

УДК 551431.1

**А.К. Ахсалба, Я.А. Экба, С.И. Марандиди****ВЛИЯНИЕ МОРЯ НА ГАЗОВЫЙ СОСТАВ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА  
ПОБЕРЕЖЬЯ АБХАЗИИ**

*Впервые для прибрежной зоны Абхазии сделана попытка оценки влияния моря на газовый состав атмосферы. Выполнены численные эксперименты и по их результатам получены оценки средних по сезонам потоков кислорода в прибрежной зоне. Сезонная динамика потоков  $O_2$  определяется как сезонными изменениями температуры воды, так и соответствующими изменениями поля концентрации растворенного кислорода. Максимальные концентрации выявлены в зимний и весенний периоды. В результате статистической обработки данных выявлена существенная зависимость концентрации углекислого газа приземного слоя воздуха от скорости ветра с надежностью корреляции 0,95. Установлена также зависимость концентрации кислорода воздуха от температуры воды с надежностью корреляционной связи 0,99.*

*Углекислый газ; кислород; эвазия; температура воды; скорость ветра.*

**A.K. Akhsalba, Ya.A. Ekba, S.I. Marandidi****THE INFLUENCE OF GAS COMPOSITION OF ATMOSPHERIC AIR  
OF THE SEASHORE OF ABKHAZIA**

*For the first time for the coast of zone of Abkhazia there was made an attempt of grade of the influence of the sea on gas composition of atmosphere. Numeral experiments are fulfilled and according to their results appraisals of medium and season stream of oxygen in the coast zone. Season dynamic stream of  $O_2$  is defined as season changes of temperature of water and appropriated changes of the field of concentration of soluble oxygen. Maximum concentration are found in winter – spring period. In the result of statistical treatment of facts it is found out fundamental addition concentration of carbon dioxide of land air with the speed of the wind with reliable correlation 0,95. Set up found out addition of concentration of oxygen from the temperature of water with reliable correlated connection 0,99.*

*Carbon dioxide; oxygen; the temperature of water; the speed of the wind.*

Морская вода представляет собой универсальный раствор, в состав которого входят все известные элементы.

В районах Кавказского побережья поверхностный слой воды в течение всей весны пересыщен углекислым газом ( $CO_2$ ). Летом поверхностные воды интенсивно прогреваются, это вызывает выделение  $CO_2$  из воды в атмосферу и понижение растворимости двуокиси углерода. По данным лаборатории Абхазского государственного центра экологического мониторинга (АГЦЭМ) Республики Абхазия, наибольшие средние месячные величины биологического потребления кислорода через пять суток ( $BPK_5$ ) наблюдались в поверхностных водах морской акватории Сухума летом и осенью (2,02–2,11 мг  $O_2$  /л), наименьшие же зимой и весной (1,73–1,93 мг  $O_2$  /л). Повышение величины  $BPK_5$  в летне-осенний период обусловлено поступлением в воду органического вещества, фотосинтезируемого фитопланктона и повышенным значением температуры в этот период [3].

*Объекты и методы исследований.* Проведен анализ динамики концентрации углекислого газа и кислорода в атмосфере прибрежной части Абхазии за период 2011–2012 гг. по данным мониторинга метеостанции «Маяк», г. Сухум, РА. Непрерывные измерения концентрации  $CO_2$  и  $O_2$  на метеостанции «Маяк» г. Сухум были начаты в 2011 г., измерения проводились с помощью газоанализатора ПГА-7. Выявлена зависимость перепада потоков газа в атмосферном воздухе от гидрофизических параметров морской воды.

Экспериментальные данные обрабатывались методами корреляционного анализа в редакторе Excel.

**Результаты и обсуждения.** Согласно существующим представлениям, даже небольшие изменения средней скорости ветра над морской поверхностью могут заметно сказаться на среднем газообмене: изменится вероятность сильных ветров, которые вносят существенный вклад в средний поток  $\text{CO}_2$  и почти полностью определяют средний поток кислорода. Вклад сильного ветра в перенос кислорода и  $\text{CO}_2$  сильно различается. Изменение температуры проявляется по-разному в различных деталях механизма газопереноса, но изменение менее чем на  $5^\circ\text{C}$  представляется мало существенным [2].

По данным Я.А. Эмба и Р.С. Дбар [4] многолетняя изменчивость среднегодовой температуры морской воды в акватории г. Сухум находится в пределах  $15,2\text{--}17,6^\circ\text{C}$ . При общем положительном тренде температуры верхнего горизонта моря, составляющем  $0,4\text{--}0,5^\circ/100$  лет, с начала XX века и до 90-х гг. она понижалась. Начиная с 1994 г. температура воды стала повышаться синхронно с повышением температуры воздуха [1], и за последние десятилетия температура верхнего горизонта сухумской акватории повысилась на  $1,1^\circ\text{C}$ . Наименьшая средняя месячная температура поверхностного слоя воды в прибрежной зоне наблюдается в феврале, что в целом согласуется с общим ходом теплового баланса. В то же время соотношение теплопотерь моря и значений температуры воды не всегда согласуются, что связано с поступлением более теплых вод, приносимых основным черноморским течением (ОЧТ) и особенностями морфометрии прибрежных районов. Наибольшая среднемесячная температура наблюдается в августе. Годовые колебания температуры охватывают поверхностный слой в 150 м, а глубже температура остается почти неизменной и в течение всего года составляет  $8\text{--}9^\circ\text{C}$ , что соответственно и оказывает влияние на газообмен сред: вода–воздух.

С учетом сезонных колебаний содержания углекислого газа в воздухе и температуры рассчитаны среднемесячные потоки  $\text{CO}_2$ . В годовом ходе концентрация углекислого газа сильно варьировала от минимальных значений  $0,003\%$  в мае месяце при минимальной скорости ветра  $4,5\text{ м/с}$  до максимальных  $0,18\%$  в декабре месяце при максимальной скорости  $10,1\text{ м/с}$  (рис. 1). Максимальные концентрации углекислого газа в атмосферном воздухе характерны для осенне-зимнего периода.

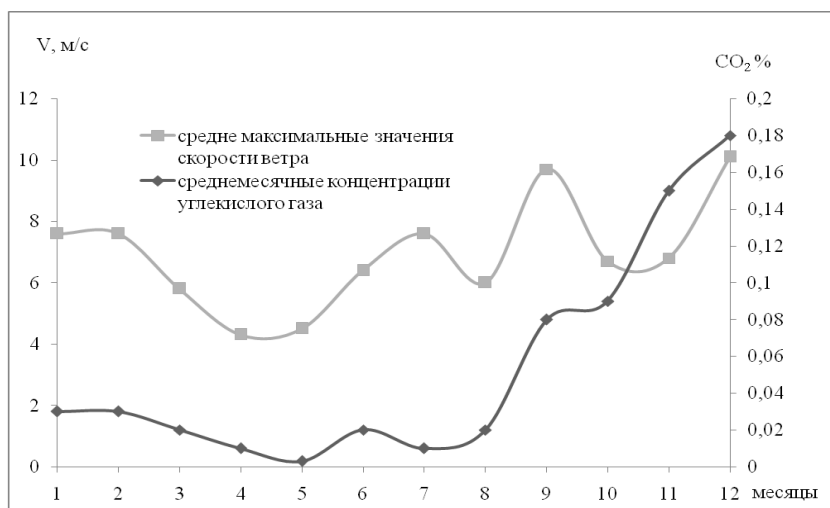


Рис. 1. Годовой ход концентрации углекислого газа в прибрежной зоне г. Сухум

На рис. 2 представлена динамика сезонного хода концентрации кислорода, видно что насыщение воздуха кислородом наблюдается в зимний и весенний периоды. Зимой происходит интенсивное поглощение кислорода (инвазия) поверхностью моря, летом, наоборот, его выделение (эвазия) в атмосферу. Однако средние за зиму и за лето потоки далеко не уравнивают друг друга, поскольку в летний период велико влияние бризовых ветров, высокой влажности воздуха и фотосинтеза растительности суши, которые могут существенно влиять на концентрацию кислорода в атмосферном воздухе прибрежной зоны.

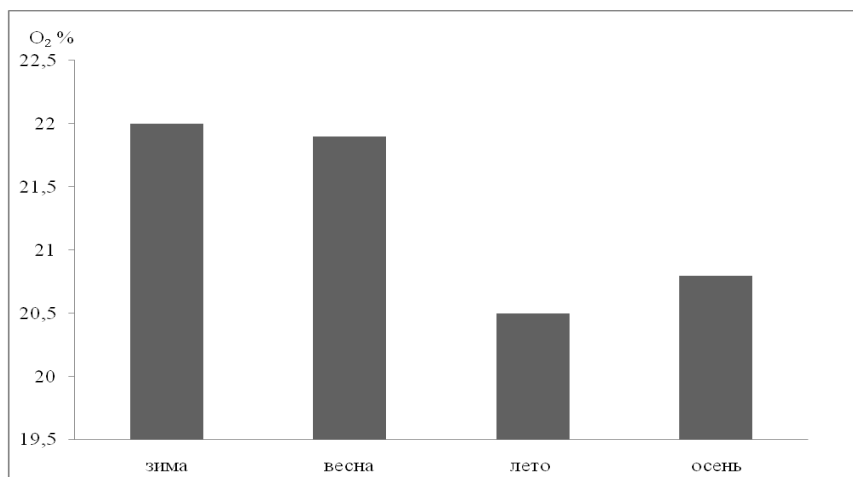


Рис. 2. Сезонный ход концентрации кислорода в прибрежной зоне г. Сухум

В годовом ходе для кислорода минимальные и максимальные концентрации больше коррелируют (обратная зависимость) с температурой воды (20,2 %) в августе месяце при температуре воды 28,9 °С и максимальное 22,7 % в марте при температуре воды 8,2 °С (рис. 3).

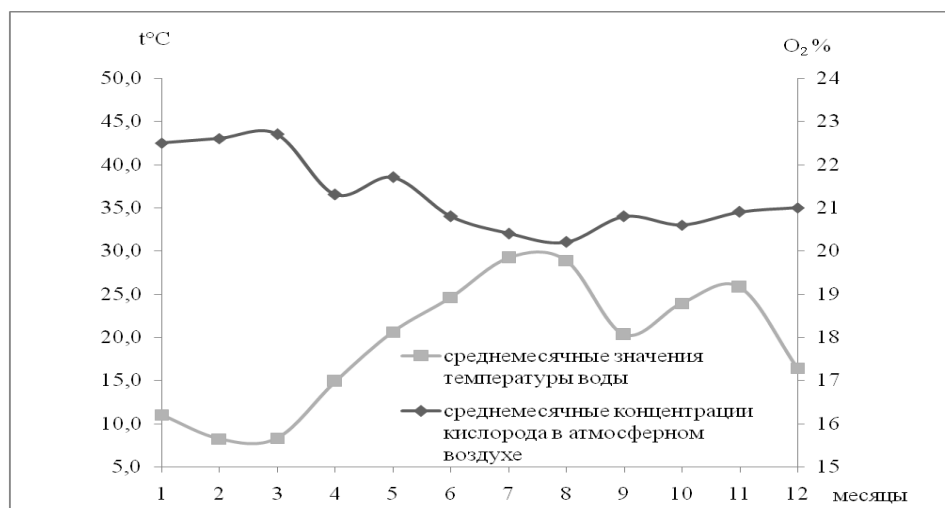


Рис. 3. Годовой ход концентрации кислорода и среднемесячные значения температуры морской воды в прибрежной зоне г. Сухум

Полученные результаты вполне согласуются с данными лаборатории (АГЦЭМ) по мониторингу сухумской акватории Черного моря.

Результаты расчетов корреляционной зависимости углекислого газа и кислорода от гидрофизических параметров произведены нами с помощью коэффициента корреляции R по следующей формуле:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})(t_i - t_{cp})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{cp})^2 \sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}}$$

Статистическая значимость R определяется из условия  $R \geq R^*$ , где  $R^*$  – критическое значение коэффициента корреляции, определяемое по табл. 1 при заданном числе степеней свободы ( $\nu$ ) и уровне значимости ( $\alpha$ ), где  $\nu = n-2$ ,  $n$  – объем ряда,  $\alpha=5\%$ .

*Выводы по статистической значимости корреляции углекислого газа от скорости от средних максимальных значений скорости ветра.* Так как коэффициент корреляции  $0,625761 \geq 0,576$  (критического значения) то с вероятностью 0,95 концентрация углекислого газа зависит от значений скорости ветра.

Нами также произведен расчет по статистической значимости корреляции углекислого газа от высоты волны. Так как коэффициент корреляции  $0,134632 < 0,576$  (критического значения), то с вероятностью 0,95 концентрация углекислого газа не зависит от высоты волны.

Таблица 1

**Критические значения коэффициента парной корреляции R\***

Число степеней свободы ( $\nu$ )	Уровень значимости ( $\alpha$ )	
	5 %	1 %
10	0,576	0,708
11	0,553	0,684
12	0,532	0,661

Аналогичные расчеты нами были произведены и для зависимости концентрации кислорода от гидрофизических параметров.

Статистическая значимость R определяется из условия  $R \geq R^*$ , где  $R^*$  – критическое значение коэффициента корреляции, определяемое по табл.2 при заданном числе степеней свободы ( $\nu$ ) и уровне значимости ( $\alpha$ ), где  $\nu = n-2$ ,  $n$  – объем ряда,  $\alpha = 5\%$ .

Таблица 2

**Критические значения коэффициента парной корреляции R\***

Число степеней свободы ( $\nu$ )	Уровень значимости ( $\alpha$ )	
	5 %	1 %
10	0,576	0,708
11	0,553	0,684
12	0,532	0,661

*Выводы по статистической значимости корреляции кислорода и температуры воды.* Так как коэффициент корреляции  $|-0,913251| > 0,576$  (критического значения), то с вероятностью 0,95 кислород зависит от температуры воды. Более того так как коэффициент корреляции  $|-0,913251| > 0,708$  (критического значения), то с вероятностью 0,99 концентрация кислорода зависит от температуры воды.

*Выводы по статистической значимости корреляции кислорода и скорости ветра.* Так как коэффициент корреляции  $|-0,13549| < 0,576$  (критического значения), то с вероятностью 0.95 концентрация кислорода не зависит от скорости ветра.

*Выводы по статистической значимости корреляции кислорода и высоты волны.* Так как коэффициент корреляции  $|0,306777| < 0,576$  (критического значения), то с вероятностью 0.95 концентрация кислорода в атмосферном воздухе не зависит от высоты волны.

**Выводы.** Показано, что изменение скорости ветра приводит к существенным изменениям эвазии  $\text{CO}_2$  в атмосфере прибрежной зоны.

Максимальные потоки концентрации углекислого газа, хорошо коррелирующие со скоростью ветра, выявлены в осенне-зимний период.

Систематизированы и проанализированы данные измерений, характеризующие короткопериодную изменчивость и статистическую структуру поля концентрации кислорода в атмосферном воздухе.

Выполнены численные эксперименты и по их результатам получены оценки средних по сезонам потоков кислорода в прибрежной зоне. Сезонные изменения потоков  $\text{O}_2$  определяются как сезонными изменениями температуры воды, так и соответствующими изменениями поля концентрации растворенного кислорода. Максимальные концентрации выявлены в зимний и весенний периоды.

Полученные результаты вполне согласуются с общими физико-географическими характеристиками Черного моря.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ахсалба А.К.* Многолетние изменения температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Абхазии // Известия вузов Северо-Кавказского региона. – 2007. – № 5. – С. 10-17.
2. *Бортковский Р.С.* К оценке среднего обмена кислородом и  $\text{CO}$  [2] между океаном и атмосферой в ключевых районах океана // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 250-257.
3. *Гицба Я.В., Дбар Р.С., Эмба Я.А.* Окислительно-восстановительные реакции в черноморской акватории Абхазии // Труды третьей региональной конференции «Биоразнообразии Кавказа». – Нальчик, 2004. – С. 34-37.
4. *Эмба Я.А., Дбар Р.С.* Экологическая климатология и природные ландшафты Абхазии. – Сочи, 2007. – 324 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор Р.А. Ласурия.

**Ахсалба Асида Константиновна** – Абхазский госуниверситет, Институт экологии АНА; e-mail: Asida\_cen@mail.ru; 384904, г. Сухум, ул. Университетская, 1; тел.: +79409219946; кафедра прикладной экологии, кафедра общей физики; преподаватель; с.н.с.; к.ф.-м.н.; доцент.

**Эмба Январби Алиевич** – e-mail: ekba-yan@yandex.ru, тел.: +79409217190; кафедра прикладной экологии; зав. кафедрой; зам. директора по науке; д.ф.-м.н.; профессор; член-корр. АНА.

**Марандиди Софья Исаковна** – e-mail: sgiana@mail.ru; тел.: +79407702594; инженер.

**Akhsalba Asida Konstantinovna** – Abkhazian state university, Institute of ecology of the Academy of science of Abkhazia; e-mail: Asida\_cen@mail.ru; 1, University, street, Sukhum, 384904; phone: +79409219946; the department of applied ecology, department of general physics; the teacher of the elder research assistant; cand. of phis.-math. sc.; professor.

**Ekba Yanvarbi Alievich** – e-mail: ekba-yan@yandex.ru; phone: +79409217190; the applied ecology department; head the department; depute director of science; dr. of phis.-math. sc.; professor; the member correspondent of the Academy of science of Abkhazia.

**Marandidi Sophya Isaacovna** – e-mail: sgiana@mail.ru; phone: +79407702594; engineer.