019, максимум разницы общего количества осадков составил $0,06\text{мм/день} \cdot 1000$.

В сентябре в 2019 году было меньше осадков чем в 2020 году, максимум разницы общего количества осадков составил $0,08\text{мм/день} \cdot 1000$.

В октябре в 2020 году осадков было меньше чем в 2019, максимум разницы общего количества осадков составил $0,06\text{мм/день} \cdot 1000$. Максимум наблюдался на северо-востоке от города, в черте города разницы не наблюдалось.

Также в ноябре и декабре разницы по осадкам в 2019 году и 2020 году не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сравнении малых газов, которые были выброшены в атмосферу, в городе Иркутск в 2019 и 2020 годах отмечено увеличение в 2020 году: всего количества выбросов на 31636 тонн, в том числе твердых на 4874, в том числе газообразные и жидкие на 26762 тонн, из них диоксид серы на 22505 тонн, оксид углерода на 3 тонны, летучие органические соединения 199 тонн.

Инверсия и изотермия в пограничном слое способствуют накоплению загрязняющих веществ в атмосфере. Количество сроков инверсий и изотермии в 2020 году незначительно больше, чем в 2019.

Скорости ветра как правило в течение обоих исследуемых лет не превышают 5-7 м/с. Данные невысокие скорости способствуют сохранению выбросов в приземном слое.

В 2019 году в мае количество осадков превышало количество осадков 2020 году в среднем на 6-8 мм в сутки. Следовательно, в 2019 году вымывание вредных веществ началось раньше относительно 2020 года. В среднем за год в 2019 году осадков было больше в летние месяцы по сравнению с аналогичным периодом 2020 года.

Фоновая погода в 2019 и 2020 годах в городе Иркутск принципиально не отличалась, увеличенное количество выбросов малых газов в атмосферу вызвано увеличением количества источников выбросов загрязняющих веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А УДК 502,55: 551.510 + 632.15 Крюкова С.В., Симакина Т.Е. Анализ загрязнения воздушного бассейна. Лабораторный практикум. – СПб.: РГГМУ, 2018. – 60 с
2. УДК 622 СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРЫ РФ Окунева А.Л.
3. <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
4. УДК 504.3.054(571.53) Загрязнение атмосферного воздуха промышленными предприятиями г. Иркутска А. В. Ахтиманкина А. В. Аргучинцева
5. <https://irkutsk.spravker.ru/proizvodstvennyie-predpriyatiya/>
6. <https://scienceforum.ru/2021/article/2018024428>
7. <https://www.nv-online.info/2021/11/15/neozhidannoe-vlijanie-pandemii-na-atmosferu-planety.htm>
8. www.hmong.press
9. <https://fb.ru/article/327367/pogoda-i-klimat-irkutska>
10. <https://articlekz.com/article/21906>