



УДК 574.5 (262.81)

ДВУОКИСЬ УГЛЕРОДА В ВОДАХ УСТЬЕВОГО ВЗМОРЬЯ РЕК ТЕРЕК И СУЛАК

© 2010. 2010. Монахова Г.А., Расулова М.М., Курамагомедов Б.М.

Дагестанский государственный университет

Исследования проводились в соответствии с Государственным контрактом № П1757 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

Аннотация. Приводятся результаты изучения изменчивости содержания двуокиси углерода в водах Терско-Сулакского устьевого взморья в связи с распределением хлорности.

Annotation: Results of studying of variability of the maintenance of dioxide of carbon in waters Tersko-Sulaksky mouth reach seashore in connection with distribution chlorinity are resulted.

Ключевые слова: Каспийское море, устьевое взморье, карбонатная система, двуокись углерода, хлорность.

Keywords: Caspian Sea, mouth reach seashore, carbonate system, dioxide of carbon, chlorinity.

Основной частью карбонатной системы – сложной химической многокомпонентной равновесной системы Мирового океана – является двуокись углерода (CO_2), концентрация которой в водах Каспийского моря подвержена широкой изменчивости [7, 8]. Помимо свободной двуокиси углерода, карбонатная система включает также угольную кислоту (H_2CO_3), карбонат (CO_3)² и гидрокарбонат (HCO_3)⁻ – ионы. В равновесии с этими компонентами находится концентрация ионов водорода и кальция [6]. При этом карбонатная система в целом и ее отдельные компоненты реагируют практически на любые изменения биохимических и физических параметров морской среды [3].

Целью наших исследований является изучение изменений карбонатной системы Каспийского моря и их причин. Актуальность таких исследований обусловлена несколькими обстоятельствами. Во-первых, карбонатную систему Каспийского моря можно рассматривать как модель карбонатной системы Мирового океана и, как таковую, использовать для изучения природных и антропогенных изменений его состояния. Во-вторых, изучение карбонатной системы Каспийского моря представляет интерес с точки зрения реализации Киотского протокола к Рамочной конвенции по изменению климата, одной из основных задач которого является инвентаризация источников и поглотителей парниковых газов, включая природные системы. Третье обстоятельство связано с расширением масштабов гидротехнического строительства на Каспии и необходимостью уточнения в связи с этим агрессивных свойств морской воды. При этом сведения о современном состоянии карбонатной системы Каспийского моря, необходимые для ответов на эти вопросы, отсутствуют в научной литературе.

Одной из задач наших исследований является анализ пространственно-временной изменчивости содержания CO_2 в водах Каспийского моря в связи с распределением гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров. В качестве материалов для ее решения используются данные Росгидромета, хранящиеся в Едином государственном фонде данных о состоянии окружающей среды. В частности материалами для данного исследования послужили материалы экспедиционных работ, проводившихся на Терско-Сулакском устьевом взморье в середине 80-х годов прошлого столетия. Это взморье, находящееся в зоне водообмена между Северным и Средним Каспием, известно широкой изменчивостью гидрологических условий [1, 2] и потому является удобным объектом исследований.

Предметом исследования стало распределение концентрации двуокиси углерода (pCO_2) в поверхностном и придонном слоях воды устьевого взморья. Исходные данные были взяты из научно-технических отчетов Терско-Сулакской устьевой станции, содержащих результаты судовых экспедиционных работ на взморьях рек Старый Терек, Новый Терек и Сулак за 1985, 1986 и 1988 гг. по закрепленной сетке станций [5]. На их основе создана база данных, включа-



ющая в себя результаты измерений pH, общей щелочности (Alk), температуры воды и хлорности в поверхностных и придонных горизонтах. На предварительной стадии была проведена проверка и выбраковка данных, разработаны алгоритмы, позволяющие их объединить, провести статистическую обработку. Всего в базу внесено: для взморья р. Старый Терек – 96 записей для каждого компонента, взморья р. Новый Терек – 306, взморья р. Сулак – 214.

Обработка полученных данных осуществлялась с использованием методов расчета карбонатной системы в морской воде, приведенных в отечественном руководстве [9]. Величина pCO_2 и другие компоненты карбонатной системы (концентрации двуокиси углерода C_{CO_2} , гидрокарбонатных $HC_3O_3^-$, карбонатных $C_3O_3^{2-}$ ионов и суммарной уголекислоты ΣCO_2) рассчитывались при помощи специально написанной программы расчета компонентов карбонатной системы Каспийского моря (Carbon SYS), опирающейся на таблицы и алгоритм действий, описанный в упомянутом руководстве.

На основе полученных данных осуществлялась подготовка таблиц, диаграмм и карт для всех компонентов карбонатной системы и гидрологических параметров. Для характеристики общей картины пространственного распределения двуокиси углерода в морской воде в связи с гидрологическими условиями использовались средние значения, рассчитанные по данным всех съемок. На рис. 1 показано распределение средних значений концентрации двуокиси углерода ($pCO_2 \cdot 10^{-4}$ атм) в водах устьевого взморья рр. Старый и Новый Терек и р. Сулак. Средние, максимальные и минимальные значения $pCO_2 \cdot 10^{-4}$ атм. для исследуемых районов в поверхностном слое воды приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние, максимальные и минимальные значения $pCO_2 \cdot 10^{-4}$ атм. в поверхностном слое воды различных районов Каспийского моря

| Район моря | лето | | | осень | | | год | | |
|-------------------------|------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|------------|------------|-----------|
| | средн . | макс . | мин . | средн . | макс . | мин . | средн . | макс. * | мин. * |
| Взморье р. Старый Терек | 6,37 | 7,00 | 5,69 | 3,78 | 5,20 | 3,13 | 4,90 | 6,25 | 4,38 |
| Взморье р. Новый Терек | 5,13 | 8,08 | 4,02 | 4,21 | 6,23 | 3,33 | 4,62 | 6,42 | 3,82 |
| Взморье р. Сулак | 4,12 | 4,93 | 3,09 | 5,04 | 9,64 | 2,21 | 4,47 | 6,80 | 2,67 |

Примечание: * Максимальные и минимальные значения $pCO_2 \cdot 10^{-4}$ атм. выбраны из средних годовых значений

Из рис. 1 и табл. 1 следует, что средняя концентрация двуокиси углерода в морской воде в пределах рассматриваемого района незначительно убывает с севера на юг: в районе взморья р. Ст. Терек она равна $4,9 \cdot 10^{-4}$ атм., а в районе взморья р. Сулак – $4,5 \cdot 10^{-4}$ атм. В направлении с севера на юг возрастает размах межгодовых колебаний содержания двуокиси углерода в воде. Разность между максимальным и минимальным значениями средней годовой концентрации на взморье Старого Терека составила 1,87; на взморье Нового Терека 2,60; на взморье Сулака $4,13 \cdot 10^{-4}$ атм.

Как видно из табл. 1, наблюдаются довольно существенные различия в характере сезонного хода pCO_2 для всех изучаемых акваторий. Для районов взморья р. Ст. и Нов. Терек характерно значительное превышение летних значений pCO_2 над осенними, что касается взморья р. Сулак, то здесь видна диаметрально противоположная картина – средние и максимальные значения pCO_2 осенью выше, чем летом. При этом минимум pCO_2 во всех районах отмечается в осенний период.

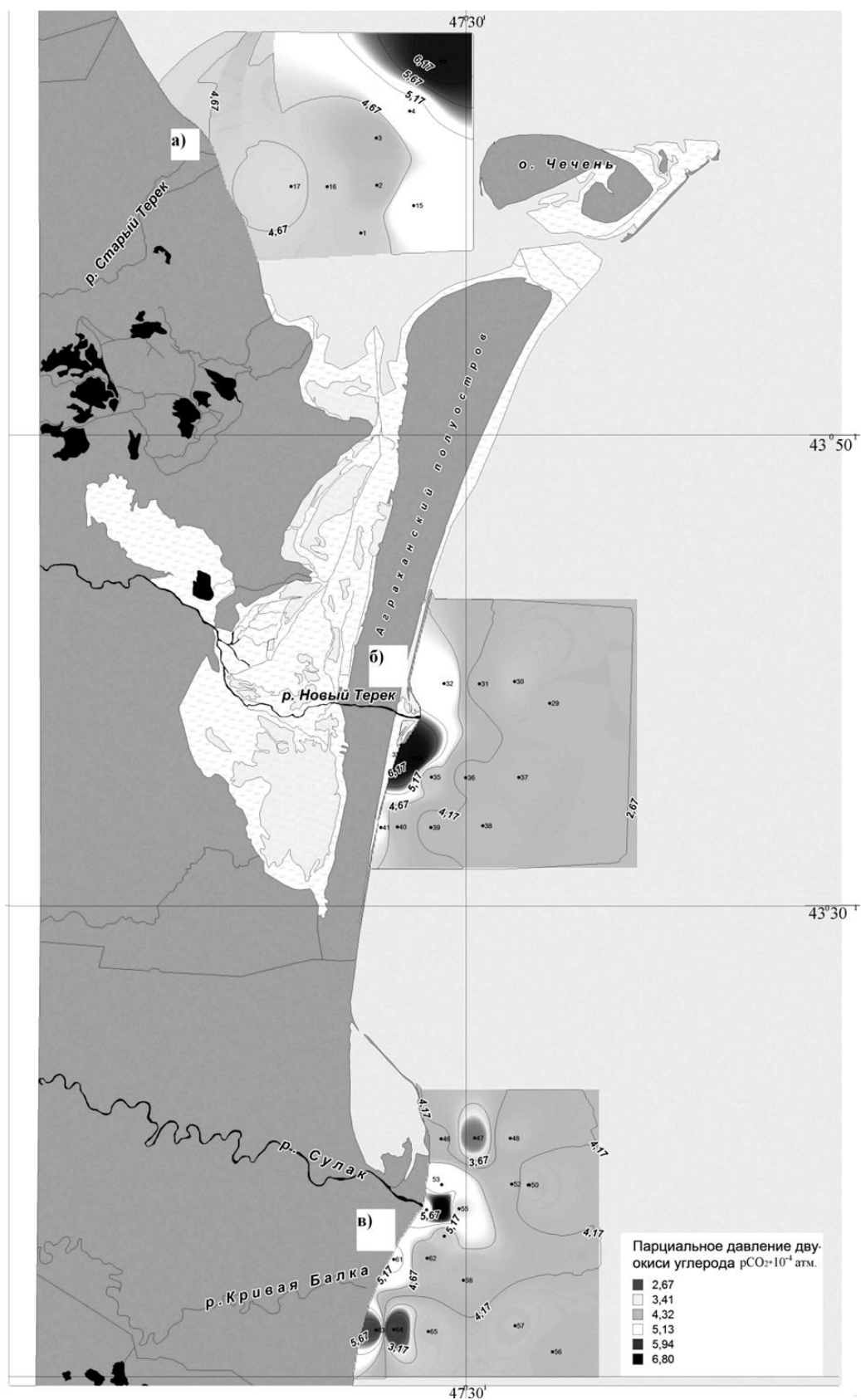


Рис. 1. Распределение среднееголетних величин давления двуокиси углерода $pCO_2 \cdot 10^{-4}$ атм. в поверхностном слое воды: а) Взморье р. Старый Терек; б) Взморье р. Новый Терек, в) Взморье р. Сулак

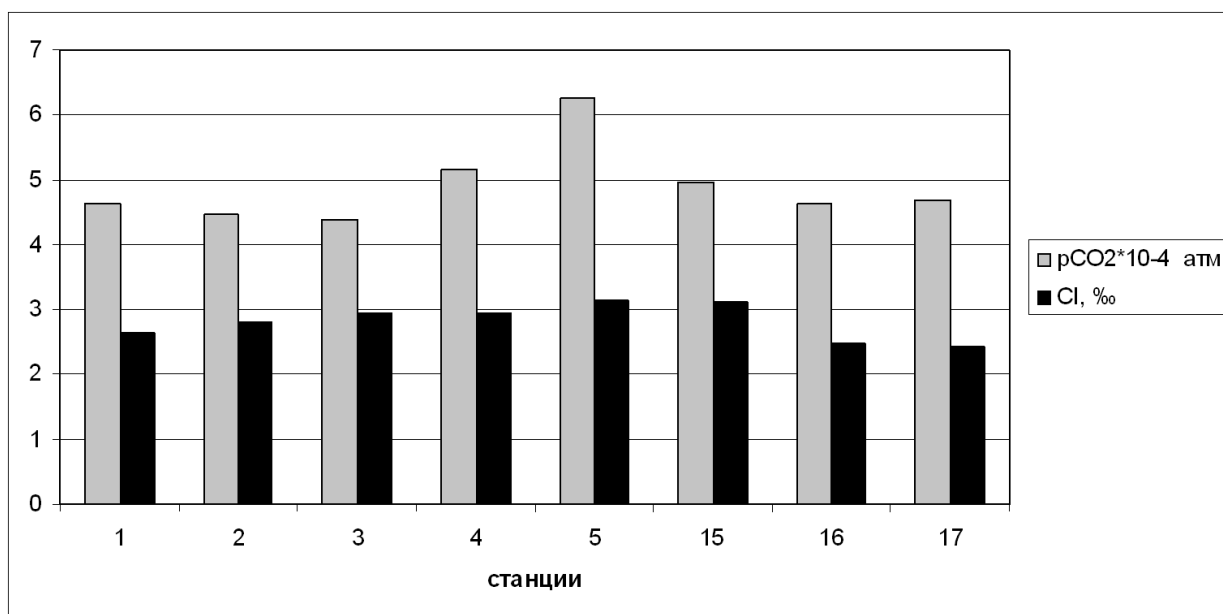


На рис. 1 видно, что на устьевом взморье рр. Новый Терек и Сулак наибольшие значения $p\text{CO}_2$ наблюдаются в придельтовом пространстве, а на устьевом взморье р. Старый Терек – на большом удалении от него. В качестве рабочей гипотезы, объясняющей характер пространственного распределения двуокиси углерода на Терско-Сулакском устьевом взморье, стало предположение о его тесной связи с соленостью. Для ее проверки построены диаграммы распределения величин $p\text{CO}_2$ и хлорности (как показателе солености), приведенные на рис. 3, рассчитаны коэффициенты корреляции для этих показателей.

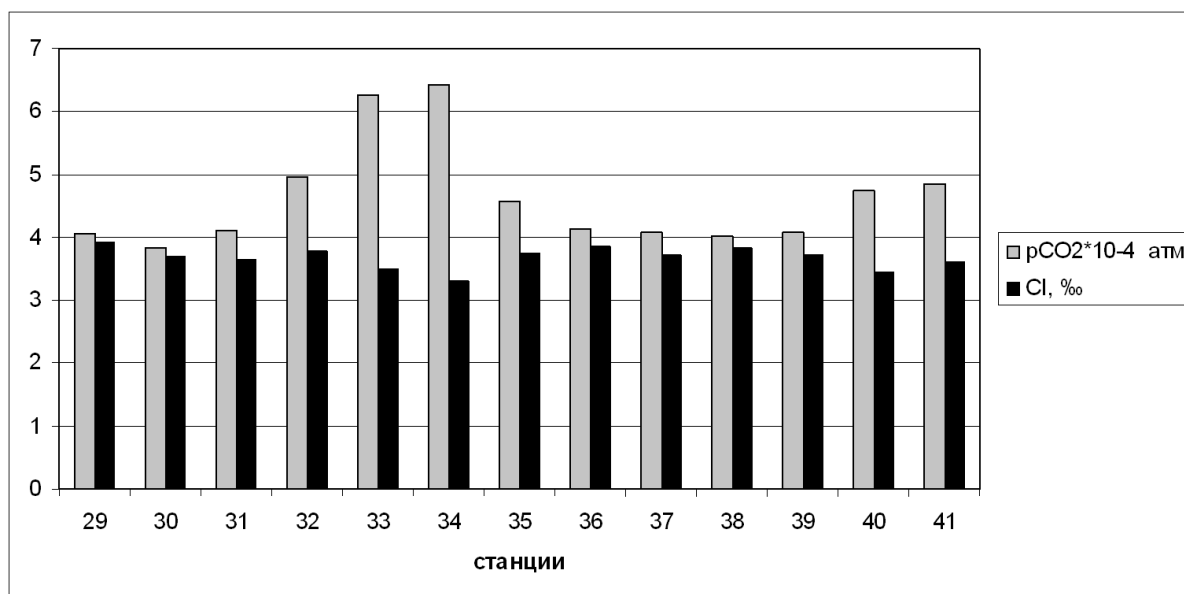
Анализ диаграмм показал, что в районе взморья р. Ст. Терек распределение $p\text{CO}_2$ совпадает с распределением Cl , статистические расчеты указывают, что между значениями хлорности и концентрации CO_2 в воде имеется положительная корреляция ($r = 0,56$). В гидрологическом отношении данный район отличается от других тем, что он в большей степени подвержен влиянию волжского стока, чем влиянию реки, образующей взморье (сток р. Ст. Терек практически полностью забирается на сельскохозяйственные нужды).

Из рис. 2 видно, что на взморье р. Новый Терек распределение $p\text{CO}_2$ противоположно распределению хлорности. Статистические расчеты указывают на тесную отрицательную корреляционную зависимость ($r = -0,75$) этих параметров. В наибольшей степени эта зависимость выражена у станций, расположенных в придельтовом пространстве. При этом скачкообразное повышение $p\text{CO}_2$ в этой области, неадекватное снижению Cl , указывает и на наличие других значимых факторов воздействия на концентрацию двуокиси углерода в воде.

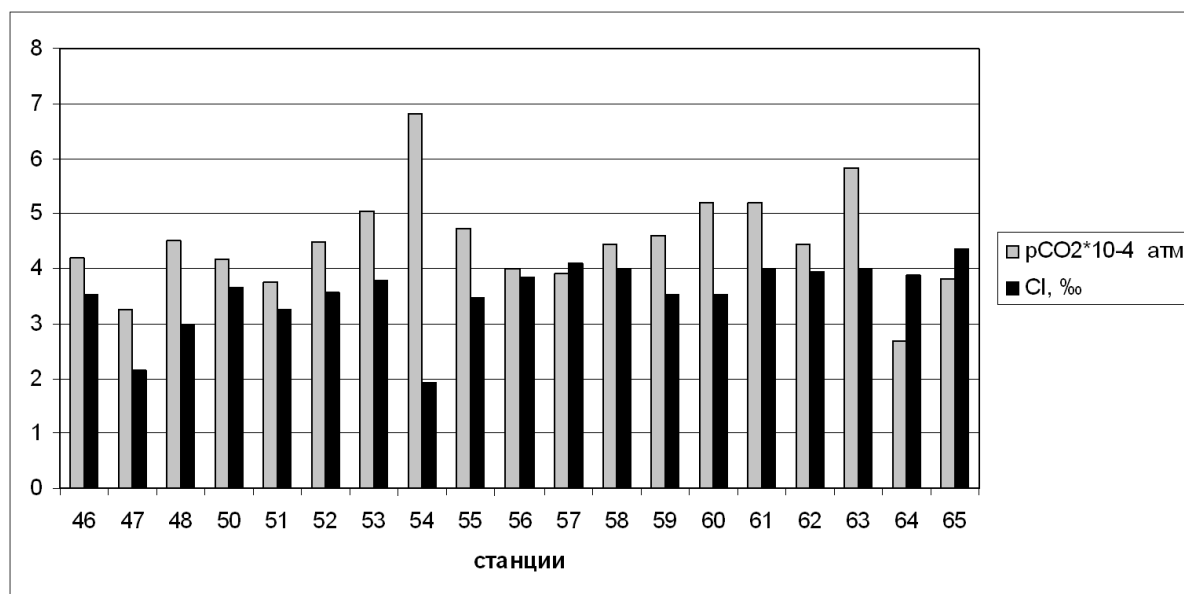
Что касается взморья р. Сулак, то здесь наблюдается более сложный характер зависимости величины $p\text{CO}_2$ от хлорности, при этом по данным статистических расчетов эти параметры не коррелируют друг с другом ($r = -0,23$). На карте, представленной на рис. 2, видно, что распределение концентрации двуокиси углерода в водах устьевого взморья р. Сулак носит пятнистый характер. При этом максимальное значение $p\text{CO}_2$ зафиксировано в придельтовом пространстве, на станции с минимальной хлорностью воды. Однако «пятна» с повышенным содержанием $p\text{CO}_2$ зарегистрированы также в северном и южном районах взморья. Возможно, что их появление обусловлено влиянием стока р. Кривая балка (в южной части взморья) и вод, поступающих из Сулакской бухты (в северной части взморья).



Взморье р. Старый Терек



Взморье р. Новый Терек



Взморье р. Сулак

Рис. 2. Совместное распределение средних значений давления двуокиси углерода $p\text{CO}_2 \cdot 10^{-4}$ атм. и хлорности Cl, ‰ в районе Терско-Сулакского устьевго взморья

Таким образом, проведенные исследования позволили установить три типа зависимости концентрации двуокиси углерода от хлорности в водах устьевго взморья. Выяснилось, что эта зависимость может: а) отсутствовать; б) быть положительной; в) быть отрицательной. Современные представления о причинах изменчивости состояния карбонатной системы в океанах и морях [3, 4] позволяют предполагать, что тип зависимости определяется соотношением, интенсивностью и направленностью физико-химических и биохимических процессов, протекающих в водах устьевго взморья. Задачей наших дальнейших исследований является определение конкретных гидролого-гидрохимических условий, приводящих к формированию того или иного типа зависимости концентрации двуокиси углерода от хлорности (солёности) вод устьевго взморья.



Литература

1. Байдин С.С., Скриптунов Н.А., Штейман Б.С, Ганн Г.Н. Гидрология устьевых областей рек Терека и Сулака. – М.: Гидрометеиздат, 1971. – 199 с.
2. Каспийское море. Гидрология устьев рек Терека и Сулака. – М.: Наука, 1993. – 160 с.
3. Маккавеев П.Н. Изменчивость карбонатного равновесия вод мирового океана. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. д. г. н. – М., 2009. – 48 с.
4. Маккавеев П.Н. Изменчивость карбонатного равновесия вод Мирового океана различных временных и пространственных масштабов // Океанология на старте 21-го века. – М.: Наука, 2008. – С. 108-158.
5. Научно-технические отчеты Терско-Сулакской устьевой станции за 1985, 1986 и 1988 гг.
6. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. 2-е издание., перераб. и доп. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
9. Пахомова А.С., Затучная Б.М. Гидрохимия Каспийского моря. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1966. – 343 с.
10. Пахомова А.С. Гидрохимический облик Каспийского моря за последние 70 лет. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. д. г. н. – М., 1973. – 43 с.
11. Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях. – М.: Гидрометеиздат, 1973. – 535 с.

The literature list

1. Bajdin S.S., Skriptunov N.A., Shtejman B.C, Gann G.N. A hydrology mouth reach areas of the rivers of Terek and Sulak. – Moscow: Gydrometizdat, 1971. – 199 p.
2. Caspian sea. A hydrology of mouth reaches of the rivers of Terek and Sulak. – Moscow: Nauka, 1993. – 160 p.
3. Makkaveev P. N. Variability carbonate balance of waters of world ocean. A dissertation Car-abstract on competition of degree of the doctor of geographical sciences. – Moscow, 2009. – 48 p.
4. Makkaveev P. N. Variability carbonate balance of waters of the World ocean of times-personal of time and spatial scales // Oceanology on start of 21st century. – Moscow: Nauka. 2008. – P. 108-158.
5. Scientific and technical reports Tersko-Sulaksky mouth reach stations for 1985, 1986 and 1988.
6. Nikanorov A.M.. Hydrochemistry: the Textbook. 2 edition., the reslave and added. – St.-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2001. – 444 p.
7. Pahomova A.S., Zatuchnaja B.M. Hydrochemistry of Caspian Sea. – Leningrad: Hydrometeorologistschesky publishing house, 1966. – 343 p.
8. Pahomova A.S. Hydrochemical shape of Caspian Sea for last 70 years. A dissertation Car-abstract on competition of degree of the doctor of geographical sciences. – Moscow, 1973. – 43 p.
9. A management by calculation of elements of a hydrological mode in a coastal zone of seas and in mouth reach of the rivers at engineering researches. – Moscow: Hydrometizdat, 1973. – 535 p