

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

БЕЛОРУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
(Минск, 5 – 8 мая 2015 года)

Минск  
Издательский центр БГУ  
2015

УДК 551.579(06)  
ББК 26.23я431  
П78

Редакционная коллегия:  
П.С. Лопух (ответственный редактор)  
Д.Л. Иванов, Е.В. Логинова, А.А. Новик

Рецензенты:  
доктор географических наук В.Н. Киселев  
доктор географических наук С.А. Хомич

П78 Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научн. конф., 5 – 8 мая 2015 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: П.С. Лопух (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – 337 с.

ISBN 978-985-553-278-2

Рассмотрены теоретические и практические вопросы глобального изменения климата, агрометеорологических условий на территории Беларуси, гидрологического режима рек, озер, моделирования гидрологических и атмосферных процессов, адаптации видов хозяйственной деятельности в связи с неустойчивостью климата.

Рекомендуется для научных работников, специалистов в области гидрометеорологии, мониторинга и охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**УДК 551.579(06)**  
**ББК 26.23я431**

**ISBN 978-985-553-278-2**

©Белорусский государственный университет, 2015  
©Оформление. РУП «Издательский центр БГУ», 2015

элементы глобальной электрической токовой цепи и гидрологического цикла.

Список использованных источников

1. Митчелл Дж.М., Стокгон Ч.У., Меко Д.М. Доказательство 22-летнего ритма засух в западной части США, связанных с солнечным циклом Хейла начиная с XVII в. // Солнечно-земные связи, погода, климат. – М.: Мир, 1982. – С.152-171.

2. Соловьева Н.Н. Исследование зависимости колебания уровня Каспийского моря от солнечной активности. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. – 70 с.

3. Adler R.F., Huffman G.J., Chang A., Ferraro R., Xie P., Janowiak J., Rudolf B., Schneider U., Curtis S., Bolvin D., Gruber A., Susskind J., Arkin P. The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-Present) // J. Hydrometeor. – 2003. – Vol.4. – P.1147-1167.

4. Andersson A., Fennig K., Klepp C., Bakan S., Grassl H., Schulz J. The Hamburg Ocean Atmosphere Parameters and Fluxes from Satellite Data — HOAPS-3 // Earth Syst. Sci. Data. – 2010. – Vol.2. – P.215-234.

5. Kirk E., Fraedrich K., Lunkeit F., Ulmen C. The Planet Simulator: A coupled system of climate modules with real time visualization // CSPR report. – Linköping universitet, 2009. – 45. – Art.7.

6. Kniveton D.R., Todd M.C. On the relationship of cosmic ray flux and precipitation // Geophys. Res. Lett. – 2001. – Vol.28. – P.1527-1530.

7. Roble R.G. Osolar-terrestrial relationships in atmospheric electricity // Journal of Geophys. Res. – 1985. – Vol.90.

8. Schiffer R.A., Rossow W.B. The International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP): The First Project of the World Climate Research Programme // Bull. Amer. Meteor. Soc. – 1983. – Vol.64. – P.779-784.

9. Svensmark H. Influence of Cosmic Rays on Earth's Climate // Phys. Rev. Let. – Vol.81. – P.5027-5030.

10. Usoskin I.G., Kovaltsov G.A. Cosmic ray induced ionization in the atmosphere: Full modeling and practical applications // J. of Geophys. Res. – 2006. – Vol.111.

11. Usoskin I.G., Kovaltsov G.A., Mironova I.A. Cosmic ray induced ionization model CRAC:CRII: An extension to the upper atmosphere. – 2010. – Vol.115.

## **ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА ИСТРИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ НАСТУПЛЕНИИ ЭКСТРЕМАЛЬНО ЖАРКОЙ ПОГОДЫ**

*Ерина О.Н.*

Московский государственный университет, Москва  
E-mail: tamiblack@yandex.ru

Синоптические условия играют важнейшую роль в формировании кислородного режима долинных водохранилищ умеренной зоны в летний период. Определяя устойчивость водного столба, погодные условия влияют на скорость

обмена кислородом между эпилимнионом, где происходит его продуцирование, и гиполимнионом, где растворенный кислород расходуется на дыхание и деструкцию органического вещества. Вследствие истощения запасов растворенного кислорода в придонных слоях там начинают развиваться болезнетворные бактерии, что особенно опасно для водоемов, использующихся в целях водоснабжения и рекреации.

В данной работе приведены количественные оценки влияния экстремально жаркой погоды в летний период на кислородный режим Истринского водохранилища, самого продуктивного в Москворецкой системе водоснабжения г. Москвы (ранее подобная работа была проделана для Можайского водохранилища [1]). В качестве инструмента исследования использована гидрологическая модель водохранилища ГМВ-МГУ [2], надежно верифицированная и доказавшая свою адекватность при решении подобных задач. Вначале была разработана серия сценариев, по которым и проводились модельные расчеты. За основу был взят средний по водности 2012 год, в качестве жаркого периода использованы гидрометеорологические данные аномального лета 2010 года. Кроме того, влияние жаркого периода рассматривалось в сочетании с различными условиями предполоводной сработки и весеннего наполнения водохранилища, разными поддерживаемыми во время экстремальных погодных условий уровнями. Также было оценено воздействие изменения внешней биогенной нагрузки на водоем (её увеличения и уменьшения в 5 раз в сочетании с наступлением жаркого периода).

Основными особенностями кислородного режима Истринского водохранилища является увеличение содержания растворенного кислорода в эпилимнионе в мае вследствие развития диатомовых водорослей. В летний период содержание  $O_2$  в поверхностных слоях растет в периоды развития синезеленых водорослей, в остальное время находясь в пределах 8-10 мг/л. В гиполимнионе в летний период также наблюдается постепенное истощение запасов кислорода. При этом стоит отметить, что наихудшие кислородные условия в Истринском водохранилище в 2012 году по расчетам наблюдаются в середине июля, тогда как при наступлении жаркого периода ситуация продолжает ухудшаться и максимальный объем гипоксидной зоны будет наблюдаться в середине

августа. По окончании жаркого периода водная толща постепенно обогащается кислородом, однако полного перемешивания не происходит и обедненные кислородом водные массы сохраняются в приплотинном районе в придонных горизонтах вплоть до начала октября. Период существования в водохранилище неблагоприятных кислородных условий при наличии жаркого периода увеличивается на 15 суток (от 119 до 134), а максимальный объем водных масс с содержанием растворенного кислорода менее 2 мг/л в середине августа увеличивается на 3 млн м<sup>3</sup> (от 69 до 72 млн м<sup>3</sup>, что составляет 45% от объема водохранилища) по сравнению с 2012 годом. При этом влияние жары на содержание растворенного кислорода в эпилимнионе не проявляется, диапазон изменения концентраций летом в поверхностном горизонте остается неизменным и находится в пределах от 6,5 до 14,2 мг/л.

Содержание растворенного кислорода в весенний период значительно варьирует в зависимости от предполоводной сработки и условий наполнения водохранилища. При малой проточности водохранилища в период наполнения в середине мая может наблюдаться повышенное содержание кислорода в верхних слоях (до 14 мг/л) вследствие развития диатомовых водорослей. При заполненном водохранилище перед началом половодья и пропуске половодья транзитом в это же время содержание РК будет находиться в пределах 10 мг/л.

В летний период при низком половодье и минимальном объеме водохранилища в случае возникновения жаркого периода увеличения содержания растворенного кислорода в эпилимнионе не наблюдается, тогда как его запасы истощаются заметно сильнее, чем при отсутствии жаркой погоды. Это связано с устойчивостью плотностной стратификации, которая в течение всего жаркого периода ни разу не нарушается ветровым воздействием, в результате чего не происходит поступления растворенного кислорода в гипolimнион из вышележащих слоев.

Наступление жаркого периода летом при минимальной предполоводной сработке водохранилища и высоком половодье практически не отличается от описанного выше для максимальной сработки водохранилища зимой и низкого половодья. Несмотря на то, что объем обедненных кислородом водных масс возрастает (увеличивается мощность

гипolimниона), доля этих водных масс в объеме водохранилищ одинакова вне зависимости от сработки в зимний период и составляет 42–45%. При наличии жаркого периода к середине августа объем гипоксидной водной массы примерно на 5 млн м<sup>3</sup> больше, чем в обычное лето.

Аналогичным образом на кислородном режиме Истринского водохранилища сказывается и влияние уровня водоема в летний период. При поддержании высокого уровня сильно увеличивается объем гипоксидной зоны (с содержанием РК менее 2 мг/л) и зоны с неблагоприятными кислородными условиями (менее 6 мг/л) – при низком уровне эти величины составляют 29 и 38 млн м<sup>3</sup>, тогда как при высоком – 86 и 107 млн м<sup>3</sup>. В то же время относительная доля объема этих зон в общем объеме водохранилища изменяется не столь сильно, объем гипоксидной зоны колеблется от 42% при низком до 50% при высоком, а зоны с неблагоприятными кислородными условиями – от 55% при низком до 62% при высоком уровне. При этом диапазон изменения содержания растворенного кислорода в поверхностном слое водоема в летний период от уровня воды не зависит и одинаков для разных уровней – от 6,5 до 14,0 мг/л. Незначительно меняется и период существования неблагоприятных кислородных условий в водоеме (от 106 суток при высоком уровне до 112 при низком).

Вне зависимости от того, какая уровенная отметка поддерживается в течение всего жаркого периода, в середине июля кислород исчезает уже на глубине 4 м.

Сильнее всего кислородный режим изменяется при росте и снижении биогенной нагрузки. При увеличенном в 5 раз притоке аммонийного азота и минерального фосфора содержание кислорода в эпилимнионе в весенний период достигает 19 мг/л, тогда как при уменьшенной в 5 раз биогенной нагрузке концентрации не превышают 11 мг/л. В летний период при повышенном притоке биогенных элементов в поверхностных слоях отмечается сравнительно высокое содержание растворенного кислорода. Однако в случае с уменьшенной нагрузкой несмотря на отсутствие высоких концентраций в эпилимнионе не происходит и столь интенсивного развития зоны гипоксии. При сходном объеме водохранилища доля обедненных РК водных масс при пониженной нагрузке не превышает 39%, тогда

как при повышенной нагрузке это значение равно 50%.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №13-05-00137а и №15-05-06108а.*

Список использованных источников

1. Ерина О.Н. Прогностические оценки изменения кислородного режима и качества воды в Можайском водохранилище в экстремально жаркую погоду // Вестник Моск. ун-та. Серия 5: география. Вып. 6, 2014. С.10–15.

2. Пуклаков В.В. Гидрологическая модель водохранилища. Руководство для пользователей. М.: ГЕОС, 1999. 96 с.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ ЭМИССИИ ЗА 2014 ГОД В АЭРОПОРТАХ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

*Гусейнов Н.Ш., Мурсалов Р.Г.*

Национальная Академия Авиации, Баку

E-mail: ravilmursalov@gmail.com

Авиационный транспорт постоянно развивается. В связи с этим продолжает расти количество выбросов, которые воздействуют на окружающую среду. Не случайно, что эта тенденция развития проявляет себя и в системе авиации Азербайджанской Республики. Как известно, на территории Азербайджанской Республики находится семь международных аэропортов и авиакомпаний – «Азал», «Silk Way

$$E_{i,m} = \sum_a \sum_e n_a I_{a,e} F_{a,e,m} E_{e,m,i} t_{m,a} \quad (1)$$

где:  $E_{i,m}$  - годовой объем выбросов загрязняющих веществ  $i$  в режиме,  $m$  (кг/год);  $n_a$  - количество двигателей самолетов типа  $a$  (-);  $I_{a,e}$  - количество годового взлётно-посадочного цикла для типа самолета  $a$ , с типом двигателя  $e$  (-);  $F_{a,e,m}$  - расход топлива для типа самолетов  $a$ , с типом двигателя  $e$ , в режиме  $m$  (кг/с);  $E_{e,m,i}$  - удельный показатель загрязнителей  $i$ , типа двигателя  $e$ , в режиме  $m$  (г/кг);  $t_{m,a}$  - время в режиме  $m$ , для типа самолетов  $a$  (с).

В этом исследовании взлётно-посадочный цикл берётся из “стандартного цикла ИКАО”. Как известно, взлётно-посадочный цикл состоит из 4-х этапов, и каждый из них имеет определенные временные показатели, т.е. руление 26 мин., заход на посадку 4 мин., набор высоты 2,2 мин., взлёт 0,7 мин. Расход топлива и удельный показатель загрязнителей самолета для каждого режима работы взяты из *Банка данных ИКАО по эмиссии выхлопных газов двигателей [1]*. Как известно, во время производства воздушных судов, они оснащаются различными

West», «Silk Way Airlines», «Silk Way Business Aviation» и один грузовой терминал – «Baku Cargo Terminal». С этой точки зрения, степень загрязнения атмосферы воздушными судами является одной из актуальных проблем.

Выбросы воздушных судов образуются от потребления топлива реактивными двигателями реактивного керосина и бензина. Выбросы авиационных двигателей грубо оцениваются в 70 % CO<sub>2</sub>, немного меньше 30 % H<sub>2</sub>O, и менее 1 % NO<sub>x</sub>, CO, HC, SO<sub>x</sub>, ЛНОС, твердых частиц и прочих незначительных компонентов, включая опасные загрязнители воздуха [2].

Исследования были проведены в двух направлениях: в зоне аэродрома (аэропорта) - включая часть атмосферы над соответствующим участком земной поверхности условно ограниченной высотой 900 м от уровня земли и на больших высотах выше 900 м, как результат набора высоты, крейсерского горизонтального полёта и снижения ВС [3].

Для расчета топливных выбросов на территории аэродрома была использована методология Международной организации гражданской авиации (ИКАО -International Civil Aviation Organization) и Европейского агентства по окружающей среде (ЕЕА-European Environment Agency) [2, 3]. Расчеты в соответствии с методологией ИКАО были реализованы по формуле (1).

марками двигателей. Например: Airbus 320 оборудован двигателями TAY Mk650-15, CFM56-5A3, CFM56-5B4, V2527-A5, V2527E-A5. В связи с этим, в каждом двигателе количество загрязняющих веществ будут различными. Для достижения оптимальных результатов расчета были взяты максимальная и минимальная оценка загрязняющих веществ и приведены в таблице 1.

Для того чтобы сравнить результаты, расчеты были проведены также в соответствии с методикой, представленной Европейским агентством по окружающей среде. Расчеты проводились с использованием базы данных ЕЕА [2, 3]. В базе данных ЕЕА указаны данные объема потребления топлива и загрязняющие вещества любого этапа полета. Самолеты, которые не присутствуют в базе данных были определены в соответствии с репрезентативным графиком ЕЕА.

Расчеты проводились для внутренних рейсов и для международных рейсов. В 2014 году в Азербайджане были осуществлены рейсы 164