



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

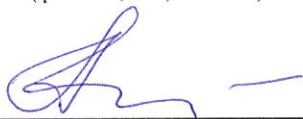
Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Особенности синоптических процессов на Ближнем Востоке в связи с
пыльными бурями»

Исполнитель Милицина Римма Геннадьевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)
Лаврова Ирина Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой 
(подпись)

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

« 7 » июня 2021 г.

Санкт-Петербург
2021

Содержание

	стр.
Введение.....	3
1. Распределение пыльных бурь по странам Азии.....	5
1.1 Пыльная буря.....	5
1.2 Распределение пыльных бурь.....	8
1.3 Циркуляция воздушных масс.....	10
1.4 Климатические пояса и типы климата в странах Ближнего Востока..	16
2. Синоптические процессы на Ближнем Востоке.....	18
2.1 Особенности синоптических процессов на Ближнем Востоке.....	18
2.2 Южно-каспийский циклон.....	23
2.3 Мургабский циклон.....	26
2.4 Синоптические ситуации возникновения пыльных бурь.....	29
3. Пыльные бури на территории стран Ближнего Востока.....	31
3.1 Исходный материал и методы исследования.....	31
3.2 Режим пыльных бурь в странах Ближнего Востока.....	32
3.3 Число дней с пыльными бурями в Иране.....	33
3.4 Пыльные бури в Сирии.....	38
3.5. Пыльные бури в Саудовской Аравии.....	40
3.6 Пыльные бури в Иордании.....	43
3.7 Время возникновения и продолжительность пыльных бурь.....	47
3.8 Видимость в пыльных бурях.....	49
3.9 Ветер при пыльных бурях.....	51
Заключение.....	52
Список использованных источников.....	54

Введение

В странах Ближнего Востока характерными условиями возникновения пыльных бурь являются наличие сухого воздуха, больших горизонтальных градиентов температур, вызванных неравномерным прогревом подстилающей поверхности и прохождением атмосферных фронтов и состояние самой подстилающей поверхности. Пыльные бури часто отмечаются в засушливых или полузасушливых районах Земли. В Северном полушарии генерируется около 90% всей воздушной минеральной пыли, там же она и осаждается. В Азии пылевой пояс простирается от Среднего Востока (Иордания, Сирия, Саудовская Аравия, Ирак, Иран, Афганистан, Пакистан) через Центральную Азию (Туркменистан и Северную Индию) до Таримской впадины в Китае и пустыни Гоби в Монголии.

Пыльные бури ухудшают горизонтальную и наклонную видимость, что затрудняет работу воздушного и наземного транспорта. При интенсивных пыльных бурях становится трудно дышать, песком может замести автомобильные и железные дороги, начинают появляться песчаные сугробы-заносы из песка на дорогах. Это очень опасное явление природы, и для сельского хозяйства, когда песком могут быть завалены посевы, а в особо засушливые периоды ветром может унести и плодородный слой почвы – так называемые «черные бури».

Для прогноза пыльных бурь необходимо учитывать их суточный и годовой ход при различных синоптических процессах и их территориальное распространение в различные сезоны.

Поэтому целью выпускной квалификационной работы является анализ синоптических процессов над территорией Ближнего Востока, благоприятных для возникновения пыльных бурь, и анализ характеристик пыльных бурь для выявления закономерности их появления и развития.

В первой главе выпускной квалификационной работы рассматривались условия возникновения пыльных бурь, их распределение по территории

стран Азии. Проанализированы особенности циркуляции воздушных масс и типы климата в странах Ближнего Востока.

Во второй главе проведен анализ синоптических процессов на Ближнем Востоке и рассмотрены синоптические ситуации,, благоприятные для образования пыльных бурь.

В третьей главе исследован режим пыльных бурь в странах Ближнего Востока по архивным данным метеонаблюдений за пятилетний период. Проанализированы характеристики пыльных бурь, время их возникновения и продолжительности, видимость при пыльных бурях и параметры ветра, способствующего переносу песка и пыли.

В заключении представлены выводы по работе.

1. Распределение пыльных бурь по странам Азии

1.1 Пыльная буря

Пыльная буря - это опасное явление погоды над просторами пустынь, полупустынь, а также степей в засушливый период. Опасным явлением пыльная буря или пыльный поземок становится, когда видимость в них ухудшается до критических значений.

По определению – песчаная (пыльная) буря – это метеорологическое явление, при которой в условиях большой скорости ветра и при наличии открытой поверхности сухого песка (пустыни, полупустыни) воздух в нижнем слое атмосферы наполняется пылью и летящим песком. В этих условиях видимость может уменьшиться до нескольких метров, становится трудно дышать, и начинают появляться песчаные сугробы-заносы из песка на дорогах. Это очень опасное явление природы, в особенности для всех видов транспорта и сельского хозяйства, когда песком могут быть завалены посевы. Например, в Ираке, где главным образом преобладает пустынный климат, летний период ассоциируется с песчаными бурями и ветром самум, название которого означает «ядовитый, отравленный». Причина образования песчаных бурь такова: раскаленный песок сильно нагревает воздух у поверхности земли. В результате он поднимается вверх, а на его место устремляются с очень большими скоростями потоки более холодного плотного воздуха. Так образуются небольшие местные циклоны, рождающие песчаные бури. Такая буря начинается с падения атмосферного давления, относительная влажность воздуха понижается практически до нуля, а температура может подниматься до +50° по Цельсию. В воздухе отмечается повышенная концентрация частиц песка и пыли желто-красного цвета. Горячая, сухая, внезапно начинающаяся пыльная буря самум бывает в пустынях Малой Азии, Сахары, южного побережья Средиземного моря и северо-западного побережья Африки, Марокко [5].

Как уже упоминалось выше, пыльные бури зарождаются при ветрах, скорости которых превышают 8 м/с. Пыль, поднятая во время бурь, распространяется часто до высоты около 500 м, но в отдельных случаях она может достигать 3 - 5 км. После прохождения пыльной бури вовлеченные в вихрь песчинки остаются взвешенными в воздухе в виде тонкого пудрообразного включения, которое снижает иногда видимость до 3 - 4 км. Естественно, наибольшее число переносимых частиц находится в приземном слое воздуха, в непосредственной близости от поверхности земли, образуя мглу. Часто на территории Средней Азии 70% поднятой с земли пыли и песка переносится на высоте до 1 м (при скорости ветра более 10 м/с).

Длительность пыльных бурь колеблется от нескольких минут до 1-2 ч, но бывают случаи, когда бури продолжаются два-три дня без перерыва. Самым благоприятным временем суток для развития пыльных бурь являются дневные часы, т. е. время, когда скорости ветра достигают наибольших значений.

По многолетним наблюдениям, число случаев с пыльной бурей имеет примерно симметричный ход относительно максимума, который наступает в 13-14ч; в ночные часы вероятность прохождения пыльной бури незначительна.

По данным о числе дней с пыльной бурей 148 пунктов зарубежной Азии получена карта их среднего годового распределения (рис. 1.1). Согласно карте пыльные бури наблюдаются почти на всей рассматриваемой территории. На карте представлена область, где отмечалось более 5 дней в году с бурей, границы этой области соответствуют примерно границам зоны пустынь и полупустынь.[1]

Область с пыльными бурями включает Центральную Азию (в том числе высокогорные пустыни Тибета), Иранское нагорье, Аравийский полуостров и долину р. Инда. В прилегающих к выделенной области районах повторяемость бурь составляет часто десятые доли дня, т. е. они наблюдаются не каждый год. На степени развития бурь существенно

сказывается структура и тип подстилающей поверхности почвы. Самой благоприятной подстилающей поверхностью для образования пыльной бури служат легкие, песчаные почвы.

Природа песчаных пустынь бедна растительностью, лишь изредка на их поверхности встречаются отдельные кустики жестколистных растений, которые до некоторой степени скрепляют песок своими длинными корнями. Еще более безжизненными представляются каменистые и глинистые пустыни, занимающие огромные пространства Тибетского нагорья, плоскогорья Гоби и частично Аравийского полуострова. Каменистые пустыни обычно покрыты щебнем и обломками породы; так же тверды, как камень, глинистые пустыни, прорезанные обычно трещинами. На таких территориях пыльные бури развиваются только при сильных ветрах. На возвышенных участках, при переходе от пустыни к предгорьям и горам число пыльных бурь часто сокращается из-за выхода на поверхность коренных скальных пород либо из-за развития альпийской растительности на скалах.

Наибольшее число дней с пыльной бурей (более 20 в году) отмечается во внутренних пустынях материка. К таким территориям относятся:

а) пустыни Аравийского полуострова, характеризующиеся максимальным числом дней с пыльной бурей на станциях Эр-Рияд (54 дня) и Бадана (41 день);

б) пустыня Тар, станция Далбандин – 29 дней;

в) пустыня Такла-Макан, станция Кашгар — 25 дней;

г) пустыня Гоби, станции Анси -120 дней, Чжанье - 81 день, Баотоу – 40 день;

д) район Турфана, расположенный на окраине самой низкой в Азии сухой впадины, сложенной песчано-лессовыми отложениями (154 м ниже уровня.); В этом районе наблюдалось рекордное число дней с пыльной бурей (327 дней!).

В отдельных случаях повторяемость пыльных бурь велика вблизи побережий вследствие усиления здесь ветра. Например, на Шаньдунском полуострове на станциях Циндао и Чэншаньтоу отмечено 87 и 36 дней в году соответственно.

Число пыльных бурь заметно возрастает в обжитых густонаселенных районах из-за распашки земель. Так, 95 дней в году зарегистрировано на Наньлинской возвышенности Южного Китая, хотя этот район относится к зоне умеренно влажного климата.[1]

При вовлечении пыли в циркуляцию воздушных масс большого масштаба возможны отдельные случаи переноса пылевых частиц на тысячи километров.

1.2 Распределение пыльных бурь.

Ирак, Саудовская Аравия и страны Персидского залива являются регионами наибольшей повторяемости пыльных бурь: летом они чаще всего отмечаются в Иране, на северо-западе Ирака, в Сирии, странах Персидского залива и на юге Аравийского полуострова, а весной - на западе Ирака, в Сирии, Иордании, Ливане, на севере Аравийского полуострова и на юге Египта. На степени развития бурь существенно сказывается структура и тип подстилающей поверхности почвы. Самой благоприятной подстилающей поверхностью для образования пыльной бури служат легкие, песчаные почвы.

Природа песчаных пустынь бедна растительностью, лишь изредка на их поверхности встречаются отдельные кустики жестколистных растений, которые до некоторой степени скрепляют песок своими длинными корнями. Еще более безжизненными представляются каменистые и глинистые пустыни, занимающие огромные пространства Тибетского нагорья, плоскогорья Гоби и частично Аравийского полуострова. Каменистые пустыни обычно покрыты щебнем и обломками породы; так же тверды, как

камень, глинистые пустыни, прорезанные обычно трещинами. Здесь пыльные бури развиваются только при сильных ветрах. На возвышенных участках, при переходе от пустыни к предгорьям и горам число пыльных бурь часто сокращается из-за выхода на поверхность коренных скальных пород либо из-за развития альпийской растительности на скалах.

Наибольшее число дней с пыльной бурей (более 20 в году) отмечается во внутренних пустынях материка.

При вовлечении пыли в циркуляцию воздушных масс большого масштаба возможны отдельные случаи переноса пылевых частиц на тысячи километров.

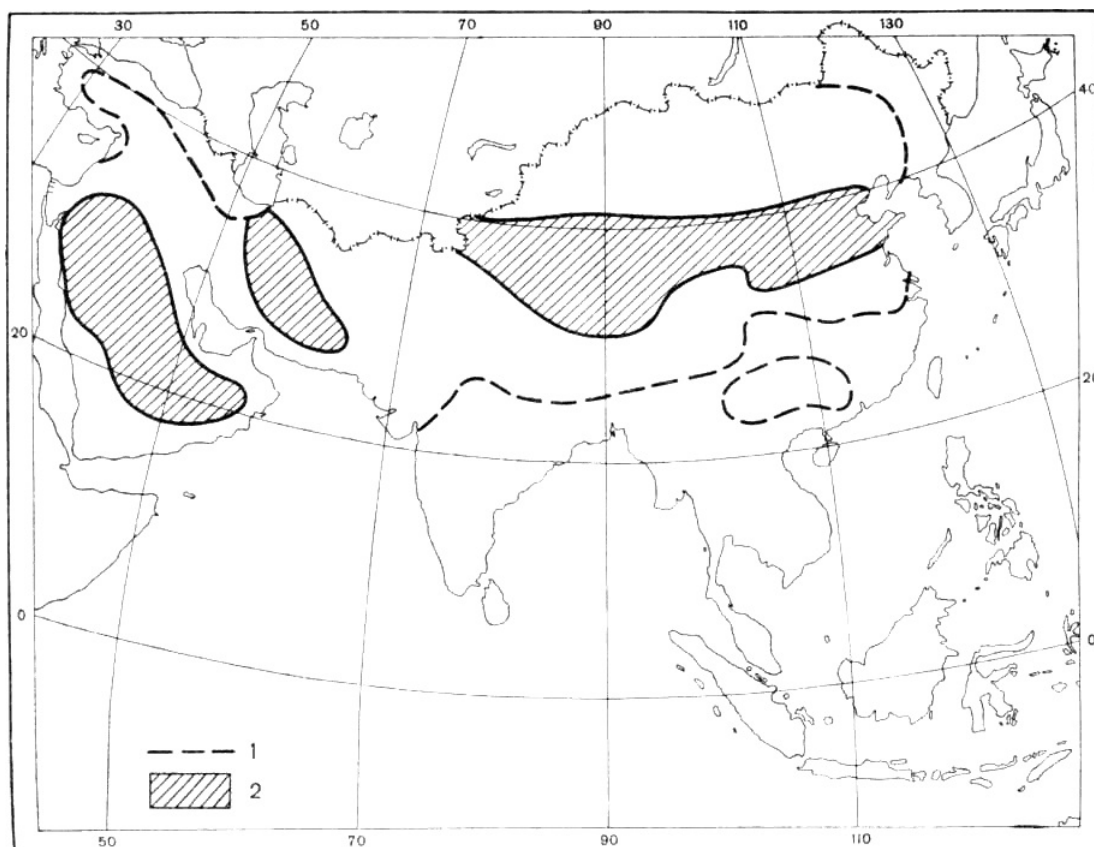


Рис. 1.1 - Среднее годовое число дней с пыльной бурей.

1 — число дней с пыльной бурей, равное 5 и больше, 2 — число дней с пыльной бурей, равное 20 и больше.

Распределение пыльных бурь имеет обычно ярко выраженный годовой ход с периодами максимального и минимального развития.

Следует иметь в виду, что годовой ход пыльных бурь в полупустынях и степях определяется преимущественно ходом осадков, тогда как в пустынях годовой ход определяется только распределением скоростей ветра.

В пустынных районах пыльные бури отмечаются ежемесячно. На рис.1.1 приведены данные о среднем числе дней, полученные по материалам преимущественно за последние годы наблюдений, за период около 10 лет. [1]

Рассмотрим циркуляцию воздушных масс над странами Ближнего Востока в целях выявления условий, благоприятных для возникновения пыльных бурь.

1.3 Циркуляция воздушных масс.

Циркуляция воздушных масс над Азией имеет хорошо выраженные сезонные различия. Зимой особенно велики контрасты в температурах и распределении давления. Над центральными районами материка в это время устанавливается высокое давление, над Тихим океаном - низкое. В результате прослеживается ярко выраженная муссонная циркуляция.

Местные антициклоны формируются также над Тибетским и Армянским нагорьями, что связано с большими высотами и интенсивным выхолаживанием зимой. В Южной Азии зимний муссон направлен с северо-востока на юго-запад, подкрепляясь здесь зональной пассатной циркуляцией.

Летом циркуляционные процессы изменяются. Над Центральной и Юго-Западной Азией в результате сильного прогрева устанавливается пониженное давление, тогда как над относительно холодными в это время водами Тихого океана — повышенное. Поэтому со стороны океана в Восточную Азию поступают прохладные и влажные воздушные массы летнего, морского муссона.

Зимние температуры в Южной Азии высоки (+ 16, + 20 °С). Однако Индостан, закрытый с севера Гималаями, теплее Индокитая. Изотерма +20° в

Индии проходит по линии северного тропика, опускаясь в Индокитае на юг до 10° с. ш. На островах Малайского архипелага зимние температуры достигают +25 °С.

Переднеазиатские нагорья находятся под воздействием средиземноморских циклонов, приносящих сюда осадки. При продвижении на восток действие циклонов ослабевает, но над Персидским заливом они вновь активизируются на отрезке полярного фронта; чередование циклонов и антициклонов здесь вызывает частые и резкие колебания температуры.

Таким образом, самые низкие зимние температуры (-50 °С) характерны для котловин Центральной Азии. Сильные морозы стоят в Западном Тибете. Зимний антициклон, приносящий в Восточную Азию массы сухого и относительно холодного воздуха, охлаждает эту территорию.

Летом барическая ситуация в Азии изменяется. Над Юго-Западной и отчасти Центральной Азией устанавливаются высокие температуры и пониженное давление. К центру материка устремляются морские воздушные массы летнего муссона, приносящие влагу и относительное понижение температуры.

По степени увлажнения в зарубежной Азии можно выделить влажные и сухие области. К первым относится юг и юго-восток, ко вторым — центр, запад и юго-запад материка. Во влажных областях Азии значительное количество осадков за год распределяется по сезонам неравномерно, подавляющая часть приходится на лето. Только островная часть и полуостров Малакка увлажняются обильно во все сезоны года. В сухих областях максимум осадков приходится либо на зиму (запад), либо на лето (центр).

Рассмотрим более подробно территорию Аравийского полуострова и стран Ближнего Востока, особое внимание уделим синоптическим процессам над этими районами.

Зарубежная Азия расположена в пределах 5-и климатических поясов. Значительная часть ее находится в субтропическом поясе, крайний юг

заходит в экваториальный, север - в умеренный, западная часть расположена в тропическом поясе, который в Южной Азии выклинивается (следствие муссонной циркуляции) и здесь субтропический климатический пояс непосредственно соседствует с субэкваториальным. Выклинивание тропического климатического (географического тоже) пояса в Южной Азии является единственной и замечательной особенностью хода поясов на Земле.

К тропическому поясу относится западная часть Азии (юг Аравийского полуострова, юг Месопотамии, Иранское нагорье и пустыня Тар). Весь год господствуют континентальные воздушные тропические массы. Ясная, сухая погода. Средние июльские температуры около $+30^{\circ}\text{C}$, январские $+12^{\circ}$ - $+16^{\circ}\text{C}$. Осадков везде менее 100 мм, которые выпадают зимой на севере и летом на юге. Субтропический пояс характеризуется господством зимой умеренных воздушных масс, летом - тропических. В поясе выделяется несколько типов климата. На западе - южное и западное побережье Малой Азии, Левант и север Месопотамии - субтропический средиземноморский климат (сухое жаркое лето, теплая влажная зима). Средняя температура января от $+4^{\circ}\text{C}$ на севере до $+12^{\circ}\text{C}$ на юге. Осадки на равнинах 500-600 мм, в горных районах до 3000 мм. Южно-Каспийская низменность единственная область в Зарубежной Азии с климатом влажных субтропиков. [1]

Для Переднеазиатских нагорий и юга Центральной Азии характерен субтропический континентальный климат с жарким летом и относительно холодной зимой. Летом воздух приобретает свойства континентальных тропических воздушных масс. Велики годовые амплитуды. Осадков менее 300 мм. В западной части они связаны с прохождением весной Иранской ветви полярного фронта. В восточную часть Иранского нагорья осадки приносит юго-западный муссон. Высокогорные области Азии (выше 3000 м над уровнем моря) в субтропических широтах имеют одну общую характерную климатическую особенность: исключительно сильное влияние процессов, развивающихся в средней тропосфере, в связи с чем здесь не наблюдается трансформация воздуха умеренных широт в тропический

воздух, тогда как над прилегающими равнинами пришедший из умеренных широт воздух интенсивно прогревается, приобретая свойства тропической воздушной массы. Отсюда невысокие летние температуры воздуха - вдвое более низкие, чем на тех же широтах на низменностях (в июле в среднем ниже 15°C).

Географическое положение, преобладание гор над низменностями, огромные размеры и компактность Евразийского материка являются важнейшими факторами его климатообразования. Положение Азии во всех широтах северного полушария определяет неравномерное поступление на ее поверхность солнечного тепла. Так, суммарная солнечная радиация на экваторе (Малайский архипелаг) составляет 140-160 ккал/см² в год, между 40° и 50° с. ш. она уже равна 100-120 ккал/см² в год, а у северных пределов материка около 60 ккал/см² в год. В зарубежной Азии полностью представлены экваториальный, субэкваториальный, тропический и субтропический климатические пояса. К умеренному относятся лишь пограничные с Россией области Монголии и Северо-Восточного Китая, а также северная часть Японских островов. Значительная часть зарубежной Азии расположена в субтропическом поясе. Протяженность его от Средиземного моря до Тихого океана исчисляется тысячами километров. Циркуляция воздушных масс над Азией зависит от сезонного положения центров высокого и низкого давлений. Важнейшим центром атмосферного давления над материком в зимнее время является Азиатский (Сибирский или Центральноазиатский) антициклон самый мощный из зимних климатических центров на земном шаре. Холодный и сухой континентальный умеренный воздух, растекаясь от него во все стороны, даст несколько отрогов. Среди них следует отметить среднеазиатский отрог в сторону Ирана и юго-восточный отрог в сторону Восточного Китая. На юго-востоке материка зимой возникают наибольшие градиенты давления между холодной сушей и теплым океаном, обуславливающие появление устойчивых по силе и

направлению потоков воздуха с суши на море зимнего континентального муссона.

Летом распределение атмосферного давления и связанные с ними потоки воздуха существенно изменяются. Минимальное давление в летнее время располагается над районами Пенджаба, южной половиной Иранского нагорья и южной и центральной частями Аравийского полуострова. Эта область низкого давления известна под именем Переднеазиатской депрессии. В нее втягивается влажный воздух с Индийского океана, образуя индийский муссон, усиливаемый южно-тропическим антициклоном над Индийским океаном. Однако влажный муссон господствует над Южной и Юго-Восточной Азией, а над Западным Пакистаном и Раджастханом сухо, вследствие втягивания в депрессию континентального воздуха из Аравии и Ирана. Низкое давление образуется летом также и над Центральной Азией, но вследствие ее изоляции от Индийского и Тихого океанов обширными высокогорными территориями (Памир, Гималаи, Тибет, Сычуаньские Альпы) южный и юго-восточный океанические муссоны туда практически не попадают. На Восточную Азию большое воздействие летом оказывает Гавайский антициклон. По его западной периферии с Восточную Азию проникает морской тропический воздух. Наконец, Малую Азию и побережье Леванта (Сирия, Ливан, Израиль) летом захватывает отрог Азорского антициклона, распространяющийся над бассейном Средиземного моря и обуславливающий сухую и жаркую погоду. Таким образом, в течение года над территорией Азии перемещаются арктические, умеренные и тропические воздушные массы. Наибольшее значение для центральных частей Азии имеет умеренный (полярный) воздух. Зимой он очень холоден, летом прогрет, но всегда сухой. Континентальный тропический воздух господствует в течение всего года над юго-западной и западной периферией материка и соседней областью северной Сахары. [1]

Вместе с постепенным прогреванием воздуха высокое давление над Северо-Восточной и Центральной Азией к лету исчезает. Напротив, над

Тихим океаном антициклон расширяется, приближаясь к материку. Расходящиеся с материка зимние потоки воздуха сменяются теперь потоками с океанов на материк. Лишь Малую Азию захватывает восточный отрог расширяющегося Азорского антициклона. Наибольшее нагревание суша испытывает в тропических широтах. Ложбина минимального давления, известная под названием Переднеазиатской депрессии, располагается над районами Пенджаба, южного Ирана и юга Аравии. В низовьях Инда давление падает до 993 мб.

Над Западной и Центральной Азией в летние месяцы по сравнению с зимой резко меняются главным образом термические условия. Вследствие удаленности от океанов, орографической изолированности и сильного прогревания воздуха у земной поверхности уровень его конденсации над Центральной Азией лежит высоко. Конвективные токи воздуха часто его не достигают, и облака не образуются. Условия для возникновения фронтальных процессов неблагоприятны. Существует и другая климатическая причина крайней сухости центральноазиатских районов. В летнее время, как и в зимнее, над северной окраиной Центральной Азии давление воздуха выше, чем над южной на 2-3 мб. Это определяет господство северных ветров. Двигаясь в более южные районы, воздушные массы еще более иссушаются. Пустыня Такла-Макан, низкогорья Бэйшаня и северные склоны Куньлуня и Алтынтага по суммам осадков оказываются самыми сухими из всех центральноазиатских районов (менее 100 мм в год). Годовая же испаряемость здесь достигает 2000-2500 мм.

Резкий дефицит влаги отмечается для Аравийского полуострова, внутренних районов Ирана и Афганистана, Западного Пакистана, северо-западной Индии и Центральной Азии. В этих районах испаряемость достигает 2000-3000 мм и более при суммах осадков 100-200 мм и менее.

1.4 Климатические пояса и типы климата в странах Ближнего Востока.

Учитывая проявление на территории Азии рассмотренных выше климатических факторов и метеорологических элементов, можно выделить на этом огромном континенте следующие климатические пояса и типы климата.

Экваториальный пояс. В экваториальном поясе расположена большая часть Малайского архипелага (без восточной половины о. Ява и Малых Зондских островов), Малайский полуостров (Субэкваториальный пояс (климат экваториальных муссонов).

Пояс тропического (пассатного) климата. В этом поясе находятся южная половина Аравии, юг Иранского нагорья и пустыня Тхар. В течение всего года преобладает континентальный тропический воздух, который формируется летом в западной части Переднеазиатской барической депрессии, зимой над Аравией и Ираном в местных антициклонах. Стоит постоянно сухая, теплая, а летом жаркая погода; зимой средние температуры колеблются от 0°C до 15°C. Характерны большие амплитуды суточных температур. Осадков на большей части территории выпадает менее 100 мм, в горах Йемена от 400 до 1000 мм. Это зона ничтожного увлажнения[3].

Субтропический континентальный климат характерен для Малой Азии (без средиземноморского запада), Армянского и большей части Иранского нагорий (без тропического юга). Тибет выделяется в особую высокогорную климатическую подобласть с холодной малоснежной зимой и прохладным летом. В течение всего года над Переднеазиатскими нагорьями преобладает континентальный умеренный воздух; в зимнее время года, особенно на северо-востоке области очень холодно. В летнее время воздух прогревается и приобретает свойства континентального тропического воздуха; стоит жаркая погода. Годовые амплитуды температур очень велики (до 90°C). Годовые суммы осадков малы (от 100 до 400 мм), так как зимой господствует антициклональное состояние погоды, а летом трансформация

континентального умеренного воздуха в тропический. Над Ираном и Малой Азией осадки выпадают на полярном фронте весной. Увлажнение недостаточное и скудное.

Умеренный пояс. В этом поясе выделяются два типа климата: умеренно-муссонный и умеренно-континентальный. Первый характерен для острова Хоккайдо, Северо-Восточного Китая и большей северной части Корейского полуострова.

Таким образом, пыльные бури чаще всего возникают в областях субтропического континентальный климата и в поясе тропического (пассатного) климата – это страны Аравийского полуострова, Ирак, Иран и Сирия.[1]

2. Синоптические процессы на Ближнем Востоке

2.1 Особенности синоптических процессов на Ближнем Востоке.

Рассмотрим, какие синоптические процессы формируют погоду над странами Ближнего Востока. Исходя из многолетних наблюдений, можно выделить 9 основных типов синоптических процессов. Некоторые процессы наблюдаются только в холодное время года, некоторые - только в тёплое время года, а есть и такие, которые наблюдаются течение всего года [2].

2.1.1 Южно-каспийский циклон.

Южно-каспийский циклон – один из южных циклонов, образующихся над восточной частью Средиземного моря и проходящего, как правило, над южной частью Каспийского моря и восточнее. В некоторых случаях Южнокаспийский циклон является «перерождением» южных циклонов, которые ослабевают при переходе через цепи горных хребтов Армянского нагорья, Ирана и когда выходят на равнину и морскую гладь - перерождаются, вновь набирая силу. С Южно-каспийским циклоном связано резкое потепление, так как в тёплом секторе циклона на территорию ближневосточных стран выносятся тропический воздух. Зимой температура может повышаться до 25°C, а порой в феврале даже до 30°C. Прохождение теплого фронта обычно сопровождается сильным ветром и пыльными бурями.

Прохождение Южно-каспийского циклона почти всегда заканчивается холодным западным или северо-западным вторжением. Прохождение холодного фронта часто сопровождается сильным ветром, иногда штормовым и выпадения осадков.

2.1.2 Мургабский циклон.

Мургабский циклон является ещё одной разновидностью южных циклонов. Образуется он на территории Ирана и Афганистана. При дальнейшем движении на северо-восток появляется на юге Туркмении над бассейнами рек Мургаб и Теджен. Как и Южно-каспийские циклоны, Мургабский циклон наблюдаются преимущественно в холодное время года. В его тёплом секторе выносятся тропический воздух, среднесуточная температура может повыситься на 10-12 градусов. При его прохождении, в тёплом секторе также могут наблюдаться пыльные бури.

Осадки редко выпадают на теплом фронте, и наоборот зачастую наблюдаются на холодном, усиливаясь в горных и предгорных районах.

2.1.3 Широкий вынос теплового воздуха

Широкий вынос теплового воздуха – это такой тип процессов, при котором вынос тропического воздуха осуществляется широким потоком, а не циклоническими прорывами. Теплый воздух наблюдается, как у поверхности земли, так и в свободной атмосфере. Устанавливается тёплая, ясная, сухая и маловетренная погода.

Чаще всего вынос наблюдается в переходные сезоны и совсем не наблюдается летом. Этот процесс как правило заканчивается западным, реже северо-западным вторжением.

2.1.4 Западное вторжение

Западное вторжение – это процесс, при котором воздух умеренных широт, (реже арктический воздух) вторгается через Кавказ и Каспийское море на территорию стран Ближнего Востока. Вторгающаяся воздушная

масса, как правило, имеет повышенную влажность и её приход сопровождается облачностью и осадками. Чаще всего Западное вторжение наблюдается в холодное время года, а в теплое время повторяемость его почти в два раза реже.

Западные вторжения неоднородны, они могут быть влажными, очень влажными и холодными. Похолодания при западных вторжениях не столь существенны, за исключением случаев вторжения порций более холодного, арктического воздуха.

2.1.5 Северо-западное вторжение

Северо-западное вторжение – это вторжение арктических или умеренных воздушных масс с севера-запада, через восточную часть ЕТР и западный Казахстан. В холодное время года это как правило вторжение области высокого давления в тыл области низкого давления, центр которой находится в Западной Сибири или в северном Казахстане. Северо-западному вторжению может предшествовать циклонический прорыв с юга.

В холодное время года во вторгающейся холодной воздушной массе как правило образуется антициклон, но иногда, особенно в тёплое время года антициклогенез выражен слабо.

Вторжение различается по числу вторгающихся порций холодного воздуха – однократное, вторжение с вторичными фронтами и многократное вторжение (серия вторжений).

С северо-западными вторжениями часто связаны сильные похолодания, при достаточном влагосодержании воздуха вторжение сопровождается осадками, иногда сильным ветром и пыльными бурями на холодном фронте. В горных и предгорных районах наблюдается усиление осадков.

2.1.6 Северное холодное вторжение

Северное холодное вторжение – это вторжение арктического или холодного воздуха умеренных широт с севера, через Урал, Западную Сибирь и Казахстан. Наблюдаются эти вторжения при развитии в Западной Сибири циклона и формирования в холодном воздухе антициклона вторжения, смещение холодного воздуха в смежной зоне циклон-антициклон. Чаще всего северное вторжение связано с антициклоном и выносом очень холодного и сухого воздуха. Обычно при Северном холодном вторжении осадки не наблюдаются, либо наблюдаются незначительные, в равнинной части устанавливается холодная, ясная погода. Однако на крайнем юге, в предгорьях Паропамиза и южнее могут возникнуть фронтальные разделы с выпадением осадков.

Северное вторжение в большинстве случаев характеризуется отсутствием резких фронтальных явлений. Вторжение происходит спокойно, при малооблачной погоде. При Северном холодном вторжении температура опускается на 10-13°C ниже климатических норм.

2.1.7 Волновая деятельность

Волновая деятельность – синоптическая ситуация, при которой в предгорных районах наблюдается развития ряда циклонических волн. При поступлении холодного воздуха с севера или северо-востока, горы задерживают и прижимают холодный воздух, образуются волновые возмущения. Устанавливается пасмурная погода, зачастую с осадками, туманами.

2.1.8 Юго-западная периферия антициклона.

Юго-западная периферия антициклона - синоптическое положение, при котором над странами Ближнего Востока господствует периферия отрога Сибирского антициклона. Наблюдается устойчивая, ясная погода со слабыми

ветрами (5-10 м/с). В предгорных районах могут наблюдаться радиационные туманы.

Этот процесс играет значительную роль в формировании климата и определяет преобладающие направление ветра – восточное.

2.1.9 Летняя термическая депрессия.

Летняя термическая депрессия характеризуется возникновением на юго-востоке Средней Азии и севере Ближнего Востока бесфронтальной зоны пониженного давления с хорошо выраженной циклонической циркуляцией. Возникает в абсолютном большинстве случаев в июне-августе. Отличается малоподвижностью, хорошо выраженный суточный ход давления.

Основными причинами возникновения термической депрессии является сильный нагрев воздуха над пустынями и орографическое влияние горной системы Западного Тянь-Шаня и Памира, которая выполняет роль мощного барьера северо-восточным потокам и создает недостаток массы воздуха в подветренной стороне.

С термической депрессией связаны самые высокие летние температуры.

Помимо основных типов синоптической ситуации, можно выделить еще малоподвижный циклон, малоградиентное поле высокого и низкого давления, но их повторяемость достаточно низкая[3].

Краткий анализ синоптических процессов показал, что пыльные бури чаще возникают при Северо-западном вторжении, при прохождении Южно-каспийского и Мургабского циклона. Рассмотрим климатические характеристики этих процессов.

2.2 Южно-каспийский циклон

Как правило, Южно-каспийские циклоны зарождаются над восточной частью Средиземного моря или над территорией Ирака, Турции, Сирии, и Ирана (земли Месопотамии). Лишь в редких случаях, при больших скоростях перемещения, они могут прийти из центральной части Средиземного моря. Поэтому южно-каспийские циклоны приходят на территорию Средней Азии в виде вполне оформленных барических образований. Возникающие же над западной частью Средиземного моря циклоны вообще не достигают Средней Азии.

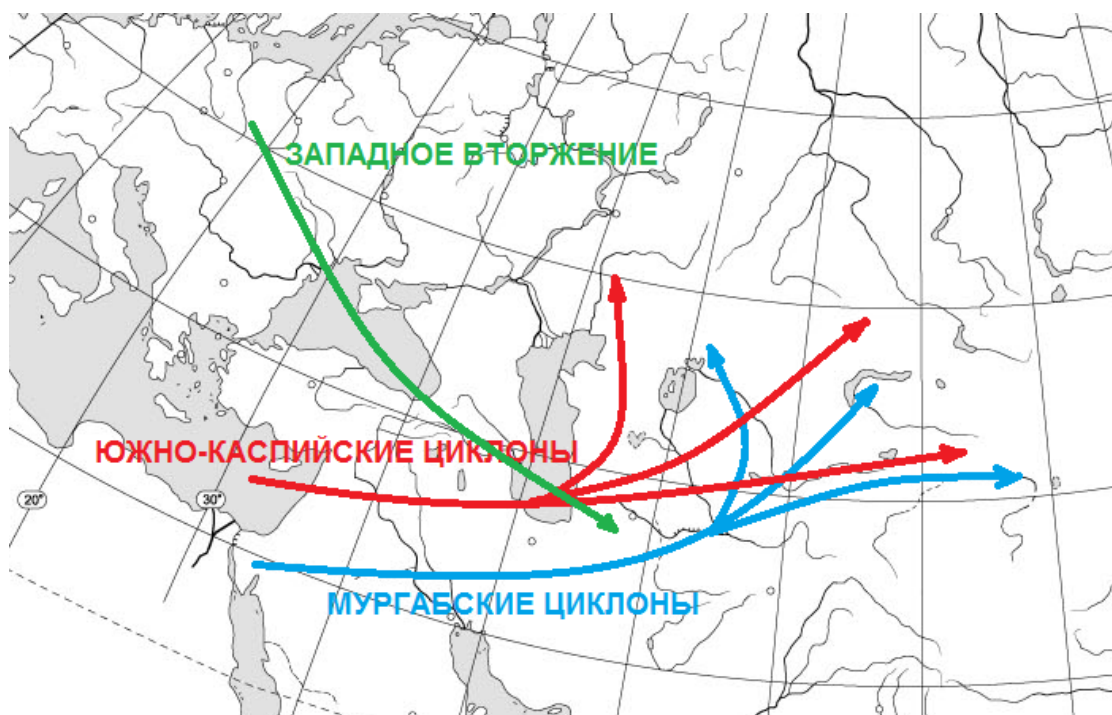


Рис. 2.1 - Траектории циклонов.

Южно-каспийские циклоны развиваются на азиатской ветви фронта умеренных широт, проходящей от восточной части Средиземного моря на Среднюю Азию через территорию Ближнего Востока.

Повторяемость Южно-каспийских циклонов за период с 2015 по 2019 гг. составила по зимнему полугодию 380 сроков наблюдений, или 10,8% от

общего числа сроков, и по летнему полугодию соответственно 158 сроков, или 4,3%.

В зимнее полугодие Южно-каспийский циклон встречается чаще, чем другие типы барических образований. Известно, что в зимнее полугодие циклоническая деятельность над территорией стран Ближнего Востока является нормальным элементом циркуляции, а Южно-каспийский циклон представляется в ней преобладающим типом.

В летнее полугодие величина повторяемости снижается до 4,3%. В этом проявляется общая закономерность уменьшения циклонической деятельности в южных широтах летом.

Более детально повторяемость южно-каспийских циклонов показана в табл. 2.1.

Таблица 2.1 - Среднее месячное число сроков с южно-каспийским циклоном.

месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
число случаев	16,2	16,1	10,5	11,7	13,5	3,7	0,2	1,5	1,9	10,1	13,9	9,9

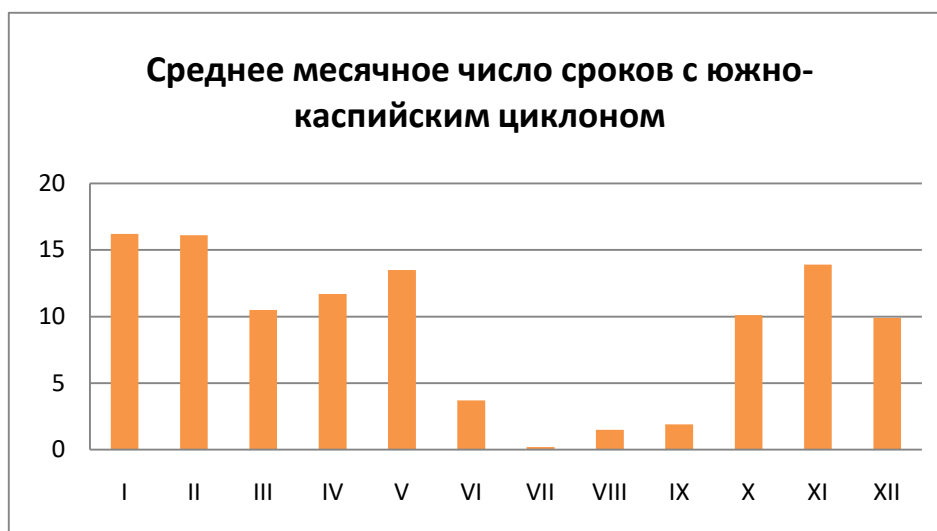


Рис 2.2 – Южно-каспийский циклон

Уменьшение циклонической деятельности от зимы к лету и почти полное отсутствие циклонической деятельности летом видны очень хорошо.

Наибольшее число появлений Южно-каспийских циклонов относится к январю и февралю; в марте, апреле, мае, ноябре и декабре число появлений примерно одинаково и несколько меньше, чем в январе и феврале. Летом же - в июне, июле, августе, а также в сентябре - число появлений очень мало.

Рассмотри повторяемость Южно-каспийских циклонов по годам за наблюдаемый период 2015-2019 гг.

Таблица 2.2. - Повторяемость Южно-каспийских циклонов по годам

	2015	2016	2017	2018	2019
Зимнее полугодие	23	17	22	13	18
Летнее полугодие	3	9	7	7	10
Всего	26	26	29	20	28

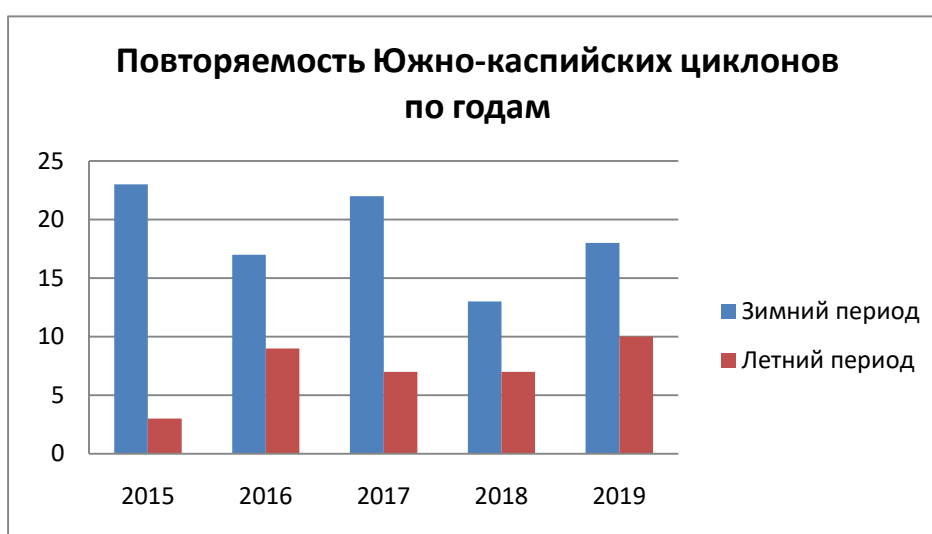


Рис 2.3 – Повторяемость Южно-каспийских циклонов.

Из таблицы видно, что ежегодная повторяемость Южно-каспийских циклонов примерно одинакова – около 20 случаев в зимний период и не более 10 – в летний, однако прослеживается тенденция увеличения числа циклонов в летний период и уменьшения в зимний.

2.3 Мургабский циклон

Мургабский циклон, как и Южно-каспийский возникает в результате переваливания циклона, ранее развивавшегося над Месопотамией и Ираном. В теплом секторе всегда тропический воздух, за холодным фронтом – воздух умеренных широт.

Возникает в основном в холодный период года, когда обостряются контрасты между полюсом и экватором. А это ведет к обострению Средиземноморской ветви полярного фронта. Холодные фронты начинают заходить далеко на юг, в следствии этого развивается меридиональная форма циркуляции. Над Средиземным, Черным морями, Ираном возникает бароклинная зона. Перед ним чаще всего находится юго-западная периферия антициклона (при такой ситуации максимальный заток холода с севера), реже западное вторжение, Южно-каспийский циклон (аналогичная макросиноптическая ситуация), волновая деятельность. Сменяется Мургабский циклон холодным вторжением.

Макросиноптическая ситуация. Над западной Европой за 3-5 суток отмечается меридиональное преобразование высотного термобарического поля. На Переднюю Азию происходит мощное холодное вторжение в тылу высотной ложбины, ось которой направлена с севера в направлении на Кавказ - Месопотамию. Перед ложбиной над центром и востоком Средней Азии располагается высотный гребень, ось которого расположена в среднем на линии Оренбург-Аральск-Самарканд. Наличие этого гребня обеспечивает вынос тепла через Иран – восточную Туркмению.

На фронте холодного вторжения, осуществляющегося на восточную часть Средиземного моря и Переднюю Азию, развивается циклон, который смещается в направлении течения ПВФЗ на северный Иран. Этот циклон, переваливая через Туркмено-Хорасанские горы и появляется в виде небольшой волны над Мургабом и Тедженом. Волна очень слабо выражена. На одной или нескольких станциях отмечается незначительное падение

давления. Затем давление еще падает и через 6-12 часов Мургабский циклон оформляется замкнутой изобарой.

Мургабский циклон по сравнению с южно-каспийским имеет меньшие размеры и слабее, давление в центре 995-1010 гПа.

Существует 2 варианта развития Мургабского циклона – регенерация на фронте холодного вторжения и прохождение без регенерации. Чаще наблюдается 1 вариант. Для его осуществления необходимо, чтобы фронт холодного вторжения, проходящего в тылу циклонов, подошел достаточно близко (обычно 500км) к центру или холодному фронту циклона. Второй вариант достаточно редкий. При этом в тылу циклона не происходит холодного вторжения или его фронт находится слишком далеко от центра Мургабского циклона.

При регенерации Мургабского циклона на прежнем арктическом фронте теплый высотный гребень впереди циклона усиливается и распространяется далеко к северу. В этом случае над Восточным Казахстаном сохраняется ориентировка ВФЗ с юго-запада на северо-восток и циклон уходит на Западную Сибирь. Холодный участок арктического фронта в тылу регенерировавшегося циклона часто задерживается над юго-восточными горными районами Средней Азии и орографически возмущается.

Если высотная ложбина над западом Средней Азии не заполнится и имеется очаг холода над низовьями Волги, а над центральными и восточными районами Средней Азии сохраняется ПВФЗ, ориентированная в общем с юго-запада на северо-восток, то в тылу прошедшего Мургабского циклона следует ожидать прохождения нового Мургабского циклона (редко - Верхне-амударьинского или Южно-каспийского).

Иногда Мургабский циклон переходит в малоподвижный циклон над нижней Сырдарьей. Это происходит в том случае, когда теплый высотный гребень впереди Мургабского циклона развивается далеко к западу, на широте Аральского моря или несколько севернее его.

Рассмотрим характеристики Мургабского циклона.

Таблица 2. 3 - Среднее месячное число сроков с Мургабским циклоном.

месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
число случаев	5,1	12,4	11,0	3,6	3,3	0	0	0	0,7	1,5	8,1	11,3



Рис. 2.4 – Мургабский циклон

Из таблицы видно, что повторяемость Мургабских циклонов в зимнее полугодие чаще, чем в летнее. Этот факт отражает общую закономерность уменьшения циклонической деятельности в странах Ближнего Востока в летнее полугодие.

Таблица 2.2. - Повторяемость Мургабских циклонов по годам

	2015	2016	2017	2018	2019
Зимнее полугодие	3	3	8	6	7
Летнее полугодие	2	2	2	1	4
Всего	5	5	10	7	11

Как указывалось выше, для развития циклонов в поясе широт 30—40° с. ш. необходимо проникновение сюда холодных воздушных масс. Летом же, благодаря мощным трансформационным процессам, холодные воздушные массы достигают территории Ближнего Востока очень редко и поэтому развитие Мургабского циклона исключено.



Рис.2.5 – Мургабские циклоны

Из таблицы видно, что как и в случае с Южно-Каспийскими циклонами, зимой повторяемость Мургабских циклонов выше, чем летом, но число их меньше почти в 2 раза.

2.4 Синоптические ситуации возникновения пыльных бурь

Как уже рассматривалось выше, климатические условия стран Ближнего Востока весьма благоприятны для появления пыльных бурь и связанной с ними мглы. Продолжительные бездождевые периоды, лёссовый характер почв и присутствие незакрепленных песков в пустынях при довольно частых штормовых ветрах являются факторами, обуславливающими развитие пыльных бурь на территории Ближнего Востока. Особенно часты пыльные бури в летний и осенний периоды; но даже и зимой это явление может иметь место. При неустойчивом и часто отсутствующем снежном покрове на территории стран Ближнего Востока в

периоды ясной погоды, когда даже зимняя солнечная радиация высушивает почву, любой штормовой ветер приводит к развитию пыльных бурь.

По повторяемости пыльных бурь на Ближнем Востоке лидерами являются Иран и Афганистан.

Подробных данных о продолжительности пыльных бурь не имеется. По исследованиям отдельных периодов можно установить, что фронтальные пыльные бури малопродолжительны (6-8 часов), а в случае обострения атмосферных фронтов пыльные бури могут продолжаться сутки и более, сравнительно медленно перемещаясь вместе с зоной атмосферного фронта.

Пыльные бури над территорией Ближнего Востока возникают при вполне определенных синоптических ситуациях. Очень часто пыльные бури возникают при прорывах глубоких юго-западных циклонов (Южно-каспийских или Мургабских), в их передней части. Зона возникновения пыльных бурь охватывает район теплого фронта и теплый сектор циклона. Возникает она благодаря неодинаковым изменениям давления, приводящим к росту барических градиентов: падение давления в передней части углубляющегося циклона и небольшой рост или меньшее падение на юго-западной периферии антициклона, которая занимает Сибирь и Среднюю Азию перед траекторией юго-западных циклонов. Вспыхивающие здесь штормовые юго-восточные ветры сопровождаются устойчивыми пыльными бурями [4].

Рассмотрим характеристики пыльных бурь над странами Ближнего Востока.

3. Пыльные бури на территории стран Ближнего Востока

Территория стран Ближнего Востока обладает рядом факторов, благоприятных для образования пыльных бурь:

- ✓ особым рельефом местности. На территории встречается много барханов и барханных цепей, такыров, солончаков и песчаных гряд;
- ✓ значительным суточным ходом температуры подстилающей поверхности и приземного слоя воздуха;
- ✓ частичным или полным отсутствием атмосферных осадков и неравномерностью их распределения.
- ✓ особым режимом местных ветров, таких как сирокко, габли, хамсин и т.д.;
- ✓ преобладающим направлением зонального переноса воздушных масс;
- ✓ условиями аридности (засушливости) местности и особой гидрографической сетью.

Рассмотрим характеристики пыльных бурь в странах Ближнего Востока. Из-за трудностей с получением архивных данных по странам со сложной геополитической обстановкой, картина распределения пыльных бурь может быть недостаточно полной.

3.1 Исходный материал и методы исследования

В качестве исходных данных для исследования характеристик пыльных бурь использовались материалы метеорологических наблюдений в период 2015-2019 гг. (5 лет) 6 станций, расположенных на территории Ирана, Саудовской Аравии, Иордании и Сирии. Получение данных с территории Афганистана, Ирака и большей части Сирии было затруднено из-за геополитической обстановки в регионе и отсутствия данных. В ходе работы

фиксировалось время возникновения и окончания пыльных бурь, дальность горизонтальной видимости при пыльных бурях, что позволило установить как число пыльных бурь, так и количество дней с пыльными бурями. Результаты наблюдений подвергались статистической обработке.

В работе не учитывалась мгла, возникающая в результате пыльных бурь, возникающих вне рассматриваемых районов.

3.2 Режим пыльных бурь в странах Ближнего Востока

Анализ многолетних климатических данных по территории стран Ближнего Востока показал, что среднесуточная температура воздуха в зимний период растет с севера на юг в меридиональном направлении и в среднем повышается от 0 °С до 13 °С, что создает большие меридиональные градиенты. В предгорной части температуры самые низкие. В летний период она также возрастает с севера на юг от 30 °С до 40 °С, так же создавая большие меридиональные градиенты температуры и атмосферного давления, что приводит к возникновению местных ветров и благоприятствует образованию пыльных бурь, особенно при устоявшейся летней термической депрессии. Такие пыльные бури имеют хорошо выраженный суточный ход и носят местный характер. Особенно заметно это на территории Саудовской Аравии, в ее пустынных районах.

Прохождение Южно-Каспийских и Мургабских циклонов, особенно связанных с ними холодных фронтов, так же способствуют возникновению пыльных бурь. Особенно часто пыльные бури возникают при пересечении траекторий Южных циклонов и Западного вторжения, что приводит к сгущению изобар и большим температурным градиентам, что вызывает сильные ветра, при которых возникают пыльные бури.

Таким образом, пыльные бури, фиксируемые на территории стран Ближнего Востока, имеют как местное, так и внешнее (адвективное) происхождение, они возникают, как правило, на территории Ирана,

Саудовской Аравии, Сирии, откуда пыль сильными северными и северо-западными ветрами переносится в юго-западные районы Ирана. Анализ данных наблюдений позволяет установить неравномерный характер распределения пыльных бурь, как во времени, так и в пространстве.

Рассмотрим число дней с пыльными бурями на территории стран Ближнего Востока.

3.3 Число дней с пыльными бурями в Иране.

Иран расположен в юго-западной Азии на стыке Ближнего и Среднего Востока. С севера омывается Каспийским морем, с юга — Персидским и Оманским заливом. Иран граничит по суше с семью государствами: Азербайджан, Армения, Афганистан, Ирак, Пакистан, Туркменистан, Турция; а также делит акваторию Каспийского моря с Россией и Казахстаном, Персидского залива — с Кувейтом, Саудовской Аравией, Катаром, Бахрейном и ОАЭ, Оманского залива — с Оманом.

Из-за засушливого климата и гористого рельефа Иран не обладает достаточными водными ресурсами. В стране есть лишь одна судоходная река - Карун. Крупнейшее озеро — Урмия, расположено на северо-западе Ирана.

Климат большей части Ирана субтропический, континентальный, характеризуется недостатком влаги и резкими колебаниями температур. На побережье Персидского и Оманского заливов климат тропический. Для всей страны, за исключением каспийского побережья и прибрежной низменности на юге, зимы обычно суровые, с сильным ветром и морозами. Достаточно осадков получают только высокогорные районы и побережье Каспийского моря.

Лето в Иране повсеместно жаркое со средними месячными температурами от 27° до 32° С. Дневные температуры нередко достигают 32–38° С, ночью они понижаются до 16–21° С. Выше 1500 м над у.м. воздух прогревается значительно слабее. Наиболее выражены различия в

термическом режиме между северной и южной частями страны зимой. На севере, за исключением прикаспийской полосы, зимы холодные и снежные, на юге они мягкие и теплые.

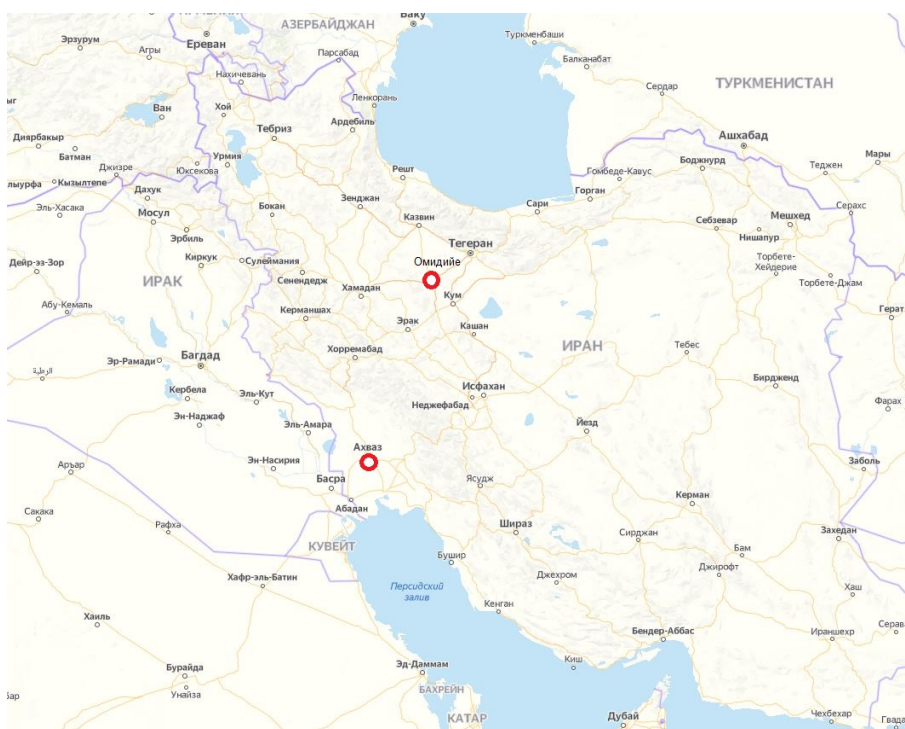


Рис.3.1. Территория Ирана. Города Ахваз и Омидийе

Средние январские температуры составляют в Тегеране 2° , Тебризе 8° , Ахвазе 12° , Ширазе 9° , Джаске 19° , Бехаре 19° С. Ночные заморозки отмечены на всей территории Ирана к северу от 27° с.ш. Абсолютный минимум температуры зафиксирован в Тебризе (-28° С). На юге дневные температуры зимой изменяются от умеренных до теплых, а ночью понижаются на $11-14^{\circ}$.

Большая часть территории Ирана испытывает недостаточное увлажнение. Как правило, летом дожди не выпадают в течение 2–3 месяцев, а в отдельные годы – и на протяжении 7 месяцев подряд. Исключение составляют высокогорные районы Северного Загроса, наветренные склоны Эльбурса и гор Иранского Азербайджана и побережье Каспийского моря, получающие 650–1650 мм осадков в год, причем их сумма.

На побережье реки Карун в западной части Ирана лежит город Ахваз - столица остана Хузестан и центр металлургической промышленности. В 120 километрах от него находится портовый город Абадан, расположенный на границе с Ираком. Над территорией города и его окрестностей властвует жаркий, засушливый климат. В самый знойный месяц температура может достигать 50 градусов.

Таблица 3.1 – Среднее число дней с пыльными бурями на территории Ахваза (Иран)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
2015	1	4	0	0	2	4	3	1	1	2	0	0	18
2016	0	2	0	3	4	0	2	0	5	0	2	1	19
2017	1	1	3	3	3	5	6	3	0	1	2	1	29
2018	0	1	1	1	0	2	5	3	0	3	0	1	17
2019	0	1	0	1	0	3	3	0	1	0	0	0	9
всего	2	9	4	8	9	14	19	7	7	6	4	3	92
ср.ч	0,4	1,8	0,8	1,6	1,8	2,8	3,8	1,4	1,4	1,2	0,8	0,6	18,4

Из таблицы видно, что максимальное число дней с пыльными бурями приходится на июнь и июль, когда температуры воздуха достигают днем 30-40°, почва достаточно иссушена длительным периодом без осадков. В этот период пыльные бури носят местный характер. В холодное полугодие пыльные бури возникают в результате циклонической деятельности.



Рис. 3.2 – Пыльные бури в районе города Ахваз



Рис. 3.3 - Годовое распределение пыльных бурь. Ахваз

За исследуемый период наибольшее количество пыльных бурь в Ахвазе наблюдалось 2017 г – 29 дней, наименьшее – в 2019, всего 9 дней.

Похожая картина наблюдалась в районе города Омидийе. Наибольшая повторяемость пыльных бурь была с мая по июнь, минимальная – в ноябре и декабре.

Город Омидийе находится на юго-востоке Хузестана, в центральной части Хузестанской равнины, у подножий Загроста, на высоте 19 метров над уровнем моря. Город Омидийе расположен на расстоянии приблизительно 90 километров к юго-востоку от Ахваза, административного центра провинции и на расстоянии 560 километров к юго-западу от Тегерана, столицы страны.

Таблица 3.2 – Среднее число дней с пыльными бурями на территории Омидийе (Иран)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
2015	1	3	0	2	2	1	5	2	1	2	0	0	19
2016	0	2	0	3	4	4	2	2	3	0	1	0	21
2017	2	0	0	1	6	9	5	1	2	0	0	0	26
2018	4	0	1	3	3	7	4	3	2	1	0	1	29
2019	0	0	2	3	0	2	3	1	3	1	0	0	15
всего	7	5	3	12	15	23	19	9	11	4	1	1	110
ср.ч	1,4	1,0	0,6	2,4	3,0	4,6	3,8	1,8	2,2	0,8	0,2	0,4	22,0



Рис. 3.4 – Пыльные бури в районе города Омидийе



Рис. 3.5 - Годовое распределение пыльных бурь. Омидийе

3.4 Пыльные бури в Сирии

Сирия — страна на Ближнем Востоке, омывается Средиземным морем от Ливана до Турции. Из-за стратегически важного положения Сирия на протяжении многих веков была на пересечении важных торговых путей между странами Ближнего Востока, Территория Сирии охватывает примерно 185180 км² пустынь, равнин и гор.

Горная цепь Ансария (Ан-Нусайрия) разделяет страну на влажную западную часть и засушливую восточную. Плодородная прибрежная равнина расположена на северо-западе Сирии и простирается на 130 км с севера на юг, вдоль берега Средиземного моря - от турецкой до ливанской границы. Здесь сосредоточено практически всё сельское хозяйство страны. Самая высокая гора Сирии Наби-Юнис (1575 м.).

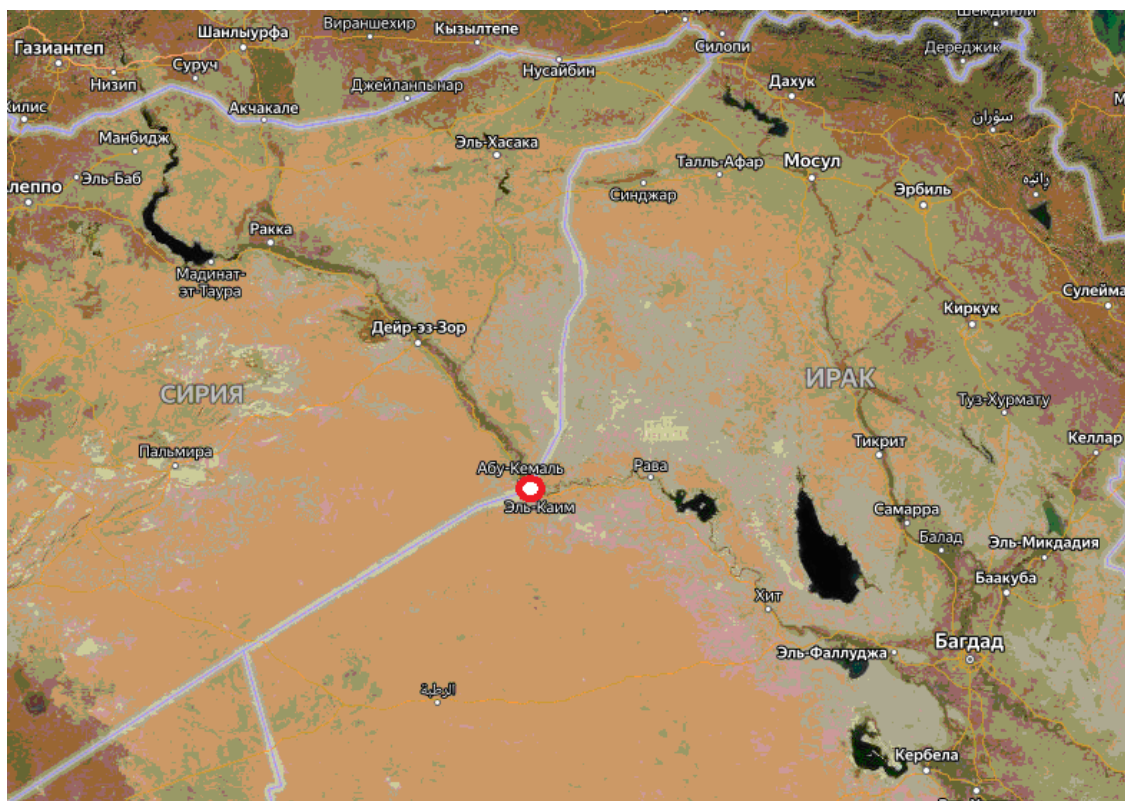


Рис.3.6. – Город Абу-Кемаль, Сирия

Большая же часть сирийской территории расположена на засушливом плато, испещрённом горными цепями Дажабль-ар-Рувак, Джабаль-Абу-

Руджмайн и Джабаль-Бишри. Средняя высота плато над уровнем моря колеблется от 200 до 700 метров. К северу от гор расположена пустыня Хамад, к югу - Хомс.

Климат в целом засушливый. Среднегодовое количество осадков не превышает 100 мм. Средняя температура в январе +7,2 °С, в июле + 26,6 °С.

Город Абу-Кемаль находится в юго-восточной части мухафазы, на южной оконечности плато Джебзире, на правом берегу Евфрата. Абсолютная высота — 174 метра над уровнем моря. Абу-Кемаль расположен на расстоянии приблизительно 115 километров к юго-востоку от Дайр-эз-Заура, административного центра провинции и на расстоянии 430 километров к востоку-северо-востоку от Дамаска, столицы страны

Таблица 3.3 – Среднее число дней с пыльными бурями на территории Абу-Кемаль (Сирия)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
2015	0	0	1	3	1	4	6	1	0	3	0	0	19
2016	1	1	0	1	2	2	7	0	5	0	2	2	23
2017	0	0	1	2	1	5	3	1	0	2	0	0	15
2018	0	0	4	1	4	5	4	5	6	2	1	0	32
2019	0	0	0	0	1	5	3	0	0	2	0	0	11
всего	1	1	6	7	9	21	24	7	11	9	3	2	100
ср.ч	0,2	0,2	0,3	1,4	1,8	4,2	4,8	1,4	2,2	1,8	0,6	0,4	20,0

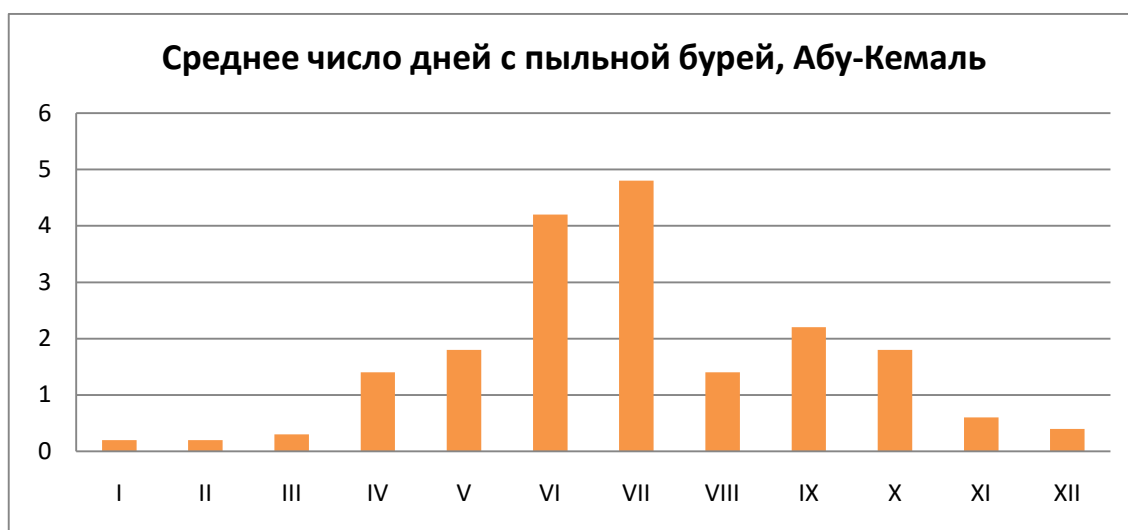


Рис. 3.7 – Пыльные бури в районе города Абу-Кемаль

Из графика видно, что наибольшая повторяемость пыльных бурь в районе города Абу-Кемаль приходится на летние месяцы – максимум июле – 24 дня с пыльными бурями. В холодный период года количество пыльных бурь невелико, так как почва достаточно увлажнена осадками. Часто поступает влажная воздушная масса из акватории Средиземного моря.



Рис. 3.8 - Годовое распределение пыльных бурь. Абу-Кемаль

Наибольшее количество дней с пыльными бурями наблюдалось в 2018 г.-32, наименьшее – в 2019, всего 11 дней с пыльными бурями. Это связано с особенностями протекания синоптических процессов над Сирией (рис.3.8).

Другая картина наблюдается на территории Саудовской Аравии и Иордании.

3.5. Пыльные бури в Саудовской Аравии.

Саудовская Аравия расположена в Юго-Западной Азии и является одной из крупнейших стран данного региона. Саудовская Аравия граничит с Персидским заливом и Красным морем. Страна граничит с Катаром, Йеменом, ОАЭ, Кувейтом, Ираком, Оманом и Иорданией.

Климат на севере Саудовской Аравии - субтропический, на юге - тропический, резко континентальный, сухой. Лето очень жаркое, зима

теплая. Средняя температура июля колеблется от 26°C до 42°C, в январе - от 8°C до 21°C, абсолютный максимум 48°C, на юге страны температура поднимается до 54 °C. В горах зимой иногда наблюдаются минусовые температуры и может выпадать снег. Среднегодовая норма осадков около 70-100 мм (в центральных районах максимум весной, на севере - зимой, на юге - летом); в горах до 400 мм в год. В пустыне Руб-эль-Хали и некоторых других районах в отдельные годы дожди не выпадают совсем. Для пустынь характерны сезонные ветра. Жаркие и сухие южные ветра самум и хамсин весной и в начале лета часто вызывают песчаные бури, зимний северный ветер шемаль приносит похолодание. В пустынях Саудовской Аравии резкие перепады температур. С середины апреля до середины октября дневная температура около 45°C или выше в зависимости от региона страны. Зимой (с декабря по январь) здесь довольно прохладно - около 15°C, а в центральных пустынных областях ещё холоднее по ночам. На побережье регулярно проходят дожди, но в столице Эр-Рияде дождей практически не бывает.

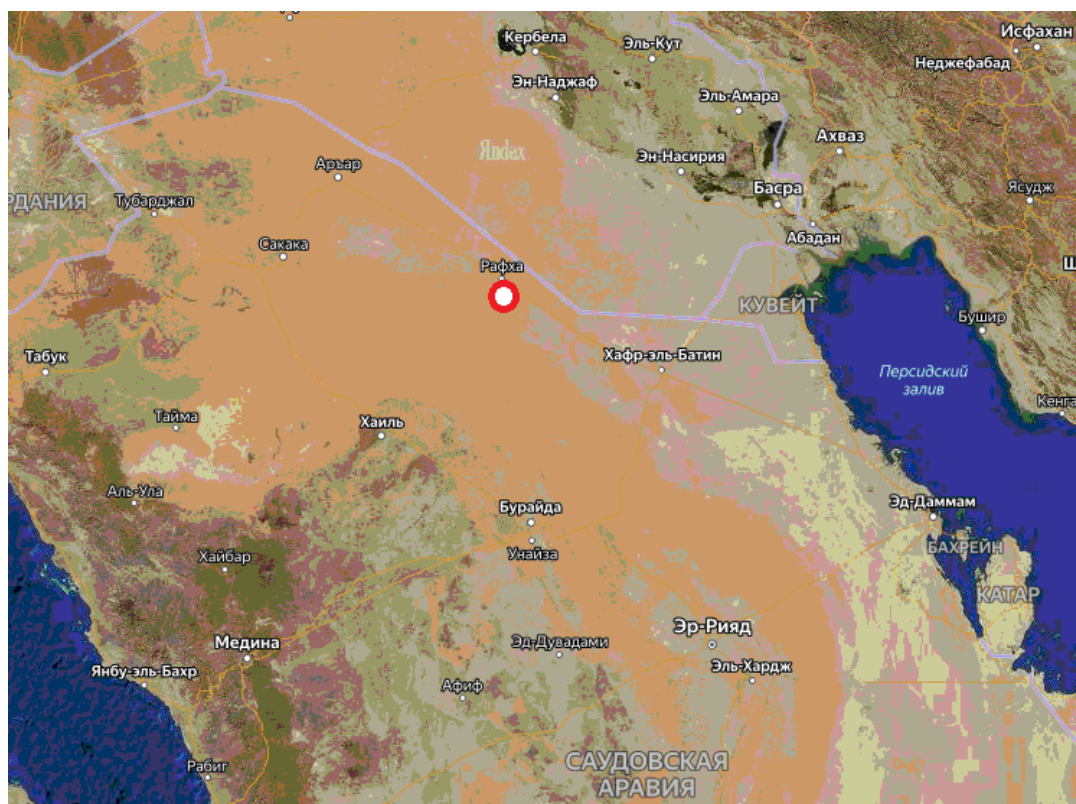


Рис. 3.9 – город Рафха, Саудовская Аравия.

Город Рафха находится на севере страны, у границы с Ираком. В районе города Рафха пыльные бури наблюдаются в три раза чаще, чем на территории Ирана и Сирии (316 случаев за исследуемый период), их наибольшая повторяемость наблюдается в весенний период. Это связано с тем, что Рафха находится гораздо южнее Ирана и Сирии и пыльные бури вызваны прохождением циклонов с атмосферными фронтами, когда почва уже достаточно сухая и градиенты температуры значительны. Способствует образованию пыльных бурь пустынная равнинная местность и воздушные массы перемещаются без орографических препятствий. В летние же месяцы, когда влияние циклонов незначительно, возникает устойчивая термическая депрессия с большими температурами и малыми ветрами, что способствует уменьшению числа пыльных бурь.

Таблица 3.4 – Среднее число дней с пыльными бурями на территории Рафха (Саудовская Аравия)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
2015	3	9	17	14	14	17	1	4	5	6	6	4	100
2016	5	5	7	4	9	6	3	1	0	3	2	3	48
2017	4	4	13	14	12	7	6	2	1	6	5	4	78
2018	7	7	8	10	11	8	3	0	2	10	1	2	69
2019	4	2	3	4	3	1	1	0	1	2	0	0	21
всего	23	27	48	46	49	39	14	7	9	27	14	13	316
ср.ч	4,6	5,4	9,6	9,2	9,8	7,8	2,8	1,4	1,8	5,4	2,8	2,6	63,2



Рис. 3.10 – Пыльные бури в районе города Рафха

Годовое распределение пыльных бурь напоминает картину распределения бурь в Иране и Сирии – минимальное число бурь наблюдалось в 2019 году.



Рис. 3.11 - Годовое распределение пыльных бурь. Рафха.

Максимальное количество бурь наблюдалось в 2015 г -100 дней с пыльными бурями.

3.6 Пыльные бури в Иордании

Страна расположена на Ближнем Востоке и граничит с Сирией на севере, Ираком на северо-востоке, Саудовской Аравией - на востоке и юге, с Израилем и Палестинскими территориями (Западный берег реки Иордан) на западе. Сухопутная граница с вышеуказанными странами составляет 1619 км. Имеются также границы, очерченные Заливом Акаба и Мёртвым морем (береговая линия составляет всего 26 км).

Основную территорию (90 %) Иордании занимают пустынные плато, на западе страны имеются холмы и горы. Река Иордан разделяет Иорданию и Израиль. Самой высокой точкой страны является гора Умм-эд-Дами (1854 м), низкой - Мёртвое море (-427 м).

Климат в Иордании сухой и тёплый в основное время года в связи с тем, что основную часть страны занимают пустыни. Среднее годовое количество осадков от 25—50 до 200 мм. На северо-западе страны, за счёт гористого рельефа местности и близости к Средиземному морю, среднее годовое количество осадков составляет от 300 до 800 мм. Основное количество выпадающих осадков приходится на холодный период года (с ноября по март).

Город расположен в 35 км северо-восточнее Мёртвого моря, в 110 км восточнее Средиземного моря и в 65 км восточнее Иерусалима. Климат Аммана близок к средиземноморскому, но всё же отличается большей континентальностью. Влияет и большая высота над уровнем моря (773 м). Все осадки выпадают строго в зимний период, зимой часто выпадает снег и нередко заморозки. В городе очень часты сильные туманы.

В районе города Амман, в Иордании, количество пыльных бурь меньше, чем в Саудовской Аравии, но максимум их также наблюдается в весенний период. Иордания находится севернее Саудовской Аравии. Свою лепту в уменьшение числа пыльных бурь вносит и близость средиземного моря – при западных и северо-западных ветрах воздух увлажнен и почва недостаточно высушена.

Таблица 3.5 – Среднее число дней с пыльными бурями на территории Амман (Иордания)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
2015	2	3	3	5	3	1	0	1	1	0	2	2	23
2016	3	3	5	1	4	3	1	0	0	0	1	2	23
2017	3	0	3	2	2	1	0	0	0	0	1	0	12
2018	5	1	6	2	5	5	3	5	2	3	0	0	37
2019	6	4	4	4	5	4	5	8	2	2	1	4	49
всего	19	11	21	14	19	14	9	14	5	5	5	8	144
ср.ч	3,8	2,2	4,2	2,8	3,8	2,8	1,8	2,8	1,0	1,0	1,0	1,6	28,8

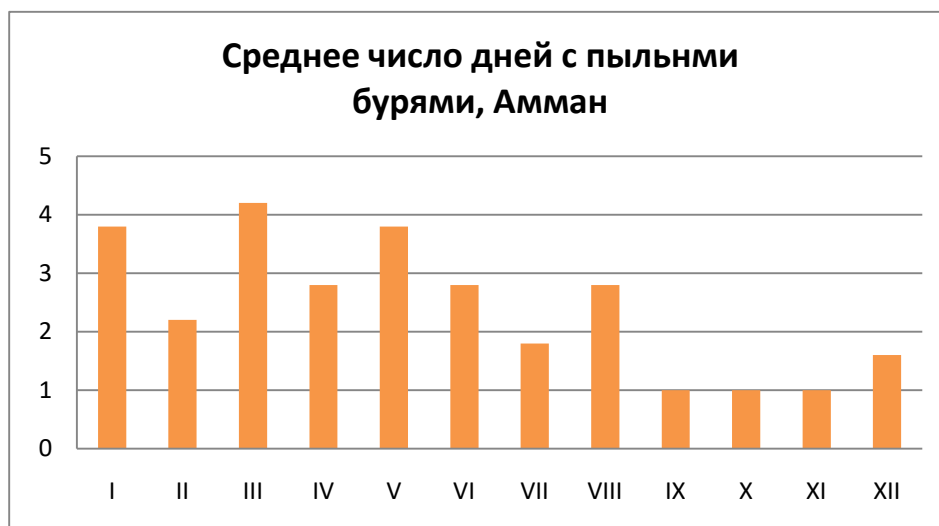


Рис. 3.12 – Пыльные бури в районе города Амман

В годом ходе пыльных бурь максимум наблюдался в 2019 году – 49 случаев, минимум – в 2017.



Рис. 3.13 - Годовое распределение пыльных бурь. Рафха

Для наглядности проанализируем сводную таблицу по странам Ближнего Востока, расположив станции по географическому положению, с севера на юг.

Таблица 3.6 –Число дней с пыльными бурями на территории Ближнего Востока

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Ахваз	2	9	4	8	9	14	19	7	7	6	4	3	92
Абу-Кемаль	1	1	6	7	9	21	24	7	11	9	3	2	100
Омидийе	7	5	3	12	15	23	19	9	11	4	1	1	110
Амман	19	11	21	14	19	14	9	14	5	5	5	8	144
Рафха	23	27	48	46	49	39	14	7	9	27	14	13	316
Всего	52	53	82	87	101	111	85	44	43	51	27	27	762

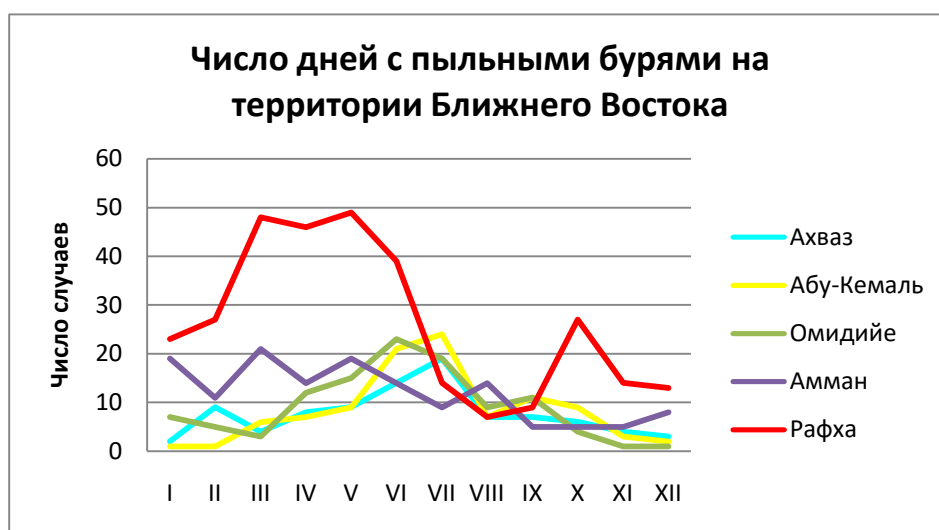


Рис. 3.14 - Годовое распределение пыльных бурь.

Годовой ход пыльных бурь практически одинаков для всех станций, кроме станции Рафха, как наиболее южной по своему расположению (рис.3.14). Причины этого были рассмотрены выше.



Рис. 3.15 – Общее количество дней с пыльными бурями.

3.7 Время возникновения и продолжительность пыльных бурь.

В суточном ходе, как правило, максимальная повторяемость начала пыльных бурь приходится преимущественно на полуденные и послеполуденные часы, когда более развит турбулентный обмен и усиливается скорость ветра, минимум приходится на ночные часы.

Однако для местных пыльных бурь на территории Иордании и Сирии наибольшая повторяемость наблюдается в утренние часы, что обусловлено региональными факторами: неравномерный прогрев суши и моря порождает усиление ветра в утренние часы.

На рис. 3.15 представлен суточный ход возникновения пыльных бурь (время по Гринвичу, для перехода к местному времени необходимо прибавлять 3.5 ч).

Таблица 3.7 – Время возникновения пыльных бурь, СГВ.

Часы	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24
Число случаев	63	170	141	107	93	89	48	52

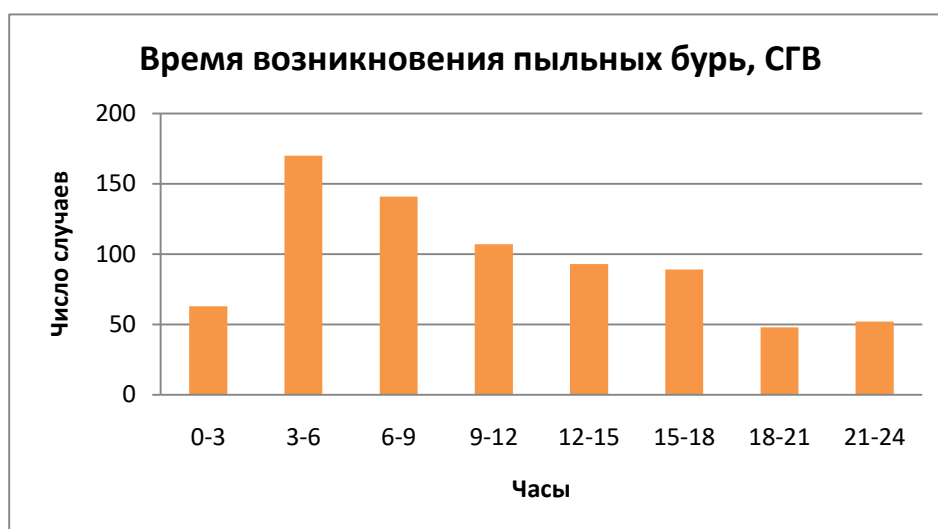


Рис. 3.15 – Время возникновения пыльных бурь

Рассмотрим продолжительность пыльных бурь. Следует отметить, что наиболее часто на территории стран Ближнего Востока возникают пыльные бури с продолжительностью до 2 дней, на долю градаций 0-1 и 1-2 дня, согласно данным табл. 3.9, приходится более 80% случаев и значительно реже встречаются пыльные бури с продолжительностью 4 суток и более. Это наиболее сильные бури, представляющие наибольшую опасность, так как они сопровождаются сильными ветрами и значительным ухудшением видимости.

Таблица 3.9 – Продолжительность пыльных бурь

Станция	Число пыльных бурь с продолжительностью					Всего
	> 6 сут	4--6 сут	2-4 сут	1-2 сут	0-1 сут	
Абу-Кемаль	4 (3,7%)	3 (2,90%)	11 (10,7%)	45 (45,1%)	37(37,6%)	100
Амман	8 (5,5%)	6 (3,9%)	10 (6,6%)	24 (50,5%)	51 (35,2%)	144
Омидийе	4 (4,0%)	3 (2,9%)	6 (5,2%)	51 (46,8%)	46 (42,2%)	110
Рафха	15 (5,8%)	44 (2,4%)	35 (6,9%)	70 (37,1%)	152 (47,7%)	316
Ахваз	2 (2,1%)	3 (3,0%)	4 (4,3%)	42 (45,1%)	42 (45,4%)	92

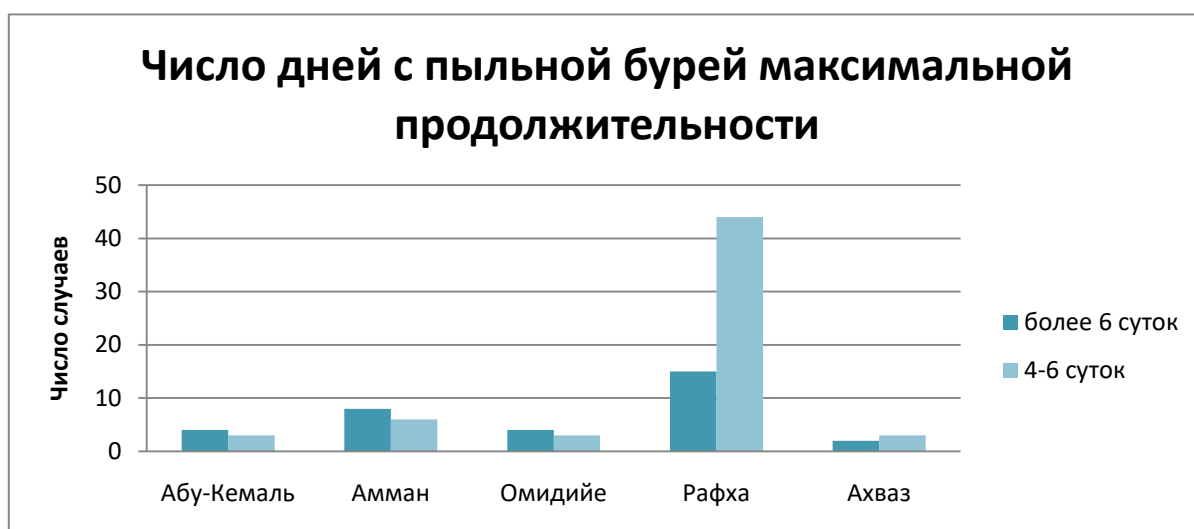


Рис. 3.16 – Число дней с пыльной бурей максимальной продолжительности.

3.8 Видимость в пыльных бурях

Пыльные бури сопровождаются ухудшением горизонтальной видимости. Иногда видимость в пыльных бурях уменьшается до 1 км и менее. Всю выборку по дальности видимости при пыльных бурях на исследуемых станциях поделили на градации: менее 500, 500-1000, 2000-5000 и 5000-10000 м.

Как видно из табл. 3.10, наибольшее число случаев с ухудшением видимости приходится на градации 5000-10000 м, то есть запыленность атмосферы не столь высока, а наименьшее - на градацию менее 500 м, что является косвенной оценкой интенсивности пыльных бурь. При этом чаще всего пыльные бури ухудшают видимость до значений менее 1000 м в Аммане и в Рафхе, реже - на станциях Омидийе и Ахвазе, что объясняется их расположением и ростом атмосферных осадков. За весь период наблюдений зафиксировано 6 случаев пыльных бурь с ухудшением горизонтальной видимости до 100 м и меньше, 13 случаев с пыльной бурей, когда видимость уменьшалась до 200 м и ниже (рис.3.17).

Таблица 3.10 – Видимость в пыльных бурях

Станция	Число ухудшения видимости до					Всего
	менее 500 м	1000-500 м	2000-1000 м	5000-2000 м	10000-5000	
Абу-Кемаль	7 (6.6%)	19 (19.0%)	11 (11.2%)	23 (23.1%)	40 (40.0%)	100
Амман	14 (10.1%)	29 (19.9%)	22 (15.3%)	17 (11.5%)	62 (43.2%)	144
Омидийе	2 (1.6%)	11 (10.3%)	8 (7.6%)	12 (10.6%)	77 (69.5%)	110
Рафха	15 (4.8%)	44 (13.7%)	35 (11.1%)	70 (22.3%)	152 (47.9%)	316
Ахваз	7 (8.1%)	17 (17.3%)	14 (15.6%)	10 (10.9%)	44 (47.9%)	92

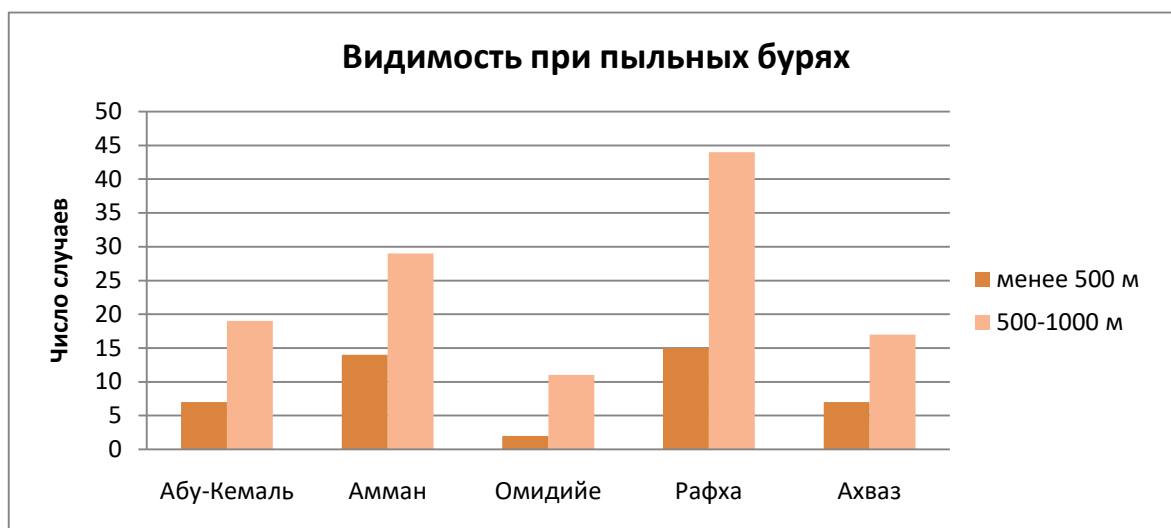


Рис. 3.17 – Видимость менее 1000м при пыльных бурях

Согласно международному коду метеорологической дальности видимости, видимость от 1000 до 10000 м соответствует дымке, а начиная с 1000 м и ниже - различным стадиям развития тумана. Так, при дальности видимости 50-200 м отмечается густой туман, при котором полеты авиации категорически запрещены, а в малозапыленном и достаточно сухом воздухе видимость может достигать многих десятков километров. Таким образом, пыльные бури создают неблагоприятные условия по видимости, эквивалентные такому известному метеорологическому явлению, как туман,

и при этом оказывающие дополнительное вредное воздействие на здоровье человека.

3.9 Ветер при пыльных бурях.

Анализ всех случаев пыльных бурь показал, что они возникают при скорости ветра от 8 м/с и более, реже для поднятия пыли с земли хватает и 5 м/с, но самые сильные пыльные бури возникают при скорости ветра более 10 м/с.

Направление ветра при пыльных бурях представлено в таблице 3.11

Таблица 3.11 – Направление ветра при пыльных бурях.

румбы	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Число случаев	23	15	8	69	137	320	114	76
%	3,0	1,9	1,1	9,1	17,9	41,8	15,1	9,9

Из таблицы видно, что максимальная повторяемость пыльных бурь наблюдается при юго-западных, южных и западных ветрах, что хорошо согласуется с синоптическими процессами, проходящими над территорией стран Ближнего Востока.[7]



Рис. 3.18 – Направление ветра при пыльных бурях.

Заключение

Пыльные бури, нередко возникающие на Ближнем Востоке и в других засушливых районах, можно разделить на две категории. Первые связаны с возникновением и прохождением атмосферных фронтов и, как правило, возникают внезапно, имеют форму сплошной стены из песка и пыли и отличается непродолжительным характером.

Основными синоптическими процессами, вызывающими пыльные бури в странах Ближнего Востока, являются выход Южно-Каспийских и Мургабских циклонов и их взаимодействие с Рападным вторжением.

Вторые имеют внутримассовый характер и могут длиться от нескольких дней до недели. Их возникновение обычно связывают с сильным юго-западным ветром.

Наибольшее число дней с пыльными бурями наблюдаются с февраля по июль, максимальное число дней с пыльной бурей зафиксировано на метеостанции Рафха (Саудовская Аравия) – 316 дней за пятилетний период.

Пыльные бури чаще всего возникают с 3.00 до 12.00 (СГВ). Это связано с усилением ветра в утренние часы из-за неравномерного прогрева подстилающей поверхности. В остальное время пыльные бури наблюдаются при прохождении циклонов с атмосферными фронтами.

Средняя продолжительность пыльных бурь не превышает 1-2 суток. Бури, продолжительностью более 6 суток наблюдались чаще всего на станции Рафха.

Горизонтальная дальность видимости при пыльных бурях в основном ухудшалась до значений 6 – 10 км. Видимость менее 500 м наблюдалась чаще всего в Рафхе и Аммане,

Пыльные бури возникают при скорости ветра 8 м/с и более, чаще всего при ветрах Юго-Западного, западного и Южного направлений.

Знание закономерностей развития синоптических процессов и особенностей циркуляции воздушных масс на территории стран Ближнего

Востока, вызывающих возникновение пыльных бурь, позволит повысить оправдываемость прогнозов этих опасных явлений и уменьшить ущерб народному хозяйству и транспорту.

Список использованных источников

1. Климаты Зарубежной Азии. Под ред. А.Н. Лебедева.- Л.: Гидрометиздат, 1975. – 447 с.
2. Зилитинкевич С.С. Атмосферная турбулентность и планетарные пограничные слои. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 252 с.
3. Авиационно-климатическая характеристика Ближнего Востока.–М.: Воениздат, 1969. – 112 с.
4. Синоптические процессы Средней Азии.- Ташкент: Изд-во Акад. наук УзССР, 1957.-477 с.
4. Ременсон В.А., Тимофеев В.И.. Анализ особенностей развития атмосферных процессов и формирования погодно-климатических условий на территории Ближнего Востока. Труды ВКА им А.Ф. Можайского, вып. 652.- СПб.: ВКА им А.Ф. Можайского, 2016 г.
5. Агаркова А.П. Пыльные бури и их прогноз. - М.: Моск. отд. Гидрометеоздата, 1981. - 105 с.
6. Переведенцев Ю.П., Р. Занди и др. Особенности режима пыльных бурь в Юго-Западной части Ирана в начале XXI века. Ученые записки Казанского университета, том156, кн.2.-Казань, 2014 г.
7. <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php>