

С.Ф. Доценко, В.А. Иванов

*Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь***МОРСКИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА**

Представлена общая характеристика морских природных катастрофических явлений Азово-Черноморского региона. Перечень опасных гидрологических и метеорологических явлений для него существенно отличается от мирового. На основе статистического анализа исторических событий об экстремальных природных событиях, приведших к чрезвычайным ситуациям, выделены доминирующие типы явлений. Дана краткая физико-географическая характеристика сгонно-нагонных колебаний уровня Черного и Азовского морей, цунами, ураганных ветров, новороссийской боры, туманов, штормового волнения, аномальных ледовых условий и, наконец, потенциальной опасности сероводородного заражения региона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Азово-Черноморский регион, морские природные катастрофы, физико-географические характеристики.*

Введение. Мировая статистика в качестве доминирующих природных явлений по нанесенному экономическому ущербу, числу погибших и числу пострадавших людей выделяет тропические штормы, наводнения, землетрясения и засухи [1]. Такой перечень наиболее значимых в мире природных катастрофических явлений не позволяет правильно оценить истинное положение дел во всех районах Земли, где доминирующими могут быть иные опасные природные явления. Например, на территории России [1] наиболее частыми являются природные катастрофы, связанные с процессами в атмосфере, а именно: бури, ураганы, смерчи, шквалы (28 % от общего числа). Далее идут землетрясения (24 %), наводнения (19 %), геологические процессы: оползни, обвалы, карстовые провалы, на долю которых приходится 4 % событий. Другие стихийные бедствия, среди которых лидируют крупные лесные пожары, в сумме дают 25 %.

Ниже представлена общая характеристика природных катастроф в Азово-Черноморском регионе. Основное внимание уделено явлениям, генетически связанным с морской средой и атмосферой.

Основные типы природных катастроф в регионе. Перечень природных явлений в Черном и Азовском морях и в окружающей их атмосфере, которые сопровождались ощутимыми негативными последствиями для экономики и экологии региона, здоровья людей и рекреации, весьма обширен [2, 3]. Он кардинально отличается от списка наиболее значимых природных катастрофических явлений в мире.

К наиболее значимым гидрометеорологическим явлениям с точки зрения экономической и экологической безопасности Азово-Черноморского региона можно отнести следующие:

– аномальные подъемы и понижения уровня моря у берега метеорологического происхождения (сгонно-нагонные колебания уровня);

- штормовые ветры, вызванные прохождением циклонов;
- штормовые волны;
- цунами;
- тягун в портах;
- сверхдальнее распространение соленых вод в устья рек;
- аномальные ледовые условия и раннее образование припая;
- апвеллинг в летний период года;
- аномальные температуры воздуха и связанные с ними явления (новороссийская бора, крымская бора);
- смерчи на суше и в море, пылевые бури;
- обильные дожди;
- туман над акваторией моря.

В тех случаях, когда магнитуда, площадь воздействия и продолжительность события таковы, что оно (событие) привело или может привести к человеческим потерям, существенному экономическому ущербу и негативным последствиям для экологии региона, явление классифицируется как особо опасное, создающее чрезвычайную ситуацию. Повторяемость таких явлений характеризует степень риска для данного района подвергнуться действию этого природного явления.

Следует также упомянуть, морская вода в Черном море глубже 150 – 200 м «заражена» сероводородом, концентрация которого у дна достигает 11 – 14 мл·л⁻¹. Поэтому основная толща моря не содержит живых организмов, за исключением ряда анаэробных серных бактерий. Вопрос о том, насколько реальна опасность выхода сероводорода из моря в атмосферу будет кратко рассмотрен ниже.

Статистика гидрометеорологических катастроф в регионе. Для определения статистических характеристик природных катастроф гидрометеорологической природы необходимо располагать соответствующей базой данных о произошедших за определенный период (желательно продолжительный) опасных явлениях в Черном и Азовском морях и в атмосфере над ними. В настоящее время по многим типам природных явлений она отсутствует.

В конце 90-х годов прошлого столетия Морским отделением УкрНИГМИ (Севастополь) были собраны данные об особо опасных гидрометеорологических явлениях в Азово-Черноморском бассейне (включая устья рек) за период с 1990 по 1996 гг. Она включает 111 событий.

Обобщенные данные о числе особо опасных гидрометеорологических явлений в Азово-Черноморском бассейне (включая устья рек) за шестилетний период наблюдений приведены на рис. 1.

Лидерами опасных природных явлений в этот период были: сильные ветры (39 % от общего числа), обильные дожди (16 %), подъемы или опускания уровня моря выше и ниже критических отметок (11 %), штормовые волны (10 %), туманы (10 %). При отборе экстремальных событий использовались критерии особо опасных гидрологических и метеорологических явлений, используемые по настоящее время в работе гидрометеопостов [4].

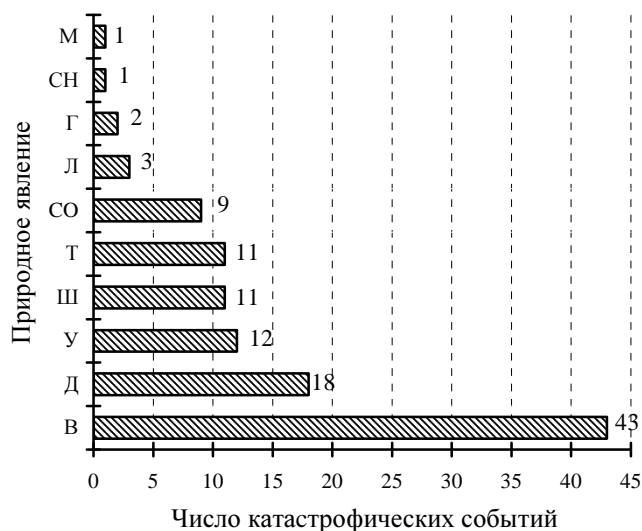


Рис. 1. Число особо опасных гидрометеорологических явлений в Азово-Черноморском регионе в 1990 – 1996 гг.: В – ветер; Д – дождь; У – подъем или опускание уровня моря; Ш – шторм; Т – туман; СО – вхождение соленых вод в устья рек; Л – раннее образование льда; Г – град; СН – снег; М – метель.

Общая характеристика морских природных катастрофических явлений в регионе. Все районы Азово-Черноморского региона подвергались в различные периоды времени воздействию тех или иных опасных природных явлений [2]. Ограничимся краткой характеристикой некоторых типов таких явлений и их географии.

Аномальные колебания уровня Черного и Азовского морей. По данным срочных наблюдений за 1923 – 1995 гг. наиболее высокие и самые низкие положения уровня наблюдаются в зоне северо-западного шельфа Черного моря [5]. Здесь размах колебаний уровня моря достигает 2,75 м. Особенно велик он в районе Одессы, что в сочетании с процессом тектонического опускания суши затрудняет хозяйственную деятельность.

Обычно самые низкие и самые высокие положения уровня связаны со сгонно-нагонными процессами, вызванными штормовыми ветрами. В районе Одессы под влиянием северо-восточных штормовых ветров возникают устойчивые течения, направленные на запад. Они создают нагон в устьях Дуная и Днестра. Ветер противоположного направления вызывает сгон.

Разность абсолютных экстремумов уровня составляет здесь около 3 м и уменьшается в восточном направлении. У берегов Крыма она не превышает 1 м, у Кавказского побережья она увеличивается до 1,5 – 2 м. Наиболее значительные сгонно-нагонные колебания уровня наблюдаются в осенне-зимний период в западном и северо-западном районах Черного моря.

Опасные сгонно-нагонные колебания уровня Азовского моря – довольно частое явление [6]. Они приводят к нарушению судоходства, разрушению судов и строений в зоне береговой черты, затоплению прибрежных

территорий [2]. Экстремальная ситуация в конце октября 1969 г. в юго-восточной части Азовского моря относится к одному из наиболее значительных: в районе Темрюка суша была затоплена на 17 км вглубь территории, а подъем уровня превысил 5 м.

Штормовые ветры и сопутствующие им *штормовые волны* входят в первую четверку доминирующих в регионе опасных природных явлений (см. рис. 1). Северо-восточная часть Черного моря характеризуется наиболее интенсивной штормовой деятельностью. По данным работы [7] большие скорости ветра отмечаются практически на всех участках побережья Черного моря и во все сезоны года. Тем не менее, выделяются зоны повышенной ветровой активности, где среднемноголетние значения скорости ветра превышают $5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ (Мысовое, Тамань, Анапа). Однако самые сильные ветры наблюдаются над открытой частью моря, а также в районе Новороссийска («новороссийская бора») и в Керченском проливе [8].

Азовское море относится к числу «беспокойных» внутренних морей, где в среднем в год число дней со штормовыми ветрами достигает 40 – 60 на западе моря и 80 – 100 на востоке [6].

Шторм 11 ноября 2007 г. стал причиной беспрецедентной серии кораблекрушений и других чрезвычайных событий в Азовском и Черном морях: за один день затонули пять судов, включая три сухогруза с серой и танкер с мазутом; еще четыре судна сели на мель. Скорость ветра в Керченском проливе достигала $32 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, волнение моря достигало 6 – 7 баллов (высота волн 4 – 9 м). В Бердянске при этом было подтоплено более 80 домов.

По данным работы [9] волны высотой 5 м и более наблюдаются в Черном море достаточно редко и составляют всего 10 % от общего числа штормовых ситуаций. Еще реже высота волн достигает 6 м и более (критерий опасного природного явления). За 1954 – 2008 гг. в Азово-Черноморском бассейне наблюдалось только 8 случаев волнения, достигших этого критического значения. Шесть из них зафиксированы на Херсонесском маяке, а два – на гидрометеорологической станции Ялта. На юго-западе Крымского побережья наибольшая высота волн 7,3 м отмечена 10 ноября 1981 г., а волны несколько меньшей высоты (7,0 м) наблюдались 21 ноября 1960 г. На Южном берегу Крыма высота волн 6 м наблюдалась в Ялте 6 января 1969 г. и 10 марта 1970 г.

Вхождение соленых вод в устья рек. Явление неоднократно наблюдалось в устьях рек юга Украины, впадающих в Черное море, а также в реке Кубань, впадающей в Азовское море. Оно сопровождается нарушениями водоснабжения населенных пунктов и орошаемых сельскохозяйственных угодий, гибелью некоторых видов речных организмов, негативными последствиями для экологии.

Исключительно дальнейшее проникновение соленой воды в устье Южного Буга наблюдалось 4 сентября 1986 г. Анализ распределения солености в Днепро-Бугском лимане (выполнен Морским отделением УкрНИГМИ) показал, что вода с соленостью 8 ‰, а это в 2,7 раза больше порогового значения 3 ‰, достигла Николаева. Соленость воды в поверхностном слое колебалась в диапазоне от 0,65 до 6,62 ‰. Наиболее соленая вода располагалась в центральной части лимана. В придонной области халоклин распро-

странился в устьевой участок реки на 7,6 км. В целом, соленая вода поднялась по Южному Бугу на 23 км и это вызвало прекращение водоснабжения населенных пунктов и орошения сельскохозяйственных угодий.

Второй случай (7 – 9 сентября 1994 г.) – типичен для региона. В этот период на распределение солёности в Днепро-Бугской устьевой области оказал влияние пониженный сток Днепра. При слабых ветрах ($2 - 7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) переменных направлений попуски Каховской ГЭС колебались от 508 до $561 \text{ м}^3\cdot\text{с}^{-1}$, которые ниже в 1,4 раза среднемноголетнего за сентябрь. Солёность в поверхностном слое в устьевой области изменялась в диапазоне от 0,31 до 1,1 ‰. В это же время у дна солёность резко возросла, достигая 8,33 ‰ на мористом участке дельты Днепра. В придонном слое вода с солёностью более 1 ‰ распространилась в устье Днепра на 18 км. В целом халоклин в придонной области прослеживался вверх по реке на расстоянии 27,7 км.

Аномальные ледовые условия – достаточно частое явление для северо-западной части Черного моря и акватории Азовского моря [2, 8]. Отмечены случаи проникновения льдов в пролив Босфор и полного нарушения судоходства в Азовском море. По оценкам Морского отделения УкрНИГМИ, основанным на анализе данных за период с 1926 по 1995 гг., аномальные ледовые сезоны с угрозой для безопасности мореплавания происходят в северо-западной части Черного моря не реже одного раза в 10 лет. Наиболее суровыми были зимы 1929, 1954 и 1985 гг.

Распределение льда в Черном и Азовском морях в зимний период показано на рис. 2 [10].

За последние 2 тыс. лет в зоне Черного моря отмечено более 20 «жестоких» зим. Временной интервал между ними составляет в среднем 78 лет (в большинстве случаев от 60 до 90 лет). Основываясь на этих наблюдениях, можно ожидать, что очередная суровая зима на Черном море наступит не раньше, чем в середине XXI века.

В Азовском море лед держится от 60 до 100 суток. Известны случаи вызванной ледовой обстановкой полного нарушения судоходства в Азовском море. Ледостав в иные годы продолжается 4 – 4,5 месяца, с декабря по март, толщина льда достигает 80 – 90 см. Раньше всего лед появляется в Таганрогском заливе, затем в Утлюкском, Ейском, Бейсугском и Ахтарском лиманах. В центральной части Азовского моря и в прикерченском районе льды плавучие.



Рис. 2. Осредненное максимальное распространение льдов и их сплоченность в Черном и Азовском морях в феврале [10].

Черноморские цунами возбуждались сейсмическими источниками в море и на суше. Это явление за последние два тысячелетия наблюдалось вдоль побережья Черном море более двух десятков раз [11]. Для четырех землетрясений, произошедших в регионе в XX веке, цунами с высотами до 0,52 м зарегистрированы мареографами вдоль Крымского и Кавказского участков побережья Черного моря (см. рис. 3). Некоторые цунами древних времен имели высоты до 3 – 5 м и были разрушительными. Обобщенная количественная характеристика черноморских цунами по инструментальным данным, использующая компьютерный анализ оцифрованных мареограмм, дана в работе [12].

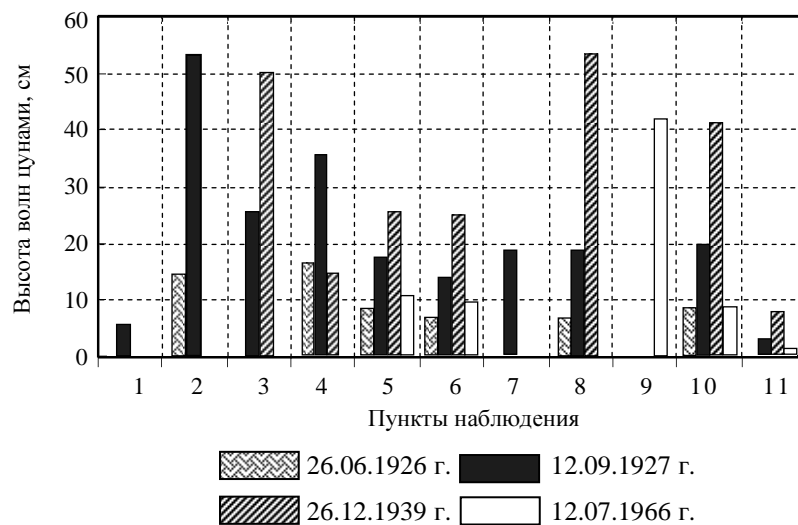


Рис. 3. Максимальные высоты волн цунами по мареографическим данным в различных пунктах черноморского побережья [10]: 1 – Одесса; 2 – Евпатория; 3 – Севастополь; 4 – Ялта; 5 – Феодосия; 6 – Керчь; 7 – Мариуполь; 8 – Новороссийск; 9 – Геленджик; 10 – Туапсе; 11 – Батуми.

Повторяемость цунами в Черном море составляет несколько десятков лет, что значительно ниже, чем в Тихом океане, Карибском регионе или Средиземном море. В то же время, исторические данные не позволяют исключить сейсмическую или метеорологическую генерацию в этих морях цунами большой амплитуды [13].

Время пробега цунами через Черное море в зональном направлении составляет около 130 мин, в меридиональном направлении оно приблизительно равно 40 мин. Время распространения цунами до Южного берега Крыма оценивается в 5 – 10 мин, если сейсмический источник располагается в Крымской сейсмоактивной зоне. Вряд ли возможно принятие оперативных мер по снижению негативных последствий цунами на ближайшем к очагу цунами морском побережье. Наихудшая ситуация соответствует случаю, когда зона сейсмической генерации захватывает сухопутные участки побережья. Вместе с тем, оповещение о цунами за 1 – 2 ч на удаленных от зоны генерации участках побережья Черного моря позволяет принять меры

по снижению возможного ущерба от этого опасного природного явления. Необходим учет потенциальной опасности цунами и родственных им интенсивных сгонно-нагонных колебаний уровня моря в планах экономического развития прибрежных районов черноморских государств [14].

Тягун в портах проявляется в сильных колебаниях уровня моря в бухтах. Он вызывает горизонтальные перемещения судов у причалов и представляет опасность для обоих. Явление наблюдается в даже хорошо защищенных от внешних волн портах в периоды высокой атмосферной активности. В Черном море это явление отмечено в 12 портах: Туапсе, Сочи, Поти, Батуми, Самсун, Гиресун, Бургас, Варна, Констанца, Ильичевск, Ялта, Феодосия и в некоторых Севастопольских бухтах [15, 16].

Период колебаний во время тягуна лежит в диапазоне от 30 с до 4 мин, а горизонтальные перемещения достигают 2 – 4 м, но иногда бывают и больше. Тягун может возникать в любое время года, но наиболее часто явление наблюдается в зимний период, когда изменчивость метеоусловий наибольшая. Повторяемость явления крайне неравномерна по годам.

Сероводородное заражение Черного моря. Воды Черного моря обладают весьма редкой для Мирового океана особенностью: ниже горизонта 60 – 150 м практически по всей акватории моря располагается зона сероводородного заражения [17]. Ближе всего к поверхности моря ее верхняя граница приближается в центральных районах восточной и западной частей моря.

На рис. 4 представлены результаты расчетов с использованием десятилетнего скользящего среднего глубины залегания верхней границы сероводородной зоны по всей акватории Черного моря. Приведенная зависимость указывает на существование некоторого глобального процесса, не имеющего, однако, постоянного однонаправленного тренда.

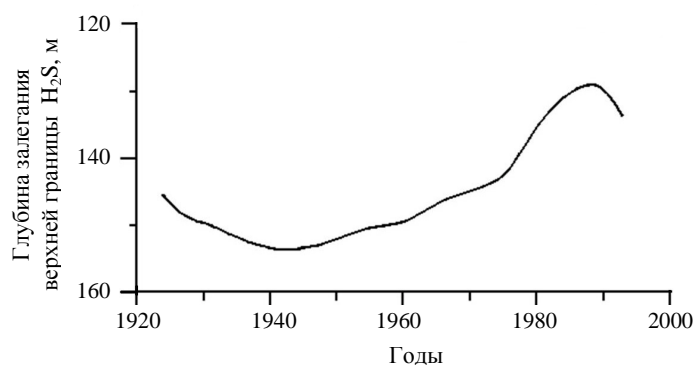


Рис. 4. Межгодовая изменчивость средней глубины залегания верхней границы зоны сероводородного заражения вод Черного моря.

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии в изменениях положения верхней границы H_2S -зоны однонаправленного изменения, что позволило авторам работы [18] высказать гипотезу о колебательном характере глубины ее залегания со временем. Тем самым, маловероятно ожидать самопроизвольного выхода верхней границы H_2S -зоны на поверхность моря.

В то же время в работе [19] рассмотрен вопрос о возможном выбросе сероводорода при падении астероида в бассейн Черного моря и вызванных таким событием негативных последствиях для населения региона. Автор считает, что при падении астероида в море образуется каверна, через кото-

рую в создавшихся критических условиях возможно выделение в атмосферу облака сероводорода, представляющего угрозу для населения. В результате проведенных вычислительных экспериментов установлена возможность химического заражения региона, масштаб которого зависит от размеров астероида и метеоситуации в районе падения небесного тела.

Критерий катастрофичности для этого явления (критическая глубина залегания верхней границы сероводородной зоны, при которой реальна угроза химического заражения региона) в настоящее время не определен.

Бора – холодная масса воздуха с резким фронтом, свергающаяся мощным потоком с гор. Это особо опасное метеорологическое явление наблюдается на Кавказском побережье между Анапой и Туапсе и известно как новороссийская бора [2]. Такие события нарушают судоходство и функционирование хозяйственных объектов, что приводит к ощутимым экономическим потерям.

В Новороссийской бухте бора наблюдается в среднем 46 дней в году с максимумом числа событий в ноябре. Из этих дней половина характеризуется ветром со скоростью не менее $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Максимальная скорость северо-восточного ветра при боре в Новороссийске составляет около $40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, на Мархотском перевале (высота около 400 м выше уровня моря), со стороны которого бора обрушивается на город, скорость ветра достигает $60 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ и более. Бора продолжается от 1 до 3 сут, но иногда ее продолжительность достигает 7 – 10 суток.

Аналогичное явление, но в более слабой форме, регулярно возникает к югу от Крымских гор. Это установлено специалистами Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова на основе данных многолетних измерений (с 1936 г.) в районе Южного берега Крыма.

Смерч – это атмосферный вихрь, в котором происходит постоянное вращение воздуха против часовой стрелки с подъемом воздуха вверх. Смерчи наиболее часто наблюдаются вдоль Кавказского побережья Черного моря. Обычно смерчи появляются при грозе. Часть тучи начинает вытягиваться вниз воронкой, которая все время вращается вокруг своей оси. Навстречу ей снизу поднимается столб водяных брызг, произведенных сильным круговым движением воздуха. Обе части смерча смыкаются и он, продолжая вращаться, движется вперед. Иногда смерчи выходят на сушу или даже возникают на ней. Внутри такого вихря давление понижено.

Смерч причиняет катастрофические разрушения благодаря значительной силе ветрового напора и большой разности давления в нем и окружающем пространстве. Сильный смерч в 1991 г. в районе Туапсе привел к разрушению ряда поселков [2]. Смерчи зафиксированы в различных частях Черноморского региона и Юга Украины.

Туманы. Они входят в первую пятерку природных катастрофических явлений Азово-Черноморского региона (см. рис. 1). Чаще всего туман – явление неблагоприятное. Он нарушает авиационные и автодорожные перевозки. Для безопасного взлета самолета видимость на полосе должна быть не менее 500 м. Опасен туман и для автомобильного транспорта. В дни с туманами число аварий в среднем в 2,5 раза больше, чем в обычные дни. В дни с туманами при видимости 200 м скорость автотранспорта не должна

превышать $40 - 50 \text{ км}\cdot\text{ч}^{-1}$ и $20 - 30 \text{ км}\cdot\text{ч}^{-1}$ при видимости 100 м. Туман в порту приводит к остановке судов и прекращению погрузочно-разгрузочных работ, а в результате к большим экономическим потерям.

Пример сильного тумана – событие 27 января 2009 г. в г. Одесса. В международном аэропорту «Одесса» были отменены рейсы, а в морском порту приостановлены швартовые работы, выход судов из порта прекращен до улучшения погодных условий. Возросло число дорожно-транспортных происшествий.

В Крыму наиболее часто туманы наблюдаются зимой и весной, реже осенью и очень редко – летом [20]. По территории полуострова туманы распределяются крайне неравномерно. В среднем за год на Южном берегу бывает от 10 до 20, в степных районах – от 25 до 35, в предгорье – от 50 до 80 туманных дней. В горах, в связи с охлаждением воздуха при его подъеме по наветренным склонам, а также за счет облаков, стелющихся у поверхности вершин, число дней с туманами возрастает до 180 – 200 в год.

Наиболее часто туманы над Черным морем возникают в апреле-мае и в конце осени. В весенние месяцы температура поверхностного слоя воды ниже температуры воздуха над ним, наблюдается сравнительно высокая относительная влажность и небольшие скорости ветра.

Северо-западный район характеризуется наибольшим на Черном море числом дней с туманом (38 – 60 сут). Средняя суммарная продолжительность туманов за год по данным станций северо-западного района равна: в Очакове – 358 ч, на станции Тендровский маяк – 272 ч, в Одессе – 242 ч. На остальных станциях этого района средняя суммарная за год продолжительность туманов обычно не превышает 200 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осипов В.И.* Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник Российской АН. – 2001. – т. 71, № 4. – С. 291-302.
2. *Шнюков Е.Ф., Митин Л.И., Цемко В.П.* Катастрофы в Черном море. – Киев: Манускрипт, 1994. – 296 с.
3. *Доценко С.Ф., Иванов В.А.* Возможные источники и механизмы формирования повышенной гидродинамической активности на шельфе Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ – Гидрофизика». – 2005. – вып. 13. – С. 73-94.
4. *Положение о порядке* составления и передачи предложений о возникновении стихийных (особо опасных) гидрометеорологических и гелиографических явлений и экстремально высоком загрязнении природной среды. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 30 с.
5. *Горячкин Ю.Н., Иванов В.А.* Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – 210 с.
6. *Шереметевская О.И.* Сгонно-нагонные колебания уровня Азовского моря, методы их расчетов и прогнозов. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1977. – 39 с.
7. *Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н.* Режим ветра над побережьем и шельфом северо-восточной части Черного моря // Наукови праці УкрНДГМІ. – 2008. – вип. 257. – С. 84-105.

8. Проект «Моря СССР». Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. IV. Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические исследования. – С.-Пб.: Гидрометеоздат, 1991. – 429 с.
9. Воскресенская Е.Н., Наумова В.А., Евстигнеев М.П., Евстигнеев В.П. Классификация синоптических процессов штормов в Азово-Черноморском бассейне // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2008. – вип. 257. – С. 84-105.
10. *Black Sea and Sea of Azov pilot*. – United Kingdom Hydrographic Office, 2003. – 276 p.
11. Соловьева О. Н., Доценко С. Ф., Кузин И. П., Левин Б. В. Цунами в Черном море: исторические события, сейсмические источники и закономерности распространения // Океанология. – 2004. – т. 44, № 5. – С. 679-685.
12. Доценко С.Ф., Ингеров А.В. Характеристики черноморских цунами по данным измерений // Морской гидрофизический журнал. – 2007. – № 1. – С. 21-31.
13. Никонов А.А. Цунами на берегах Черного и Азовского морей // Известия РАН: Физика Земли. – 1997. – № 1. – С. 86-96.
14. Доценко С.Ф., Еремеев В.Н. Оценки необходимости и возможности раннего предупреждения о цунами на побережье Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 2008. – № 5. – С. 57-66.
15. Рабинович А.Б. Длинные гравитационные волны в океане: захват, резонанс, излучение. – С.-Пб.: Гидрометеоздат, 1993. – 325 с.
16. Манилюк Л.С., Балинец Н.А. Тягун в портах Черного моря // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 9. – С. 120-123.
17. Eremeev V.N., Suvorov A.M., Godin E.A., Khaliulin A.Kh., et al. Hydrochemistry and dynamics of H₂S zone in the Black Sea. – UNESCO: Paris, 1996. – 150 p.
18. Еремеев В. Н., Суворов А. М., Халиулин А. Х., Годин Е. А. О соответствии положения верхней границы H₂S-зоны определенной изопикнической поверхности в Черном море по многолетним наблюдениям // Океанология. – 1996. – т. 36, № 2. – С. 235-240.
19. Badescu V. Release of hydrogen sulfide by asteroid impacts in Black Sea and risk for inland human population // Environmental Toxicology. – 2007. – v. 22, № 5. – P. 510-524.
20. Вахов В.И. Целебный климат. – Симферополь: Таврия, 1979. – 80 с.

Материал поступил в редакцию 22.11.2010 г.