

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 551.50

DOI: 10.15372/GIPR20210306

Е.С. АНДРЕЕВА*, И.Н. ЛИПОВИЦКАЯ**, С.С. АНДРЕЕВ***

*Донской государственный технический университет,
344010, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Россия, esameteo@mail.ru**Санкт-Петербургский институт гуманитарного образования,
190020, Санкт-Петербург, ул. Лифляндская, 4, лит. Ц, Россия, lipovitskaya@mail.ru***Ростовский институт защиты предпринимателя,
344029, Ростов-на-Дону, Первомайский район, ул. Сержантова, 2/104, Россия, rggmurd@yandex.ruОСОБЕННОСТИ РАССЕЙВАНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ В АРКТИКЕ
(НА ПРИМЕРЕ ЧАСТИ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН)

Представлено исследование вклада метеорологических параметров в рассеивание антропогенных примесей приземного слоя воздуха атмосферы в пределах части о. Западный Шпицберген (на примере пос. Баренцбург). Архипелаг Шпицберген имеет важное научное значение с точки зрения уникальности природно-климатических условий, что актуализирует тему данного исследования. Выявлено, что в настоящее время к основным факторам, оказывающим влияние на окружающую среду острова, относятся добыча угля и интенсификация туристических потоков. Поэтому одной из наиболее важных проблем западной части архипелага можно считать усиливающееся в последнее время загрязнение воздушной среды, существенную роль в формировании которого играют природно-климатические условия, определяя условия накопления или рассеивания загрязняющих веществ. Несмотря на имеющийся в России научный опыт и результаты исследований взаимодействия между климатическими (метеорологическими) условиями и уровнем загрязнения атмосферного воздуха, территория архипелага Шпицберген не вошла в число изученных районов. В связи с этим настоящее исследование впервые ориентировано на выявление особенностей вклада метеорологических параметров в накопление или рассеивание антропогенных примесей в районе пос. Баренцбург. Опираясь на опыт предыдущих научных работ, предлагается использовать данные 8-срочной системы наблюдения без осреднения, применяя непосредственную интенсивность событий, что потребует разработки новой математической формулы. Кроме того, необходимо дополнить процедуру оценки способности атмосферы к самоочищению, расширив ее до двух или трех ступеней и включив в число изучаемых параметров синоптические и географические особенности местности. Учет метеорологических особенностей рассеивания антропогенных примесей в арктической зоне имеет научную новизну и актуальность в аспекте ее дальнейшего промышленного освоения.

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, уровень загрязнения атмосферного воздуха, метеорологический потенциал рассеивания антропогенных примесей, самоочищение атмосферы, синоптические условия, природно-климатические условия.

E.S. ANDREEVA*, I.N. LIPOVITSKAYA**, S.S. ANDREEV***

*Don State Technical University, 344010, Rostov-on-Don, pl. Gagarina, 1, Russia, esameteo@mail.ru

**St. Petersburg Institute of Education in the Sphere of Humanities,
190020, St. Petersburg, ul. Lifyandskaya, 4, lit. Ts., Russia, lipovitskaya@mail.ru***Rostov Institute for Entrepreneur Protection,
344029, Rostov-on-Don, ul. Serzhantova, 2/104, Russia, rggmurd@yandex.ruSOME FEATURES OF METEOROLOGICAL PARAMETERS AND THEIR CONTRIBUTION
TO THE DISPERSION OF ANTHROPOGENIC IMPURITIES IN THE RUSSIAN ARCTIC SECTOR
(A CASE STUDY OF A PART OF WEST SVALBARD ISLAND)

This article is devoted to the study of the contribution of meteorological parameters to the dispersion of anthropogenic impurities of the surface air layer of the atmosphere within a part of West Svalbard Island (using, as an example, the settlement

of Barentsburg). The Svalbard archipelago has an important scientific significance from the perspective of the uniqueness of its natural and climatic conditions, which actualizes the topic of this study. It is found that the main factors affecting the environment of the island include coal mining and an intensification of tourist flows. Therefore, one of the most important problems of the western part of the archipelago is air pollution that has been increasing recently where the natural and climatic conditions have a significant role by determining the conditions of accumulation or dispersion of pollutants. In spite of the scientific experience gained in Russia and the results from investigating the interactions between the climatic (meteorological) conditions and the level of air pollution, the territory of the Svalbard archipelago was not included on the list of areas to be studied. In this regard, the present study is focused for the first time on identifying the features of the contribution of meteorological parameters to the accumulation or dispersion of anthropogenic impurities in the Russian Arctic sector of the archipelago (settlement of Barentsburg). Drawing on the experience of previous scientific efforts, it is suggested that data from the system of observations taken eight times per day without averaging by using a direct intensity of events, dictating a need to develop a new mathematical formula. Furthermore, it is necessary to complement the procedure of assessing the self-purification capacity of the atmosphere by expanding it to two or three stages and include the synoptic and geographical features of the terrain on the list of parameters to be studied. The inclusion of the meteorological features of the dispersion of anthropogenic impurities in the Arctic zone has a scientific novelty and relevance in the context of a further industrial development of this zone.

Keywords: atmospheric air quality, level of air pollution, meteorological potential of dispersion of anthropogenic impurities, self-purification of the atmosphere, synoptic conditions, natural and climatic conditions.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблемы загрязнения окружающей среды приобретают все большую актуальность. Архипелаг Шпицберген, в западной части которого находится российский шахтерский поселок Баренцбург, находится на незначительном удалении от промышленных районов Европы и Америки, что объясняет его подверженность антропогенному преобразованию [1–3]. Так, основными факторами, оказывающими влияние на окружающую среду острова в последнее время, являются добыча угля и активизация туристических потоков. Поэтому одной из наиболее актуальных проблем острова можно считать загрязнение воздушной среды. Существенную роль в формировании качества окружающей среды играет природно-климатический режим, который определяет условия накопления и рассеивания загрязняющих веществ, что имеет немаловажное значение в изменении уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Цель данного исследования — выявление особенностей метеорологических параметров и их вклада в рассеивание антропогенных примесей в Арктике на примере пос. Баренцбург.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенности диффузии примесей, присутствующих в нижнем слое атмосферного воздуха архипелага Шпицберген, включая его западную часть, напрямую зависят от физико-географических условий рассматриваемой территории. В связи с этим рассмотрим некоторые физико-географические особенности архипелага.

Так, Шпицберген (или Свальбард, или Грумант) представляет собой достаточно обширный полярный архипелаг, расположенный в Северном Ледовитом океане между $76^{\circ}26'$ и $80^{\circ}50'$ с. ш. и 10° и 32° в. д., в состав которого входят как крупные острова (Западный Шпицберген (площадь $37\,673\text{ км}^2$), Северо-Восточная Земля ($14\,443\text{ км}^2$), остров Эдж (более 5000 км^2)), так и более мелкие, имеющие площадь от 1288 до 120 км^2 (Баренца, Белый, Земля Принца Карла, Конгсёйа, Медвежий, Свенскёйа, Вильгельма), а также группы островов, мелкие островки и шхеры общей площадью около 621 км^2 [4].

Уникальность архипелага Шпицберген заключается не только в его расположении неподалеку от Северного полюса (расстояние до полюса около 1050 км), но и в размещении на территории архипелага 7 национальных парков, 6 природных и 15 птичьих заповедников. Практически 65 % площади архипелага относится к охраняемым природным территориям.

Основными климатообразующими факторами арктических регионов являются солнечная радиация, циркуляция атмосферы, характер рельефа и влияние морей и океанов.

Баланс солнечной радиации в арктических условиях определяется ледяным покровом, который существует в течение всего года и увеличивает затраты тепла на таяние снега, льда и многолетней мерзлоты. Следует отметить, что приход солнечной радиации на архипелаге в период полярных ночей отсутствует, а в период полярного дня весьма высокий, однако практически 80 % его отражается от поверхности снега и льда.

Не менее важный климатообразующий фактор — это циркуляция атмосферы, которая обуславливает перенос воздушных масс с разными физическими свойствами, инициируя перенос тепла и

влаги. Наличие ледовых плато в центральных частях островов архипелага способствует формированию местной циркуляции, представленной холодными воздушными массами. В свою очередь над прибрежными районами архипелага, находящимися под воздействием северной ветви течения Гольфстрим, формируются теплые воздушные массы, что, в свою очередь, вызывает значительные контрасты в температурном режиме Шпицбергена.

По классификации климатов, предложенной Б.П. Алисовым [5], Шпицберген относится к арктическому типу климата.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим основные метеорологические характеристики исследуемой территории, анализ которых произведен на основании данных за 2006–2015 гг., предоставленных Северо-западным отделением ФГБУ НПО «Тайфун». Они представляют собой обширные (более 29 000 значений) фактические массивы срочной метеорологической информации (температура и относительная влажность воздуха, количество осадков, скорость приземного ветра, включая скорость при порывах ветра, облачность, атмосферные явления и общая характеристика погодных условий, атмосферное давление) за 10 лет (2006–2015), измерения производились 8 раз в сутки (8 основных сроков метеорологических наблюдений) на метеорологической станции, расположенной в пос. Баренцбург [3].

Для архипелага Шпицберген характерны круглогодичные вторжения циклонов и антициклонов, которые оказывают существенное влияние на формирование климата [6]. В целом анализ многолетних данных и указанного выше временного интервала позволил установить, что исследуемая территория относится к областям с преобладанием антициклонального погодного режима: на протяжении года весьма активны постоянные максимумы давления — Арктический и Гренландский. Постоянный Исландский минимум давления, расположенный достаточно близко, не способствовал заметному понижению атмосферного давления в течение исследуемого интервала. В связи с этим приземное барическое поле архипелага определял Арктический максимум, не содействующий рассеиванию примесей.

Температурный режим острова зависит от взаимодействия арктического воздуха с воздухом умеренных широт. Большое влияние оказывает теплое течение Гольфстрим, одно из ответвлений которого подходит к западному побережью архипелага Шпицберген, а другое попадает в Баренцево море с юга, благодаря чему климат для данной территории значительно смягчен [7].

Абсолютный минимум температуры воздуха, отмеченный в пос. Баренцбург за многолетний период наблюдения, составляет $-39,8^{\circ}\text{C}$ (зафиксирован в марте 1986 г.). Абсолютный максимум температуры зарегистрирован в июле 1999 г. — $20,3^{\circ}\text{C}$.

Среднегодовая температура на острове составляет $-5,9^{\circ}\text{C}$. По данным многолетних наблюдений, температура воздуха Западного Шпицбергена в период 2006–2015 гг. характеризуется ярко выраженным положительным трендом: к концу рассматриваемого временного интервала прослеживается повышение температуры на 1°C [8]. При этом значение среднегодовой температуры воздуха острова повысилось до $-2,9^{\circ}\text{C}$. В годовом ходе температуры воздуха для ст. Баренцбург отчетливый минимум проявляется в марте, а максимум — в июне.

Обычное явление для Западного Шпицбергена — зимние оттепели, а в летние периоды не редкость понижение температуры ниже нуля. Следует отметить, что положительные температуры воздуха на острове преобладают в некоторые годы в осенние месяцы. Примером может послужить среднегодовая температура на ст. Хорнсунн в 1957 г. — $1,7^{\circ}\text{C}$, что лишь на $0,5^{\circ}\text{C}$ ниже средней июньской [3].

Вследствие постоянных низких температур в течение года в пределах исследуемой территории наблюдаются достаточно высокие значения относительной влажности, изменяющиеся в диапазоне от 77 до 83 %. Годовой ход относительной влажности воздуха Западного Шпицбергена за исследуемый временной интервал характеризуется тем, что постепенное увеличение среднемесячных значений отмечается с марта по сентябрь. В это время на острове начинается период полярного дня, для которого свойственны увеличение солнечного тепла и таяние снега и льдов (в результате увеличение испарения). С октября по февраль заметно понижение относительной влажности воздуха, так как на острове наступает сезон полярной ночи.

На территории Западного Шпицбергена достаточно часто происходят взаимодействия холодных полярных потоков воздуха с влажным морскими воздушными массами, что приводит к усилениям приземного ветра вплоть до формирования резких порывов более 12 м/с, что вызывает изменения

погодных условий. При этом средняя многолетняя скорость ветра в пос. Баренцбург составляет 3,4 м/с [9]. Наибольшая скорость ветра (4,3 м/с) и максимальные порывы (13 м/с) наблюдаются в зимний период — в январе [10]. В это время на острове преобладают метели, характеризующиеся выпадением большого количества осадков. В зимние время также были зафиксированы штили, во время которых наблюдаются наиболее сильные морозы.

Преобладающими направлениями ветра за исследуемый временной интервал для Шпицбергена являлись южное, юго-западное и юго-восточное (38 %), а также западное, восточное, северо-западное, северное и северо-восточное (12 %).

Ежегодно в пос. Баренцбург количество дней с осадками составляет около 240, причем примерно 170 из них — с осадками в виде снега, а 70 — с дождем или морозящим дождем со снегом.

Интересно отметить, что для периода с 1981 по 2010 г. месячные и суточные максимумы осадков не совпадали. Так, по данным [3], месячные максимумы осадков были отмечены в августе (170 мм в 1976 г. при норме 35 мм), суточные — в марте (51 мм в 2003 г. при норме 56 мм) и апреле (51 мм в 1982 г. при норме 44 мм). В то же время месячный минимум приходился на май (1 мм в 1949 г. при норме 28 мм) и июль (2 мм в 1935 г. при норме 21 мм). Из этого видно, что наибольшие отклонения от климатической нормы наблюдаются в отношении месячных сумм осадков.

В годовом ходе осадков за исследуемый временной интервал можно отметить, что, во-первых, максимальное количество атмосферных осадков в пос. Баренцбург сместилось на октябрь, а минимальное — на июль; во-вторых, их количества по сравнению с серединой XX в. существенно изменились: максимум осадков уменьшился от 170 (1976 г.) до 137 мм (2006–2015 гг.), а минимум, в свою очередь, возрос от 1–2 (1935, 1949 гг.) до 43 мм (2006–2015 гг.).

Устойчивый снежный покров на Западном Шпицбергене устанавливается обычно в октябре. В основном осадки при этом выпадают в виде слабых, но продолжительных снегопадов.

В целом климатические условия исследуемой территории не создают благоприятных условий для рассеивания примесей в атмосфере ввиду антициклонального режима погоды в течение года, значительного количества штилей и туманов.

Наличие антропогенных примесей в приземном слое воздуха рассматриваемой западной части архипелага в районе пос. Баренцбург обуславливается весьма развитой здесь добывающей отраслью, а именно — добычей каменного угля, которая осуществляется российским трестом «Арктикуголь» с 1931 г. В настоящее время трест владеет тремя угольными месторождениями: «Баренцбург» (56,3 км²), «Груммант» (79,3 км²) и «Пирамида» (47,05 км²). Авторы считают, что действующий рудник «Баренцбург», на территории которого ежегодно добывается около 120 тыс. т угля, и ТЭЦ поселка, включая площадки складирования угля, отвалы горной породы, склады строительных материалов, — это наиболее важные поставщики основных антропогенных примесей приземного слоя воздуха Баренцбурга: пыли, диоксидов азота и серы [11–13].

Для реализации цели исследования анализировались данные ФГБНУ НПО «Тайфун», полученные в переходные сезоны исследуемого временного интервала на двух точках апробирования; общее проанализированное количество проб за этот период составило около 280.

По значениям среднегодовых концентраций и ПДК были построены соответствующие графики, на которых изображены фактические значения концентраций пыли, диоксидов азота и серы по годам относительно ПДК.

Анализ графиков изменений концентраций пыли и диоксида азота показал, что превышений относительно установленных значений ПДК за исследуемый интервал не наблюдалось (рис. 1).

Значительные скачки концентраций произошли осенью 2007 и 2010 гг. В 2007 г. на территории поселка часто возникало тление отвалов, что и привело к незначительному повышению концентрации пыли в воздухе (рис. 2). В 2010 г. начался процесс рекультивации территории, были зафиксированы случаи сжигания бытовых отходов и строительного мусора, что создавало дополнительную запыленность района.

Диоксид серы выделяется в атмосферу в основном в результате работы ТЭС при сжигании бурого угля и мазута. При сжигании угля содержащаяся в нем сера окисляется до диоксида и химически неустойчивого триоксида. При попадании в приземный слой воздуха указанные соединения серы образуют кислотные дожди, которые уменьшают pH почвы, водных объектов, вызывая преобразования или гибель флоры и фауны последних.

Следует отметить, что первое превышение концентрации диоксида серы относительно ПДК произошло в осенние периоды 2009–2012 и 2012–2014 гг., что связано с поступлением продуктов горения с отвалов горных пород и бытовых свалок (рис. 3). В целом содержание диоксида серы в атмосферном воздухе исследуемой территории незначительно превышает установленные значения ПДК.

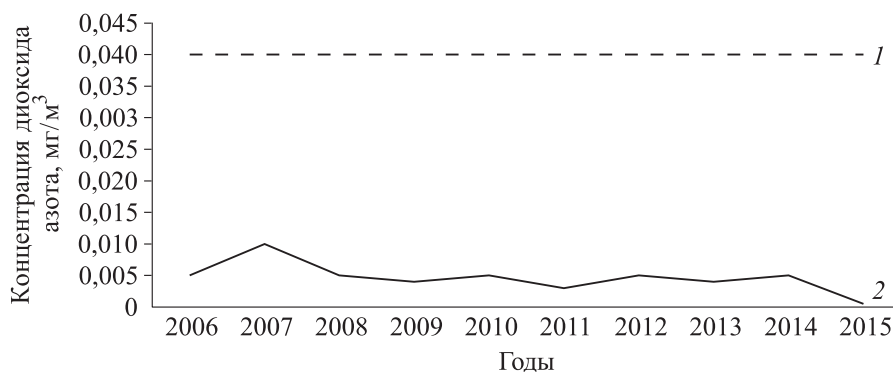


Рис. 1. Изменения концентрации диоксида азота в приземном слое воздуха, пос. Баренцбург, осенние периоды 2006–2015 гг.

1 — ПДК в отношении диоксида азота; 2 — концентрация диоксида азота.

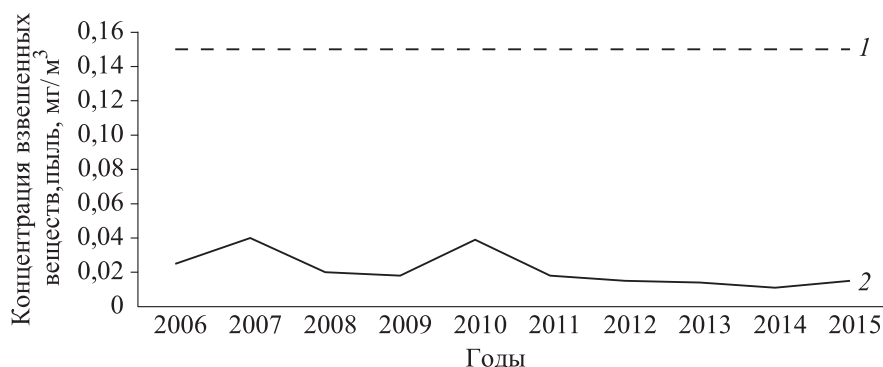


Рис. 2. Динамика концентрации пыли в воздухе, пос. Баренцбург, осенние периоды 2006–2015 гг.

1 — ПДК в отношении взвешенных частиц (пыль); 2 — концентрация взвешенных частиц (пыль).

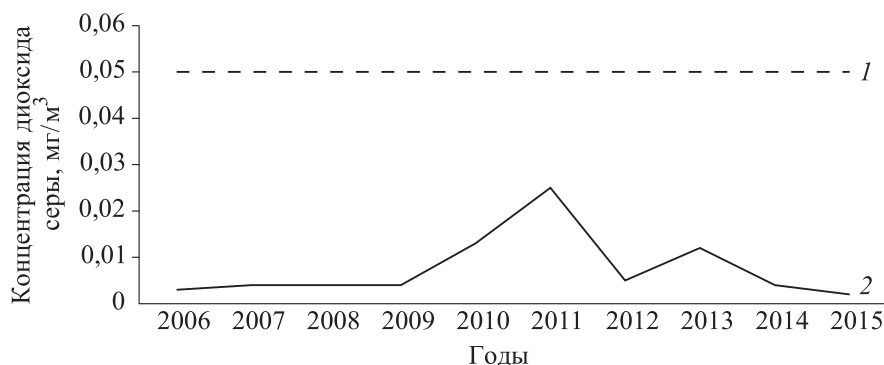


Рис. 3. Изменение концентрации диоксида серы в воздухе, пос. Баренцбург, осенние периоды 2006–2015 гг.

1 — ПДК в отношении диоксида серы, 2 — концентрация диоксида серы.

Весенний сезон исследуемого периода характеризовался пониженным уровнем загрязнения атмосферы в отношении всех представленных выше соединений, что обусловлено взаимодействиями между антициклонами (Гренландский, Арктический максимумы) и циклонами (Исландский минимум), способствующими распространению приземных примесей.

Следует отметить, что в числе выявленных особенностей метеорологических параметров, способствующих снижению уровня загрязнения атмосферы на данной территории, оказались следующие: суммы осадков выше установленной нормы; увеличение скорости приземного ветра, особенно в зимне-весенний период; повышение температуры воздуха и уменьшение влажности в летне-осенний период.

Вопросы учета влияния климатических (метеорологических) условий на уровень загрязнения атмосферного воздуха возникали еще в середине XX в. Один из первых отечественных методов оценки способности территорий к самоочищению по средней за год скорости ветра, повторяемости штилей и годовому количеству выпадающих осадков был предложен в 1979 г. В.В. Крючковым [14]. Указанный метод имел очевидные достоинства, так как впервые позволял соотнести природные метеорологические особенности территорий с уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Однако у него имелись и недостатки, среди которых были неполнота учета метеорологических факторов, а также неясность оценок полученных результатов.

Как показывают недавние исследования, в том числе работы авторов [1, 2, 7, 10], метод Э.Ю. Безуглой [15], позволяющий оценивать потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) в связи с изменяющимися подходами к анализу качества атмосферного воздуха, становится в последнее время неэффективным и трудоемким, так как для его реализации требуются данные аэрологического зондирования (повторяемость приземных инверсий температуры, скорости ветра 0–1 м/с, застоя воздуха, туманов или отношение числа часов с туманом к общему числу в год), а также характерна низкая разрешающая способность по территории. С другой стороны, ПЗА рассчитывался на основе климатической информации и по этой причине представлял собой стабильный показатель. Полученные значения ПЗА для всей территории страны (на тот момент времени — СССР) позволили провести соответствующее районирование, которое при этом не включало территорию архипелага Шпицберген. В работах Э.Ю. Безуглой [15] в 1980-е гг. также впервые упоминается метеорологический потенциал атмосферы (МПА), который зависит от метеорологических условий и постоянно изменяется.

Позднее, в 1987–1990 гг., в работах Т.С. Селегей [16] был предложен более простой способ расчета метеорологического потенциала атмосферы, который учитывал факторы, способствующие загрязнению и рассеиванию примесей, иллюстрируя возможности атмосферы к самоочищению.

Суть метода заключается в том, что основными метеорологическими параметрами, способствующими накоплению вредных примесей, являются повторяемость малых скоростей ветров (0–1 м/с) и туманы, а в качестве факторов, способствующих самоочищению атмосферы, приняты повторяемость дней с сильным ветром (не менее 6 м/с) и повторяемость дней с осадками (более 0,5 мм):

$$\text{МПА} = \frac{(\text{Рсл} + \text{Рт})}{(\text{Ро} + \text{Рв})}, \quad (1)$$

где Рсл — повторяемость скоростей ветра 0–1 м/с, %; Рт — повторяемость дней с туманом, %; Ро — повторяемость дней с осадками более 0,5 мм, %; Рв — повторяемость скоростей ветра более 6 м/с, %.

В дальнейшем идея упрощения процедуры оценки свойств нижнего слоя атмосферы в отношении рассеивания примесей была реализована Т.С. Селегей с помощью введения так называемого коэффициента самоочищения атмосферы (К), обратного МПА:

$$\text{К} = \frac{1}{\text{МПА}}. \quad (2)$$

Величина К определяется как отношение повторяемости благоприятных условий рассеивания примесей в атмосфере к условиям повторяемости накопления загрязняющих веществ.

Для интерпретации значений К авторами данного исследования предложено анализировать следующие пять групп его значений: при $\text{К} > 1,25$ создаются благоприятные условия для рассеивания примесей в атмосфере, при $1,25 \geq \text{К} > 0,8$ — относительно благоприятные, при $0,8 \geq \text{К} > 0,4$ — относительно неблагоприятные, при $0,4 \geq \text{К} \geq 0,25$ — неблагоприятные, при $\text{К} \leq 0,25$ — крайне неблагоприятные.

Другие авторы — Л.П. Сорокина [17] и И.Н. Кузнецова [18] — предлагали учитывать региональную составляющую условий формирования качества атмосферного воздуха, в том числе синоптические особенности местности (И.Н. Кузнецова в отношении Москвы в 2005 и 2012 гг. [18]). Несмотря на очевидную трудоемкость методов, их результаты отличались конкретностью и сравнимостью.

Наконец, в 2019 г. А.В. Аргучинцева и Е.А. Кочугова [19] предложили рассчитывать так называемый потенциал самоочищения атмосферы (ПСА), который сопоставим с величиной, обратной МПА, и представлен в вероятностной форме. Авторы показали принципиальную близость полученных результатов значений ПСА и обратной величины МПА, что позволяет доверять предложенному показателю. Однако вопросы вызывает его вероятностная форма, усложняющая расчеты.

В 2015 г. Т.С. Селегей с соавторами опубликовала работу [20], в которой предложила усовершенствованный метеорологический показатель рассеивающей способности атмосферы (УМПА), учитывающий теплообеспеченность территории (K_t), режим ветра (K_v) и режим осадков ($K_{осад}$). Данный метод усовершенствования МПА позволил решить ряд существовавших ранее проблем: неточность названия показателя (указанный выше усовершенствованный метеорологический показатель рассеивающей способности атмосферы точно соответствует сути названия — чем больше его полученные значения, тем лучше условия рассеивания примесей); учет температуры воздуха, что имеет большое значение для территорий с весьма существенной температурной нагрузкой в течение года (в случае архипелага Шпицберген значение имеет режим низких температур).

Хотя указанная выше методика Т.С. Селегей [20] достаточно хорошо применяется, некоторые ее моменты дискуссионны.

Опираясь на формулы (1) и (2), предложенные Т.С. Селегей, авторы предлагают брать для 8-срочной системы наблюдения и для более точного описания постоянно изменяющихся метеорологических характеристик района не повторяемость метеорологических явлений (%), осредненных за определенный промежуток времени, а непосредственную интенсивность событий, что потребует и существенной математической переработки формулы.

Как показывают последние исследования, в том числе и авторов данной статьи [21], осреднение метеорологической информации, которое выполняется достаточно часто (от срочных данных до ежедневных, месячных или годовых), приводит к существенному искажению результатов. В связи с этим мы предлагаем использовать результаты 8-срочных наблюдений без осреднения, применяя непосредственные значения тех метеорологических параметров, которые уже были предложены в ряде работ В.В. Крюкова, Э.Ю. Безуглой, Т.С. Селегей и др. [14–16, 20], включая температуру воздуха. Эти значения необходимо будет записывать в модельных расчетах в интерпретированном виде (необходима шкала для идентификации всех применяемых параметров). Все вышеуказанное, возможно, приведет к усложнению расчетов, однако позволит повысить качество полученных оценок способности атмосферы к самоочищению. Кроме того, помимо данных параметров для оценки способности атмосферы к самоочищению необходимо дополнить процедуру, расширив ее до двух или трех ступеней. Так, исследования самоочищающей способности арктической атмосферы в районе западной части Шпицбергена показали необходимость учета синоптических условий как приземных, так и высотных. Не лишним дополнением будет и учет географических особенностей оцениваемой территории.

Ввиду существенного объема первичной информации в статье приведены только полученные результаты. Из десяти графиков изменчивости метеорологического потенциала загрязнения атмосферы (МПЗА) для каждого года в отдельности за весь период наблюдения в рамках исследуемого интервала подробно стоит рассмотреть наиболее интересный в аспекте заявленной выше изменчивости значений МПЗА 2010 г. (рис. 4).

В сравнении со всем рассмотренным периодом наблюдений можно сказать, что 2010 г. характеризовался наибольшим количеством туманов. В частности, преобладание антициклонов и их отрогов, поддерживаемых областями постоянных центров действия — Гренландским или Арктическим максимумами давления, привело к установлению ясной и малооблачной погоды при полном отсутствии ветра (или его скорости не более 1 м/с) и осадков. Все эти характеристики способствуют устойчивому накоплению загрязняющих веществ.

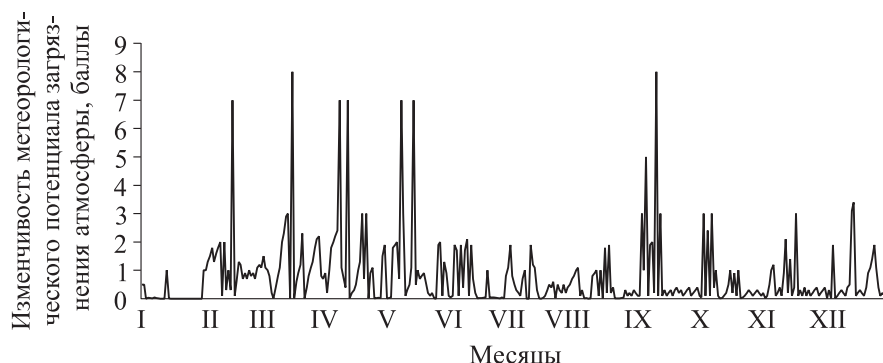


Рис. 4. Изменчивость метеорологического потенциала загрязнения атмосферы за период с 1 января по 31 декабря 2010 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что метод оценки значений МПЗА Т.С. Селегей [20] эффективен для обработки метеорологической информации 8-срочной системы наблюдения, однако указанный показатель характеризует условия накопления антропогенных примесей, а не их рассеивания в приземном слое воздуха. В связи с этим более уместно его следующее название: «метеорологический показатель загрязнения атмосферы». Кроме того, как представляется авторам, данный метод не свободен от ряда иных проблем, которые были подробно описаны выше.

Представленные в статье особенности метеорологических параметров пос. Баренцбург в своей совокупности позволили впервые выявить наиболее благоприятные для накопления загрязняющих веществ периоды исследованного в статье интервала, которыми оказались весенне-осенние сезоны года. Последние характеризуются преобладанием на исследуемой территории Арктических и Гренландских антициклонов, вследствие чего происходит установление безветренной погоды или ветрового режима незначительной интенсивности при отсутствии осадков или небольшом их числе, что не способствует рассеиванию загрязняющих веществ в воздушном бассейне. Анализ предшествующих научных подходов к оценке самоочищающей способности атмосферы показал необходимость их существенного пересмотра и дополнения за счет разработки новой математической модели, а также расширения собственно процедуры оценки. Стоит отметить, что выводы и результаты данного исследования имеют практическое значение и их целесообразно учитывать при дальнейшем развитии производственной деятельности на Западном Шпицбергене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спицына А.Д., Андреева Е.С., Андреев С.С. Динамика концентраций антропогенных примесей арктической атмосферы (на примере западной части о. Шпицберген) за период с 2006 по 2015 г. — Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «ДГТУ-Принт», 2017. — С. 21–27.
2. Андонова А.С., Бабин А.В., Викулина М.А., Воробьевская Е.Л., Воякина Е.Ю., Гаранкина Е.В., Голубева Е.И., Дикинис А.В., Дмитричева Л.Е., Ефимова Л.Е., Зенгина Т.Ю., Зуев Ю.А., Зуева Н.В., Кашлева Л.В., Кислов А.В., Комолова С.А., Лукашов А.А., Михеева А.И., Петрушенко В.Д., Плюшквичуте Ю.А., Повалишников Е.С., Попова Е.С., Примак Е.А., Романенко Ф.А., Степанова А.Б., Тельнова И.Н., Трубина М.А., Шартова Н.В., Шилов Д.В., Шныпарков А.Л. Влияние изменений климата и опасных природных явлений на природопользование Европейского Севера. — СПб.: Изд-во Рос. гидромет. ун-та, 2013. — 124 с.
3. Демешкин А.С. Геоэкологическая оценка состояния природной среды в районе расположения Российского угледобывающего рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — СПб.: Изд-во Рос. гидромет. ун-та, 2017. — 181 с.
4. Langsrud Ø. Svalbard, Statistisk sentralbyrå // Population in the Settlements. — Oslo-Kongsvinger: Government of Norway, 2017. — 398 p.
5. Алисов Б.П. Климатические области и районы СССР. — М.: Географгиз, 1947. — 212 с.
6. Nordli O., Isaksen K. Long-term climate variations on Svalbard using early instrumental observations // Geophysical Res. — 2010. — Vol. 12. — P. 3–25.
7. Serezze M.C., Barry R.G. Processes and impacts of Arctic amplification: A research synthesis // Global and Planetary Change. — 2011. — Vol. 77 — P. 85–96.
8. Мохов И.И. Диагностика и моделирование особенностей арктического климата и его изменений. — М.: Изд-во Ин-та физики и атмосферы РАН, 2013. — 120 с.
9. Клячкин С.В. Численное моделирование динамики ледяного покрова в районе архипелага Шпицберген // Метеорология и гидрология. — 2017. — Вып. 4. — С. 7–15.
10. Лазарева Е.О., Попова Е.С., Липовицкая И.Н. Влияние температурных инверсий на концентрацию примесей в приземном слое воздуха над Санкт-Петербургом в 2006–2014 гг. // Уч. зап. Рос. гидромет. ун-та. — 2015. — № 41. — С. 149–155.
11. Андреева Е.С., Андреев С.С. География и генезис опасных явлений погоды юга России. — Ростов-на-Дону: Изд-во Мин. образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, Изд-во Рос. гидромет. ун-та (филиал в г. Ростове-на-Дону), 2007. — 98 с.
12. Андреева Е.С. Вероятностно-географический метод прогноза сильных ветров для равнин юга России // Естественные и технические науки. — 2008. — № 4 (36) — С. 217–220.
13. Попова Е.С., Липовицкая И.Н., Лазарева Е.О. Анализ временной изменчивости основных антропогенных примесей атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга за период с 1980 по 2012 г. — Липецк: Изд. центр «Гравис», 2014. — С. 76–85.
14. Крючков В.В. Природа и человек. — М.: Наука, 1979. — 62 с.

15. **Безуглая Э.М.** Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. — 184 с.
16. **Селегей Т.С.** Разработка усовершенствованного комплексного метеорологического показателя рассеивающей способности атмосферы. — Новосибирск.: Изд-во Сиб. регион. науч.-исслед. гидромет. ин-та, 2014. — 131 с.
17. **Сорокина Л.П.** Климатические аспекты формирования экологических проблем в Восточной Сибири // География и природ. ресурсы. — 1995. — № 3. — С. 15–22.
18. **Кузнецова И.Н.** Особенности атмосферных процессов, влияющих на загрязнение воздуха в Московском регионе, и методы их краткосрочного прогноза: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. — М., 2012. — С. 41.
19. **Аргучинцева А.В., Кочугова Е.А.** Потенциал самоочищения атмосферы // Изв. Ирк. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2019. — Т. 27. — С. 3–15.
20. **Селегей Т.С., Филоненко Н.Н., Ленковская Т.Н.** Метеорологический потенциал атмосферы территории Западной Сибири в период потепления климата // Экология и промышленность России. — 2015. — Т. 19, № 8. — С. 50–54.
21. **Andreeva E.S., Andreev S.S.** Features of west Swalbard Island bioclimate (Russia) // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM. — 2020. — Vol. 5.2. — P. 373–380.

Поступила в редакцию 07.02.2019

После доработки 21.12.2019

Принята к публикации 25.03.2021