

## Апвеллинг в Керченском проливе и прилегающей акватории Черного моря на базе контактных и спутниковых данных

П. Д. Ломакин

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия  
E-mail: p\_lomakin@mail.ru*

Поступила в редакцию 25.10.2017 г. После доработки 27.11.2017 г.

На основе контактных и спутниковых данных рассмотрены локальный и крупномасштабный апвеллинги в Керченском проливе и прилегающей акватории Черного моря. Определены пространственные масштабы и характеристики временной изменчивости этих явлений, а также закономерности трансформации термохалинного поля. Показано, что устойчивый северо-западный ветер формирует локальные очаги апвеллинга в южной и центральной областях Керченского пролива. Описано довольно редкое природное явление, когда ветровой локальный апвеллинг вызывает повышение температуры в толще прибрежных вод. Апвеллинг, наблюдавшийся в конце сентября, сопровождался потеплением вод пролива. Выявлено, что черноморские подповерхностные воды, которые поступают в пролив в системе апвеллинговой циркуляции и обладают низким содержанием общего взвешенного и растворенного органического вещества, способствуют повышению качества вод. Крупномасштабный апвеллинг зарождается в Феодосийском заливе, его влияние распространяется на Керченский пролив и широкую полосу вдоль восточного берега Крыма. Цикл этого вида апвеллинга изменяется в интервале 1–8 сут. Максимальная повторяемость типична для апвеллингов с циклом продолжительностью около суток. На количественном уровне показано, что временные характеристики крупномасштабного апвеллинга у восточного берега Крыма и в Керченском проливе значительно изменяются на межгодовом масштабе.

**Ключевые слова:** апвеллинг, температура, соленость, общее взвешенное вещество, растворенное органическое вещество, Керченский пролив.

**Для цитирования:** Ломакин П. Д. Апвеллинг в Керченском проливе и прилегающей акватории Черного моря на базе контактных и спутниковых данных // Морской гидрофизический журнал. 2018. Т. 34, № 2. С. 123-133. doi:10.22449/0233-7584-2018-2-123-133

## Upwelling in the Kerch Strait and the adjacent waters of the Black Sea based on the contact and satellite data

P. D. Lomakin

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia  
e-mail: p\_lomakin@mail.ru*

Local and large-scale upwellings in the Kerch Strait and in the Black Sea adjacent waters are considered based on the contact and satellite data. The spatial scales and the temporal variability characteristics of these phenomena as well as the regularities of the thermohaline field transformation are identified. It is shown that a stable northwest wind generates local upwelling pockets in the southern and central areas of the Kerch Strait. Quite a rare natural phenomenon when a wind-generated local upwelling induces rise of temperature in the coastal waters is described. The upwelling observed in late September is accompanied by growth of water temperature in the strait. It is revealed that the Black Sea subsurface waters that flow to the strait within the upwelling circulation system and that are of low concentrations of total weighted and dissolved organic matter, contribute to improving water quality. Large-scale upwelling is originated in the Feodosiya Gulf; its influence extends to the Kerch Strait and to a wide strip along the Crimea eastern coast. The cycle of this kind of upwelling varies within the range 1-8 days. Maximum frequency is typical of an upwelling cycle of about 24 hours. Based on the quantitative data, the temporal characteristics of a large-scale upwelling off the Crimea eastern coast and in the Kerch Strait are shown to be considerably variable on the inter-annual scale.

**Keywords:** upwelling, temperature, salinity, total weighted matter, dissolved organic matter, Kerch Strait.

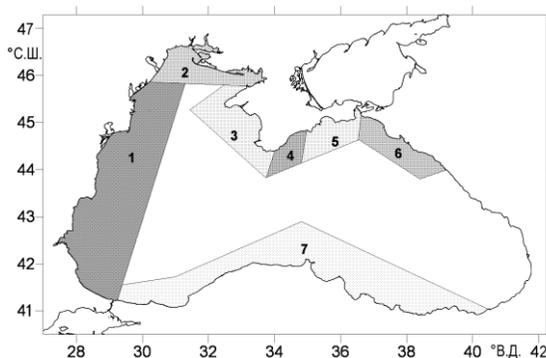
**For citation:** Lomakin, P.D., 2018. Upwelling in the Kerch Strait and the adjacent waters of the Black Sea based on the contact and satellite data. *Morskoy Gidrofizicheskiy Zhurnal*, 34(2), pp. 123-133. doi:10.22449/0233-7584-2018-2-123-133 (in Russian).

© Ломакин П.Д., 2018

**Введение.** Наиболее значимый механизм, реализующий водообмен между шельфовой зоной и глубоководной частью океанов и морей, связан с апвеллингом. Это явление, наблюдаемое во всех климатических зонах Мирового океана и в морях, имеет важное прикладное значение и активно исследуется мороведами различных стран [1–4].

Ветровой апвеллинг как явление, типичное для Черного моря, и, в частности, для Крымского побережья, довольно хорошо изучен. Ему посвящены многочисленные публикации советских и современных отечественных океанологов [5–9], базирующиеся на экспериментальных контактных и спутниковых данных, а также на результатах численного моделирования [10, 11]. Основным итог указанных исследований можно сформулировать следующим образом.

В Черном море наряду с апвеллингом, генерируемым локальными ветрами, существует его более масштабный вид, который недостаточно изучен. Один из вероятных механизмов этого явления связывают с откликом водной среды на атмосферную циркуляцию. Считается, что крупномасштабный апвеллинг главным образом обусловлен влиянием крупномасштабных атмосферных процессов над Азово-Черноморским бассейном, при этом роль локальных ветров и систем прибрежных течений менее значима. Этот вид апвеллинга распространен по всему периметру Черного моря, за исключением восточного побережья. Его очаги имеют пространственный масштаб порядка десятков (до сотни) миль, где в системе вертикальной циркуляции в верхний слой поступают обладающие собственными свойствами промежуточные и глубинные воды, существенным образом изменяя структуру полей гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических элементов [8].



**Рис. 1.** Схема районирования Черного моря по интенсивности крупномасштабного прибрежного апвеллинга [8]. Исследуемая акватория – район 5  
**Fig. 1.** Zoning scheme of the Black Sea by the large-scale coastal upwelling intensity [8]. Studied area – Area 5

В настоящей работе на базе спутниковой и контактной информации проанализированы отмеченные выше виды апвеллинга и их проявление в термохалинном поле в водах Керченского пролива и прилегающей к нему акватории у восточного берега Крыма (рис. 1) – регионе, где подобные исследования ранее не проводились. Также впервые рассмотрена структура полей не традиционных для классической океанографии параметров водной среды –

концентрации общего взвешенного (ОВВ) и растворенного органического (РОВ) вещества в области локального апвеллинга.

**Исходные данные и методы исследования.** Случаи локального ветрового апвеллинга непосредственно в Керченском проливе проанализированы по материалам двух совместных комплексных экспедиций, проведенных сотрудниками Морского гидрофизического института (МГИ) и Южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО) в августе и сентябре 2011 г.

Статистические сведения о структуре поля температуры на поверхности моря и пространственных характеристиках крупномасштабного апвеллинга рассчитаны на базе массива спутниковых данных ЮгНИРО, описание которого можно найти в [8]. Показатели временной изменчивости этого вида апвеллинга получены на основе анализа массива спутниковых снимков в инфракрасном диапазоне за 2000–2015 гг. из архива МГИ [12]. Поиск зон крупномасштабного апвеллинга осуществлялся с мая по сентябрь, когда они наиболее ярко проявляются в температурном поле на поверхности моря. Для каждого выявленного случая указанного апвеллинга фиксировалось время формирования и затухания соответствующей температурной неоднородности. Длительность цикла определялась в часах и затем осреднялась до суток. За каждый конкретный год рассчитывалось количество суток, когда апвеллинг наблюдался у восточного берега Крыма.

Общее количество проанализированных снимков 2211, на 279 изображениях были отслежены признаки крупномасштабного апвеллинга.

**Обсуждение результатов.** *Локальный ветровой апвеллинг в Керченском проливе.* За двое-трое суток ранее и во время проведения обеих экспедиций над Керченским проливом наблюдался устойчивый слабый северо-западный ветер, обусловленный тыловой частью циклона с центром в районе Прикаспийской низменности. Первая съемка была реализована 1–2 августа при западном северо-западном ветре скоростью 2–6 м/с, вторая – 26–28 сентября в условиях северного северо-западного ветра скоростью 3–5 м/с. В обеих ситуациях вектор касательного напряжения ветрового потока имел преобладающую, направленную на юго-восток, сгонную составляющую.

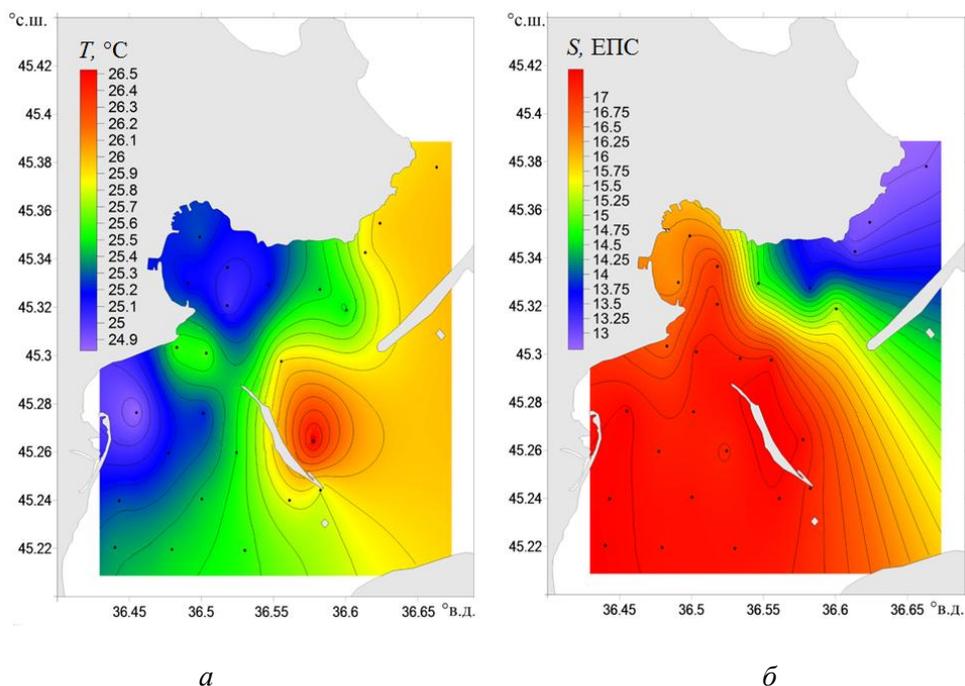
В [13] для северо-западной части Черного моря и Крымского побережья показаны типовые розы ветров, генерирующие локальный апвеллинг на определенных участках морской акватории. Согласно указанной работе, в Керченском проливе и смежных черноморских водах этот вид апвеллинга обусловлен северо-западным ветром, повторяемость которого в течение года (по результатам [14]) составляет 18%. То есть рассматриваемые в настоящей работе ситуации соответствуют характерным ветровым условиям, вызывающим сгонные явления на исследуемой акватории.

Анализ структуры термохалинного поля, выполненный по материалам обеих экспедиций, позволил обнаружить признаки прибрежного апвеллинга, связанного с ветровым сгоном. В частности выявлено, что в системе апвеллинга, вызванного сгонным ветром, в Керченский пролив навстречу ветровому потоку с южного предпроливья поступали подповерхностные черномор-

ские воды. При этом в августе апвеллинг сопровождался понижением температуры воды, тогда как в сентябре ветровой сгон вызвал обратный эффект – потепление практически всей толщи прибрежных вод.

Рассмотрим эти явление более детально.

По материалам августовской съемки, очаг сгона у керченского берега пролива отчетливо виден в структуре поля температуры (рис. 2, *a*). Наиболее ярко это выражено в Керченской и Камыш-Бурунской бухтах, в Павловской узкости и примыкающих мелководных участках. Здесь зафиксирована минимальная температура 24,40–25,21°C, которая на 2–3°C оказалась ниже фоновых значений.



**Рис. 2.** Распределение температуры (*a*) и солености (*b*) в верхнем слое вод Керченского пролива 1–2 августа 2011 г.

**Fig. 2.** Temperature (*a*) and salinity (*b*) distribution in the upper layer of the Kerch Strait area on 1–2 August, 2011

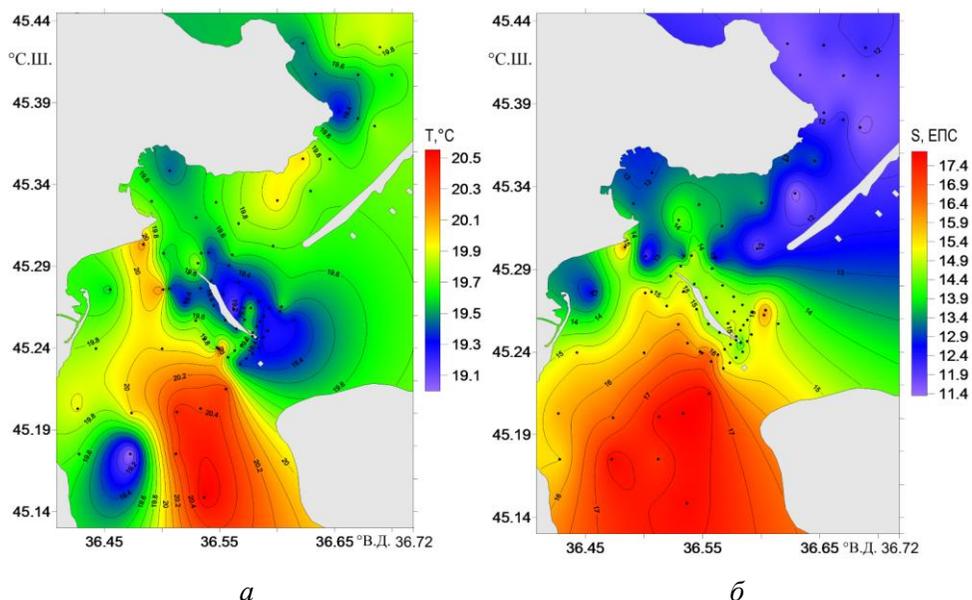
Анализ поля солености (рис. 2, *b*) свидетельствует о том, что в системе апвеллинга, вызванного сгонным ветром, в пролив с придонного слоя черноморского предпроливья поступили высокосоленные воды, соленость которых достигала 17,64–18,53 ЕПС, что на 1,6–2,5 ЕПС превышало фоновые значения.

Очаг апвеллинга с мористой стороны был ограничен хорошо выраженным в термохалинном поле фронтальным разделом (рис. 2).

У дна, по данным инструментальных измерений, на большинстве станций в южной части пролива векторы течения скоростью 5–25 см/с были направлены к керченскому берегу, что подтверждает механизм локального сгона, вызванного западным северо-западным ветром.

На северные области пролива распространялось влияние теплых (25,82–26,60°C) и низкосоленых (12,68–13,67 ЕПС) вод Азовского моря (рис. 2).

Сентябрьская съемка, полигон которой охватил более обширную акваторию Керченского пролива, до его южной границы, представляется наиболее информативной (рис. 3, 4). В данной ситуации ветровой сгон также сопровождался выходом в Керченский пролив вод из подповерхностной структурной зоны Черного моря. Особенность анализируемого случая заключается в том, что воды пролива к концу сентября оказались достаточно выхолаженными до температуры ниже, чем в черноморских водах, подъем которых в системе апвеллинга сопровождался повышением температуры. При этом изменения в поле солёности на количественном уровне в августе и сентябре были аналогичными.



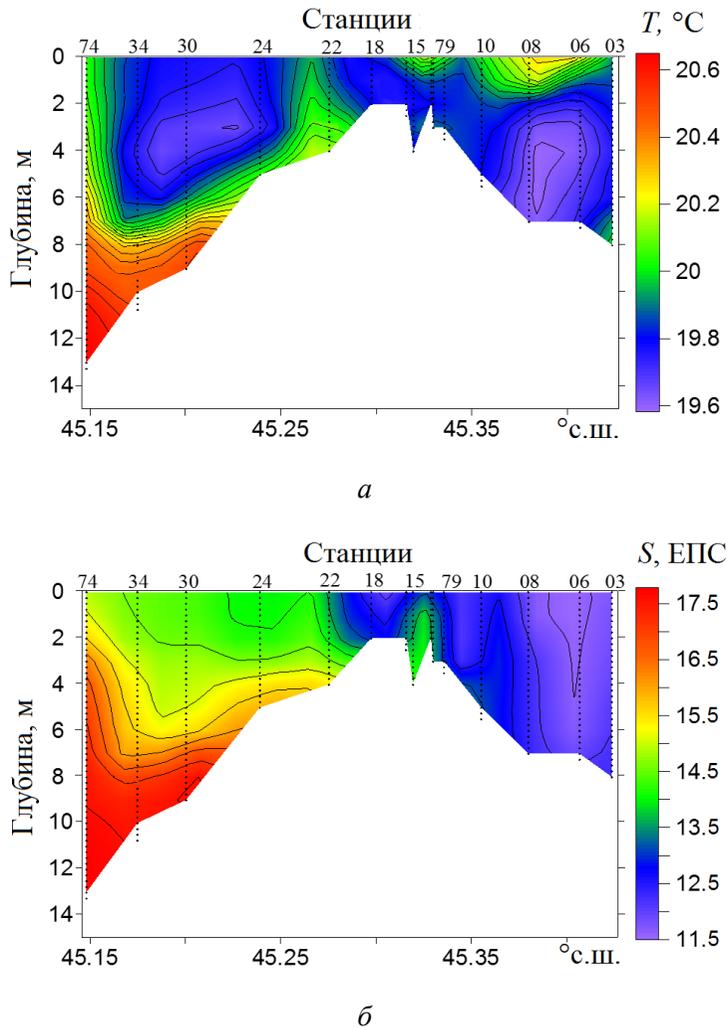
**Рис. 3.** Распределение температуры (*a*) и солёности (*б*) в придонном слое вод Керченского пролива 26–28 сентября 2011 г.

**Fig. 3.** Temperature (*a*) and salinity (*b*) distribution in the upper layer of the Kerch Strait area on 26–28 September 2011

Поток вышедших в пролив теплых и соленых черноморских вод хорошо виден на схемах горизонтального распределения температуры и солёности на поверхности и особенно – в придонном слое. Его северная, восточная и западная периферии были представлены термохалинным фронтальным разделом, который располагался севернее о. Тузла и проявился во всей толще вод (рис. 3).

В очаге сгона максимальная температура воды на поверхности и у дна достигала 19,90 и 20,55°C соответственно, что на 0,46 и 1,61°C выше окружающего фона. Аналогичные соотношения для солёности 15,75 и 17,90 ЕПС; 1,46 и 2,50 ЕПС.

Подъем по южному подводному склону Керченского пролива теплых и соленых подповерхностных черноморских вод и их распространение в системе компенсационного течения далее к северу, в центральную область пролива, показаны на рис. 4. Наиболее теплый ( $20,35\text{--}20,65^\circ\text{C}$ ) и соленый ( $16,20\text{--}17,72$  ЕПС) слой толщиной 2–5 м наблюдался у дна.



**Рис. 4.** Распределение температуры (*a*) и солености (*б*) на продольном разрезе через Керченский пролив 26–28 сентября 2011 г.

**Fig. 4.** Temperature (*a*) and salinity (*b*) distribution on the longitudinal section through the Kerch Strait on 26–28 September 2011

В результате на участках южного подводного склона пролива сформировалась инверсионная вертикальная стратификация поля температуры. Устойчивая стратификация в поле плотности обеспечивалась положительным вертикальным градиентом солености. Абсолютное приращение температуры и солености с глубиной достигало  $0,53\text{--}1,03^\circ\text{C}$  и  $2,02\text{--}2,54$  ЕПС (рис. 4).

Рассмотренная выше ситуация иллюстрирует редкое природное явление (скорее, редко фиксируемое инструментально), когда ветровой сгон сопровождается потеплением толщи прибрежных вод.

Качественно различный эффект (понижение – повышение температуры воды), вызванный одним и тем же механизмом ветрового сгона, объясняется разным температурным фоном вод исследуемой акватории во время проведения анализируемых съемок.

В обеих ситуациях на мелководье Керченского пролива вышли соленые черноморские воды. В августе, когда пролив максимально прогреет, эти воды имели более низкую температуру. В конце сентября, в начале периода осенней теплоотдачи, фоновые значения температуры воды в проливе оказались ниже температуры черноморской воды, проникшей на его мелководную акваторию в системе апвеллинговой циркуляции.

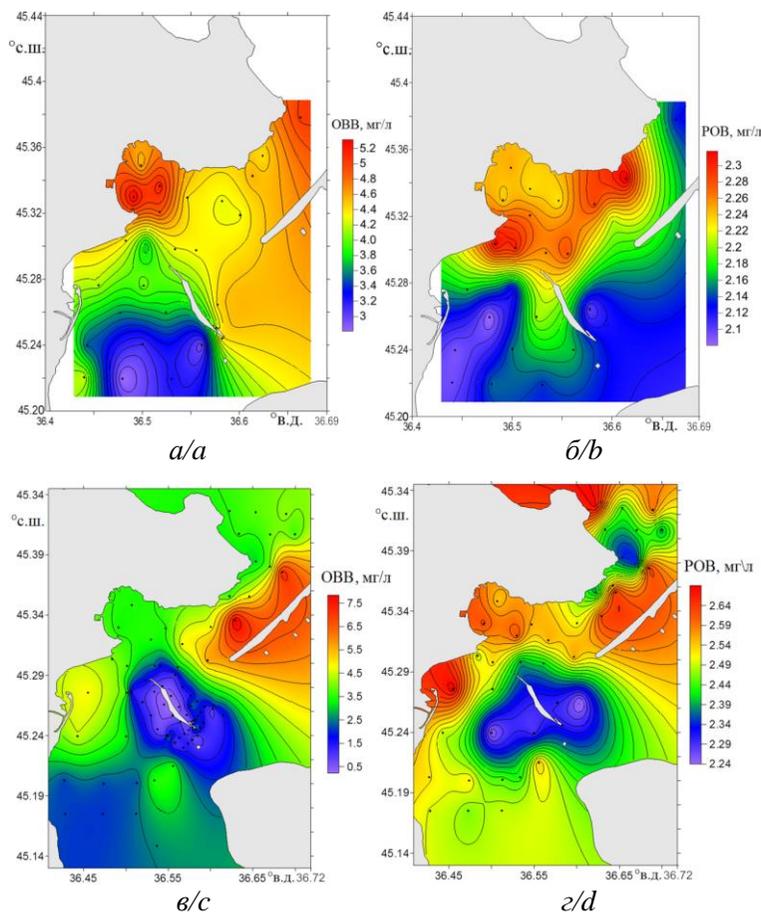
Анализ дополнительных данных показал, что локальный ветровой апвеллинг не только особым образом деформирует структуру термохалинного поля вод пролива, он также имеет соответствующий отклик в полях содержания ОВВ и РОВ.

В системе апвеллинговой циркуляции в Керченский пролив, для вод которого (как следствие постоянного антропогенного пресса) свойственна высокая концентрация ОВВ и РОВ, поступают подповерхностные черноморские воды с низким (природным) содержанием этих веществ. На рис. 5 видно, что, согласно материалам анализируемых экспедиций, этими водами были заняты южные и центральные акватории Керченского пролива. Содержание ОВВ и РОВ здесь было существенно ниже, чем в северной части рассматриваемой акватории, что свидетельствует о значимости ветрового апвеллинга как фактора, улучшающего качество вод в Керченском проливе.

Отметим, что РОВ относят к группе наиболее эффективных индикаторов загрязненных вод [15]. Из-за сложности определения содержания этого вещества массовые сведения о нем стали возможными относительно недавно. В последние годы этот параметр активно используется для оценки качества вод прибрежных океанских и морских акваторий [15, 16].

Для анализа *крупномасштабного апвеллинга* в рассматриваемом регионе обратимся к схеме районирования акватории Черного моря по характерным признакам апвеллинга этого вида, предложенной в [8] (см. рис. 1). Согласно цитируемой работе, Керченский пролив относится к одному из 7 регионов прибрежной акватории Черного моря – району у восточного берега Крыма (включая Керченский пролив, Феодосийский залив, Карадагский заповедник) с типовыми гидрофизическими признаками крупномасштабного апвеллинга.

Крупномасштабный апвеллинг в Черном море характеризуется следующими особенностями. В пределах области формирования этого вида апвеллинга на его ранней стадии в поле температуры воды на поверхности моря, как правило, наблюдается пространственная неоднородность, которая со временем трансформируется в отдельные очаги холодной воды, получившие название «центры» апвеллинга. На рассматриваемой акватории чаще всего такие образования располагаются у берега Феодосийского залива.

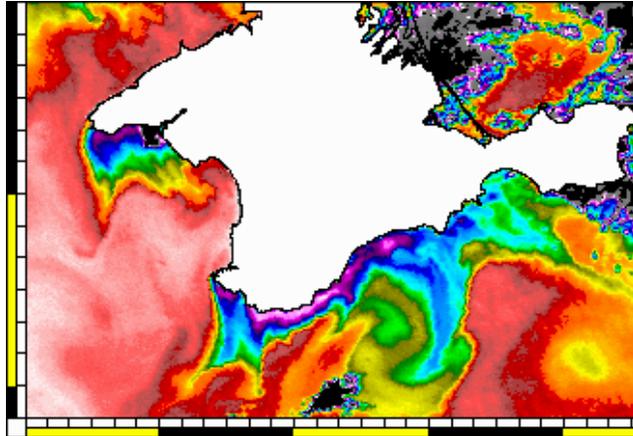


**Рис. 5.** Распределение общего взвешенного вещества (*a*) и растворенного органического вещества (*b*) на поверхности в Керченском проливе 1–2 августа 2011 г. Эти же характеристики (*в*, *г*) 26–28 сентября 2011 г.

**Fig. 5.** Total (*a*) and dissolved (*b*) organic matter distribution on the surface in the Kerch Strait in 1–2 August 2011. The same characteristics (*c*, *d*) on 26–28 September 2011

На более поздних стадиях развития прибрежного очага холодных вод от него в сторону открытого моря и вдоль береговой линии распространяются холодные струи (иногда их называют «лучами» апвеллинга), периферии которых обладают выраженными фронтальными признаками. На рассматриваемом участке Крымского побережья протяженность ориентированных преимущественно к югу фронтальных образований достигает ~70 миль. В результате промежуточные и подповерхностные воды с низкими значениями температуры и высокой концентрацией биогенных элементов выносятся на значительные расстояния от берега. В верхний слой в системе восходящей циркуляции также могут поступать воды из сероводородной зоны Черного моря.

Проявление «лучей» апвеллинга в поле температуры воды у берегов Крымского п-ова проиллюстрировано на спутниковом ИК-снимке (рис. 6) [12]. Эти структурные признаки крупномасштабного апвеллинга отчетливо видны у восточного берега Крыма, у южного берега и на западе Крыма (у м. Тарханкут).



**Рис. 6.** «Лучи» крупномасштабного апвеллинга (сине-голубой цвет) у берегов Крыма на спутниковом ИК-снимке за 3 июля 2003 г. (11:00 GMT)

**Fig. 6.** «Rays» of the large-scale upwelling (blue color) near the Crimea IR image dated 3 July 2003 (11:00 GMT)

Средняя ширина прибрежной полосы у восточного берега Крыма, на которую распространяется крупномасштабный апвеллинг, равна 39 милям.

В июле – августе температура воды на поверхности в очагах подъема вод (Феодосийский залив) понижается до 6–7°C относительно окружающего фона. В Керченском проливе, расположенном на восточной периферии акватории влияния крупномасштабного апвеллинга, температура воды падает на 2–3°C. Наиболее часто очаги апвеллинга данного вида на исследуемой акватории формируются в июле.

Анализ длительности апвеллингового цикла показал следующее. За период 2000–2015 гг. на спутниковых снимках у восточного берега Крыма было зафиксировано 132 случая апвеллинга с длительностью цикла 1–8 сут. Апвеллинги с циклом 7 сут не были обнаружены. Ниже приведены данные о повторяемости крупномасштабного апвеллинга с различной продолжительностью цикла:

Цикл (сут)/Cycle (days)	1	2	3	4	5	6	7	8
Повторяемость (%) / Repeatability (%)	45	23	17	8	5	1	0	1

Наиболее часто, с повторяемостью 45%, отмечались короткопериодные апвеллинги с длительностью цикла около суток. Апвеллинги с циклом, превышавшим 5 сут, наблюдались крайне редко. Их суммарная повторяемость 2%.

Анализ количества суток с признаками апвеллинга для каждого конкретного года свидетельствует о существенной межгодовой изменчивости частоты формирования исследуемого явления у восточного берега Крыма. Так, в период 2000–2015 гг. отчетливо выделяются три промежутка с заметным различием в соответствующем показателе: в 2000–2003 гг. средняя за год (теплый период года) продолжительность времени с апвеллингом была равна 17 сут при абсолютном интервале изменчивости 11–20 сут; в 2004–2010 гг. апвеллинг наблюдался значительно реже и эти показатели снизились до мини-

мума – 5 сут при абсолютном интервале изменчивости 2–8 сут; в течение 2011–2015 гг. случаи апвеллинга заметно участились, в среднем за год продолжительность времени, когда наблюдался апвеллинг, и абсолютный интервал изменчивости увеличились до 51 сут и до 48–57 сут соответственно.

**Заключение.** На основе анализа данных двух экспедиций и спутниковой информации рассмотрены закономерности трансформации полей ряда океанологических элементов в очагах локального и крупномасштабного апвеллингов в Керченском проливе и смежных акваториях у восточного берега Крыма.

Выявлено, что в августе и сентябре 2011 г. слабый устойчивый северо-западный ветер стал причиной формирования очагов апвеллинга на юге и в центральной части пролива. Сгон верхнего слоя компенсировался потоком подповерхностных вод из черноморского предпроливья, которые, поднявшись по южному подводному склону пролива, достигли его центральной области. В августе апвеллинг сопровождался понижением температуры воды на 2–3°C. В сентябре вышедшие на выхолаженные мелководные участки пролива черноморские воды способствовали ее росту на 0,5–1,6°C, а также формированию инверсионной стратификации поля температуры. Соленость в обеих ситуациях повысилась на 1,5–2,5 ЕПС.

Показано, что черноморские воды, поступающие в системе локального ветрового апвеллинга и обладающие природной концентрацией ОВВ и РОВ, способствуют повышению качества вод в Керченском проливе.

В исследованном регионе наряду с апвеллингом, генерируемым локальным сгонным ветром, существует крупномасштабный апвеллинг, образование которого связано с крупномасштабными атмосферными процессами над Черным морем. В Керченском проливе и у восточного берега Крыма он может проявляться в условиях отсутствия выраженных локальных ветровых факторов.

Чаще всего крупномасштабный апвеллинг на рассматриваемой акватории зарождается в Феодосийском заливе. Температура на поверхности в его очагах относительно фоновых значений понижается на 6–7°C в Феодосийском заливе и на 2–3°C – в Керченском проливе. Средняя ширина вдольбереговой полосы, где прослежено влияние апвеллинга, 39 миль, а максимальная протяженность ориентированных на юг его «лучей» достигает 70 миль. Этот вид апвеллинга на рассматриваемой акватории наиболее часто наблюдается в июле. Длительность его цикла изменяется в интервале 1–8 сут. Максимальная повторяемость (45%) характерна для апвеллингов с длительностью цикла около суток. Апвеллинги с циклом, превышающим 5 сут, крайне редки.

На количественном уровне показано, что временные характеристики крупномасштабного апвеллинга у восточного берега Крыма и в Керченском проливе существенно изменяются на межгодовом масштабе.

Работа выполнена в рамках государственных заданий по темам № 0827-2014-0011 «Исследования закономерностей изменений состояния морской среды на основе оперативных наблюдений и данных системы диагноза, прогноза и реанализа состояния морских акваторий» (Шифр «Оперативная океанография») и № 0827-2014-0010 «Комплексные междисциплинарные иссле-

дования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем Черного и Азовского морей на основе современных методов контроля состояния морской среды и грид-технологий» (Шифр «Фундаментальная океанология»).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bakun A.* Global Climate Change and Intensification of Coastal Ocean Upwelling // *Science*. 1990. Т. 247, iss. 4939. P. 198–201. doi:10.1126/science.247.4939.198
2. Upwelling mechanisms in the northwestern Alboran Sea / Т. Sarhan [et al.] // *J. Mar. Syst.* 2000. Т. 23. P. 317–331. URL: <http://www.biblioteca.uma.es/bbl/doc/articulos/16671351.pdf> (дата обращения: 20.10.2017).
3. *Mann K. H., Lazier J. R. N.* Dynamics of Marine Ecosystems, Third Edition. Blackwell Publishing, 2006. doi:10.1002/9781118687901
4. Trophic structure and diversity in rocky intertidal upwelling ecosystems: A comparison of community patterns across California, Chile, South Africa, and New Zealand / С. А. Blanchette [et al.] // *Progr. Oceanogr.* 2009. Vol. 83, iss. 1–4. P. 107–116. doi:10.1016/j.pocean.2009.07.038
5. *Богданова А. К., Корначев Л. Н.* Сгонно-нагонная циркуляция и ее роль в гидрологическом режиме Черного моря // *Метеорология и гидрология*. 1959. № 4. С. 26–32.
6. *Блатов А. С., Иванов В. А.* Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря (на примере Южного берега Крыма). Киев: Наукова думка, 1992. 244 с.
7. Прибрежный апвеллинг в северо-западной части Черного моря / А. И. Гинзбург [и др.] // *Исследование Земли из космоса*. 1997. № 6. С. 66–72.
8. Структура и межгодовая изменчивость характеристик прибрежного черноморского апвеллинга на основе данных спутникового мониторинга / Р. В. Боровская [и др.] // *Там же*. 2008. № 2. С. 26–36. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9952791> (дата обращения: 20.10.2017).
9. *Csanady G. T.* Intermittent “full” upwelling in Lake Ontario // *J. Geophys. Res.* 1977. Vol. 82. P. 397–419. doi:10.1029/JC082i003p00397
10. *Kosnyrev V. N., Mikhailova E. N., Stanichny S. V.* Upwelling in the Black Sea by the results of numerical experiments and satellite data // *Phys. Oceanogr.* 1997. Vol. 8, iss. 5. P. 329–340. doi:10.1007/BF02523759
11. *Halil İ Sur, Özsoy E., Ünlüata Ü.* Boundary current instabilities, upwelling, shelf mixing and eutrophication processes in the Black Sea // *Progr. Oceanogr.* 1994. Vol. 33, iss. 4. P. 249–302. doi:10.1016/0079-6611(94)90020-5
12. URL: [http://dvs.net.ru/mp/data/main\\_ru.shtml](http://dvs.net.ru/mp/data/main_ru.shtml) (дата обращения: 19.10.2017).
13. URL: <http://meteopost.com/info/Upwelling/> (дата обращения: 19.10.2017).
14. *Ломакин П. Д., Панов Д. Б., Спиридонова Е. О.* Особенности межгодовых и сезонных вариаций гидрометеорологических условий в районе Керченского пролива за два последних десятилетия // *Морской гидрофизический журнал*. 2010. № 2. С. 36–48.
15. Spatial and temporal variability of absorption by dissolved material at a continental shelf / E. Boss [et al.] // *J. Geophys. Res.* 2001. Vol. 106, no. C5. P. 9499–9507. URL: [http://misclab.umeoce.maine.edu/documents/JGR\\_CDOM.pdf](http://misclab.umeoce.maine.edu/documents/JGR_CDOM.pdf) (дата обращения: 20.10.2017).
16. Fluorescence properties of dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France) / M. Tedetti [et al.] // *Environ. Chem.* 2012. Vol. 9(5). P. 438–449. doi:10.1071/EN12081

*Об авторе:*

**Ломакин Павел Демьянович**, ведущий научный сотрудник, отдел океанографии, ФГБУН МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), доктор географических наук, профессор, **Researcher ID: V-7761-2017**, [p\\_lomakin@mail.ru](mailto:p_lomakin@mail.ru)