

А.К.Куклин, Н.Я.Куклина, О.А.Шабалина

*Экспериментальное отделение
Морского гидрофизического института, г.г.Кацивели*

ТЕМПЕРАТУРА МОРСКОЙ ВОДЫ В РАЙОНЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В КАЦИВЕЛИ

Представлены данные длительных измерений температуры морской воды на Южном берегу Крыма в районе океанографической платформы на глубинах до 25 м, а также соответствующие им ветровые характеристики в этом районе. Показано изменение температуры по месяцам для теплого полугодия для шести фиксированных горизонтов 1, 5, 10, 15, 20 и 25 м. Выявлены сгонные и нагонные явления в этом районе и их изменчивость во времени.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *температура воды, ветровой режим, сгонно-нагонные явления, океанографическая платформа, Южный берег Крыма.*

В последнее время довольно много внимания уделяется вопросам изучения поднятия глубинных холодных вод в поверхностный слой (апвеллинга). Во многих работах подробно освещаются эти явления [1 – 4].

“Подъем и опускание вод у берегов в период развития сгонно-нагонных течений и в моменты смены их является одним из важнейших факторов вертикального обмена вод в верхнем слое воды” [5].

В данной работе рассматриваются сгонные и нагонные процессы в море до глубины 25 м за период с 1986 по 2003 гг. в районе океанографической платформы в Кацивели. Этот район характеризуется хорошими условиями для развития сгонно-нагонных явлений.

Установка океанографической платформы в Кацивели на Южном берегу Крыма позволила проводить регулярные гидрометеоизмерения в удалении 500 м от берега на глубине до 30 м.

В первую очередь с 1986 г. на платформе были организованы измерения температуры моря с использованием шести датчиков на глубине 1, 5, 10, 15, 20 и 25 м. Регистрация показаний датчиков с помощью программного устройства проводилась 8 раз в сутки круглосуточно через каждые 3 часа длительностью 8 минут. Постоянная времени датчиков была в пределах минуты. Точность измерений составляла $\pm 0,1$ °C. Один – два раза в месяц регулярно проверялись показания датчиков при поднятии их на глубину 1 м, где осуществлялась их коррекция с показаниями поверенного ртутного термометра.

Измерения температуры моря с 1986 по 2003 гг. проводились с начала мая до конца октября. В 1986 г. измерения начинались с марта. На графике 1 показано изменение температуры моря по глубинам. Если устанавливается юго-западный ветер, падает температура верхнего слоя. При ветре с западной составляющей возникает сгон теплой воды с притоком холодной (рис.1, а). Это хорошо заметно в береговой зоне, когда температура моря падает с 23 – 24 до 10 – 7 °C.

На океанографической платформе записи температуры морской воды по глубинам одновременно проводились с записями ветра через каждые 3 часа.

© А.К.Куклин, Н.Я.Куклина, О.А.Шабалина, 2014

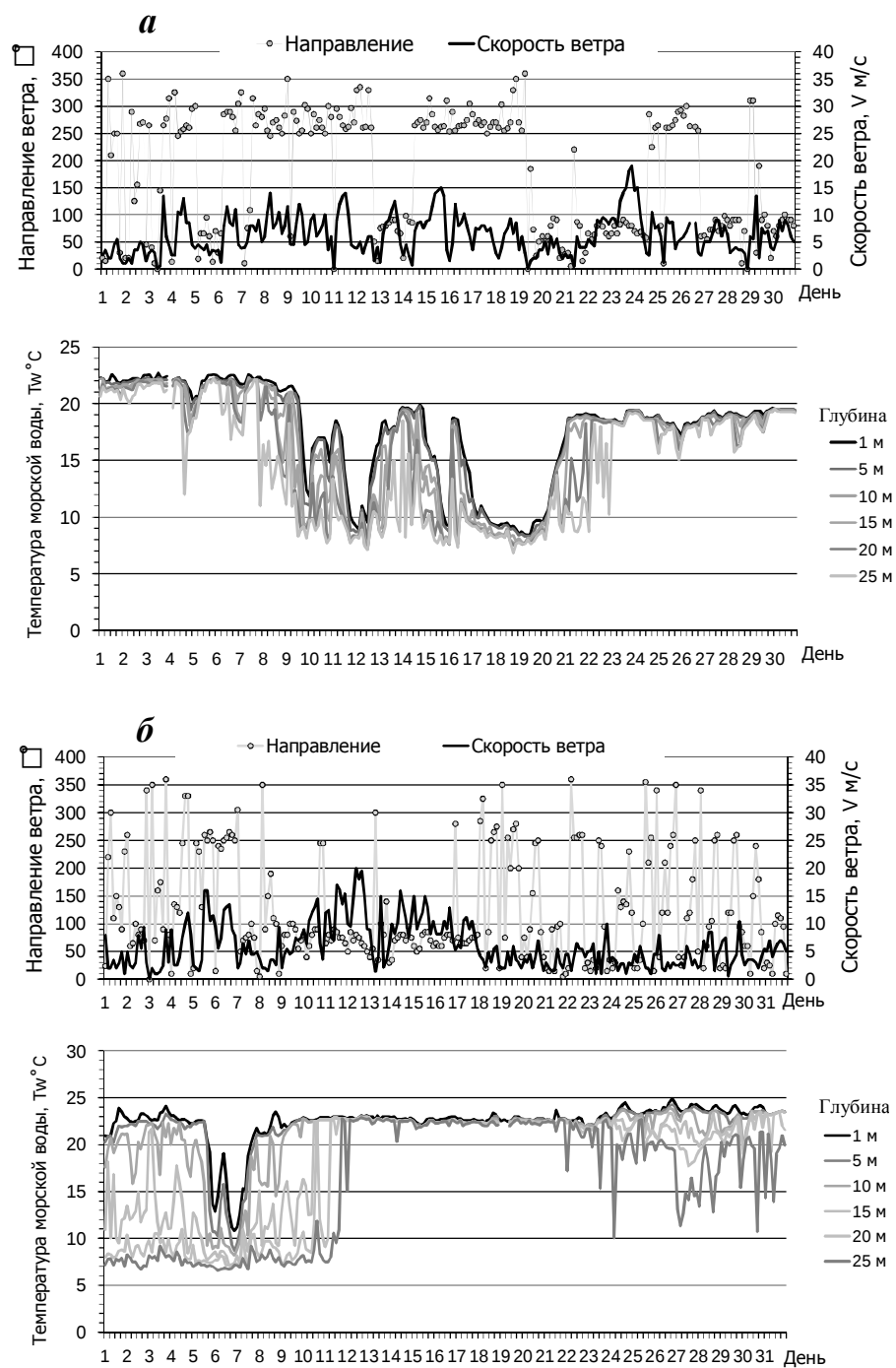


Рис. 1. Температура морской воды по глубинам, скорость и направление ветра на океанографической платформе в Кацивели (8 наблюдений в сутки): сгон в сентябре 1996 г. (а) и нагон в июле 1994 г. (б).

Эти записи показали, что сгоны начинались большей частью при западно-юго-западном направлении или юго-западном направлении, в меньшей степени – при ветре западного направления, иногда – при остальных направлениях ветра.

Причем в течение развития сгона направление ветра обычно изменяется от западной составляющей ветра несколько в северную сторону. Заканчиваются сгоны в основном ветрами западных направлений, но часто – переменным ветром, порой – ветром восточного направления, иногда – северного.

Обычно в течение сгона скорость ветра бывает неравномерной. Как правило, наблюдается:

- непосредственно перед сгоном – повышение скорости ветра при юго-западном направлении;
- повышение скорости ветра при сгонах - либо постоянное повышение скорости ветра, либо от одного до трех повышений скорости ветра в течение сгона.

Скорость ветра при сгонах повышается примерно до 12 – 16 м/с. В сентябре 1993 г. кратковременный ветер юго-западного направления до 20 м/с явился причиной не длительного, но резкого снижения температуры морской воды с 21,5 до 7,3 °С.

При длительном и сравнительно большом ветре северо-восточного и восточного направлений теплые воды опускаются на глубину, температура нижних слоев увеличивается и становится одинаково теплой по всем глубинам. Такие нагоны можно обнаружить при использовании нескольких датчиков, установленных по фиксированным горизонтам от поверхности до дна, или при зондировании малоинерционным датчиком (рис.1, б). Эти явления возникают с мая, увеличиваясь к концу теплого сезона и иногда превращаясь в постоянный нагон в октябре, когда температура моря с глубиной практически не изменяется.

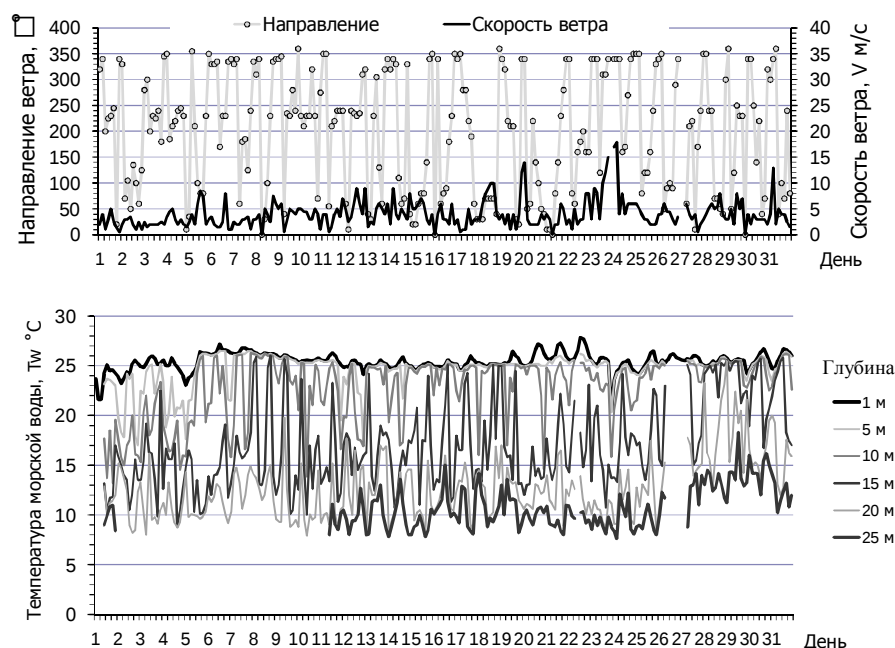
Нагоны обычно начинаются при ветре северо-северо-восточного или восточно-северо-восточного, или северо-восточного направлений. Иногда перед нагоном возникает переменный ветер. Нагоны часто бывают довольно длительными.

Обычно во время довольно длительных нагонов ветер северо-восточных направлений временно меняется на другие направления, становится переменным, но потом, в большинстве случаев, направление ветра возвращается к северо-восточной составляющей.

В конце нагоны большей частью имеют ветер переменного направления, а также восточного, реже – северного и западного.

Скорость ветра при нагонах также неравномерная. Повышения скорости ветра чередуются с небольшими скоростями. Практически при всех нагонах скорость ветра повышается до значений, превышающих 10 м/с, часто повышается до 15 – 17 м/с, иногда – до 20 м/с (1992, 1993, 1994, 1996, 2001, 2002 гг.). В сентябре 1991 г. скорость ветра при нагоне составляла 30 м/с.

Например, в октябре 1996 г., в течение всего месяца, температура морской воды на всех глубинах имела равные значения. При этом, за месяц, раз восемь изменялось направление ветра с восточного, северо-восточного – на ветер переменного или западного направлений. В среднем скорость ветра была

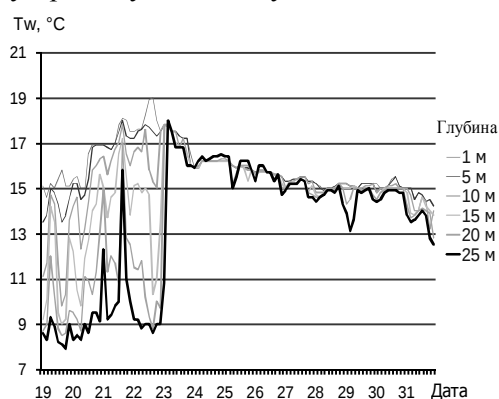


Р и с . 2 . Температура морской воды по глубинам, скорость и направление ветра на океанографической платформе в Кацивели (8 наблюдений в сутки) в июле 1991 г.

не очень высокой. Небольшая скорость чередовалась с порывами ветра до 12 – 16 м/с.

В октябре иногда бывает постоянный нагон со стабильной температурой от 20 до 17 – 16 °С в течение всего месяца (1988 г., октябрь).

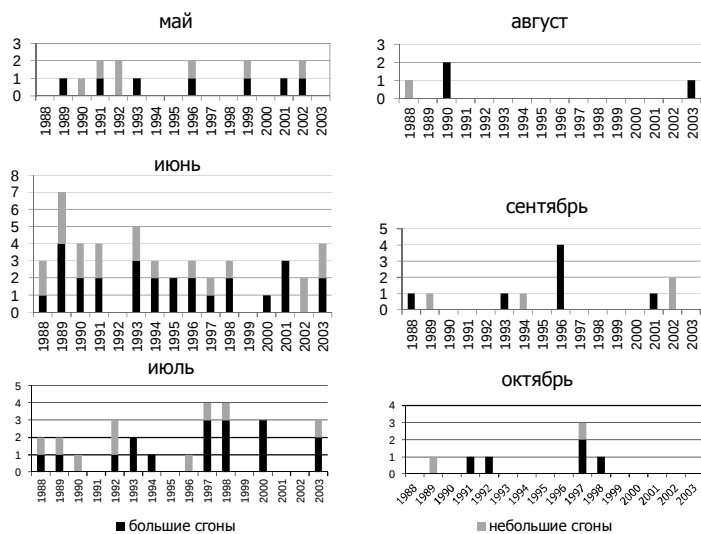
Обычно, когда не устанавливается ветер определенного направления и, когда скорость ветра, в основном, не очень большая, верхняя (1 м) и нижняя (25 м) глубины имеют небольшие температурные колебания, но в этом случае у промежуточных глубин колебания температуры воды значительны (рис.2).



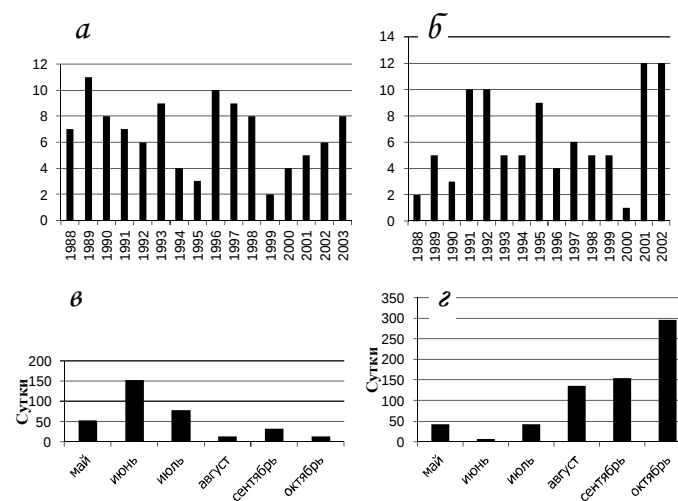
Р и с . 3 . Инверсия температуры морской воды на океанографической платформе в Кацивели (8 наблюдений в сутки) в мае 1989 г.

Такие процессы в течение всего месяца наблюдались в июле 1991 и 1996 гг., а также в августе 1998 г.

В районе океанографической платформы в Кацивели порой наблюдаются явления инверсии морской воды [6]. Например, во второй половине мая 1989 г., в течение более чем двух суток, наблюдалось явление инверсии (рис.3), когда температура воды на глубине 25 м была на 0,2 °С выше, чем температура поверхностного слоя. За исследуемый период проявлялись еще несколько случаев инверсии, но они были кратковременными.



Р и с . 4 . Количество сгонов температуры морской воды по годам за каждый месяц теплого полугодия на океанографической платформе в Кацивели.



Р и с . 5 . Количество сгонов (а) и нагонов (б) за каждый год, суммарная длительность сгонов (в) и нагонов (г) по месяцам за весь период 1988 – 2002 гг. на океанографической платформе в Кацивели.

На рис.4 показано изменение количества сгонов по годам для каждого месяца. Количество сгонов наибольшее в июне и июле, наименьшее – в августе. В целом увеличение сгонов в июле в некоторой степени соответствует уменьшению их в июне. В последнее время количество сгонов в июне уменьшается.

Диаграмма на рис.5 представляет количество сгонов и нагонов за каждый год, а также суммарную длительность сгонов и нагонов по месяцам за весь период 1988 – 2002 гг. С августа по октябрь – это период наибольшего количества нагонов, наименьшее число нагонов наблюдается в июне. Нагон может возникать на короткий период времени, но может и на длительный. Длительность нагонов, как правило, превышает сгоны, особенно в конце теплого периода (август – октябрь). Суммарная длительность нагонов (рис.5, г) в сентябре за весь период наблюдений почти совпадает с суммарной длительностью сгонов (рис.5, в) в июне, а в октябре суммарная длительность нагонов превышает суммарную длительность сгонов в июне практически в два раза.

Общее количество сгонов за весь период (1988 – 2002 гг.) составляет 99, нагонов – 100. Суммарная длительность сгонов за этот же период составляет 315 суток, нагонов – 707 суток.

Вообще, количество сгонов в последние годы (2004 – 2013 гг.) уменьшается, что связано с уменьшением западной составляющей скорости ветра, вызывающей сгоны.

В самые теплые месяцы, когда перепад между температурой верхних и нижних слоев морской воды увеличивается, повышается и амплитуда температурных колебаний в море. В марте разность по температуре составляет не более 1 °С, в апреле разность температуры в водной среде составляет 5 – 7 °С, увеличиваясь в мае до 5 – 10 °С. В июне эта разность достигает 15 – 16 °С, формируются колебательные процессы от 2 до 4 суток. В августе колебания температуры могут достигать 16 °С и более с периодом до 7 суток.

В июне 1988 г. наблюдался один из самых длительных сгонов, который длился две недели. Температура поверхности моря упала на 14,7 °С. В июле 1997 г. 7 дней длился сгон, на 16,0 °С произошло понижение температуры морской воды. Почти 6 суток в июле 2003 г. и 3,5 суток в мае 1993 г. были сгоны, когда температура верхнего слоя воды падала на 15,6 °С.

Ветер во время этих сгонов имел западное или западно-юго-западное направление, скорость ветра поднималась до 11 – 14 м/с.

К сожалению, в зимний период измерения не проводились, однако расслоение водной массы по температуре начинается с марта под влиянием солнечной радиации.

Среднемесячная среднемногoletняя температура морской воды (рис.6, а) показывает, что на глубине 25 м в августе, сентябре и октябре температура моря практически уравнивается до 17 °С. До 10 °С на этой же глубине опускается температура моря в мае и июне, в июле здесь вода имеет температуру в пределах 13,9 °С.

На рис.6, б приведены данные о теплосодержании водных масс. Здесь также выделяется максимум в августе, кроме глубины 5 м, где он смещен на июль. Максимум также имеет место в октябре, и минимум – в сентябре. Самое низкое теплосодержание на глубине 25 м – в мае.

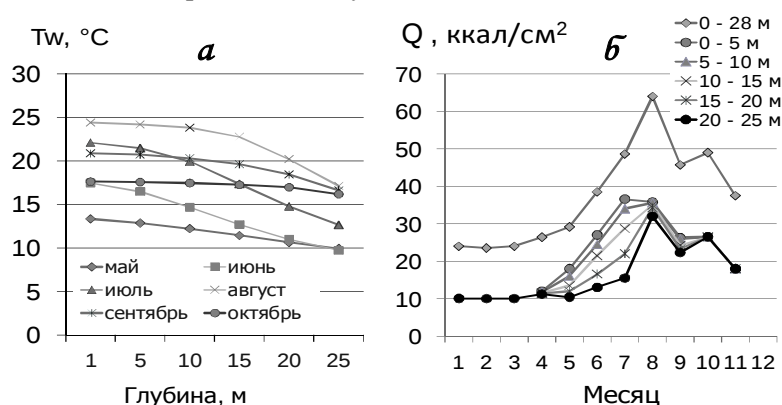


Рис. 6. Среднемесячная среднемногoletняя температура морской воды по глубинам (а); теплосодержание температуры морской воды по глубинам на океанографической платформе в Кацивели (б).

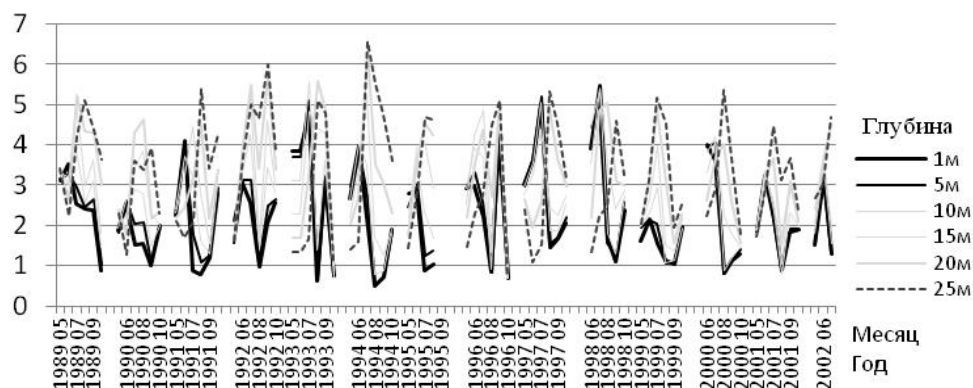


Рис. 7. Среднемесячные значения среднеквадратических отклонений для теплых полугодий температуры морской воды по глубинам на океанографической платформе в Кацивели.

Чаще всего наблюдается следующее: если температура воды на поверхности колеблется незначительно, то для 25-метровой глубины колебания температуры морской воды довольно большие, а если амплитуда колебаний температуры поверхностных слоев значительная, то у нижней глубины – маленькая.

На рис.7 среднемесячных значений среднеквадратических отклонений для теплых периодов черным цветом представлены отклонения для двух верхних слоев температуры воды, а пунктирной линией – отклонения для нижнего слоя, для глубины 25 м.

В середине теплого периода среднеквадратические отклонения верхних слоев температуры воды имеют наименьшие значения, а нижнего слоя – наибольшие значения отклонений, т.е. они находятся почти в противофазе (порой со смещением на месяц).

Многолетний ход среднеквадратических отклонений для определенного месяца по глубинам (рис.8, пунктирная линия – отклонения для 25 м) показывает, что в начале теплого полугодия верхние слои морской воды имеют более значительные среднеквадратические отклонения, чем нижние. В июне, и особенно в июле, увеличиваются изменения среднеквадратических отклонений по годам для температуры морской воды всех слоев. В июне и июле года со значительными среднеквадратическими отклонениями температуры воды верхних слоев и небольшими значениями среднеквадратических отклонений нижних слоев (что соответствует увеличению сгонов) чередуются с годами с небольшими величинами среднеквадратических отклонений верхних слоев и более высокими значениями среднеквадратических отклонений нижних слоев (что соответствует уменьшению сгонов и увеличению нагонов).

В августе среднеквадратические отклонения температуры морской воды для верхних и нижней глубин по годам довольно стабильны. Нижний слой имеет значительные колебания температуры морской воды, верхние – небольшие.

Заключение. Исследования данных по температуре моря и ветру на океанографической платформе показали, что по длительности нагоны чаще

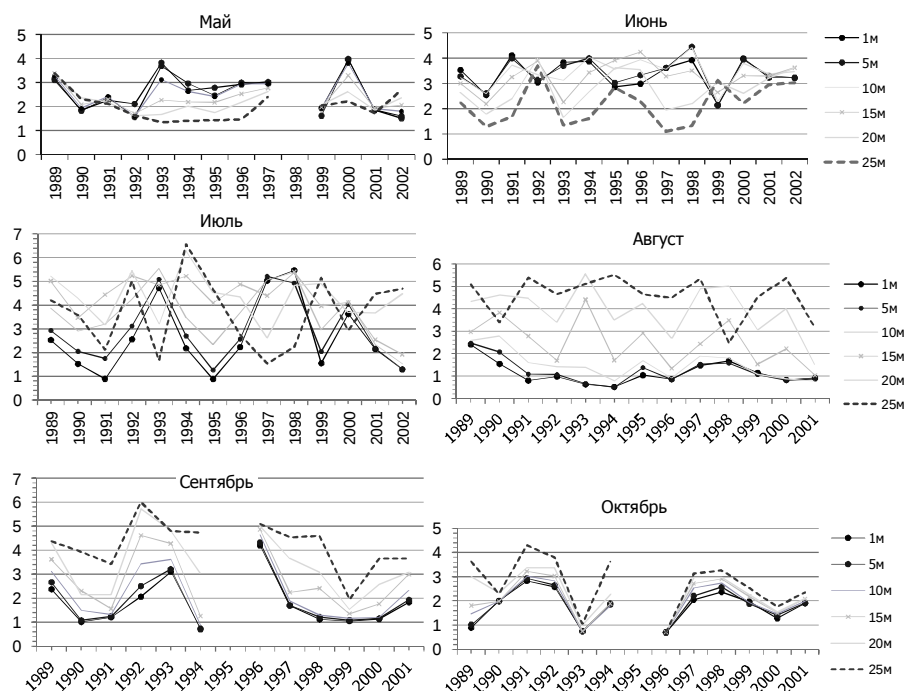


Рис.8. Многолетний ход среднеквадратических отклонений для определенного месяца по глубинам на океанографической платформе в Кацивели.

всего превышают сгоны. Иногда нагоны длятся весь месяц (октябрь 1988, 1999, 1993, 1996 и 2000 гг.). При примерно равном количестве сгонов и нагонов за период с 1988 по 2002 гг., суммарная длительность нагонов превышает суммарную длительность сгонов примерно в два раза.

Первые три месяца теплого полугодия (май – июль) отмечаются значительным количеством сгонов, вторая половина теплого периода (август – октябрь) характеризуется небольшим количеством сгонов. Для нагонов, наоборот, в первой половине теплого полугодия наблюдается незначительное количество нагонов, особенно в июне, а во второй половине, с августа по октябрь, их количество больше, и в это время они, как правило, являются длительными.

Количество сгонов в последние годы (2004 – 2013 гг.) уменьшилось из-за уменьшения западной составляющей скорости ветра. Это, по-видимому, связано с потеплением.

Среднегодовое значение температуры поверхности моря за последние 10 лет с 2004 по 2013 гг. повысилось на 0,48 °С, температуры воздуха – на 1,5 °С.

Многолетние наблюдения на платформе показали, что сгоны морской воды в Кацивели возникают под действием ветров с юго-западной составляющей направления ветра. Нагоны же возникают и поддерживаются ветрами северо-восточных составляющих направления ветра.

Иногда с июля, всегда в августе, и до конца октября, формируется квазиоднородный поверхностный слой, который препятствует выходу на поверхность моря холодных водных масс.

Для поверхностного слоя (1м) среднемноголетняя температура воды была самой высокой для августа 24,4°C, затем - для июля 22,1°C, для сентября 20,9°C. Октябрь и июнь имеют равные значения 17,5°C, а май – самые низкие 13,3°C.

В первой половине теплого полугодия среднеквадратические отклонения морской воды для верхнего слоя превышают среднеквадратические отклонения морской воды для нижнего слоя. Начиная с августа, во второй половине теплого периода, для нижнего слоя (25 м) значения отклонений самые высокие, а для верхних слоев (1 - 5м) – самые небольшие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лафонд Е.К.* Апвеллинг / Океанографическая энциклопедия.– Л.: Гидрометиздат, 1974.– С.20-22.
2. *Горячкин Ю.Н., Иванов В.А., Кузнецов А.С.* Изменчивость термохалинной структуры и динамики вод в прибрежной зоне Южного берега Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика.– 2006.– вып.14.– С.194-203.
3. *Иванов В.А., Михайлова Э.Н.* Апвеллинг в Черном море.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.– 92 с.
4. *Белоусов В.В., Воскресенская Е.Н., Наумова В.А.* Изучение апвеллинга в прибрежной зоне Южного берега Крыма // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007.– С.280-283.
5. *Зац В.И., Лукашенко О.Я., Яцевич Г.В.* Гидрометеорологический режим Южного берега Крыма.– Л.: Гидрометеиздат, 1966.– 120 с.
6. *Иванов В.А., Репетин Л.Н., Мальченко Ю.А.* Климатические изменения гидрометеорологических и гидрохимических условий в прибрежной зоне Ялты / Препринт.– Севастополь, 2005.– 164 с.

Материал поступил в редакцию 05.12.2014 г.

АНОТАЦІЯ Представлені дані тривалих вимірювань температури морської води на Південному березі Криму в районі океанографічної платформи на глибинах до 25 м, а також відповідні їм вітрові характеристики в цьому районі. Показано зміна температури по місяцях для теплого півріччя для шести фіксованих горизонтів 1, 5, 10, 15, 20 і 25 м. Виявлено згінні і нагання явища в цьому районі і їх мінливість у часі.

ABSTRACT The data of long-term measurements of sea water temperature on the southern coast of Crimea in the area of oceanographic platform at depths up to 25 m, and the corresponding wind characteristics in the area are given. Temperature changes by month for the warm half of the year to six fixed levels 1, 5, 10, 15, 20 and 25 m are shown. Ebbs and revealed surge phenomena in the area and their variability over time are revealed.