

ВЕТРОВЫЕ УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АПВЕЛЛИНГА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ И У ЮБК

Э.Н. Михайлова*, М.А. Музылёва**

*Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

**Черноморский филиал МГУ
им. М.В. Ломоносова

Рассмотрены ветровые условия возникновения апвеллинга в северо-западной части Черного моря и у ЮБК в теплое время года. На основании анализа архивных данных, полученных на береговых гидрометеорологических станциях, а также данных реанализа NCEP/NCAR за период с 1948 по 2006 г. выявлены количественные характеристики изменчивости и преобладающие направления ветра в северо-западной части Черного моря и на ЮБК в теплое время года.

Введение. Апвеллинг на северо-западном шельфе Черного моря носит преимущественно сгонный характер [1], он четко проявляется в весеннее-летнее время, когда из-за сильного прогрева образуется двухслойная стратификация и легко проследить динамику апвеллинга по поверхностной температуре моря. В районе ЮБК, где непосредственно вблизи берега расположен резкий свал глубин, наблюдается апвеллинг экмановского типа [1,2]. Следует упомянуть, что для района ЮБК выделяется специфическая причина, также вызывающая подъем вод с глубин: это крупномасштабное Основное Черноморское Течение, которое

распространяется над свалом глубин и имеет максимальные скорости в стержне течения более 100 см/с.

Поскольку структура и динамика вод прибрежного апвеллинга Черного моря до сих пор исследованы крайне слабо в связи с отсутствием синхронных наблюдений за характеристиками течений в этом районе, то для исследования структуры вод и динамики апвеллинга широко используются результаты численного моделирования, в частности моделирование апвеллинга вблизи особенностей рельефа дна [1,2]. Результаты позволили получить положение зон апвеллинга при различных ветрах и определить их интенсивность. Оказалось, что на мелководье наиболее интенсивные апвеллинги вызываются ветрами северных и западных румбов [2]. В районе острова Змеиный в непосредственной близости к острову апвеллинг возникает при ветрах всех румбов [2]. В районе ЮБК, над свалом глубин, при северо-западном, западном и юго-западном ветрах возникает крупномасштабный апвеллинг, а при воздействии южного ветра – полоса практически сплошного опускания вод [2]. На рисунке 1 для иллюстрации приведены результаты численного моделирования [1,2] – распределения аномалий температуры на поверхности моря в районе северо-западного шельфа после действия сильных северо-западного и северного ветров. Затемненные области соответствуют районам отрицательных аномалий температуры, то есть районам выхода на поверхность более холодных вод из нижних слоев моря.

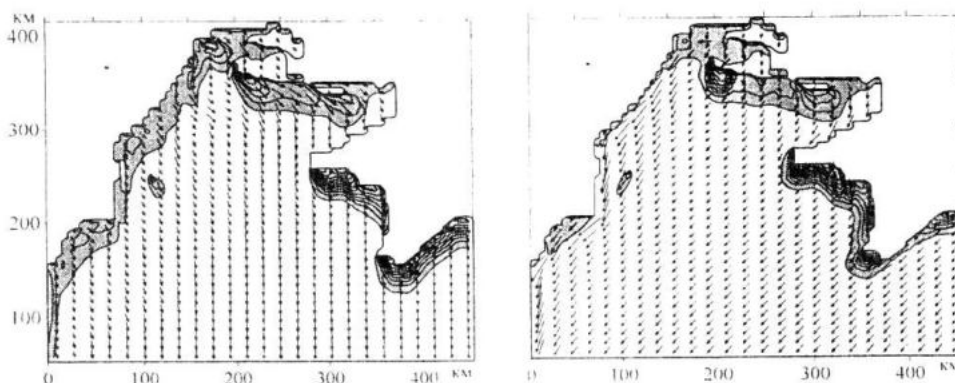


Рисунок 1 – Изолинии аномалий температуры и векторы скорости течения на поверхности моря при северо-западном (слева) и северном (справа) ветрах

Для дальнейшего развития этих теоретических исследований целесообразно проведение анализа наблюдений над реальными полями ветра, выделение преобладающих направлений ветра в районе северо-западного шельфа Черного моря, которые являются причиной, вызывающей апвеллинг в теплый период года. На основе этого анализа будут продолжены исследования по моделированию эволюции апвеллинга, начатые в работах [2,3] для наиболее повторяющихся полей ветра с учетом их неоднородности.

Характеристика использованных материалов. Методика их обработки. Для характеристики режима ветра над северо-западным районом Черного моря и районом ЮБК были использованы:

1. Архивы данных реанализа NCEP/NCAR (National Centers for Environmental prediction / National Center for Atmospheric Research, США) за 1948 – 2006 гг.;

2. Наблюдения 14 береговых гидрометеорологических станций (Очаков, Приморское, Одесса, Усть-Дунайск, Скадовск, Хорлы, Цареградское Гирло, Стерегущий, Черноморское, Севастополь, м. Сарыч, м. Ай-Тодор, Евпатория, Алушта, Судак) за период с 1948 по 2006 г. Использовались наблюдения, проводимые четыре раза в сутки (в синоптические сроки 3, 9, 15 и 21 ч). Данные с 1964 по 1979 г. в районе гмп. Алушта и Цареградское Гирло отсутствуют, поэтому анализ характеристик ветра на этих станциях был выполнен отдельно от других станций.

Рисунок 2 демонстрирует расположение гидрометеорологических станций, а также точки – узлы регулярной сетки 2.5 x 2.5 градуса (NCEP). Данные о скорости и направлении ветра представлены в синоптические сроки. Были определены те точки в узлах сетки данных NCEP-реанализа, которые находятся вблизи соответствующих гидрометеорологических станций. Вычисленные коэффициенты корреляции составляющих скоростей ветра между рядами данных наблюдений на гидрометеопостах и данными в соответствующих узлах сетки оказались довольно высокими (0,86 вблизи гмп. Одесса, 0,83 вблизи гмп. Херсон, 0,70 вблизи гмп. Севастополь), что позволило судить о приемлемом качестве данных NCEP-реанализа. Поскольку данные наблюдений за ветром в открытом море отсутствуют, для акватории северо-западной части Черного моря использовались только данные NCEP-реанализа.

Т.к. наиболее интенсивный прибрежный апвеллинг вызывается продолжительными ветрами сгонных направлений, то основной акцент в анализе был сделан на продолжительные ветра со скоростью более 10-15 м/с.

Результаты и их анализ. На протяжении почти всего теплого периода года над акваторией северо-западной части Черного моря наибольшую повторяемость имеют северные, северо-восточные и северо-западные ветры.

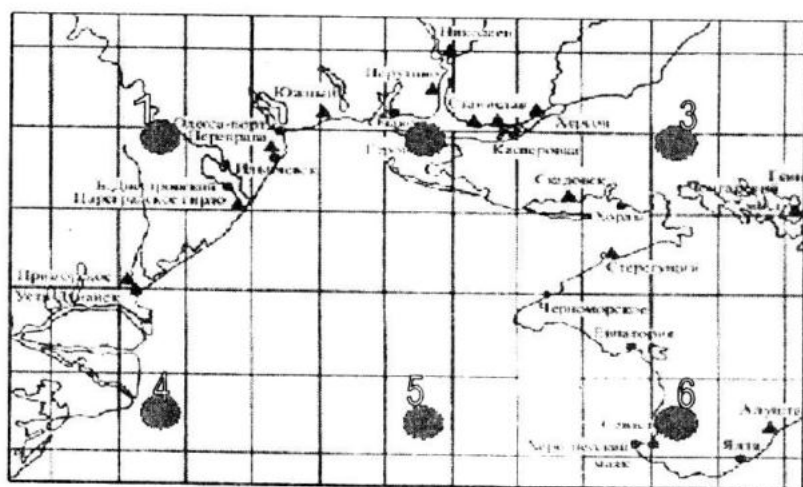


Рисунок 2 – Расположение гидрометеорологических станций Черного моря и на Южном берегу Крыма. Черные точки – узлы регулярной сетки 2.5 x 2.5

Суммарная повторяемость северных румбов составила свыше 75 процентов. Теплая половина года (май-сентябрь) на ЮБК и северо-западной части Черного моря характеризуется слабыми переменными ветрами, частыми штилями, хорошо развитой бризовой циркуляцией [4,5]. Для определения доли сильных ветров выбирались все случаи, когда ветер со скоростью 10 м/с и больше наблюдался не менее 3 ч. Выявлено, что сильные ветры на северо-западе Черного моря и на ЮБК наблюдаются ежегодно, но их повторяемость и продолжительность зависят от времени года. Для теплого сезона характерны наименее интенсивные и наименее продолжительные усиления ветра (в июле – наименьшие). Северо-западная часть Черного моря относится к районам с самыми низкими средними скоростями ветра в теплый период года. Наименьшим числом дней с сильным ветром (20-22 дня за год) отличается район с небольшими средними скоростями ветра – Южный берег Крыма, хотя по данным береговых метеостанций и здесь наблюдались максимальные скорости ветра, например, на мысах Сарыч, Ай-Тодор, Никитин (до 45 м/с). Во внутренних областях заливов значения скоростей не превышают 35 м/с (например, Ялтинский залив) [4,5]. В июне скорость ветра больше 15 м/с ни разу не отмечалась ни в северо-западном, ни в Крымском районах. Т.о. наиболее спокойными месяцами можно считать июнь и июль.

В целом, с мая по сентябрь на северо-западном участке побережья сохраняется преобладание северо-восточных ветров.

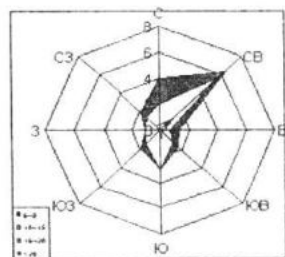


Рисунок 3 – Роза ветров в открытой части северо-западного района Черного моря в период с мая по сентябрь (1948-2006 гг.) – т. № 4 (NCEP-реанализ)

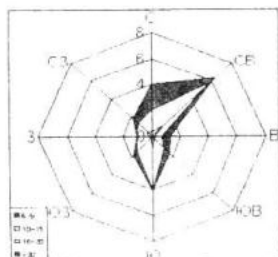


Рисунок 4 – Роза ветров в открытой части северо-западного района Черного моря в период с мая по сентябрь (1948-2006 гг.) – т. № 5 (NCEP-реанализ)

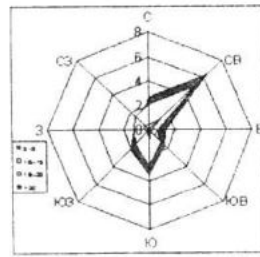


Рисунок 5 – Роза ветров в т. №4 (NCEP-реанализ) для первого 30-летнего периода (1948 – 1977 гг., май - сентябрь)

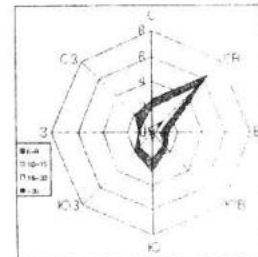


Рисунок 6 – Роза ветров в т. №4 (NCEP-реанализ) для второго 30-летнего периода (1977 – 2006 гг., май - сентябрь)

Для ЮБК характерна наибольшая повторяемость ветров западных и юго-западных направлений (рисунок 7), хотя на западном побережье Крыма в одних пунктах преобладают северо-западные ветры, а в других – западные и юго-западные (рисунок 8).

Для определения преобладающих направлений ветров с мая по сентябрь в открытой акватории северо-западной части Черного моря был проведен анализ 2-х точек-узлов регулярной сетки NCEP-реанализа (№ 4, 5 – см. рисунки 3, 4).

В обоих узлах основное направление ветров со скоростями более 10 м/с – северо-восточное (рисунок 2, 3). Однако для точки № 5 значимым является и южное направление. Это показывает неоднородность ветра для данного района. Изменчивость поля ветра с 1948 по 2006 гг. незначительна. Для иллюстрации на рисунках 5,6 представлены розы ветров в т. № 4 для первого (1948 – 1977 гг.) и второго (1977 – 2006 гг.) тридцатилетних периодов. Очевидно, что основное направление ветра остается северо-восточным (рисунок 3) с небольшим увеличением доли южных ветров в первом периоде (1948 – 1977 гг.). Вообще же, на береговых гидрометеостанциях, расположенных на открытых равнинных участках побережья, например, на севере от Очакова до района Скадовск-Хорлы или на западе Крымского полуострова, преобладают те же направления ветра, что и над открытым морем (рисунок 7,8). Но на станциях, расположенных на участках побережья со сложным рельефом речных долин, конфигурацией и направлением

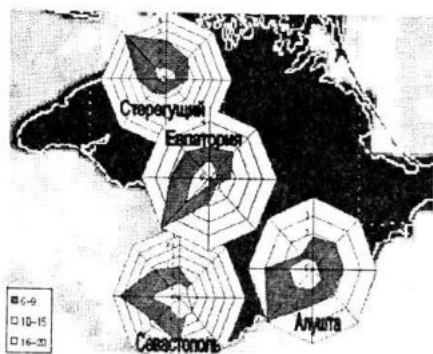


Рисунок 7 – Розы ветров для некоторых гидрометеопостов Крыма в период с мая по сентябрь (1948 – 2006 гг.)

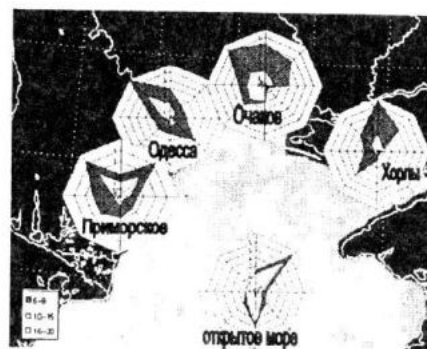


Рисунок 8 – Розы ветров для некоторых гидрометеопостов северо-западного побережья Черного моря в период с мая по сентябрь (1948 – 2006 гг.)

береговой черты [1]. Это и является причиной неоднородности поля ветра. Т.к. такая неоднородность ветра в отдельных областях береговой черты может вызывать локальный апвеллинг, то в численных экспериментах ее следует учитывать для получения результатов, наиболее приближенных к реальным.

Выводы. Выявлено, что на протяжении почти всего теплого периода года над акваторией северо-западной части Черного моря наибольшую повторяемость имеют северные, северо-восточные и северо-западные ветры. В целом для ЮБК характерна наибольшая повторяемость ветров западных и юго-западных направлений. Наблюдается неоднородность ветра в отдельных гидрометпунктах, вызывающая локальный апвеллинг. В целом же, в соответствии с результатами теоретических исследований, выделенные распределения ветров способствуют возникновению стонового и экмановского апвеллинга в северо-западной части Черного моря и у ЮБК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Черное море. Вып.1. Гидрометеорологические условия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 430 с.
2. В.А. Иванов, В.К. Коснырев, Э.Н. Михайлова Апвеллинг в северо-западной части Черного моря в период летнего прогрева // Морской гидрофизический журнал. – 4. – 1996. – С. 26–35.
3. Э.Н. Михайлова, В.А. Иванов, А.И. Кубряков, Н.Б. Шапиро Особенности циркуляции вод в окрестности острова Змеиный при воздействии ветров различной направленности // Морской гидрофизический журнал, N 4, – 1998. – С. 17–23.