

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКВАТОРИИ НЕФТЯНЫХ КАМНЕЙ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

З. С. Аллахвердиев

Институт Географии Национальной Академии Наук Азербайджана, Азербайджан

Поступила в редакцию 23 апреля 2018 г.

Аннотация: В статье исследованы многолетние гидрометеорологические характеристики акватории Нефтяных Камней Каспийского моря.

Ключевые слова: акватория моря, температура воздуха, температура поверхностного слоя, среднемесячная норма осадков.

Abstract: The long-term hydrometeorological characteristics of the Caspian Sea Oil Rocks water area were investigated.

Key words: seawater area, the air temperature, the temperature of the surface layer, average monthly rainfall.

Нефтяные Камни играют исключительно важную роль в экономике Азербайджанской Республики. Для обеспечения безопасности нефтегазовой добычи, навигации и других отраслей хозяйства непрерывно исследуется гидрометеорологический режим акватории. В настоящее время, с точки зрения науки, необходимо гидрометеорологическое исследование акватории в течение длительного периода времени.

Изучение ветрового режима акватории Нефтяных Камней отражено в научно-исследовательских работах И. В. Фигуровского, Л. Н. Иконниковой, С. Д. Кошинского, Т. М. Шыхлинского, А. А. Мадатзаде и других авторов [5, 6].

Исследования волнений, течений, приливов и отливов проведены В. Х. Глуховским, У. М. Крыловым, А. А. Керимовым, Л. П. Тамбовцевой, Л. А. Веселовой, Г. К. Гюля, Н. Д. Клевцовой [6].

Температурный режим Каспийского моря исследован в работах Е. Архиповой, Т. И. Фурмана, Т. Х. Зульфугарова [6].

В исследовании гидрометеорологических условий Каспийского моря в последние годы особая роль принадлежит таким работам как «Гидрометеорологическая изменчивость и экогеографические проблемы Каспийского моря» [4], а также

«Гидрометеорологический атлас Каспийского моря» [3]. В 2017 году гидрометеорологические исследования проведены коллективом авторов на западном побережье Южного Каспия [1].

Несмотря на то, что гидрометеорологический режим Нефтяных Камней изучен многими специалистами в разные периоды, в настоящее время вновь возникла необходимость исследования состояния гидрометеорологического режима акватории.

В статье нашло отражение исследование температуры воздуха, температуры поверхностного слоя воды и водяного столба, солёности и распределения осадков по акватории Нефтяных камней за период 1961-2010 годов.

Цель статьи – вычисление среднемесячного, сезонного, ежегодного и многолетнего показателей гидрометеорологических параметров, проведение трендовых анализов и выявление гидрометеорологической изменчивости, происшедшей в период климатических изменений.

В исследовании гидрометеорологического состояния акватории на гидрометеорологической станции Нефтяные Камни были привлечены данные многолетних замеров (температура воздуха, температура поверхности воды, солёность) и данные кратковременных замеров в 4 пунктах с 4 по 6 марта 2010 года (температура водяного столба и солёность). Сначала, при помощи формулы (1)

Многолетние показатели и нормы температуры воздуха, осадков и поверхностных вод акватории Нефтяных Камней

Многолетние показатели и нормы температуры воздуха, °С													
Периоды	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	многолетние
1961-1990	7,4	6,1	6,2	9,3	14,5	20,2	24,0	25,2	23,3	18,8	14,0	10,1	14,9
1991-2010	7,4	6,2	6,9	9,4	14,9	20,7	24,4	26,1	23,8	19,6	14,4	10,2	15,4
Многолетние показатели и нормы количества осадков, мм													
1961-1990	14	11	20	16	19	5	3	5	8	19	18	16	152
1991-2010	12	11	8	12	7	2	1	2	7	16	20	13	110
Многолетние показатели и нормы температуры поверхностного слоя воды, °С													
1961-1990	10,1	7,4	6,1	6,2	9,3	14,5	20,2	24,0	25,2	23,3	18,8	14,0	15,9
1991-2010	10,2	7,4	6,2	6,9	9,4	14,9	20,7	24,4	26,1	23,8	19,6	14,4	16,0

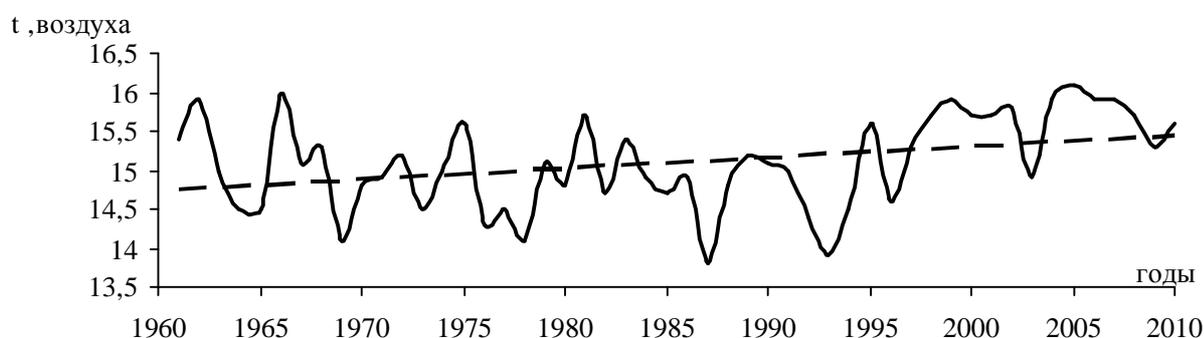


Рис. 1. Среднегодовая температура воздуха в акватории Нефтяных Камней, °С

были вычислены ежегодные и многолетние, сезонные, среднемесячные показатели каждого из этих параметров, произведены трендовые анализы, изучено влияние климатических изменений на гидрометеорологическое состояние [7].

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (1)$$

где N – общее количество членов ряда, x_i – члены ряда, \bar{x} – среднее значение ряда.

Температура воздуха в акватории

При исследовании гидрометеорологического состояния акватории Нефтяных Камней за период с 1961 по 2010 годы прежде всего был рассмотрен многолетний температурный режим воздуха. С помощью формулы (1) первоначально были вычислены температурные нормы среднемесячных температур за период с 1961 по 1990 годы. Оказалось, что они колебались между значениями 6,1-25,2°С, а норма многолетней температуры равнялась 14,9°С (таблица 1). В расчетах Г.Н. Панина, Р.М. Мамедова, И.В. Митрофанова этот показатель составляет 15,0°С [4].

Также были вычислены температурные нормы воздуха по сезонам года, что составило 7,9°С зимой, 9,7°С весной, 23,1°С летом и 18,4°С осенью.

В 1991-2010 годы интервал смены среднемесячных температур воздуха составил 6,2-26,1°С, а средняя многолетняя температура была равна 15,4°С, что на 0,5° больше температурной нормы (таблица 1).

За двадцатилетний период средняя температура воздуха по временам года равнялась 7,9°С зимой, 10,4°С весной, 23,7°С летом и 19,2°С осенью. При сравнении сезонных температурных норм со средними сезонными температурными показателями видно, что средние зимние температуры обоих периодов равны. Однако было обнаружено повышение средних температур весной (0,7°С), летом (0,6°С) и осенью (0,8°С).

Анализ показателей многолетних наблюдений и нормы температуры воздуха за 1961-2010 годы показал, что минимальная годовая температура наблюдалась в 1987 году (13,8°С), максимальная температура в 2005 году (16,1°С).

В целом, начиная с 1997 года, среднегодовая температура воздуха была выше свойственной для

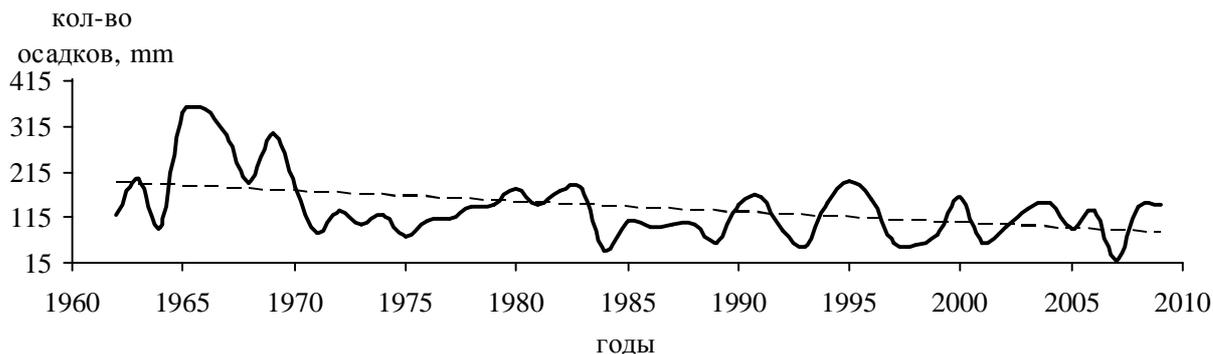


Рис. 2. Распределение среднегодовых осадков в акватории Нефтяных Камней, мм

этой акватории нормы или же находилась в пределах нормы (2003 год).

Для определения изменений среднегодовой температуры воздуха в акватории Нефтяных Камней 1961-2010 годах была составлена кривая (рис. 1), которая указывает на повышение температуры из года в год на этом отрезке времени. Особенно значительные повышения температур произошли после 1999 года.

В свою очередь, это является показателем повышения температуры воздуха относительно нормы в акватории Нефтяных Камней в период климатических изменений (1991-2010 гг.). Повышение температуры происходило, главным образом, весной, летом и осенью.

Режим осадков акватории

При исследовании распределения многолетних сумм атмосферных осадков, наблюдаемых в акватории Нефтяных Камней, использованы аналогичные методы расчета, как и температура воздуха. Нормы осадков, характерные для этого морского района, вычислены и приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что этот район не отличается избытком в выпадении осадков. Так, нормы ежемесячных осадков колебались между 3-20 мм, а многолетние осадки составляли 152 мм. В научной литературе указывается, что этот показатель равен 110 мм (1951-1985 гг.) [4]. Распределение же годовых сумм осадков было более контрастным — 42 мм в 1984 году и 355 мм в 1966 году. Показатели норм осадков по сезонам следующие: зимой 13 мм, весной 19 мм, летом 4 мм и осенью 15 мм. По сравнению с другими временами года весной осадков выпадает относительно больше.

В период, когда происходят климатические изменения, важно осуществлять сравнительный анализ количества осадков, выпавших за последние десятилетия на акваторию Нефтяных Камней, с многолетней нормой осадков, характерных для

данной акватории. Поэтому был сделан статистический анализ периода, охватывавшего 1991-2010 годы (таблица 1). В результате, оказалось, что за данный период интервал распределения месячных и годовых сумм осадков менялся соответственно между 1 мм в июле и 20 мм в ноябре, а максимум составил 193 мм (в 1995 г.) и 22 мм (в 2007 г.). Сезонное распределение осадков отмечено следующими показателями — зима — 11 мм, весна — 9 мм, лето — 2 мм и осень — 14 мм. Средние многолетние осадки составили 110 мм. Все эти показатели осадков меньше соответствующих норм. Анализ подтверждает, что количество осадков в акватории Нефтяных камней имеет тенденцию к уменьшению в период продолжения климатических изменений. Чтобы удостовериться в реальности данного факта, была составлена кривая распределения годовых показателей 1961-2010 годов (рис. 2). Из графика можно ясно видеть уменьшение количества годовых осадков в указанный период.

Распределение температур в поверхностном слое воды акватории

Температурный режим Каспийского моря формируется в основном в результате теплового обмена атмосферы и воды. Здесь главная роль принадлежит участкам моря с глубиной до 25 м, так как в глубоких морских водах процесс тепловой адвекции воды иной. В этих слоях процессы нагрева и охлаждения воды очень замедлены. Смена температур незначительна.

Если рассмотреть температурные нормы, свойственные для акватории (1961-1990 гг.), то можно заметить, что месячные температурные нормы на поверхности воды колеблются между 6,1°C (февраль) и 25,2°C (август), а годовая норма равна 14,9°C. В расчетах Р.М. Мамедова [4, 6], этот показатель равен 15,0°C. А изменение нормы температуры поверхностного слоя воды по сезонам со-

Координаты и глубины пунктов наблюдения

№	северная широта	восточная долгота	глубина, (м)
1	39°55'53.36"	50°52'3.742"	480
2	39°52'4.806"	50°51'48.83"	466
3	39°55'19.02"	50°52'48.472"	480
4	39°55'18.954"	50°51'48.921"	490

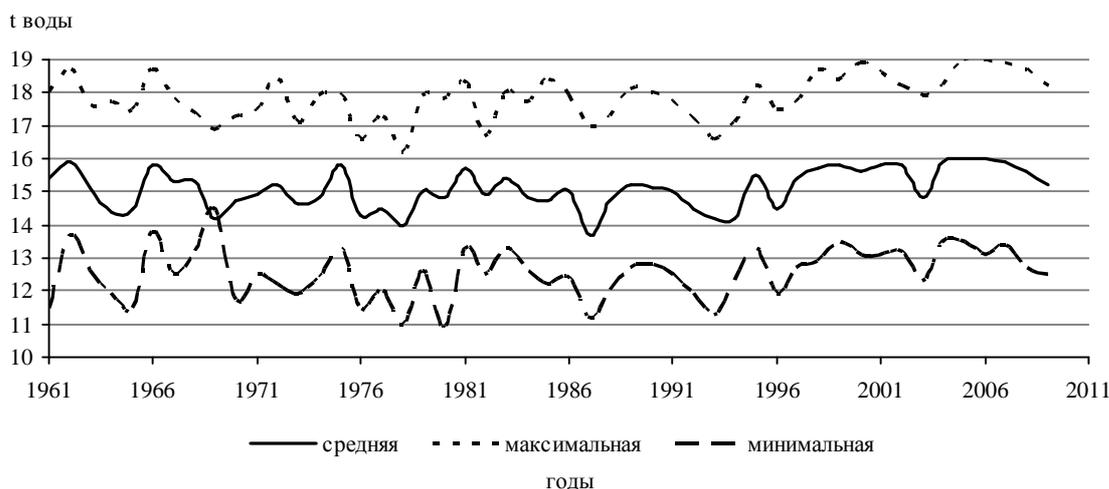


Рис. 3. Распределение средней, максимальной, минимальной температур поверхности воды в акватории Нефтяные Камни

ставляет зимой 7,9°C, весной 9,7°C, летом 23,1°C, а осенью 18,4°C.

Другой анализируемый период охватывает 1991-2010 годы (таблица 1). Он отличается от предыдущего высоким подъемом уровня моря. В течение этого времени среднемесячные температуры поверхности воды изменялись от 6,2°C (февраль) до 26,1°C (август), а среднегодовая температура была равна 15,4°C. Повышение среднемесячных температур поверхностного слоя воды способствовало росту годовой температуры, что выше температурной нормы поверхностной воды на 0,5°C. Что касается сезонного распределения температур, то зимой она равнялась 7,9°C, весной 10,4°C, летом 23,7°C, а осенью 19,2°C.

Из анализа многолетних наблюдений за температурой воды на поверхности акватории Нефтяных Камней (1961-2010 гг.) стало известно, что в течение этого периода минимальная годовая температура составляла 13,8°C (1987 г.), а максимальная 16,1°C (2005 г.). Что касается среднемесячных температур, то минимальная температура (4°C) наблюдалась в феврале 1974 года, а максимальная (27,6°C) в августе 2006 года. Абсолютная минимальная температура была зафиксирована в феврале 1976 года (1,1°C), абсолютная максимальная

температура в августе 2006 года (31,0°C). В целом, начиная с 1997 года, среднегодовая температура поверхностного слоя воды была выше нормы (исключая 2003 год).

Для более ясного представления изменения как средних, так и минимальных и максимальных годовых температур поверхности воды акватории Нефтяных Камней, были составлены кривые графиков на одной системе координат (рис. 3). Из кривого графика ясно виден гармоничный рост как средних, так и минимальных и максимальных температур. Для выявления корреляции между многолетней температурой поверхностной воды и многолетней температурой воздуха коэффициент их парной корреляции вычислен с помощью формулы (2) [7].

$$r_{hs} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\left[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \right]^{0.5}}, \quad (2)$$

где r_{hs} – коэффициент парной корреляции между двумя рядами, N – количество членов, x_i, y_i – члены рядов, \bar{x}, \bar{y} – средние значения рядов.

Распределение температур водяного столба

Глубина	Интервалы температур	Средние температуры
1	9,58 – 10,45	9,97
10	8,61 – 8,64	8,91
32	7,98 – 8,03	8,01
50	7,76 – 7,78	7,77
100	7,12 – 7,14	7,13
150	6,73 – 6,76	6,75
200	6,53 – 6,57	6,56
250	6,49 – 6,54	6,52
300	6,48 – 6,51	6,50
350	6,43 – 6,45	6,44
400	6,38 – 6,40	6,39
450	6,32 – 6,34	6,33

Из расчета получено, что количество, показывающее связь между температурой воздуха и температурой поверхностного слоя водой равно $r_{hs} = 0,6$. Похожий результат получен и в расчетах З. С. Аллахвердиева [2]. Это является показателем относительно хорошей связи между температурой воздуха и температурой поверхностной воды в акватории Нефтяных Камней.

Таким образом, повышение температуры поверхностного слоя воды Каспийского моря в состоянии высокого уровня моря связано с тепловым обменом морской воды и повышенной температурой воздуха в бассейне Каспийского моря.

Распределение температур водяного столба

В акватории Нефтяных Камней было исследовано также распределение температуры воды водяного столба. С этой целью в акватории использованы материалы наблюдений за температурой воды в четырех пунктах, указанных в таблице 2 от поверхности моря и далее через каждые два метра.

Исследование распределения температур водяного столба на разных участках создало почву для расчета среднестатистических показателей. Таким образом, были вычислены средние показатели температур по соответствующим глубинам четырех пунктов.

В пунктах замеров средняя температура водяного столба равнялась 9,97°C. Этот показатель остался неизменным до глубины 1,0 м. При глубине, достигающей 10 м, наблюдается понижение температуры воды до одного градуса. Снижение температуры еще на один градус фиксируется на глубине приблизительно 32 м. После этой отметки снижение температуры замедляется, а когда глубина достигает 50 м температура равна 7,77°C,

что меньше температуры поверхности на 2,2°C. Чем глубже, тем медленнее понижение температуры. Так, на отрезке с отметкой 150 м и до морского дна (450 м) понижение температуры происходит медленно. Оно изменяется в пределах 0,4°C. Средние показатели температур рассчитаны для разных глубин и даны в таблице 3.

Отметим, что средняя величина разности температур между поверхностными слоями воды и глубинными водами в момент исследований не была выше 3,49°C.

Изучение материалов замеров на четырех пунктах приводит к выводу, что в открытом море распределение температур водяного столба происходит по схожим закономерностям. То есть, на поверхности (на глубине 1 м) температура воды остается стабильной. Однако, температура изменяется быстро от поверхности до глубины 10 м, с относительно медленной скоростью на глубине 11-32, со слабой скоростью на глубине 33-50 м, слабо на глубине 51-150 м и очень слабо на глубине от 151 м до морского дна [2].

Распределение солености в поверхностных водах акватории

Исследования распределения солености в поверхностных водах акватории основаны на наблюдениях, проведенных на гидрометеорологической станции Нефтяные Камни в 1977-2010 годах. Среднемесячные значения солености данного периода были рассчитаны, и на их основе была составлена кривая ее распределения (рис. 4). На этом этапе соленость изменялась между 11,83-12,44‰ и ее средний многолетний показатель был равен 12,14‰. В расчетах Р. Мамедова этот показатель равен 13,00‰ [4, 5]. Причиной различия средних

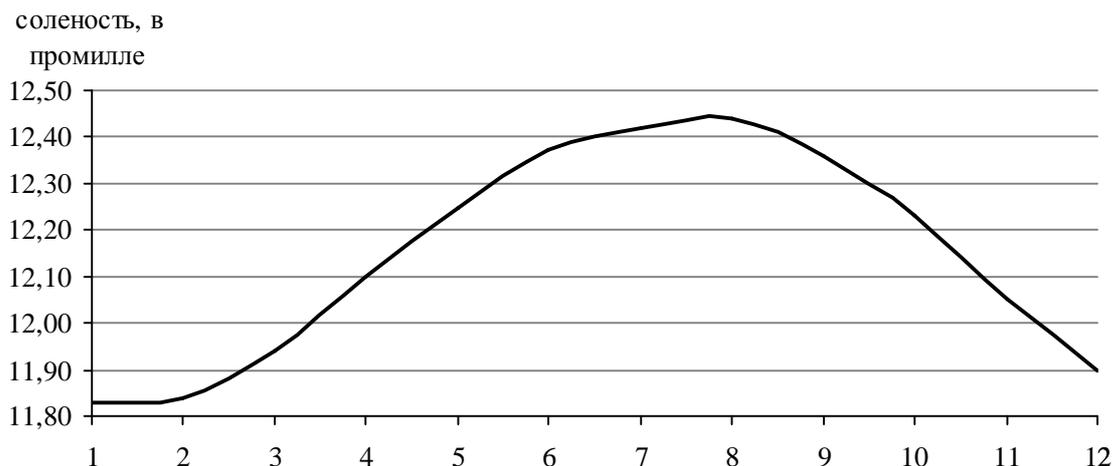


Рис. 4. Среднемесячное распределение солености на поверхности акватории Нефтяные Камни, ‰

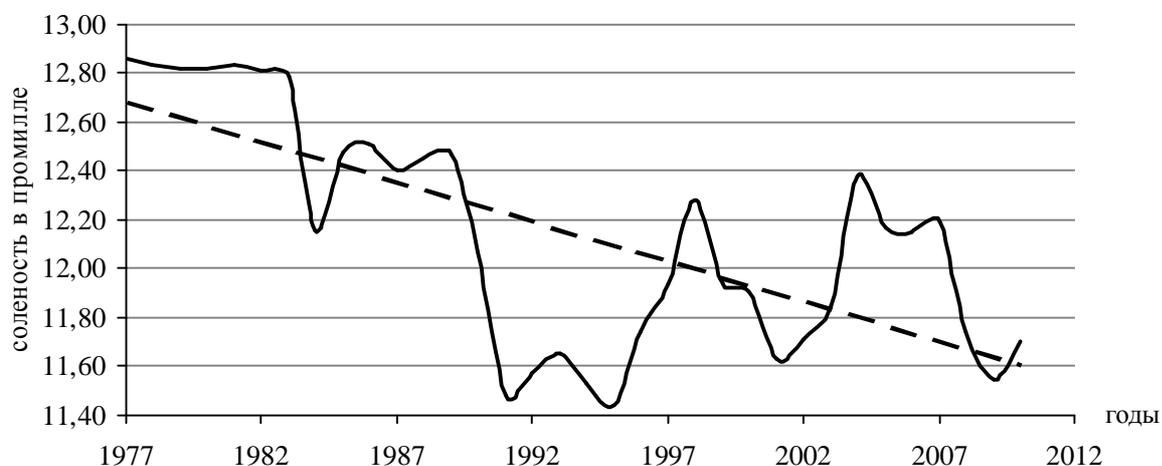


Рис. 5. Среднегодовое распределение солености на поверхности акватории Нефтяные Камни, ‰

многoletних показателей на поверхности являются различные периоды наблюдений. На поверхности акватории минимальная соленость наблюдается в январе, а максимальная соленость в августе, что закономерно. Эта закономерность видна из рисунка 5. Средняя многолетняя максимальная соленость в акватории (12,86‰) наблюдалась в 1977 году, а минимальная в 1995 году (11,44‰). Что касается среднегодовых показателей максимальной и минимальной солености, то они наблюдались соответственно в 1987 году (13,21‰) и 1995 году (10,70‰). Можно увидеть, что между величинами средней многолетней максимальной и минимальной солености и показателями среднегодовой максимальной и минимальной солености имеется большая разница, которая равна 2,51‰. Это указывает на то, что на распределение солености здесь сильно влияют течения.

Если обратить внимание на среднегодовой показатель солености в акватории Нефтяных Камней

с 1977 по 2010 год, то можно заметить, что соленость имела тенденцию уменьшаться до 1991 года, а после 1992 года периодически колебалась, то увеличивалась, то уменьшалась. Причиной такого колебания солености было связано с интенсивным повышением уровня моря. В связи с этим коэффициент парной корреляции между уровнем моря и соленостью вычислен с помощью формулы (2). Полученный результат еще раз подтверждает обратную связь между уровнем и соленостью ($r_{sd} = -0,86$). Похожий результат получен и в расчетах 3. С. Аллахвердиева [2]. Это очевидно также из рисунка 5.

Распределение солености водяного столба акватории

В исследовании распределения солености водяного столба акватории были использованы данные наблюдений с 4 по 6 марта 2010 года, проведенные на глубинах через каждые два метра в четырех пунктах (таблица 4).

Показатели солёности по глубинам, ‰

Глубины (м)	Пункты взятия образцов				Средняя солёность, (‰)
	1	2	3	4	
0	11,35	11,33	11,33	11,35	11,34
16	11,35	11,35	11,34	11,36	11,35
50	11,37	11,35	11,36	11,36	11,36
100	11,38	11,37	11,37	11,37	11,37
150	11,40	11,40	11,39	11,38	11,39
200	11,42	11,41	11,41	11,41	11,41
250	11,42	11,42	11,43	11,42	11,42
300	11,43	11,43	11,43	11,44	11,43
350	11,44	11,45	11,45	11,45	11,45
400	11,46	11,45	11,47	11,46	11,46
450	11,48	11,47	11,48	11,46	11,47

Несмотря на различие глубин наблюдаемых пунктов, показатели солёности на поверхности оказались одинаковыми. Аналогично положение показателя солёности на дне.

Анализы показывают, что концентрация соли поверхностных вод в открытом море мало отличается от концентрации соли глубинных вод, и это различие не превышает 0,15‰. Этот факт указывает на то, что с увеличением глубины солёность тоже увеличивается. Но это увеличение несущественно. Из рассчитанных в этих пунктах величин средней солёности становится известно, что среднее различие между солёностью на поверхности и на дне равно 0,13‰ (таблица 4).

Полный анализ данных, накопленных с пунктов замеров, показывает, что в глубоких слоях открытого моря распределение солёности имеет общий характер. Из проведенных анализов можно заключить, что количество солёности по глубине в акватории растёт незначительно, и этот рост существенно не проявляется [2].

Итак, результаты исследований многолетних гидрометеорологических характеристики акватории Нефтяных Камней можно выразить в общем виде следующим образом.

В 1991-2010 годы в акватории наблюдалось: 1) повышение средней многолетней температуры воздуха (15,4°C) по сравнению с нормой (14,9°C) на 0,5°C; 2) уменьшение средних многолетних сумм атмосферных осадков (110 мм) по сравнению с нормой (152 мм) на 42 мм; 3) повышение средней многолетней температуры поверхностного слоя воды (16,0°C) относительно нормы (15,9°C)

на 0,1°C; 4) уменьшение солёности поверхностной воды до 1991 года, а с 1992 года наблюдалась тенденция к периодическому уменьшению – увеличению; 5) распределение температуры и солёности по водяному столбу происходило по общей закономерности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аллахвердиев З. С. Исследование изменчивости многолетнего гидрометеорологического режима акватории Голтук-Астара Каспийского моря / З. С. Аллахвердиев, Н. И. Ахмедов, М. Т. Татаряев // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2017. – № 4. – С. 35-41.
2. Влияние изменчивости климата на гидрометеорологическую условную Каспийского моря : научный отчет : научно-инновационной центр НАНА ; рук. Аллахвердиев З. С. – Баку, 2012. – 162 с. – № ГР 0110. АЗ 2001. – Инв. № 0311, АЗ 142 (на азерб. языке).
3. Мамедов Р. М. Гидрометеорологический атлас Каспийского моря / Р. М. Мамедов. – Баку : Нафта-Пресс, 2014. – 298 с.
4. Мамедов Р. М. Гидрометеорологическая изменчивость и экогеографические проблемы Каспийского моря / Р. М. Мамедов. – Баку : Элм, 2007. – 234 с.
5. Панин Г. Н. Современное состояние Каспийского моря / Г. Н. Панин, Р. М. Мамедов, И. В. Митрофанов. – Москва : Наука, 2005. – 356 с.
6. Проект «моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 6. Каспийское море / под ред. Ф. С. Терзиева, А. Н. Косарева, А. А. Керимова. – Санкт-Петербург : Гидрометеоздат, 1992. – Вып. 1. – 360 с.
7. Рождественский А. В. Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Ленинград : Гидрометеоздат, 1974. – 416 с.

REFERENCES

1. Allakhverdiyev Z. S. Issledovaniye izmenchivosti mnogoletnego gidrometeorologicheskogo rezhima akvatorii Goltuk-Astara Kaspiyskogo morya / Z. S. Allakhverdiyev, N. I. Akhmedov, M. T. Tatarayev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya. Geokologiya. – 2017. – № 4. – S. 35-41.

2. Vliyaniye izmenchivosti klimata na gidrometeorologicheskuyu usloviyu Kaspiyskogo morya : nauchnyy otchet : nauchno-innovatsionnoy tsentr NANA ; ruk. Allakhverdiyev Z. S. – Baku, 2012. – 162 s. – № GR 0110. AZ 2001. – Inv. № 0311, AZ 142 (na azerb. yazyke).

3. Mamedov R. M. Gidrometeorologicheskiy atlas

Kaspiyskogo morya / R. M. Mamedov. – Baku : Nafta-Press, 2014. – 298 s.

4. Mamedov R. M. Gidrometeorologicheskaya izmenchivost' i ekogeograficheskiye problemy Kaspiyskogo morya / R. M. Mamedov. – Baku : Elm, 2007. – 234 s.

5. Panin G. N. Sovremennoye sostoyaniye Kaspiyskogo morya / G. N. Panin, R. M. Mamedov, I. V. Mitrofanov. – Moskva : Nauka, 2005. – 356 s.

6. Proyekt «morya». Gidrometeorologiya i gidrokhiymiya morey. T. 6. Kaspiyskoye more / pod red. F. S. Terziyeva, A. N. Kosareva, A. A. Kerimova. – Sankt-Peterburg : Gidrometeoizdat, 1992. – Vyp. 1. – 360 s.

7. Rozhdestvenskiy A. V. Statisticheskiye metody v gidrologii / A. V. Rozhdestvenskiy, A. I. Chebotarev. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1974. – 416 s.

Забит Сабир оглу Аллахвердиев

профессор географии, ведущий научный сотрудник отдела Проблемы Каспийского моря института Географии Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку, т. (+994) 50 523 76 56, E-mail: zabit.allahverdiyev@mail.ru

Zabit Sabir oglu Allahverdiyev

Professor of Geography, Leading Researcher of the Department of the Problems of the Caspian Sea of the Geography Institute of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, tel. (+994)50 523 76 56, E-mail: zabit.allahverdiyev@mail.ru