

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 0.234  
ESJI (KZ) = 1.042  
SJIF (Morocco) = 2.031

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2016 Issue: 4 Volume: 36

Published: 30.04.2016 <http://T-Science.org>

**Nariman Kiyalbekov**

teacher of the highest of categories, teacher  
regional school boarding school of "Daryn", Taraz  
[nariman\\_kiyalbekov@mail.ru](mailto:nariman_kiyalbekov@mail.ru)

**Razila Beshtayeva**

master of mathematics, teacher  
TarSU of M.Kh.Dulati  
[razila-83@mail.ru](mailto:razila-83@mail.ru)

**Karligash Taubayeva**

student of the 2nd course of TARGU  
[Boomgirl\\_1996@mail.ru](mailto:Boomgirl_1996@mail.ru)

**Diana Mekemova**

student of the 2nd course of TARGU  
[diko\\_96\\_45@mail.ru](mailto:diko_96_45@mail.ru)

SECTION 1. Theoretical research in mathematics.

## MODELLING NEGATIVE IMPACT OF NONFREEZING RESERVOIRS ON THE ENVIRONMENT MICROCLIMATE

**Abstract:** For research of anthropogenous influence on a mesolarge-scale microclimate with participation of the person the three-dimensional mathematical model, time-dependent is offered. Influence of the fog arising near not freezing pools on a microclimate is considered

**Key words:** nonfreezing reservoir, thermal capacity, density, kinetic turbulent energy, fogging.

**Language:** Russian

**Citation:** Kiyalbekov N, Beshtayeva R, Taubayeva K, Mekemova D (2016) MODELLING NEGATIVE IMPACT OF NONFREEZING RESERVOIRS ON THE ENVIRONMENT MICROCLIMATE. ISJ Theoretical & Applied Science, 04 (36): 205-210.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-04-36-36> **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.04.36.36>

УДК 551.46: 628.5

### МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕЗАМЕРЗАЮЩИХ ВОДОЕМОВ НА МИКРОКЛИМАТ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Аннотация:** Для исследования антропогенного влияния на мезомасштабный микроклимат с участием человека предлагается трехмерная математическая модель, зависящая от времени. Рассматривается влияние тумана, возникающего возле не замерзающих бассейнов, на микроклимат

**Ключевые слова:** незамерзающий водоем, теплоемкость, плотность, кинетическая турбулентная энергия, туманообразования.

В последние годы в связи с растущими энергетическими потребностями народного хозяйства возросла необходимость строительства электростанций в различных районах страны. Следствием этого является создание многочисленных прудов-охладителей и водохранилищ. Появления новых водоемов может вызывать изменение в микроклимате прилегающих районов и тем самым повлиять на условия жизни населения, на сроки сельскохозяйственных работ и т. д. Аналогичные возмущения микроклимата и туманы, наблюдаемые в природе, - это «речные и морские» туманы парения [1]. Они обычно образуются в зимний и осенне - весенний сезоны при адвекции холодного воздуха на более теплой

водной подстилающей поверхности. Это может быть естественный водоем: река, озеро, море, - но особенно часто искусственный: незамерзающее водохранилище, верхний и особенно нижний бьеф ГЭС, где незамерзающие полыньи с туманами, образующиеся после строительства плотин, могут простираются на 100-150км. Даже если туман не образуется, то с подветренной стороны от водоема наблюдается заметные повышения температуры и влажности, гололедно - изморозевные отложения существенно ухудшающие микроклимат, также, как и вблизи АЭС и ТЭС.

Для уменьшения негативного влияния туманов парения необходимо прежде всего знать характеристики туманов: протяженность,

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

микроструктуру, дальность видимости и зависимость этих характеристик от параметров водоема и метеорологических условия. В холодное время года в окрестности этих водоемов резко возрастает потенциальная возможность образования переохлажденных туманов и, соответственно, - возможность возникновения одного из опасных метеорологических явления – гололеда. Обледенению подвергаются высотные сооружения, линии связи и линии электропередач.

В предлагаемой математической модели рассчитываются динамика атмосферного пограничного слоя включая процессы турбулентной диффузии, эволюция полей температуры и влажности воздуха; кинетика фазовых переходов влаги, имеющая большое значения при изучении туманообразования кроме того рассчитываются скорости радиационного выхолаживания, нагрева радиационной баланс поверхности, определяющий суточный ход температуры.

Уравнения модели дополняются начальными и краевыми условиями, описывающими конкретный физический процесс. В данной работе исследуется возможное воздействие незамерзающих водоемов на атмосферу. Особое внимание было уделено условиям возможного туманообразования в результате взаимодействия холодных воздушных масс в пограничном слое с теплой поверхностью водоема.

В модели рассчитывается динамика пограничного слоя неразрывности для горизонтальных  $u, v$  и вертикального  $w$  компонентов вектора скорости: уравнения баланса турбулентной энергии  $\epsilon$ , соотношения подобия и размерности для пути смещения  $l$ , вертикального коэффициента турбулентности  $K_z$  и скорости диссипации турбулентной энергии  $\epsilon$ , дополненной гипотезой предложенный [1,2,3]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + (\bar{u}, \nabla u) = -\frac{\partial \pi'}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial u}{\partial z} + K_M \Delta u + f_k (v - V); \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (\bar{u}, \nabla v) = -\frac{\partial \pi'}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial v}{\partial z} + K_M \Delta v - f_k (u - U); \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + (\bar{u}, \nabla w) = -\frac{\partial \pi'}{\partial z} - \lambda g' + \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial w}{\partial z} + K_M \Delta w. \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

Поля температуры и влажности рассчитывались из следующих уравнений:

$$\frac{\partial g'}{\partial t} + (\bar{u}, \nabla g') + Sw = \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial g'}{\partial z} + \Delta g' + \frac{L_1}{C_p} \Phi_1 + \frac{L_1}{C_p} \Phi_2 + R_{rad}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial q'}{\partial t} + (\bar{u}, \nabla q') + \gamma_q w = \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial q'}{\partial z} + \Delta q' - \Phi \quad (6)$$

Для замыкания системы уравнения (1) – (5) относительно вертикального коэффициента турбулентного обмена для тепла  $K_H$  и импульса

движения  $K_M$  использовались кинетические уравнения турбулентной энергии [1,3,4]:

$$\frac{\partial b^2}{\partial t} + \bar{u} \text{grad} b^2 = \frac{\partial}{\partial z} \left[ E_3 b l \frac{\partial b^2}{\partial z} \right] + 2 \left[ -\overline{uw} \frac{\partial u}{\partial z} - \overline{vw} \frac{\partial v}{\partial z} \right] + 2\beta g \overline{w\theta} - 2 \frac{b^3}{B_1 l}, \quad (7)$$

где  $\bar{\theta}$  - средняя по вертикали фоновая потенциальная температура;

$\beta$  - коэффициент объемного теплового расширения;

Турбулентные потоки определим с помощью градиентный аппроксимации:

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.234	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

$$\left(-\overline{uw}, -\overline{vw}\right) = a_3 K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z^*}, \frac{\partial v}{\partial x^*}\right),$$

$$-\overline{w\theta} = a_3 K_H \frac{\partial \theta}{\partial z^*}.$$

В данной работе значения коэффициентов турбулентного обмена для импульса движения

$K_M$  и тепла  $K_H$  определяются из алгебраических выражений, а путь смещения  $l$  в зависимости от класса устойчивости в слоях атмосферы:

$$K_H = A_1 l b^3 \left[ (1 - 3C) b^2 + 3A_2 l^2 \left\{ (B_2 - 3A_2) - 3C(4A_1 + B_2) \right\} S \right] + \left[ b^4 + 6A_1^2 l^2 b^2 \left| \frac{\partial \bar{v}_z^2}{\partial z} \right|^2 + 3A_1 A_2 l^2 \left\{ 6A_1^2 l^2 (B_2 - 3A_2) \left| \frac{\partial \bar{v}_z}{\partial z} \right|^2 + (7 + B_2 / A_2) b^2 + 9A_2 l^2 (4A_1 + B_2) S \right\} S \right]; \quad (8)$$

$$K_H = A_2 l \left[ b^3 - 6A_1 l \left| \frac{\partial \bar{v}_z}{\partial z} \right|^2 \right] + \left[ b^2 + 3A_2 l^2 (4A_1 + B_2) \cdot S \right] \quad (9)$$

Здесь,  $b^2 = (u'^2 + v'^2 + w'^2) / 2$  - кинетическая турбулентная энергия;  $l$  - масштаб турбулентности (путь смещения),  $S$  - параметр стратификации;  $(A_1, A_2, B_1, B_2, C, E_3)$  - эмпирическая постоянные. В расчетах принимаются следующие

значения  $(A_1, A_2, B_1, B_2, C, E_3) = (1.031, 0.4532, 42.5, 15.1, 0.2, 1)$ .

Масштаб турбулентности  $l$  определяется в ПСА следующим образом:

- для конвективного слоя атмосферы:

$$l = \frac{\chi}{B_1} \left\{ \frac{2 \left( 12 + 0.5 \frac{z_i}{|L|} \right)^{2/3} + 1.7 (1 + 3z_i \times |L|)^{2/3}}{1 + 0.5 |z \times L|^{2/3}} \right\}; \quad (10)$$

- для слабоустойчивого слоя:

$$l = \left\{ \frac{\left( 0.62 + 1.8 \left( \frac{z}{z_i} \right)^{2/3} \right) - 1.65 \left( \frac{z}{z_i} \right)^{4/3}}{B_1 \left( 0.6 \left( \frac{z}{z_i} \right)^{-1/3} - 0.3 \right)} \right\}; \quad (11)$$

- для устойчивого и нейтрального слоя атмосферы примем:

$$\frac{1}{l} = \frac{\Phi_l}{\chi} + \frac{1}{l_0}, \quad \Phi_l = 1 + 3.3 \frac{z}{l},$$

$$l_0 = 0.1 \left( \int_0^\infty b z dz / \int_0^\infty b dz \right), \quad (12)$$

где  $\chi$  - постоянная Карамана;  $z_i$  - высота конвективного слоя;

$L = -u_*^3 / \chi^3 \lambda \theta$  - масштаб длины Монин-Обухова.

Здесь  $\vec{u}$  - трехмерный вектор скорости,  $\Delta = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2$  оператор Лапласа;  $f_k, \lambda$  - параметры Кориолиса и конвекции;  $V_g(z), U_g(z)$  - компоненты геострофического ветра с учетом термического ветра (бароклинности);  $\theta'$  - отклонения потенциальной температуры с фоновой;  $L_1, L_2$  - скрытая удельная теплота конденсации и сублимации;  $C_p$  - удельная теплоемкость воздуха при постоянном

давлении;  $R_{rad}$  - скорость радиационного выхолаживания;  $q$ - удельная влажность;  $\Phi_1, \Phi_2$  - скорости конденсации и сублимации;

Для расчета эволюции микрофизических процессов в районе незамерзающих водоемов необходимо решать уравнения для функций распределения капель  $f_1(\bar{x}, r_1, t)$  и кристаллов  $f_2(\bar{x}, r_2, t)$  совместно с уравнениями (1) - (2).

Для расчета скорости радиационного выхолаживания в слое тумана и эффективного

$$-\rho_a c_p k_0 \left( \frac{\partial T}{\partial z} + \gamma_a \right) - L_w \rho_a k_0 \frac{\partial q}{\partial z} - c_s \rho_s k_s \frac{\partial T_s}{\partial z} = F_l^\uparrow - F_l^\downarrow, \quad (13)$$

которые решалось вместе с уравнением теплопроводности в почве

$$\frac{\partial T_s}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} k_s \frac{\partial T_s}{\partial z} + \eta(z, t); \quad (14)$$

- для влажности - условия сшивки молекулярного турбулентного потоков пара

$$-k_0 \rho_a \frac{\partial q}{\partial z} = \alpha_{эф} \rho_a \frac{V_{II}}{4} (q_{s1} - q_0). \quad (15)$$

Здесь  $\gamma_a$  - сухадиабатический градиент температуры;  $\alpha_{эф}$  - эффективный коэффициент конденсации на поверхности;  $c_s, \rho_s, k_s, T_s$  - теплоемкость, плотность, температура почвы соответственно.  $F_l^\uparrow, F_l^\downarrow$  - интегральные потоки радиации. При расчете длинноволнового излучения используется традиционный подход с интегральными функциями пропускания, которые являются функцией температуры и концентрации основных поглотителей: водяного пара, жидкокапельной воды и углекислого газа. При расчете интегральных функций пропускания используются аппроксимации, предложенные в работе [1,8,10]. Над водой влажность полагалась равной насыщающей, температура воды - 0° С а влажность над поверхностью варьировалась в различных экспериментах; кроме того, на подстилающей поверхности.

Для решения дифференциальные уравнения (1) - (5) с соответствующими краевыми условиями по времени применяется метод расщепления по физическим факторам [3]. Конечно - разностные аппроксимации получаются из дискретизации сумматорного тождества. На каждом временном интервале будем расщеплять задачу на два этапа:

1. Перенос субстанции вдоль траекторий и турбулентной обмен,

излучения поверхности  $R_0$  решались уравнения переноса длинноволновой радиации в двух потоковом приближении. Использовался метод схематизированного спектра К.Я. Кондратьева.

Краевые условия на подстилающей поверхности (на уровне шероховатостей  $z_0$ ) вокруг незамерзающей водоема следующие:  
- для температуры - уравнения теплового баланса [1,3,6]:

2. Задачи динамического согласования метеорологических полей

Первый этап соответствует с начальными и краевыми условиями с помощью покомпонентного расщепления [3] сводится к последовательному решению ряда одномерных задач. На втором этапе решается задача динамического согласования метеорологических полей, алгоритм которой подробно описан в работах [1,3]. Уравнения турбулентной энергии решалось методом простой прогонки с применением итерационной процедуры.

С помощью описанной модели была проведена серия численных расчетов по моделированию мезометеорологических процессов под влиянием водохранилища. Линейные размеры незамерзающего водоема - 6км<sup>2</sup>, а рассматриваемый полигон по X и Y составил 60км<sup>2</sup> и по вертикали 2,5км. Эти размеры были выбраны исходя из условия, что они больше возможных максимальных масштабов локальных атмосферных процессов. Расчетная сетка имела 30 узлов по вертикали и 30 узлов по горизонтали. По вертикали сетка была неравномерной ее шаги по оси Z возрастали от 5м из подстилающей поверхности до 100м верхней части области. Остальные параметры модели были выбраны следующие:

$$f_k = 10^{-4} c^{-1}, \quad k_M = 10^4 m^2/c, \quad S = 0,45 \cdot 10^{-2} \text{град}/m, \quad \lambda = 0,046 m/(c \cdot \text{град}),$$

$$z_0 = 0,01m; \quad = 0,4, \quad \rho_a = 1300 \text{г}/m^3;$$

$$c_p = 0,24 \text{кал}/(\text{г} \cdot \text{град});$$

$$\rho_s c_s = 44 \cdot 10^4 \text{кал}/(m^3 \cdot \text{град}); \quad k_s = 3 \cdot 10^2 m^2/c,$$

$$g = 9,8 m/c^2, \quad a_3 = 0,56, \quad v_3 = 0,08.$$

$$\theta = \bar{\theta} + Sz_1, \quad \bar{\theta} = 290 \text{к}.$$

Температуры водоема окружающего воздуха и их разница задавались характерными для осеннего времени. Варианты расчетов приведена в таблице 1.

## Impact Factor:

<b>ISRA (India)</b> = 1.344	<b>SIS (USA)</b> = 0.912	<b>ICV (Poland)</b> = 6.630
<b>ISI (Dubai, UAE)</b> = 0.829	<b>ПИИЦ (Russia)</b> = 0.234	<b>PIF (India)</b> = 1.940
<b>GIF (Australia)</b> = 0.564	<b>ESJI (KZ)</b> = 1.042	<b>IBI (India)</b> = 4.260
<b>JIF</b> = 1.500	<b>SJIF (Morocco)</b> = 2.031	

Рассмотрим вариант эксперимента, в котором задавалась средняя температура водоема  $+10^{\circ}\text{C}$ . Начальная температура воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$ , затем через 2,5 – 3 года она понижается на  $3 - 4^{\circ}\text{C}$  вследствие радиационного выхолаживания, т.е. горизонтальный контраст температуры  $\Delta T = 22 - 23^{\circ}\text{C}$ .

Вопрос инициализации принадлежит к числу наименее разработанных в задаче мезомасштабного численного прогноза. В связи с отсутствием мезомасштабной сети наблюдений предполагают обычно, что указанная задача

является задачей "без начальных данных", другими словами, что влияние начальных полей становится пренебрежимым уже в первые часы прогноза, и в дальнейшем прогноз определяется вынужденными воздействиями в сочетании со свойствами данного региона (радиационные притоки тепла, вторжение извне, орография, альбедо и т.д.). Поэтому начальные поля обычно восстанавливаются по тем или иным стационарным квазистатистическим соотношениям с целью сократить начальный период их резкой перестройки.

Таблица 1

Варианты расчетов естественной эволюции тумана.

Вариант	$\vec{u}_{\Phi}$ м/с	$q_0\%$	$T_1=T_2^{\circ}\text{C}$	max влажность г/кг	время развития мик	ледность г/м <sup>3</sup>
1	5	90	-10	0,29	52	-
2	5	85	-10	0,21	59	-
3	3	85	-10	0,24	48	-
4	3	80	-10	0,25	55	-
5	5	92	-12	0,42	37	0,005

$\vec{u}_{\Phi}$  – скорость фонового ветра;  $T_1, T_2$  – начальные температуры с наветренной сторон водоема;  
 $q_0$  – начальная относительная влажность.

Влажность над водоемом 3- 4 раза больше чем окружающей суши, возмущения температуры максимальны на высоте 120 – 150 м, а на подстилающей поверхности быстро релаксируют. Результаты расчетов приводятся на момент времени через 1ч после момента начала интегрирования. К этому времени характерные параметры атмосферы выходят на квазистационарный уровень определяемый скоростью длиноволнового радиационного выхолаживания. В результате взаимодействия холодной воздушной массы  $T_1 = -10^{\circ}\text{C}$  в набегающем потоке с более теплой поверхностью водоема образуется туман, который распространяется над поверхностью водоема и на несколько километров в направлении горизонтальных масштабов. Возмущение метеорологических полей иллюстрирует рис.1 соответствующий варианту 5 в таблице 1.

Возмущение удельной влажности воздуха, как показывает результаты численных экспериментов распространяется по ветру несколько километров.

Аналогичные данные для численного эксперимента с перегревом воды в  $18^{\circ}\text{C}$  по отношению к окружающему воздуху представлены на рис.2а,б,в (вариант 5). Как следовало ожидать, увеличение величины  $\Delta T$  приводят к более интенсивному и обширному туманообразованию. Граница тумана находится

дальше от берега водохранилища по направлению ветра на несколько километров по сравнению с расчетами  $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ .

Кроме того, верхняя граница значительно выше чем в эксперименте  $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ . Влажность тумана на водоемом выше почти 2 раза, чем первом эксперименте. Аналогичные результаты получены для температурных изменений и изменений влажности.

Надо отметить, при уменьшении размеров водоема вероятность образования тумана резко падает. Но и при отсутствии тумана водохранилищем возникают возмущение метеорологических элементов, которые также зависят от контраста температур натекающего воздуха и воды  $\Delta T$ .

Разработанная методология использования численной нестационарной неоднородной модели пограничного слоя атмосферы позволяет возможность для оценки параметров адвективного в естественных условиях при наличии незамерзающих водоемов. Выявлены условия, способствующие образованию адвективного тумана и тумана парения в окрестности незамерзающих водоемов. По мнению авторов, относительная простота модели позволяет осуществлять с ее помощью массовые расчеты изменения микроклимата в окрестности незамерзающих водоемов.

## Impact Factor:

<b>ISRA</b> (India) = <b>1.344</b>	<b>SIS</b> (USA) = <b>0.912</b>	<b>ICV</b> (Poland) = <b>6.630</b>
<b>ISI</b> (Dubai, UAE) = <b>0.829</b>	<b>PIHHI</b> (Russia) = <b>0.234</b>	<b>PIF</b> (India) = <b>1.940</b>
<b>GIF</b> (Australia) = <b>0.564</b>	<b>ESJI</b> (KZ) = <b>1.042</b>	<b>IBI</b> (India) = <b>4.260</b>
<b>JIF</b> = <b>1.500</b>	<b>SJIF</b> (Morocco) = <b>2.031</b>	

## References:

1. Marchuk GI, Kondrat'ev KY, Kozoderov VV, Khvorst'yanov VI (1986) Oblaka i klimat. - L., Gidrometeoizdat, 1986.
2. Berlyand ME (1975) Sovremennye problemy atmosfery i zagryazneniya atmosfery. - L., Gidrometeoizdat, 1975.
3. Marchuk GI (1982) Matematicheskoe modelirovanie v probleme okruzhayushchey sredy – M.: Nauka, 1982.
4. Yamada T (1979) An application of a three-dimensional simplified second - moment closure numerical model to atmospheric effects of large cooling pond. - Atmos. Environ., 1979, vol. 13.
5. Khvorst'yanov VI (1986) Modelirovanie i skhemy zon prosveta pri nazemnom rasseyanii pereokhlazhdennykh tumanov. - Meteorologiya i gidrologiya, 1986, №3.
6. Vager BG, Nadezhina ED (1979) Pogranichnyy sloy atmosfery v usloviyakh gorizontальной neodnorodnosti. - L., Gidrometeoizdat, 1979.
7. Orlandi IA (1976) simple boundary condition for unbounded hyperbolic flows// Y.Comp.Phys.1976.V21.V3
8. Feygel'son EM (1970) Luchisty teploobmen i oblaka. - L., Gidrometeoizdat, 1970.
9. Krasnokutskaya LD, Sushkevich TA (1977) Analiticheskoe predstavlenie integral'nykh funktsiy propuskaniya oblakov. - Izv.AN SSSR. Fizika atmosfery i okeana, 1977, t.13, № 5.