

Д. Д. Богданов

ВЛИЯНИЕ СГОННО-НАГОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ
НА ВОДООБМЕН СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ПРОЛИВОВ
/на примере Босфора и Баб-эль-Мандебского/

А.К. Богданова

Стратифицированные относительно мелководные проливы как Босфор, Дарданеллы, Гибралтар, Баб-эль-Мандебский играют решающую роль в формировании гидрологического, гидрохимического и биологического режимов смежных морей [4].

Различие компонентов пресного баланса бассейнов, соединенных проливами, является первопричиной водообмена между ними. Оно приводит к возникновению разности уровней и плотностей вод смежных морей — основных действующих сил, обуславливающих противоположные течения в проливах [5, 6].

Особенностью вертикальной структуры вод стратифицированных проливов является двухслойность /Босфор, Дарданеллы, Гибралтар/, иногда трехслойность /Баб-эль-Мандебский/ системы течений. Верхнее течение направлено в сторону бассейна, где потеря воды на испарение превышает над осадками и материковым стоком. Классическими примерами таких морей являются Средиземное и Красное. Верхнее течение несет менее соленые относительно легкие воды. Нижнее определяется разностью плотностей и поэтому оно направлено из бассейнов с отрицательным пресным балансом, где сформировались воды более высокой солености, в бассейн с положительным пресным балансом, т.е. из Средиземного моря в Атлантику и Мраморное, а затем Черное море и из Красного моря в Аденский залив.

Четко выраженный годовой ход материкового стока и превышения уровня моря с положительным пресным балансом над уровнем моря с отрицательным указывает на наличие годового хода водообмена. Кроме годовой периодичности существует суточная периодич-

ность, связанная с приливо-отливными колебаниями уровней и течений, и непериодические колебания, обусловленные сменой атмосферного давления и ветра. Приливные колебания не изменяют среднегодовой величины расхода противоположных течений. Они создают переслоенность вод того моря, куда вносятся нижним течением пролива воды повышенной солености и температуры.

Колебания уровня моря и глубины залегания границы раздела различных водных масс на концах пролива, связанные с резким изменением атмосферного давления, сменой направления ветра и стонно-нагонной циркуляции, в районах морей, прилегающих к проливам, значительно превышают сезонные колебания. Если сезонные колебания разности уровней определяются сантиметрами, то колебания глубины залегания границы раздела двух разнокачественных водных масс, связанные со сгоном и нагоном, десятками метров.

Непериодические колебания уровня на концах пролива и стонно-нагонная циркуляция, быстро перераспределяющая водные массы на участках морей, прилегающих к проливу, оказывают существенное влияние на водообмен через проливы. Сгонно-нагонные ветры и течения быстро изменяют не только соотношение расходов верхнего и нижнего течений, но и всю их физико-химическую характеристику. Нагонные ветры в море с отрицательным пресным балансом на участке, прилежащем к проливу, приводят к понижению уровня соленых вод. В результате этого нижним течением пролива увлекаются воды промежуточных слоев с относительно меньшей соленостью. Во время сгонных ветров, когда вблизи пролива наблюдаются подъемы глубинных вод, нижнее течение формируется более солеными водами, вследствие повышения их уровня перед входом в пролив.

Влияние ветра и стонно-нагонной циркуляции на водообмен стратифицированных проливов рассматривается на примерах Босфора и Баб-эль-Мандебского проливов.

В прибосфорском районе Мраморного моря стонно-нагонная циркуляция приводит не только к колебанию уровня моря у входа в Босфор, но вызывает в 50-100 раз большие колебания границы раздела двух водных масс поверхностной опресненной и соленой мраморноморской. При сгоне граница раздела разнокачественных вод поднимается выше глубины южного порога /40 м/ и тогда нижнебосфорское течение формируется водой высокой солености. Большая разность плотностей на концах пролива определяет увеличение скоростей нижнебосфорского течения. При

нагоне поверхность раздела опресненных и солевых вод понижается до уровня порога, а иногда и глубже, тогда в нижнебосфорское течение увлекаются воды промежуточного слоя смешения. При этом процент примеси черноморских вод в нижнебосфорском течении будет тем больше, чем сильнее нагон поверхностных вод в прибосфорском районе Мраморного моря [1, 2].

Сгоны воды в прибосфорском районе Черного моря в летнее время поднимают уровень вод холодной прослойки, вследствие чего они вовлекаются в поверхностное течение Босфора и перемещаются в Мраморное море. Некоторая часть холодных вод в результате смешения с нижнебосфорскими водами возвращается обратно в Черное море, но уже опускается в глубинные слои. Изменяя водообмен, сгонная циркуляция сопровождается переносом некоторого количества холодных вод из промежуточного слоя Черного моря в его глубины.

При нагоне в летнее время верхнебосфорским течением выносятся только поверхностные теплые и несколько опресненные воды. Поэтому увеличение повторяемости нагонов в юго-западном районе Черного моря сопровождается понижением температуры промежуточного слоя и потеплением глубинных вод моря.

Рассматриваются некоторые особенности механизма действия ветра и сгонно-нагонной циркуляции на водообмен через Баб-эль-Мандебский пролив. В районе Аденского залива и Красного моря отмечается сезонная периодичность в повторяемости сгонных и нагонных ветров в районе пролива и в колебании разности уровней между Аденским заливом и Красным морем.

Поверхностные течения в Баб-эль-Мандебском проливе как в теплое время года, так и в холодное, формируются под воздействием двух факторов: изменения превышения уровня Аденского залива над Красным морем и сезонной смены атмосферного давления и направления ветра.

Среднегодовой уровень в Красном море ниже уровня в Аденском заливе, поскольку его пресный баланс отрицательный. Это определяет направление верхнего течения из Аденского залива в Красное море. Однако в период летнего муссона, с мая по сентябрь, когда над Красным морем господствуют северо-северо-западные ветры, в проливе наблюдается трехслойное течение. Под непосредственным воздействием ветра поверхностные красноморские воды движутся в направлении Аденского залива, т.е. навстречу наклону уровенной по-

верхности моря. Таким образом, в период летнего муссона красно-морские воды перемещаются в Аденский залив двумя слоями: придонным и по поверхности. Аденские воды, компенсирующие потерю воды на испарение и отток придонным и поверхностным течением, движутся в проливе промежуточным слоем.

Наибольшие превышения среднемесячного уровня в Адене над уровнем в северной части Красного моря отмечаются в теплое время года с максимумом в июне. В холодное время года превышение уровня в Адене над уровнем в северном районе Красного моря уменьшается и минимум приходится на ноябрь. В это время /с октября по апрель/ над южной половиной Красного моря господствуют юго-юго-восточные ветры, а над Аденским заливом - северо-восточные. Эти ветры совпадают по направлению с наклоном уровня и поверхностным течением, поэтому в проливе наблюдается двухслойное течение. Нижнее течение несет красноморские воды в Аденский залив, верхнее - аденские воды в Красное море.

В летнее время господствующими ветрами в Красном море являются северо-северо-западные, в Аденском - юго-юго-западные. Эти ветры создают нагоны поверхностных вод в южном районе Красного моря и стоны в северо-западном районе Аденского залива. Нагон поверхностных вод на юге Красного моря сопровождается понижением уровня соленых вод перед входом в пролив, поэтому в нижнее течение увлекаются воды уже несколько разбавленные аденской водой. Стог поверхностных вод в вершине Аденского залива сопровождается подъемом глубинных вод перед входом в пролив, вследствие чего промежуточное течение формируется аденской водой с только что поднявшейся с глубин. Она характеризуется пониженной температурой, несколько меньшей соленостью и повышенным содержанием биогенных солей. Аденские воды, поступающие в этот период в Красное море, по плотности несколько выше поверхностных красноморских вод, поэтому, попадая в море, они растекаются по промежуточным слоям от 100 до 300-400 м в соответствии с их плотностью [3].

Нижним течением Баб-эль-Мандебского пролива из Красного моря в теплое время года выносятся преимущественно воды верхних слоев с повышенной температурой и несколько пониженной соленостью, поскольку они уже разбавлены аденской водой. В проливе красно-морские воды нижнего течения соприкасаются и перемешиваются с более холодными аденскими водами промежуточного течения. Поэтому

нижним течением пролива вносятся в Аденский залив воды с несколько пониженной температурой и соленостью. Эти воды по плотности немного тяжелее аденских вод на глубине втекания красноморских, поэтому они опускаются на меньшие глубины /по сравнению с зимним периодом/.

В холодное время года, при господствующем в южной части Красного моря юго-юго-восточном ветре и в Аденском заливе северо-восточном ветре, в предпроливном участке Красного моря увеличивается повторяемость стонгов, сопровождающихся повышением уровня расположения соленых красноморских вод, а в вершине Аденского - нагонов. В этом случае нижним течением выносятся соленые красноморские воды, поднявшиеся с глубин, а верхним течением только поверхностные аденские воды, имеющие высокую температуру и несколько повышенную соленость.

Итак, на примере двух стратифицированных относительно мелководных проливов Босфор и Баб-эль-Мандебский показан механизм воздействия ветра и стонно-нагонной циркуляции в предпроливных участках морей с различным водным балансом на водообмен и формирование гидрологических режимов этих морей.

Л и т е р а т у р а

1. Богданова А.К. - Тр. Севастоп. биол. станции, 1964, 15.
2. Богданова А.К. - Океанология, 1965, 5, 5.
3. Богданова А.К. - В кн.: Океанологические исследования. Изд-во "Наукова думка", К., 1966.
4. Зубов Н.Н. Основы учения о проливах Мирового океана. М., 1956.
5. Макаров С.О. Об обмене вод Черного и Средиземного морей. С.-Пт., 1885.
6. A. Geogr.-Naturwiss R., 1928, 18.