

## ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Исследования гидрохимии Каспийского моря проводили многие авторы (Лебединцев, 1901; Книпович, 1921, 1923, 1930). Однако более детальные исследования до падения уровня моря были выполнены С.В.Бруевичем (1936, 1937, 1938а, б, в, 1941а, 1945, 1946, 1948) и Б.Н.Абрамовым (1959, 1964). Гидрохимия всего моря в сравнении с предыдущими годами подробно характеризуется в монографии А.С.Пахомовой, Б.М.Затучной (1966).

Гидрохимическому режиму Среднего и Южного Каспия в 60-х годах посвящены работы Б.Н.Абрамова (1964), Г.Н.Нурмагомедова (1968), А.С.Пахомовой (1970), А.Н.Косарева, А.В.Поляковой (1970), а в 70-х годах – Ю.Л.Семенова (1978, 1979), Т.А.Бакум, Н.А.Афанасьевой (1979) и др. Большая серия работ о влиянии зарегулированного стока р. Волги на гидрохимическую особенность Северного Каспия выполнена Н.И.Винецкой (1952, 1962, 1968) и Л.А.Барсуковой (1957, 1971). В этих работах приводятся результаты исследования современного состояния гидрохимического режима как отдельных частей, так и всего моря.

*Кислород.* Каспийское море – замкнутый глубокий водоем, но его воды хорошо аэрированы. Высокое насыщение воды кислородом, особенно в глубинных слоях, происходит за счет плотностного перемешивания, усилившегося после осолонения Северного Каспия (Иванов, 1948; 1952; Тамбовцева, 1965; Косарев, 1974). Пространственное распределение кислорода в поверхностном слое наиболее выражено зимой. В Северном Каспии, вблизи кромки льда, абсолютное содержание кислорода достигает

9–10 мл/л. В этот же период в Среднем и Южном Каспии содержание кислорода 8,2 и 7,01 мл/л соответственно.

Высокое содержание кислорода в Северном Каспии зимой подтверждается данными многих исследователей. Благодаря повышению плотности вод Северного Каспия происходит интенсивное перемешивание водной массы глубинных зон Среднего Каспия, в результате чего улучшается вентиляция глубинных слоев. Этот весьма важный процесс насыщения глубинных вод кислородом в Южном Каспии выражен гораздо слабее. Тем не менее зимой и весной водные слои Южного Каспия содержат достаточное количество кислорода, концентрация которого в шельфовых зонах достигает 6–7 мл/л.

Вертикальное распределение кислорода в Среднем и Южном Каспии определяется одними и теми же закономерностями: максимум в трофогенном слое, постепенное уменьшение по вертикали, минимум – у подошвы дна.

Необходимо отметить, что в многолетних исследованиях в разные сезоны во всех слоях воды, включая и глубоководные владины Среднего и Южного Каспия как в меридиональном, так и в широтном направлении, наличие кислорода нами отмечалось всегда. Сравнительное изучение распределения кислорода в водной толще показало, что на одних и тех же глубинах Среднего и Южного Каспия содержание кислорода неоднородно. Во все сезоны вода Среднего Каспия содержит в среднем на 0,4–0,5 мл/л кислорода больше, чем на тех же глубинах глубоководной части Южного Каспия (Салманов, 1968). В то же время различно и потребление кислорода в процессах деструкции органического вещества, в продукции бактериальной биомассы в водах Среднего и Южного Каспия.

Таким образом, судя по данным о температуре и интенсивности микробиологических процессов, можно предположить, что одной из основных причин относительно меньшего содержания кислорода в водной массе Южного Каспия является его сравнительно усиленное потребление бактериопланктоном.

При сравнении данных (Пахомова, Затучная, 1966; Косарев, 1974; Салманов, 1968; Семенов, 1979) за 1958–1978 гг. видно, что как верхние, так и глубинные слои воды Каспийского моря достаточно насыщены кислородом. Установлено также, что в Среднем и в Южном Каспии среднее содержание кислорода в верхнем слое увеличилось на 0,5, а в глубинных слоях уменьшилось на 0,2 мл/л.

*Активная реакция среды (рН).* В связи с большим щелочным резервом активная реакция воды Каспийского моря выше, чем в морях и океанах (Косарев, 1974; и др.). Подобно кислороду, величина pH подвержена сезонным изменениям, а также влиянию физических и биохимических процессов. Глубже 100–150 м pH изменяется во времени и пространстве в незначительном диапазоне. pH воды в эвфотическом слое зависит от интенсивности продукционно-деструкционных процессов (Салманов, 1968, 1972а, б). Обычно pH составляет в западной части на 0,1–0,2 единицы больше, чем в центральной и восточной зонах моря.

В вертикальном распределении различие в значениях pH между поверхностной и придонной водами выражается гораздо сильнее и составляет 0,4–0,6. В поверхностных горизонтах воды Каспийского моря pH варьирует от 8,2 до 8,6, а в придонных слоях – от 7,9 до 8,1.

*Щелочность.* Изменение щелочности связано с теми же факторами, что и элементы газового режима. Щелочность воды является одним из характерных показателей интенсивности фотосинтеза фитопланктона, в распределении которой большое значение имеет также хлорность воды.

Согласно результатам исследователей А.С.Пахомовой, Б.М.Затучной (1966), Ю.Л.Семенова (1979), Т.А.Бакум, Н.А.Афанасьевой (1979), щелочность Каспийского моря изменяется как во времени, так и пространстве. Она уменьшается незначительно зимой, причем с севера на юг и с востока на запад (от 3,72–3,6 до 3,70–3,65). Летом, наоборот, щелочность возрастает с севера на юг от 3,76 до 3,83 и с запада на восток от 3,72 до 3,76 мг-экв/л (Семенов, 1979). Щелочность также уменьшается с глубиной. Наиболее стабильными величинами щелочности характеризуются зоны открытых глубоководных участков Среднего и Южного Каспия.

**Биогенные элементы.** Главным источником биогенных элементов Каспия является речной сток. С изменением его объема тесно связано его биогенное питание. Кроме того, биогенные элементы поступают в море с ионным подземным стоком, с золовыми наносами, сточной водой.

**Фосфаты.** Концентрация фосфатов в Каспийском море изменяется в большом диапазоне в зависимости от сезона года и расположения участка. Резкое изменение содержания фосфатов происходит также с глубиной. В трофогенной зоне концентрация фосфатов снижается вследствие потребления их фитопланктоном. В глубинных слоях, наоборот, их содержание возрастает.

В Северном Каспии максимальное содержание фосфатов отмечается зимой – 8,6–16,7 (Косарев, 1974), а минимальное – летом – 4,5–6,6 мкг/л (Пахомова, Затучная, 1966).

В результате зарегулирования стока р. Волги произошло изменение в соотношении соединений фосфатов. По данным некоторых авторов (Барсукова, 1962, 1965, 1967, 1971; Винецкая, 1960, 1966а, б; Пахомова, Затучная, 1966), после создания волжских водохранилищ в стоке Волги увеличилось количество органического фосфора (биосток) и уменьшилось количество взвешенного стока.

В Среднем Каспии содержание фосфатов в западной половине в 4–5 раз больше, чем в восточной (40 и 9 мкг/л соответственно). Высокая их концентрация в западной части связана с речным стоком и обогащением прибрежья аллохтонными веществами промышленно-бытового происхождения (Салманов, 1967, 1972а). Та же закономерность характерна для Южного Каспия. В центральных районах количество фосфатов также высоко, что объясняется сравнительно меньшей степенью их потребления фитопланктоном (25–30 мкг/л). По вертикали, согласно А.Н.Косареву (1974), количество фосфатов возрастает с глубины 30–50 м. Резкое уменьшение фосфатов в эвфотической зоне Каспийского моря хорошо заметно (в каждой части в отдельности) в период интенсивного фотосинтеза фитопланктона. По результатам определения продукции фитопланктона в Северном Каспии (в слое фотосинтеза) максимум отмечается летом. В Среднем Каспии – осенью, а в Южном – весной (Салманов, 1968, 1972).

Сравнение величин фосфатов, наблюдавшихся в 1934–1962 гг. (Пахомова, Затучная, 1966) и 1965–1970 гг. (Косарев, 1974) показало, что в последние годы произошло их увеличение в трофогенном (100 м) слое, а уменьшение – ниже глубины 100 м.

**Нитраты.** Роль азота, так же как и фосфора, в процессе фотосинтеза, огромна. Все формы минерального азота интенсивно потребляются фитопланкtonом, поэтому в период вегетации водорослей их количество в трофогенном слое снижается до нуля. Пополнение нитратов происходит за счет материевого стока, распада органического вещества и их поступления из глубинных слоев. Хороший водообмен способствует обогащению трофогенного слоя биогенными элементами, в том числе и нитратами.

В Северном Каспии содержание нитратов изменяется как по сезонам, так и участкам. В западной его половине концентрация нитратов весной, летом и осенью составляет в среднем 5,3; 4,6 и 1,5, в восточной части – 1,5; 0,4 и 0,6 мкг  $\text{NO}_3^-$ /л соответственно.

В Среднем Каспии концентрация нитратов в верхнем слое зимой варьирует от 0,3 до 38 (в среднем 5,1) мкг/л, летом нитраты в трофогенном слое почти отсутствуют. В центральной части они не превышают 0,1 мкг/л. Их очень мало и в восточной части (Нурмагомедов, 1968; Косарев, 1974; Семенов, 1979). Повышение концентрации нитратов начинается с глубины 100–150 м.

В Южном Каспии распределение нитратов аналогично таковому в Среднем Каспии. Характерно, что зимой в Южном Каспии содержание нитратов в поверхностном слое значительно меньше, чем в Среднем, что свидетельствует об их интенсивном потреблении фитопланкtonом, продукция которого в Южном Каспии в 1,5–2 раза больше, чем в Среднем (Салманов, 1968, 1972а).

Нитриты и аммонийный азот в Каспийском море обнаруживаются в эвфотической зоне редко и в гораздо меньшем количестве, чем нитраты. Отсутствие этих форм азота в большинстве участков моря связано с их неустойчивостью; как промежуточные

продукты распада, с одной стороны, они окисляются в нитраты, а с другой — лучше и легче, чем нитраты, усваиваются фитопланктоном и другими автотрофными организмами.

**Кремний.** Источником кремния, как правило, считается материковый сток. Поэтому в Северном Каспии он в основном лимитируется стоком Волги. Поступление кремния в Каспий осуществляется также подземным ионным стоком и в результате деятельности подводных вулканов — грифонов.

Содержание кремния на западе, востоке и в зоне водообмена Северного Каспия неодинаково. Максимальное его количество летом в западной части равно 1394, на востоке — 3218, а в районе водообмена — 2420 мкг/л.

В Среднем Каспии количество кремния изменяется во времени и пространстве. В западной части оно возрастает от зимы к лету 750—1000 мкг/л, что связано с речным стоком. Восточная же часть характеризуется минимальным содержанием кремния. Согласно данным Ю.Л.Семенова (1978), зимой и весной 1974 г. количество кремния в восточной части Среднего Каспия составляет 100—150 мкг/л на поверхности и 350—550 мкг/л — у дна.

В Южном Каспии распределение содержания кремния в поверхностном слое воды восточной части весьма противоречиво, так как его отсутствие в ноябре 1968—1970 гг. (Косарев, 1974) не подтверждается в работах 1962—1966 гг. (Пахомова, 1966). В то же время, согласно исследованию Ю.Л.Семенова (1978, 1979), в 1976 г. наличие кремния в трофогенном слое отмечается повсюду (70—210 мкг/л). В западной части Южного Каспия количество кремния достигает 300—400 мкг/л, чему способствуют речные и промышленные стоки. В глубоководных участках моря содержание кремния, как и остальных биогенных элементов увеличивается с глубиной с 100—150 м.

В заключение можно отметить, что, благодаря сравнительно высокой концентрации кремния, альгофлора Каспийского моря не испытывает недостатка в нем, так как среднее его содержание в 2—3 раза больше, чем, например, в таком же замкнутом, как Каспий, Аральском море (Блинов, 1956).

**Органическое вещество<sup>1</sup>.** Количество и качество органического вещества в Каспийском море тесно связано, с одной стороны, с поступлением извне и его образованием в самом водоеме, с другой — протекающими в море биохимическими и физическими процессами. Оно присутствует в растворенной и взвешенной форме и количественно определяется чаще всего по данным окисляемости (Скопинцев, 1950). Распределение величин окисляемости органического вещества, ее сезонная динамика в Каспии также зависит от распределения биогенных элементов и продукции фитопланктона. Поэтому в Северном Каспии, особенно в его западной, северо-восточной частях окисляемость (перманганатная в нейтральной среде) намного больше, чем в восточном и центральных районах (5,7; 2,4 и 3,1 мг О<sub>2</sub>/л соответственно).

В восточных частях Среднего и Южного Каспия, по данным Ю.Л.Семенова (1978), в течение года величина окисляемости колеблется в пределах 1,6—2,5 мг О<sub>2</sub>/л. Характерно, что осенью отмечается заметное повышение окисляемости с севера на юг и с востока на запад.

Следует отметить, что в отдаленных от поступления аллохтонного органического вещества участках величина окисляемости имеет тесную связь с величиной продукции фитопланктона (Салманов, 1968, 1972а, б). Более высокая окисляемость отмечается в районах эстуариев рек и поступления сточной воды городов и населенных пунктов.

<sup>1</sup> Поскольку в собственных исследованиях мы подробно освещали вопросы образования и минерализации органического вещества в многолетнем и сезонном аспектах, то здесь мы ограничились краткими сведениями последних лет исследований.