Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 4. С. 178–193

Аномальные ситуации метеорологического режима в прибрежной зоне Северо-Кавказского побережья за период 2010-2013 гг. (по данным метеостанции Геленджика)

Л.В. Москаленко[1], В.А. Мельников[2], Н.И. Кузеванова[1]

[1]Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Геленджик, 353467, Россия
E-mails: eco@ecologpro.ru, lidija-moskalenko@rambler.ru, kuzevanova-nata@mail.ru
[2]Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, 117997, Россия
E-mail: vmelnikov@ocean.ru

В статье анализируется месячная и годовая изменчивость температур воздуха и воды, ветра и суточных осадков в районе прибрежного полигона (прибрежная зона г. Геленджика) в аномальные по своим температурным характеристикам и ветровому режиму годы (2010-2013 гг.). Проводится сравнение данных за период 2010-2013 гг. со среднемноголетними данными за период 1935-2013 гг. Рассмотрена разномасштабная изменчивость ветрового режима и атмосферных синоптических процессов. На месячных диаграммах ветра по отдельным годам за период 2010-2013 гг. можно проследить не только циклические смены преобладающих направлений и скоростей ветра по отдельным месяцам, но и хорошо выраженную сезонную изменчивость направлений ветров. Приводится сравнение повторяемостей ветров основных румбов по многолетнему ряду данных метеостанции Геленджика и данных реанализа по массиву NCEP/NCAR для рассматриваемого квадрата Черного моря (северо-восточная часть). Показано, что в прибрежной зоне по данным метеостанции Геленджика наблюдается незначительно большая повторяемость ветра СВ румбов, заметно большая повторяемость В, Ю и ЮВ ветров и меньшая повторяемость ветров ЮЗ, З и СЗ румбов, которые характерны для южной части рассматриваемого квадрата. Показано, что разность месячных температур воды и воздуха характеризуется хорошо выраженной месячной и сезонной изменчивостью и в значительной степени определяется особенностями ветрового режима и циркуляции вод. Рассмотрены примеры экстремального за рассматриваемый период понижения и повышения температур воздуха и воды. Показано, что в зонах продолжительного фронтального взаимодействия крупномасштабных барических образований с контрастными свойствами воздушных масс могут развиваться аномальные метеорологические ситуации. Наводнение, произошедшее 6-7-го июля 2012 г., было аномальным за период 1935 - 2013 гг. Выпавшее суточное количество осадков составляло 267 мм, что больше, чем максимальные месячные осадки за другие годы периода 1935-2013 гг. и составляет почти 25% от максимальных за весь период годовых осадков. Отмечается важная роль продолжительности ветрового воздействия основных румбов направлений ветра в формировании структуры и циркуляции вод прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря. Приведены примеры метеорологических ситуаций по отдельным месяцам за период 2010-2013 гг. при максимальной месячной повторяемости ветров основных румбов. За период с 1935 по 2013 гг. приводятся экстремальные характеристики температуры воздуха и воды, скоростей максимальных ветров, месячных и максимальных суточных осадков.

Ключевые слова: Северо-Кавказское побережье, атмосферные синоптические процессы, ветер, экстремальные характеристики метеорологических параметров.

Введение

В последние годы на базе инфраструктуры Южного отделения Института океанологии РАН им. П.П. Ширшова создаётся современный подспутниковый полигон, включающий в себя прибрежную метеостанцию, датчики температуры и уровня моря, гидрофизические зонды, GPS-приёмник, донные ADCP. Важной вспомогательной задачей является интеркалибрация применяемых контактных и дистанционных измерителей (Зацепин и др., 2013). На основе оценок статистических связей между параметрами гидрометеорологической системы получены новые данные о характере разномасштабных дина-

мических процессов, которые находят свое отражение в данных дистанционного зондирования из космоса.

В ряде более ранних работ по результатам численного моделирования циркуляции вод Черного моря и работ последних лет было показано, что состояние гидрофизической, гидрохимической и биологической компонент общей экосистемы Черного моря в значительной степени определяется преобладающими над отдельными частями Черного моря квазистационарными атмосферными синоптическими процессами (Москаленко, 1976; Зацепин и др., 2008, 2010, 2013; Кривошея и др., 2012; Москаленко и др., 2011; Мельников и др., 2011; Куклев и др., 2013).

В статье рассмотрены аномальные ситуации метеорологического режима за последние годы (2010-2013 гг.). Одновременно приведено сравнение статистических характеристик метеопараметров со среднемноголетними данными за период с 1935 по 2013 гг. Анализ метеорологических данных за последние 4 года вызывает интерес в связи с тем, что эти годы характеризуются большой межгодовой изменчивостью всех метеорологических параметров. Статья не содержит данных дистанционного зондирования из космоса, но ее результаты, могут быть использованы в одновременном анализе и интерпретации спутниковых данных.

Использованные данные и методы

В работе используются данные метеостанции г. Геленджика. Метеостанция расположена у входа в Геленджикскую бухту на Толстом мысу (44,55° с.ш., 38,05° в.д.). Температура воздуха и ветер наблюдались по стандартным метеорологическим срокам через 3 часа (0, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 час, по Гринвичу), температура воды – через 6 часов. Средний ветер измерялся за 10 минут наблюдений, максимальный ветер (порывы) – максимальный ветер за 3 часа. Осадки представляются на 0 часов каждых суток. Среднемноголетние величины метеопараметров по месяцам приводятся по статистически обработанному массиву данных за период 1935 - 2013 гг. Многолетняя изменчивость температуры воздуха оценивалась по разности годовых и среднемноголетних температур и оценкам многолетнего среднеквадратического отклонения (σ). При разности температур в пределах ±σ годы и зимы считались умеренно-теплыми (УТ) или умеренно-холодными (УХ), от ±σ до ±2σ – теплыми или холодными (Т и Х), более ±2σ – аномально теплыми и аномально холодными (АТ и АХ). Для визуализации временных рядов направления и скоростей ветра используется метод построения прогрессивных векторных диаграмм.

Обсуждение результатов

1. Разномасштабная изменчивость ветрового режима за период 2010-2013 гг.

Начиная с 2007 г., существенно изменился ветровой режим над акваторией северо-восточной части Черного моря. Ослабело влияние Сибирского антициклона и сильно увеличилось влияние Азорского антициклона, который распространялся далеко на северо-восток (северо-восточнее Каспия). В то же время с юго-востока далеко к северу распространилась обширная циклоническая область с очень высокими температурами воздуха и пониженной влажностью. Вследствие такого положения крупномасштабного диполя циклон - антициклон в эти годы во фронтальной части циклонической области, были ветры СВ румбов, однако с ними на акваторию моря поступали теплые воздушные массы.

На *рис. 1* представлены прогрессивные векторные диаграммы ветра по отдельным годам за период 2010-2013 гг.

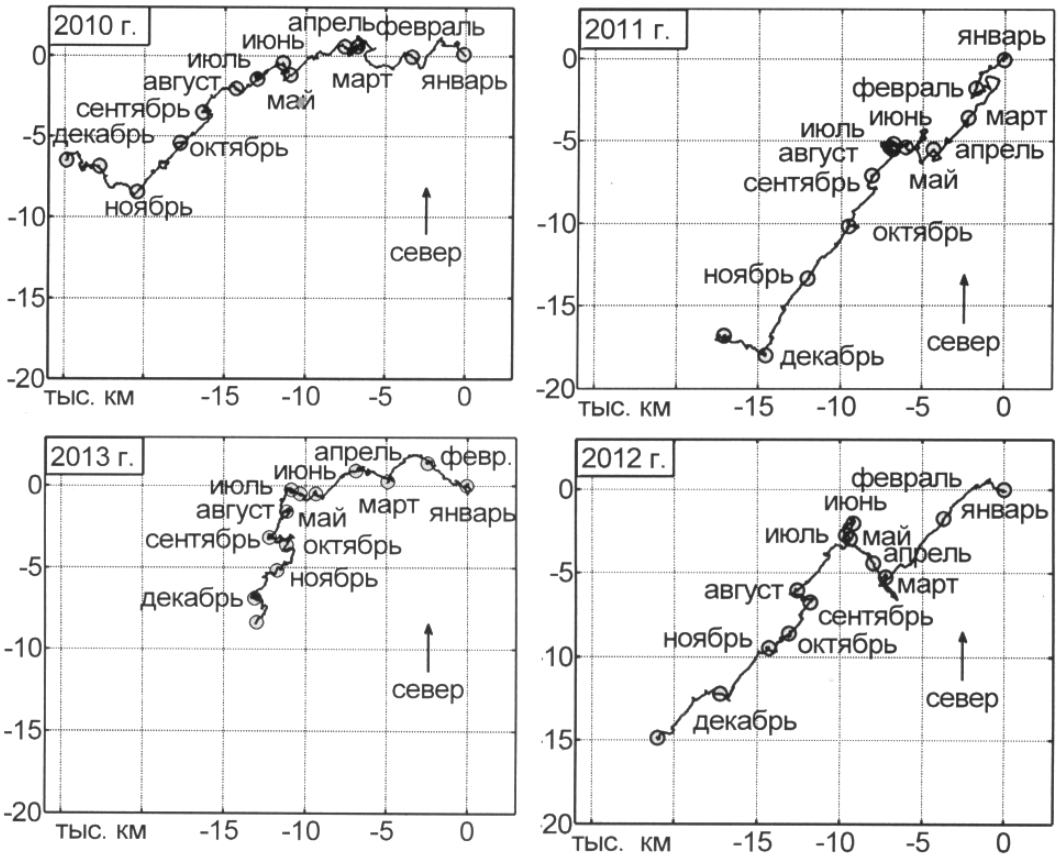

Рис. 1. Прогрессивные векторные диаграммы направления и скоростей ветра по месяцам за период 2010-2013 гг.

Характерной особенностью синоптических процессов в северо-восточной части Черного моря является высокая повторяемость СВ и ЮВ типов атмосферных процессов (Мельников и др., 2011; Москаленко и др., 2011). Вследствие динамического взаимодей-

ствия полей этих типов атмосферных процессов, на прогрессивных векторных диаграммах направления и скоростей ветра отмечаются циклические смены преобладающего СВ ветра на В-Ю-ЮВ и обратно на климатических, годовых, сезонных и более мелких временных масштабах (“волны теплых периодов”). На месячных диаграммах ветра по отдельным годам за период 2010-2013 гг. можно проследить не только циклические смены преобладающих направлений и скоростей ветра по отдельным месяцам, но и хорошо выраженную сезонную изменчивость направлений ветров.

Наибольшие различия отмечаются в начале и конце года. В теплые годы (2010, 2013 гг.) с января по май более высокой была повторяемость ветров В и ЮВ румбов, в холодные – С и СВ румбов (зимы 2011 и 2012 гг.). Летом преобладали ветры СВ румбов и высокой была повторяемость З ветров, как в теплые, так и в холодные годы. Осенью с сентября по ноябрь за период 2010-2013 гг. преобладали ветры СВ румбов. В декабре 2010 г. и 2011 г. преобладали ЮВ ветры, в декабре 2012 г. – СВ, в 2013 г. – С.

В 2013 г. ветровой режим отличался от предыдущих 3-х лет. В 2013 г. летом и осенью более высокой, чем в предыдущие годы, была повторяемость ветров С румбов. Повторяемость З ветров, по сравнению с предыдущими годами, заметно уменьшилась.

В *табл. 1* приведена повторяемость ветров основных румбов по годам за период 2010 - 2013 гг. и за многолетний период (1954-2012 гг.). Сравнение повторяемости ветров основных румбов за период 2010-2013 гг. показывает, что ветры С, СВ и СЗ румбов могут иметь максимальную повторяемость, как в холодные, так и в теплые годы, что можно объяснить особенностями распространения крупномасштабных барических полей над Европейской частью России. Сравнение многолетнего массива метеостанции г. Геленджика и данных реанализа по массиву NCEP/NCAR для рассматриваемого квадрата Черного моря (северо-восточная часть) (Российский морской регистр судоходства, 2006 г.) показало, что, как по данным метеостанции г. Геленджика, так и по данным реанализа, в северо-восточной части Черного моря отмечается преобладание ветров СВ румбов. По данным метеостанции Геленджика наблюдается незначительно большая повторяемость ветра СВ румбов, заметно большая повторяемость В, Ю и ЮВ ветров и меньшая повторяемость ветров ЮЗ, З и СЗ румбов, которые характерны для южной части рассматриваемого квадрата. Это свидетельствует о том, что изменчивость ветрового режима над акваторией северо-восточной части Черного моря определяется одними и теми же проходящими крупными вихревыми образованиями (фронтальные и тыловые части одних и тех же вихрей). Это подтверждается прогрессивными векторными диаграммами ветра по данным метеостанции Геленджика и другим пунктам побережья (Адлер, Туапсе, Новороссийск, Анапа) (Кривошея и др., 2012 г.).

Таблица 1. Характеристики ветрового режима по годам за период 2010-2013 гг. и повторяемость ветров основных румбов по данным многолетних массивов реанализа и метеостанции Геленджика

румб	2010	2011	2012	2013	Р, % **реанализ**	Р, % **Геленджик**	ΔР, %
С	9,6	13,4	12,3	**15,1**	13,7	12,7	-1,0
СВ	27,5	**29,1**	27,9	21,2	19,1	19,7	0,6
В	**18,0**	12,7	14,1	15,5	9,6	15,4	5,8
ЮВ	12,9	10,8	13,1	**16,0**	5,4	12,0	6,6
Ю	**10,8**	6,9	7,1	4,0	7,8	13,3	5,5
ЮЗ	7,1	7,1	5,2	**10,3**	14,7	9,0	-5,7
З	10,7	**14,0**	13,1	9,8	16,3	10,0	-6,3
СЗ	3,5	6,1	7,1	**8,0**	13,5	7,9	-5,6
Σс-Σю	9,7	23,9	22,8	14,3	18,4	6,0	-12,4
> 12 м/с	9,0	9,4	7,4	6,8			
Vмакс. м/с	**22(св), ноябрь**	**27(св), ноябрь**	**39(св), февраль**	**28(св), апрель**		**47(св),1997 г. декабрь**	

Примеч. Максимальные повторяемости ветров отдельных румбов за период 2010-2013 гг. отмечены жирным шрифтом

2. Разномасштабная изменчивость температуры воздуха и воды

Месячные колебания температур воздуха и воды в значительной степени определяются поступающими на акваторию северо-восточной части Черного моря воздушными массами с различными температурными характеристиками. Важную роль в изменчивости температуры воды в исследуемом районе играет также адвективное поступление более теплых вод из района Батумского антициклонического круговорота при ветрах ЮВ румбов (Москаленко и др., 2011; Кривошея и др., 2011; Кривошея и др., 2012). Термические факторы так же, как и динамические, за последние годы характеризуются значительной годовой изменчивостью: 2010 г. был аномально теплым; 2011 г. – умеренно-холодным; 2012 г. – теплым , 2013 г. - теплым. Зима 2010 г. была теплой, 2011 г. – умеренно холодной, 2012 г. – холодной, 2013 г. – теплой. Сразу нужно отметить, что температурные характеристики годов не всегда совпадают с характеристиками суровости зим.

В *табл. 2* представлены среднемесячные температуры воздуха и воды и разность температур воды и воздуха за период 2010-2013 гг.

Таблица 2. Среднемесячные температуры воздуха и воды и разность температур воды и воздуха за период 2010-2013 гг.

месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
год	воздух											
2010	6,3	8,6	7,7	12,3	17,4	23,7	26,2	28,0	22,8	14,2	14,5	11,2
2011	5,1	2,8	6,6	10,6	15,8	21,5	25,2	24,3	20,8	13,8	5,3	8,7
2012	4,1	0,3	4,0	12,8	18,5	23,7	26,2	25,2	22,2	19,1	12,3	7,4
2013	7,0	8,6	8,3	12,5	19,7	22,0	24,4	25,4	18,2	13,6	12,2	5,2
ср.мног.	4,4	4,5	6,6	11,3	16,0	20,6	24,0	24,2	19,8	14,6	10,1	6,6
год	вода											
2010	9,9	9,5	9,0	11,4	17,2	23,2	26,5	28,1	24,2	18,8	16,1	13,4
2011	10,4	8,1	8,8	10,6	15,3	22,3	25,2	25,1	22,9	17,9	12,2	10,4
2012	7,9	6,6	7,4	11,7	18,7	23,0	25,2	27,2	23,4	21,8	16,8	12,4
2013	9,0	9,5	9,3	11,9	19,2	22,9	25,2	25,9	22,5	17,4	15,6	10,6
ср.мног.	8,2	7,5	8,4	11,4	16,2	21,0		24,8	22,1	17,9	13,8	10,2
год	разность температур воды и воздуха											
2010	3,6	0,9	1,3	-0,9	-0,2	-0,5	0,3	0,1	1,4	4,6	1,6	2,2
2011	5,3	5,3	2,2	0	-0,5	0,8	0	0,8	2,1	4,1	6,9	1,7
2012	3,8	6,3	3,4	-1,1	0,2	-0,7	-1,0	2,0	1,2	2,7	4,5	5,0
2013	2,0	0,9	1,0	-0,6	-0,5	0,9	0,8	0,5	4,3	3,8	3,4	5,4

Как видно из *табл. 2*, с января по март и с августа по декабрь температура воды выше температуры воздуха. Весной в апреле и мае температура воды ниже температуры воздуха. Максимальная положительная разность температур воды и воздуха отмечалась в ноябре 2011 г. при преобладающих ветрах СВ, С и СЗ румбов, максимальная отрицательная разность температур воды и воздуха - в апреле 2012 г. при преобладающих ветрах ЮВ румбов. Зимой в холодные периоды (2011 и 2012 гг.) положительная разность воды и воздуха больше, чем в теплые периоды (2010 и 2013 гг.). Летом в отдельные месяцы разность температур воды и воздуха в значительной степени определяется особенностями ветрового режима и циркуляции вод.

Сравнение среднемесячных температур воздуха и воды за период 2010-2013 гг. и среднемноголетних месячных температур за период 1935-2013 гг. (*табл. 3*) показывает, что наиболее сильное понижение месячных температур воздуха и воды от среднемноголетних месячных значений отмечалось в ноябре 2011 г. и в феврале 2012 г при очень высокой повторяемости ветров СВ румбов и С румбов (46,3% и 42,2%). Значительно выше нормы температуры воздуха и воды были в декабре и ноябре 2010 г. при преобладающих ветрах В румбов и высокой повторяемости ветров ЮВ румбов.

Таблица 3. Разность среднемесячных и среднемноголетних месячных температур воздуха и воды за период 2010-2013 гг.

месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	**12**
год	разность месячных и среднемноголетних температур воздуха											
2010	1,9	4,1	1,1	1,0	1,4	3,1	2,2	3,8	3,0	-0,4	4,4	**4,6**
2011	0,7	-1,7	0	-0,7	-0,2	0,9	1,2	0,1	1,0	-0,8	**-4,8**	2,1
2012	-0,3	-4,2	-2,6	1,5	2,5	3,1	2,2	1	2,4	**4,5**	2,2	0,8
2013	2,6	4,1	1,7	1,2	3,7	1,4	0,4	1,2	-1,6	-1	2,1	-1,4
год	разность месячных и среднемноголетних температур воды											
2010	1,7	2	0,6	0,0	1,0	2,1	2,5	3,2	2,1	0,9	2,3	3,2
2011	2,0	0,6	0,3	-0,8	-0,9	1,6	1,2	0,3	0,8	0	**-1,6**	0,2
2012	-0,3	-0,9	-1,0	0,3	2,6	2,0	1,1	2,3	1,3	**3,9**	3,0	2,2
2013	0,8	2	0,9	0,5	3,1	1,9	1,1	1,0	0,4	-0,5	1,8	0,4

Ниже на *рис. 2* и *3* приведены примеры аномальных ситуаций при экстремальных отклонениях температур воздуха и воды от среднемноголетних для месяцев с максимальными положительными и отрицательными разностями среднемесячных и среднемноголетних температур за период 2010-2013 гг. (см. *табл. 3*).

Как видно на *рис. 2*, наиболее сильное понижение температур воздуха и воды отмечалось при ветрах С, СВ и СЗ румбов. Минимальные за весь период 2010-2013 гг. температуры воздуха и воды по отдельным срокам наблюдений отмечались при ураганных ветрах СВ румбов (39 м/с).

Наиболее сильное превышение месячных температур воздуха и воды от среднемноголетней отмечалось в декабре 2010 и октябре 2012 гг. при ветрах ЮВ, В, и Ю румбов (*рис. 3*). В июле 2012 г. отмечалось аномальное повышение температуры воздуха в последней декаде месяца при ветрах СВ румбов (сухие горячие ветры со стороны Казахстана).

Температура воды, как в теплые, так и в холодные годы изменялась со значительно меньшими амплитудами (*рис. 2*, *3*).

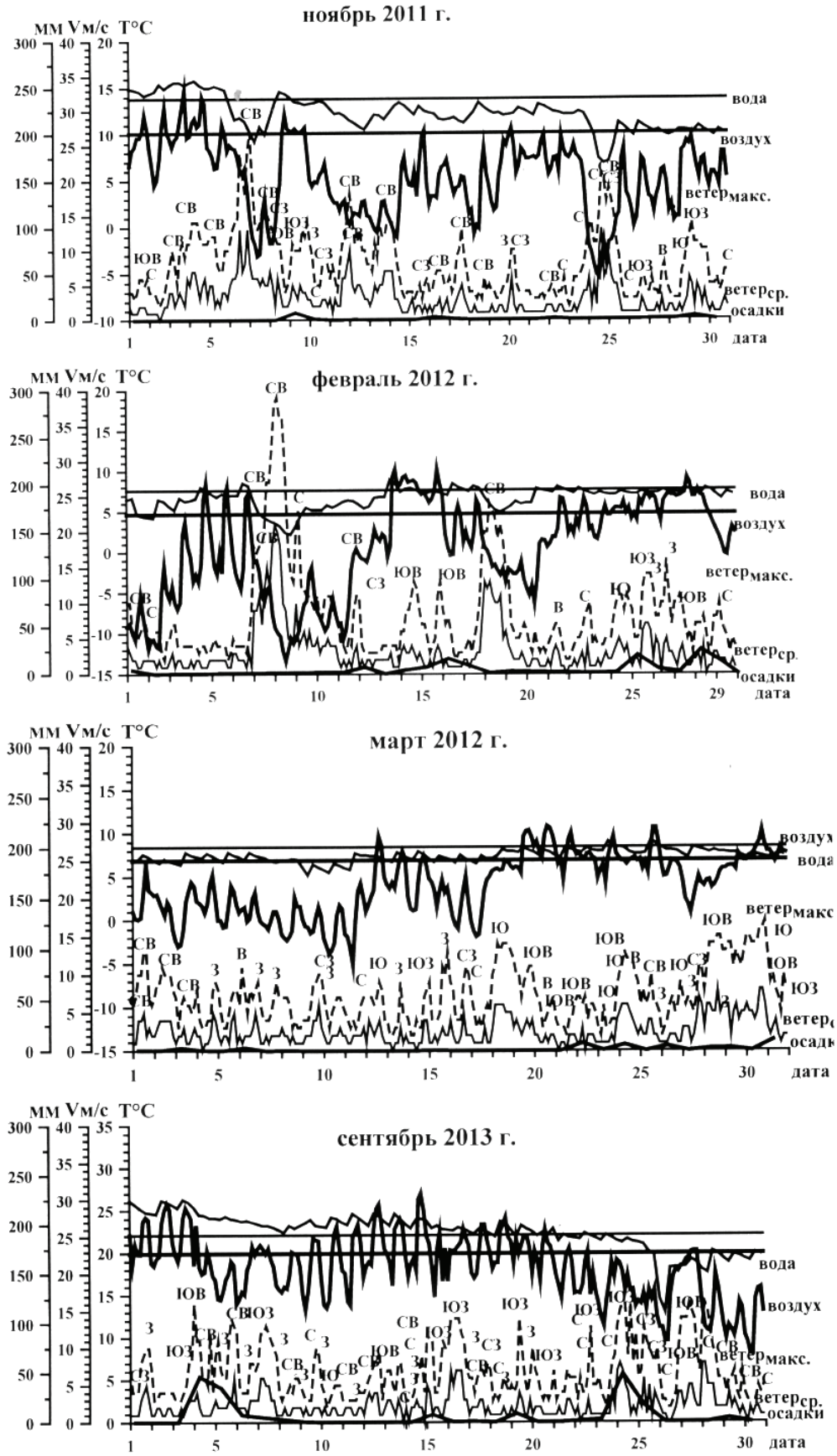

Рис. 2. Аномальные ситуации понижения температуры воздуха и воды при ветрах СВ, С, СЗ и З румбов

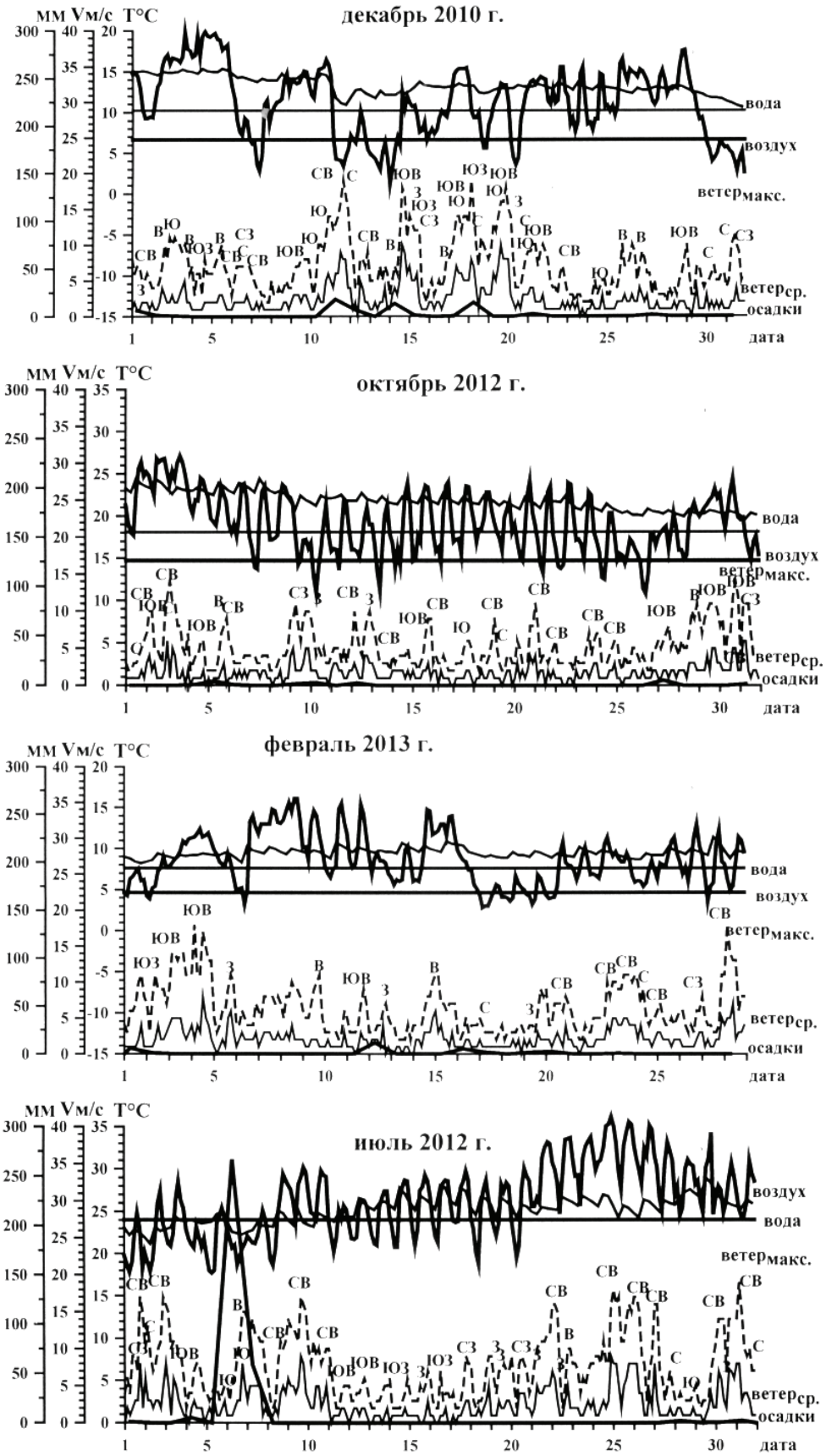

Рис. 3. Аномальные ситуации повышения температуры воздуха и воды при ветрах ЮВ, Ю, В и СВ румбов

3. Аномальное наводнение в районе Северо-Кавказского побережья (6-7 июля 2012 г.)

6-7 июля 2012 г. в районе Северо-Кавказского побережья Черного моря (предгорья Кавказа – Геленджик – Новороссийск) произошло катастрофическое наводнение. В районе Геленджика выпало 267 мм суточных осадков (см. *рис. 3* - июль 2012 г. и п. 4 - *табл. 4*.).

В более ранней работе авторов (Куклев и др., 2013 г.) был выполнен подробный анализ метеоусловий в периоды до наводнения и в момент наводнения. Как показал детальный анализ условий развития аномального наводнения с привлечением приземных карт атмосферного давления и данных спутниковых снимков, важной причиной выпадения большого количества осадков является развитие локальных вихрей разного знака с аномальными сильно различающимися характеристиками по температуре и влажности, которые образуются в результате активного фронтального взаимодействия крупномасштабных образований с разными свойствами воздушных масс. При продолжительном существовании таких вихрей могут развиваться катастрофические метеорологические явления.

В статье (Куклев и др., 2013 г.) рассмотрены ситуации сильных наводнений за многолетний период с 1954 по 2012 гг. В данной статье анализируется ряд с 1935 по 2013 гг. Однако и за этот период выпадения суточных осадков более 100 мм не отмечалось. Как видно из представленной ниже *табл. 4* (п. 4), за многолетний период с 1935 по 2013 гг. количество суточных осадков превышало 100 мм по-прежнему только еще в 3 случаях: в августе 1971 г. – 105 мм, в декабре 1995 г. - 101 мм и в июне 2002 г. - 101 мм.

Сравнение событий с выпадением осадков более 100 мм показало, что во всех случаях перед выпадением аномальных осадков наблюдалось аномальное для данного месяца понижение температуры воздуха и повышение атмосферного давления при ветрах С, СВ, СЗ румбов и последующая смена направления ветров на ЮЗ, В, Ю, ЮВ румбы, понижение атмосферного давления и увеличение температуры воздуха и влажности. Это можно видеть и при наводнениях меньшего масштаба (см. *рис. 2*, октябрь 2013 г.).

Сравнение количества суточных осадков, выпавших в июле 2012 г., максимальных среднемесячных осадков за период 1935-2013 гг. и максимальных годовых осадков (п. 4, *табл. 4*) показывает, что 6-7-го июля 2012 г. за сутки выпало количество осадков, превышающее максимальные месячные осадки по другим месяцам за многолетний период 1935-2013 гг. и составляющее почти 25% от максимальных годовых осадков за период 1935-2013 гг.

4. Влияние квазистационарной изменчивости ветрового режима на формирование циркуляции вод в северо-восточной части Черного моря

На формирование и изменчивость структуры и циркуляции вод в северо-восточной части Черного моря большое влияние оказывает продолжительность ветрового воздействия, которая в разных масштабах временной изменчивости ветрового режима определяется разномасштабной повторяемостью преобладающих типов атмосферных синоптических процессов. В работах (Москаленко, 1976; Москаленко и др., 2011; Кривошея и др., 2012; Зацепин и др., 2008, 2010, 2013) по результатам теоретического и экспериментального моделирования и анализа данных отдельных съемок на стандартном 100-мильном разрезе на траверзе Геленджика, было показано, что квазистационарные особенности циркуляции вод в значительной степени зависят от преобладающих в районе исследований типов атмосферных процессов, знака завихренности касательного напряжения ветра и положения полосы максимальных ветров (максимальные горизонтальные градиенты атмосферного давления).

При сильных ветрах СВ, С и СЗ румбов с большой продолжительностью ветрового воздействия в северо-восточной части Черного моря наблюдается меандрирование Основного черноморского течения (ОЧТ) с подходом циклонического меандра в районе Геленджика к берегу. По данным метеостанции Геленджика, за период 2010-2013 гг. высокая повторяемость С ветров (более 20%) была в сентябре 2011 г., и в июле и октябре 2013 г., СВ (более 40%) – в сентябре, октябре и ноябре 2011 г. и в феврале 2012 г. Максимальная повторяемость ветра СЗ румбов была в марте 2012 г. Преобладающие ЮВ ветры усиливают развитие общей циклонической циркуляции Черного моря. Высокая повторяемость ЮВ ветров (более 20 %) была в феврале и мае 2010 г., декабре 2011 г., марте и апреле 2012 г., январе, марте и июне 2013 г. При преобладающих З ветрах создаются условия для развития циклонических вихрей в прибрежной зоне. Максимальная повторяемость З ветров отмечалась в мае и августе 2012 г. и высокая (более 20%) – в июле 2010 г. и в мае и июле 2011 г. В 2013 г. повторяемость З ветров сильно уменьшилась. Ю, ЮЗ и В ветры (при смещении к югу на акваторию моря полосы максимальных ветров) усиливают развитие антициклонической циркуляции вод в прибрежной зоне северо-восточной части Черного моря, вследствие чего крупномасштабная циклоническая циркуляция вод Черного моря распадается на отдельные вихри разного знака. Повторяемость ЮЗ ветров была максимальной в сентябре 2013 г. и в июле 2013 г., Ю - в апреле 2012 г. и высокой в марте 2010 г., июле 2011 г. и апреле 2012 г. В 2013 г. максимальная повторяемость Ю ветров была в мае и июне, но была почти в 2 раза меньше повторяемости Ю ветров в предыдущие 3 года.

Ниже приведены примеры продолжительного воздействия ветров ЮВ, ЮЗ и З румбов, *рис. 4*. Примеры продолжительного воздействия ветров СВ, С и СЗ румбов представлены на *рис. 2*.

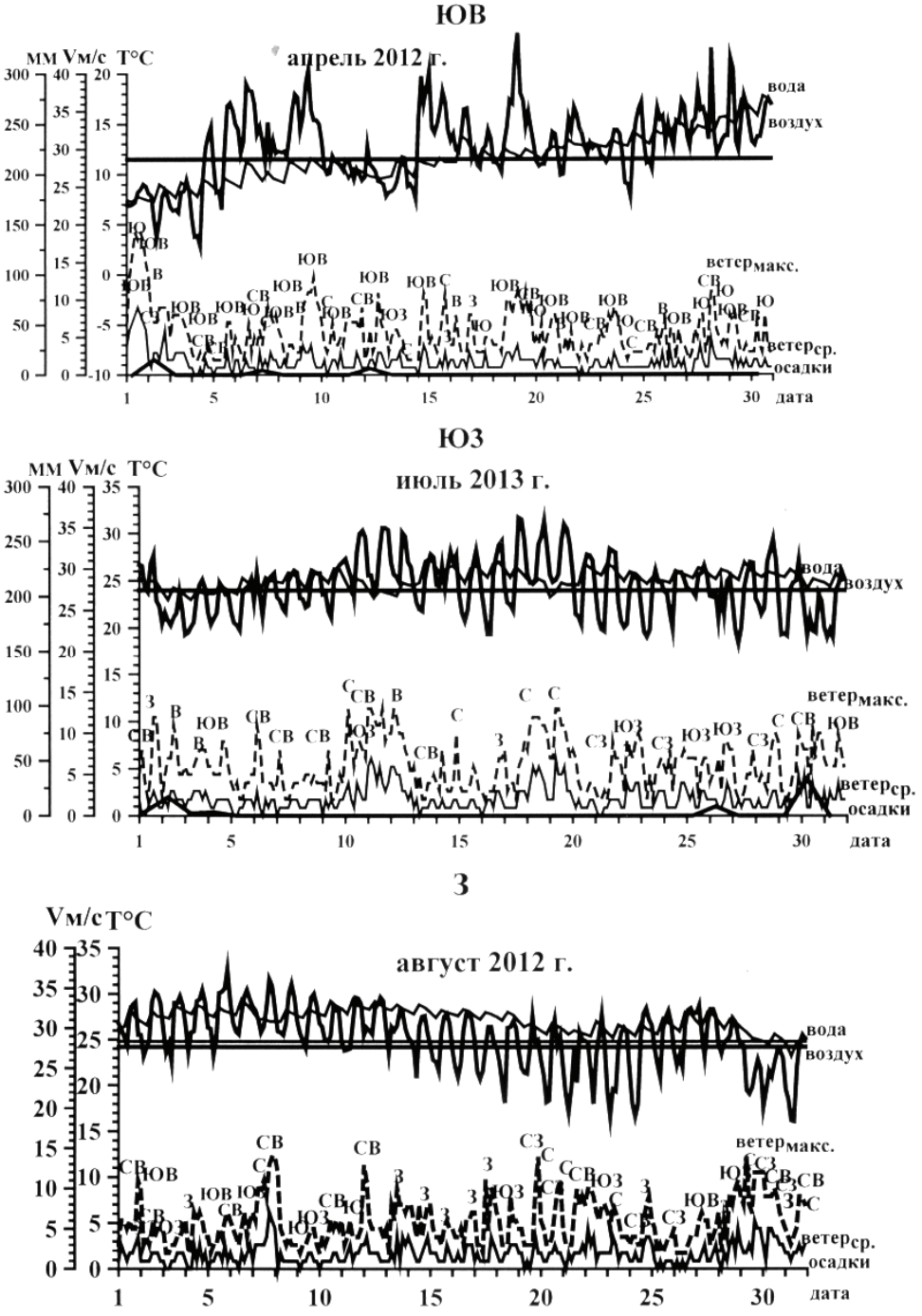

Рис. 4. Временная изменчивость среднего и максимального ветра, температуры воздуха и воды по стандартным метеорологическим срокам

При ослаблении струи ОЧТ и распаде крупномасштабной циклонической циркуляции происходит отделение прибрежных антициклонических вихрей от берега и превращение их в вихри открытого моря. Этот процесс является важным механизмом горизонталь-

ного водообмена прибрежных вод с водами центральной зоны циклонической завихренности (Зацепин и др., 2008, 2010; Кривошея, и др.. 2012).

Прибрежные антициклонические вихри регулярно наблюдаются на спутниковых изображениях видимого и ИК диапазонах, в первую очередь, в контрастах поля поверхностной температуры. Полученные в данной статье результаты должны помочь не только в интерпретации данных дистанционного зондирования, но и выявить механизмы формирования наблюдаемых на спутниковых изображениях гидродинамических процессов.

4. Экстремальные характеристики температуры воздуха и воды, скоростей максимальных ветров и месячных и максимальных суточных осадков за период 1935-2013 гг.

В заключение, с целью оценок масштаба аномальных характеристик метеопараметров за период с 2010 по 2013 гг., представляет интерес представить ниже экстремальные характеристики метеорологических параметров по месяцам за период 1935-2013 гг. (*табл. 4*).

Таблица 4. Экстремальные характеристики температуры воздуха и воды, максимального ветра и максимальных месячных и максимальных суточных осадков по месяцам за период 1935-2013 гг.

Месяц	Т воздуха, ºС		Т воды, ºС		Ветер		Осадки, мм	
	макс.	мин.	макс.	мин.	скорость, м/с	румб	макс. месячн.	макс. суточн.
январь	20,0 (1953)	-17,2 (2006)	12,5 (2001)	**-0,4 (1950)**	42 (1993)	**СВ**	226 (1963)	85,4 (2002)
февраль	19,7 (1973)	**-18,2 (1945)**	18,6 (1963)	**-0,4 (1950)**	40 (1965)	**ЮВ**	180 (1948)	73,6 (1948)
март	26,0 (1947)	-10,8 (1942)	13,9 (1939)	1,5 (1939)	40 (1960)	**СВ**	152 (1940)	84,4 (1968)
апрель	29,1 (1957)	-3,8 (2004)	18,5 (1950)	5,8 (1942)	40 (1974)	**СВ**	133 (2011)	53,5 (1938)
май	31,5 (1985)	2,4 (1940)	25,2 (2008)	8,5 (1949)	34 (1968)	**СВ**	116 (1966)	42,4 (1997)
июнь	34,2 (1947)	8,2 (1947)	28,4 (2009)	9,8 (1957)	30 (1979)	**СВ**	223 (2010)	**100,7 (2002)**
июль	**38,8 (1981)**	12,6 (1949)	**30,2 (2001)**	11,6 (1942)	34 (1967)	**СВ**	**338 (2012)**	**267,2 (2012)**
август	**38,2 (2010)**	10,9 (1950)	**30,5 (2010)**	12,3 (1949)	44 (1978)	**СВ**	177 (1955)	**105,1 (1971)**
сентябрь	33,5 (1975)	4,0 (1941)	28,9 (1935)	9,6 (2003)	40 (1967)	**СВ**	219 (1989)	72 (2002)
октябрь	30,6 (1999)	-2,1 (1965)	25,0 (1999)	7,9 (1957)	40 (1959)	**СВ**	159 (1997)	60,2 (2011)
ноябрь	25,2 (1949)	-10,4 (1953)	20,0 (2006)	2,9 (1993)	40 (1959)	**СВ**	190 (1980)	48,1 (1981)
декабрь	21,0 (2008)	-13,7 (1953)	16,0 (2012)	1,4 (1946)	**47 (1997)**	**СВ**	248 (1995)	**101,4 (1995)**

Примеч. Среднегодовое количество осадков за период 1935 - 2013 гг. – 732 мм, максимальное – 1087 мм

Выводы

1. Аномальные метеорологические ситуации развиваются в зонах продолжительного фронтального взаимодействия крупномасштабных барических образований с контрастными свойствами воздушных масс.

2. Применение метода прогрессивных векторных диаграмм позволило показать направление преобладающего переноса воздушных масс и оценить смены преобладающих направлений и скоростей ветров за климатический период (1935 - 2013 гг.) и по отдельным годам, сезонам и месяцам.

3. Сравнение повторяемостей ветров основных румбов по многолетнему ряду данных метеостанции Геленджика и данных реанализа по массиву NCEP/NCAR для рассматриваемого квадрата Черного моря (северо-восточная часть), показало, что в прибрежной зоне по данным метеостанции Геленджика наблюдается незначительно большая повторяемость ветра СВ румбов, заметно большая повторяемость В, Ю и ЮВ ветров и меньшая повторяемость ветров ЮЗ, З и СЗ румбов, которые характерны для южной части рассматриваемого квадрата.

4. Разность месячных температур воды и воздуха характеризуется хорошо выраженной месячной и сезонной изменчивостью и в значительной степени определяется особенностями ветрового режима и циркуляции вод.

5. Отмечена важная роль в формировании структуры и циркуляции вод прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря продолжительности ветрового воздействия по основным румбам ветра не только в течение 1-2-х месяцев, но и в течение 1-2-х декад месяца.

6. Представленные данные могут быть использованы для оценок различных метеорологических ситуаций и понимания физических процессов при анализе и интерпретации данных дистанционных зондирований.

Литература

1. *Зацепин А.Г, Кременецкий В.В., Станичный С.В., Бурдюгов В.М.* Бассейновая циркуляция и мезомасштабная динамика Черного моря под ветровым воздействием // Сб. “Современные проблемы динамики океана и атмосферы”. М.: Триада ЛТД. 2010. С. 347-368.
2. *Зацепин А.Г., Островский А.Г., Баранов В.И., Кондрашов А.А., Корж А.О., Кременецкий В.В., Кубряков А.А., Куклева О.Н., Москаленко Л.В., Пака В.Т., Пиотух В.Б., Подымов О.И., Соловьев В.А., Соловьев Д.М., Станичный С.В.* Подспутниковый гидрофизический полигон ИОРАН в Черном море // 13-я международная научно-техническая конференция “Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2013). Москва. 2013. Т.1. С. 125-129.
3. *Зацепин А.Г., Кременецкий В.Г., Пиотух В.Б., Поярков С.Г., Ратнер Ю.Б., Соловьев Д.М., Станичная Р.Г., Станичный С.В., Якубенко В.Г.* Формирование прибрежного течения в Черном море из-за пространственно-неоднородного ветрового воздействия на верхний квазиоднородный слой // Океанология. 2008. Т. 48. № 2. С. 1-17.

4. *Кривошея В.Г., Якубенко В.Г., Москаленко Л. В., Скирта А. Ю., Кузеванова Н.И.* “Изменчивость структуры и циркуляции вод по данным многолетнего мониторинга на стандартном 100-мильном разрезе “Геленджик - центр моря” // Комплексные исследования Черного моря. Москва: Научный мир, 2011. С. 35-54.
5. *Кривошея В.Г., Москаленко Л.В., Мельников В.А., Скирта А.Ю.* Влияние изменчивости ветрового режима и термических условий на структуру и динамику вод в северо-восточной части Черного моря // Академиздатцентр. "Наука" РАН. Океанология. 2012. Т.52, № 4. С. 484-498.
6. *С.Б. Куклев, Л.В. Москаленко, В.А. Мельников, Н.И. Кузеванова, С.В. Станичный*. Влияние атмосферных синоптических процессов и ветра (динамические факторы) на термические условия и осадки в районе Северо-Кавказского побережья Черного моря по многолетним данным (1955-2012 гг.) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т.10. № 1. С. 81-92.
7. *Москаленко Л.В.* Численный расчет стационарной циркуляции в Черном море по типовым полям ветра // Метеорология и гидрология. 1976. № 1. С. 58-63.
8. *Москаленко Л.В., Мельников В.А., Кузеванова Н.И.* Климатическая изменчивость ветрового режима в северо-восточной части Черного моря и оценки корреляции динамических и термических факторов //Сб. "Комплексные исследования Черного моря". Москва: Научный мир, 2011. С. 12-34.
9. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей // Российский морской регистр судоходства. 2006 . 450 с.
10. *Melnikov V.A., Moskalenko L.V., Kuzevanova N.I.* "Black Sea Multi-Scale Wind Cycles and Climatic Trends" // 3rd Bi-annual Black Sea Scientific Conference Abstracts. Odessa. Ukraine. 31st October - 4th November. 2011.

Abnormal conditions of meteorological regime in coastal zone of North Caucasian shore during 2010-2013 (based on data of Gelendzhik meteorological station)

L.V. Moskalenko[1], V.A. Melnikov[2], N.I. Kuzevanova[1]

[1]Southern Branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Gelendzhik 353467, Russia
E-mails: eco@ecologpro.ru, lidija-moskalenko@rambler.ru, kuzevanova-nata@mail.ru
[2]P.P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: vmelnikov@ocean.ru

The paper provides analysis of monthly and annual variability of air and water temperature, wind and diurnal precipitation in an area of a coastal study site (nearshore zone of the town of Gelendzhik) during 2010-2013. Temperature characteristic and wind conditions during these years were abnormal. Data of 2010-2013 are compared with the average annual data during the period of 1935-2013. Variability of wind conditions and synoptic atmospheric processes are examined on different scales. With a help of the monthly wind diagrams for certain years during the period of 2010-2013 not only the cyclic changes of prevalent wind direction and velocity in particular months can be retraced, but also a well-marked seasonal variability of wind direction. The paper provides a comparison of repeatability of winds of main azimuth bearings based on the long-term data series of the Gelendzhik meteorological station and the reanalyzed data of NCEP/NCAR array for the studied area of the Black Sea (NE part). It is demonstrated that according to the Gelendzhik meteorological station repeatability of winds of NW bearing in the coastal zone is insignificantly large; repeatability of winds of E, S and SE bearings is noticeably large and repeatability of winds of SW, W and NW, which are typical for the southern part of the studied square bearings, is lesser. It is shown that difference of monthly temperature of water and air is characterized by a distinct monthly and seasonal variability and is significantly determined by the peculiarities of wind regime and water circulation. Examples of the air and water temperature extreme decreasing and increasing during the studied period are given. It is shown that the abnormal meteorological situations can develop in areas of prolonged frontal interaction of large-scale baric formations with contrast features of air masses. A flood that took place during July 6-7, 2012, was abnormal for the time period of 1935-2013. Amount of daily precipitation was 267 mm, which is higher than maximum monthly precipitation during any other year of 1935-2013 and corresponds almost 25% of maximum annual precipitation for that period. Duration of wind forcing of the particular main azimuth bearings plays an important role in structure formation and water circulation in the coastal zone of north-eastern part of the Black Sea. Examples are provided of the meteorological situations for certain months in the period of 2010-2013 when the maximum repeatability of winds of main azimuth bearings had occurred. For the period of 1935-2013 the extreme characteristics of air and water temperature, wind velocity, monthly and daily precipitation are provided.

Keywords: North Caucasian coast, synoptic atmospheric processes, wind, extreme characteristics of meteorological parameters.

References

1. Zatsepin A.G, Kremenetskiy V.V., Stanichnyy S.V., Burdyugov V.M. Basseynovaya cirkulyaciya i mezomasshtabnaya dinamika Chernogo morya pod vetrovym vozdeystviem (Wind-forced basin circulation and mesoscale dynamics of the Black Sea), In: *Sovremennye problemy dinamiki okeana i atmosfery* (Current problems in studies of ocean and atmosphere dynamics), Moscow: Triada LTD, 2010, pp. 347-368.
2. Zatsepin A.G., Ostrovskiy A.G., Baranov V.I., Kondrashov A.A., Korzh A.O., Kremeneckiy V.V., Kubryakov A.A., Kukleva O.N., Moskalenko L.V., Paka V.T., Piotoukh V.B., Podymov O.I., Solov'ev V.A., Solov'ev D.M., Stanichnyy S.V. Podsputnikovyy gidrofizicheskiy poligon IORAN v Chernom more (The Black Sea subsatellite hydrophysical test site of the Institute of Oceanology RAS), *13-ya konferenciya Sovremennye metody i sredstva okeanologicheskih issledovaniy (MSOI-2013)*, (Modern methods and facilities of ocean studies), Proc. conf., Moscow, 2013, Vol. 1, pp. 125-129.
3. Zatsepin A.G., Kremenetskiy V.G., Piotoukh V.B., Poyarkov S.G., Ratner Yu.B., Solov'ev D.M., Stanichnaya R.G., Stanichnyy S.V., Yakubenko V.G. Formirovanie pribrezhnogo techeniya v Chernom more iz-za prostranstvenno-neodnorodnogo vetrovogo vozdeystviya na verhniy kvaziodnorodnyy sloy (Generation of a coastal current in the Black Sea due to spatially variable wind forcing onto the upper quasi-uniform layer), *Okeanologiya.* 2008, Vol. 48, No. 2, pp. 1-17.
4. Krivosheya V.G., Yakubenko V.G., Moskalenko L. V., Skirta A. Yu., Kuzevanova N.I. Izmenchivost' struktury i cirkulyacii vod po dannym mnogoletnego monitoringa na standartnom 100-mil'nom razreze Gelendzhik - centr moray (Variability of water structure and circulation by many year monitoring over a standard 100-mile cross-section Gelendzhik - sea center), In: *Kompleksnye issledovaniya Chernogo moriya* (Complex studies of the Black Sea), Moscow: Nauchny mir, 2011, pp. 35-54.
5. Krivosheya V.G., Moskalenko L.V., Mel'nikov V.A., Skirta A.Yu. Vliyanie izmenchivosti vetrovogo rezhima i termicheskih usloviy na strukturu i dinamiku vod v severo-vostochnoy chasti Chernogo moray (Influence of the wind pattern variability on water structure and dynamics in the northeastern Black Sea), *Okeanologiya*, 2012, Vol. 52, No. 4, pp. 484-498.
6. Kuklev S.B., Moskalenko L.V., Mel'nikov V.A., Kuzevanova N.I., Stanichnyy S.V. Vliyanie atmosfernyh sinopticheskih processov i vetra (dinamicheskie faktory) na termicheskie usloviya i osadki v rayone Severo-Kavkazskogo poberezh'ya Chernogo morya po mnogoletnim dannym (1955-2012 gg.) (Impact of atmospheric synoptic processes and wind on thermal conditions and precipitation in the North Caucasus coastal region of the Black Sea in 1955-2012), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa,* 2013, Vol. 10, No. 1, pp. 81-92.
7. Moskalenko L.V. Chislennyy raschet stacionarnoy cirkulyacii v Chernom more po tipovym polyam vetra (Computation of stationary circulation in the Black Sea from typical wind patterns), *Meteorologiya i gidrologiya*, 1976, No. 1, pp. 58-63.
8. Moskalenko L.V., Mel'nikov V.A., Kuzevanova N.I. Klimaticheskaya izmenchivost' vetrovogo rezhima v severo-vostochnoy chasti Chernogo morya i ocenki korrelyacii dinamicheskih i termicheskih faktorov (Climatic variability of the wind pattern in the northeastern Black Sea and correlation estimates of dynamic and thermal factors), In: *Kompleksnye issledovaniya Chernogo moriya* (Complex studies of the Black Sea), Moscow: Nauchnyy mir, 2011, pp. 12-34.
9. *Rossiyskiy morskoy registr sudohodstva*. 2006, 450 pp.
10. Melnikov V.A., Moskalenko L.V., Kuzevanova N.I. Black Sea multi-scale wind cycles and climatic trends, *3rd Bi-annual Black Sea Scientific Conference,* Abstracts, Odessa, Ukraine, 31 October - 4 November, 2011.