



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра _____

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Направление: 05.03.05 «Прикладная гидрометеорология», профиль – «Гидрология»

На тему: **«Характеристика пространственного распределения
прозрачности воды Азовского моря»**

Исполнитель: студент 4 курса ф д о Петенко А.И.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель: д.г.н., профессор Андреев С.С.

(ученая степень, ученое звание, фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий

кафедрой _____

(подпись)

(ученая степень, ученое звание)

(фамилия, имя, отчество)

« ____ » _____ 2016г.

Санкт-Петербург

2016г.

Содержание

Введение	4
Глава 1. Физико-географическая характеристика Азовского моря.	9
1.1. Радиационные условия Азовского моря	
1.2. Климат	10
1.2.1. Ветер	11
1.2.2. Температура воздуха	15
1.2.3. Температура воды.....	18
Глава 2 Гидрологический режим Азовского моря	19
2.1.2.1 Колебания уровня и приливы, волнение, процессы перемешивания	
2.2 Речной сток, температура, соленость и плотность воды	
2.3. Штормы. Ледовые условия	37
Глава 3. Характеристика прозрачности Азовского моря	30
3.1. Способы, приборы и методика определения оптических свойств и прозрачности морской воды, обработка материалов	41
3.2 Роль прозрачности в гидрологическом режиме водоемов	47
3.3 Общие закономерности формирования и изменения прозрачности Азовского моря	48
3.4. Характеристика пространственного распределения прозрачности воды за периоды наблюдений с 1922 по 1957., 1960-2005 и 2009-2013 гг	50
3.5 Зависимость прозрачности воды Азовского моря от гидрологических и биологических факторов водной среды	59
Заключение	64
Список использованной литературы.....	68

Текст дип .ПЕТЕНКО А.docx
№ документа: 35
Имя исходного файла: Текст дип .ПЕТЕНКО А.docx
Размер текста: 1382 кБ
Тип документа: Не указано
Символов в тексте: 99662
Слов в тексте: 12558
Число предложений: 749
08.05.2016 13:39:54
78.44%

ВВЕДЕНИЕ

Прозрачность морских вод - одна из важных оптических характеристик гидролого-гидрохимического и гидробиологического режимов, определяющая особенности протекающих в море физико-химических и биологических процессов. В свою очередь этот показатель влияет на радиационный режим и условия освещения толщи вод и дна, определяет интенсивность протекания указанных процессов, развитие биоценозов и биологическую продуктивность. Прозрачность морской воды тесно связана с процессами рассеяния и поглощения в ней света, которые определяются количеством взвешенных в воде частиц органического и неорганического происхождения. В чистой воде интенсивно поглощается длинноволновая часть видимого света, а коротковолновая его часть рассеивается на группах молекул воды.

Для Азовского моря характерна небольшая прозрачность - 1,5-3,5 м.



Рис. 1 Азовское море

Изменение прозрачности сильно связано с речным стоком, волнением, наличием планктона, а мелководность моря приводит к тому, что даже при небольшом волнении прозрачность моря резко уменьшается из-за взмучивания донного ила.

Прозрачность Азовского моря увеличивается от Таганрогского залива к Керченскому проливу.

В Таганрогском заливе прозрачность почти в 70 % случаев не бывает больше 1 м. Средняя прозрачность увеличивается от 0,3 м в вершине залива до 1,2 м на входе в залив. Здесь особенно сильно сказывается влияние стока Дона и взмучивания ила со дна.

В восточном районе моря Азовского вода более прозрачная. Почти в 70 % случаев прозрачность достигает здесь 1,5 м. Летом сильное влияние на прозрачность оказывает паводок Кубани. Из-за мелководности района в периоды волнения прозрачность может уменьшаться практически до нуля.

В западном районе Азовского моря прозрачность несколько выше, чем в восточном, но в холодное полугодие при усилении восточных ветров и соответственно волнения она может уменьшиться до 2 м.

Наибольшая прозрачность отмечается в центральном районе. В 70 % случаев она превышает 2 м, а в южной части района может достигать 8,5 м. Представляет определенный интерес и сезонное распределение прозрачности. Естественно, что сезонное изменение прозрачности Азовского



моря оп

Рис. 2 Азовское море

ределяется сезонным характером ветровой деятельности и развитием планктона. В периоды усиления штормов (осенью и зимой) прозрачность уменьшается из-за взмучивания донного ила. В периоды более спокойной

погоды (весной и летом) взмучивание ила мало, но развивается планктон, уменьшающий прозрачность. Кроме того, в это время увеличивается и речной сток мутных вод, также уменьшающий прозрачность Азовского моря. Зимой прибрежные районы Азовского моря покрыты припайным льдом, и данные о прозрачности имеются только для центрального района. Здесь прозрачность находится в пределах 1,5-2,5 м, увеличиваясь к Керченскому проливу до 7-8 м.

Весной интенсивно развивается планктон, усиливается сток рек, что создает следующее распределение прозрачности: в Таганрогском заливе прозрачность уменьшается до 0,3 м, а в южной части моря она достигает 6 м. Общая картина распределения прозрачности напоминает зимнюю, но абсолютные величины возрастают. Цвет Азовского моря изменяется от желто-коричневого (устье Дона) до голубовато-зеленого (Керченский пролив). В восточном районе общая прозрачность составляет около 1,5 м (с уменьшением на севере до 0,8 м и увеличением на юге до 2,6 м). В западном районе прозрачность колеблется от 1,1 до 2,4 м. В северной части этих районов преобладает зелено-бурый цвет, в южной - зеленый.

Летом прозрачность по сравнению с прозрачностью весной практически не изменяется. Из-за более спокойной погоды распределение прозрачности более однородное. В результате сильного развития планктона в Таганрогском заливе преобладают воды зеленого цвета, а в открытой части - желто-бурого со средней прозрачностью 0,7 м. В восточном районе прозрачность изменяется от 0,7 м в его северной части до 2,4 м в южной. При увеличении стока Кубани цвет моря приближается к светло-коричневому. В западном районе прозрачность изменяется от 0,7 м в северной части до 2,6 м в центральной. Цвет изменяется от желто-зеленого до зеленого. В центральном районе Азовского моря наблюдается максимальная прозрачность моря - 8,0 м, а преобладает прозрачность 2,0 м.

Осенью область повышенной прозрачности смещается к северо-востоку. Преобладающие в это время шторма восточных румбов определяют

прозрачность воды менее 2,0 м и ее желто-зеленый цвет. В Таганрогском заливе прозрачность воды изменяется от 0,4 до 0,8 м, а ее цвет - от желто-коричневого (в вершине залива) до мутно-желтого (на выходе в море). В восточном районе Азовского моря прозрачность воды относительно высока: от 0,7 м в его северной части до 3,0 м в центральной (с преобладанием 1,5 м), и она имеет коричнево-желтый цвет. В западном районе прозрачность практически однородна - 0,5 м (максимум 1,9 м). Цвет моря мутно-желтый, а в Арабатском заливе - коричнево-желтый. В центральном районе Азовского моря преобладает прозрачность 1,5 м (максимум 3,6 м в его восточной части).

Таким образом, прозрачность моря в течение года изменяется от 0,3 м (Таганрогский залив) до 8,5 м (Керченский пролив). Наиболее характерная для всего Азовского моря прозрачность составляет 1,5 м. Годовой ход прозрачности в море характеризуют средние для центрального района значения по сезонам: зимой - 1,7 м, весной - 2,7 м, летом - 2,3 м, осенью - 2,0 м.

Изучение прозрачности вод Азовского моря имеет достаточную продолжительность. В «Гидрометеорологическом справочнике Азовского моря» (1962) указывается, что в гидрометеорологическом фонде обсерватории Черного и Азовского морей (ГО ЧАМ) (г. Севастополь) имеются материалы наблюдений по прозрачности Азовского моря, начиная с 1922 г. Накопление этой базы данных производилось усилиями целого ряда научно-исследовательских организаций и подразделениями Государственного Комитета по гидрометеорологии СССР. Особый вклад в изучение этой оптической характеристики внесли Азово-Черноморский научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (АзЧерНИРО), Азово-Черноморская рыбопромысловая разведка, Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (АзНИИРХ), Черноморское отделение Морского гидрофизического института АН СССР (ЧОМГИ), Государственный океанографический

институт (ГОИН), Донская устьевая станция Северо-Кавказского управления гидрометеорологической службы.

Однако представленные в гидрометфонде ГО ЧАМ материалы имеют различную периодичность и продолжительность, многие ряды наблюдений прерывисты и неоднородны, отдельные данные носят эпизодический характер. Наиболее репрезентативные ряды данных по прозрачности воды Азовского моря сосредоточены во ФГУП «АзНИИРХ», который проводит стационарное сезонное изучение этого параметра с 1960 г. Материалы этих исследований и положены в основу разработки настоящего дипломного проекта.

Несмотря на то, что исследования прозрачности Азовского моря проводятся на протяжении более чем восьмидесяти лет, освещенность вопросов по формированию и всестороннему анализу прозрачности воды Азовского моря в литературе крайне мала. Из работ, в которых дается анализ прозрачности воды Азовского моря можно упомянуть лишь «Гидрометеорологический справочник Азовского моря» (1962), «Гидрометеорология гидрохимия морей СССР, т. 5» (1991), в которых отражены общие положения и некоторые особенности пространственно-временной изменчивости этого параметра.

Востребованность оценки прозрачности воды Азовского моря целым рядом биологических подразделений АзНИИРХ позволяет сделать вывод о необходимости продолжения мониторинга этой характеристики в перспективе. Поэтому наряду с традиционными методами определения прозрачности, следует внедрять и более современные приборы и методики для определения этой характеристики, например, датчики прозрачности или мутности воды, которыми оснащаются океанографические зонды, использование данных космических исследований (спутниковая информация).

Цель дипломного проекта, - анализ факторов формирующих прозрачность вод Азовского моря, а для ее реализации необходимо решить следующие задачи:

1 изучить физико-географические и климатические условия Азовского моря;

1. выявить закономерности пространственно-временной изменчивости прозрачности воды Азовского моря;

3. определить главенствующие факторы, формирующие и определяющие прозрачность воды Азовского моря

ГЛАВА I. Физико-географическая характеристика Азовского моря.

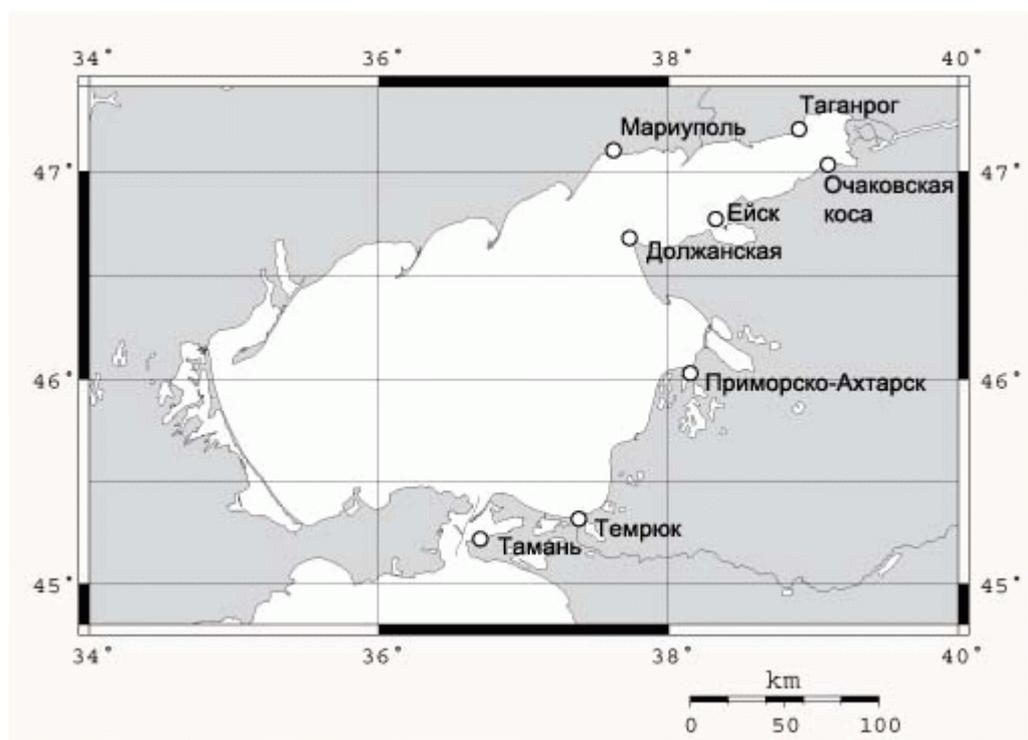


Рис. 3 Географическое положение Азовского моря

Расположенное на южной окраине Русской равнины Азовское море (рис.1.) находится между параллелями $47^{\circ} 17'$ и $45^{\circ} 17'$ с.ш. и меридианами $34^{\circ} 49'$ и $39^{\circ} 18'$ в.д. и почти со всех сторон окружено сушей. С Черным морем соединено мелководным (минимальная глубина 5 м) Керченским проливом, имеющим минимальную ширину - 4 км и длину около 40 км. Наибольшая длина Азовского моря (от косы Арабатская Стрелка до устья р.Дон) 360 км, наибольшая ширина (между вершинами Темрюкского и Белосарайского заливов) 176 км. Площадь водной поверхности около 39 тыс.км², объем -323 км³, средняя глубина 8,5 м, максимальная -13 м.

Побережье Азовского моря сравнительно однообразно. Ровный северный берег, высотой около 50 м, обрывистый и пересечен балками. Западный берег представляет собой низкую и узкую (около 2 км, в северной части - 8 км) песчаную косу Арабатская Стрелка. От вершины Арабатского залива она тянется на 110 км в северо-западном направлении, отделяя от Азовского моря горько-соленый залив Сиваш, соединенный с морем

проливом Тонкий. По южному берегу расположены Керченский и Таманский полуострова. Керченский берег более расчленен. В него вдаются Арабатский и Казантипский заливы. Таманский берег горист. В него вдается широко открытый Темрюкский залив, в вершину которого впадает р.Кубань. Дно центральной части моря ровное и плоское с глубинами 12-13 м, покрытое мягким илом. Восточный берег Азовского моря образован выступающей в море Прикубанской низменностью. К его южной части от устья Кубани до Ачуевской косы примыкают Приазовские плавни с большим числом лиманов, соединяющихся между собой сложной сетью протоков кубанской дельты. Северо-восточный район моря вдается в сушу на 140 км, образуя самый большой залив Азовского моря - Таганрогский. Высокие и обрывистые северный и южный берега залива прорезаны оврагами и балками. Низкий берег вершины залива представляет собой дельту Дона. Глубины в Таганрогском заливе постепенно уменьшаются от 9-10 м на входе в залив до 5 м и менее в его вершине. Берега залива опоясаны отмелями с глубиной менее 5 м шириной до 10 м, а местами до 25 км. Грунт в заливе большей частью ил с примесью песка и ракушечника, рельеф дна ровный (Гидрометеорологический справочник Азовского моря, 1962).

1.1 Радиационные условия Азовского моря

В формировании радиационного режима Азовского моря большое значение играет не только общее количество поступающей солнечной радиации, но и отражательные свойства поверхности, а также циркуляция атмосферы.

В целом за год прямая солнечная радиация составляет большую часть суммарной радиации. Суммарная радиация на той же широте в восточной части Азовского моря несколько больше чем в западной, за исключением Таганрогского залива. Это объясняется несколько большей повторяемостью пасмурных дней на западе в осенне-зимний период и большой повторяемостью ясных дней в течение значительной части года на востоке. Годовые значения суммарной радиации изменяются от 4850 МДж/м² в

вершине Таганрогского залива до 5250 МДж/м² на юго-востоке Азовского моря (Темрюкский залив). В сезонном ходе она имеет минимум в декабре и максимум - в июне-июле. Кривая годового хода суммарной радиации практически симметрична относительно конца июня - начала августа, хотя можно отметить наиболее крутой подъем ее от апреля к маю.

В декабре значения радиации изменяются округленно от 80 до 150 МДж/м², их изолинии располагаются зонально. В последующие месяцы радиация возрастает и особенно резко весной. За весну она составляет около 1500 МДж/м². Этот рост обуславливается увеличением высоты солнца и продолжительности дня, а также ослаблением циклонической деятельности и, следовательно, уменьшением облачности.

В этот период на распределение суммарной радиации начинают оказывать влияние бризы. Наиболее четко это влияние проявляется в мае. Благодаря бризам у берегов Азовского моря образуется относительно малооблачная зона, а на расстоянии 50--60 км от берега - зона увеличенного количества облачности. Из-за влияния бризов конфигурация изолиний суммарной солнечной радиации повторяет береговую черту. В июне-июле значения радиации изменяются по акватории Азовского моря округленно от 690 до 750 МДж/(м²-мес). В целом за лето приход суммарной радиации в среднем составляет 2050 МДж/м² для Таганрогского залива, 2100 МДж/м² для открытого Азовского моря. В течение всего лета на распределение суммарной радиации также оказывают влияние бризы.

Осенью приход суммарной радиации снижается из-за уменьшения высоты солнца и продолжительности дня, а также из-за усиления циклонической деятельности. Суммарный поток радиации равен 920 МДж/м² в Таганрогском заливе, 960 МДж/м² в открытом Азовском море. Расположение изолиний суммарной радиации близко к зональному.

Поглощенная радиация представляет собой часть суммарной радиации и сильно зависит от альbedo подстилающей поверхности. Ледовый покров увеличивает альbedo, уменьшая таким образом количество поглощенной

радиации. Альbedo изменяется от максимальных значений (40-50%) зимой до минимальных (10-12 %) летом.

На период с апреля по сентябрь приходится около 80 % годовой суммы поглощенной радиации с максимумом в июле, когда эта величина в Таганрогском заливе составляет 660 МДж/м², а в открытом Азовском море 690 МДж/м². Минимум поглощенной радиации отмечается в декабре-январе и составляет 55 МДж/м² в Таганрогском заливе, 75МДж/м² в открытом Азовском море, максимум - в июле. Пространственные изменения среднегодовых сумм тепла невелики. Максимальная сумма за год отмечается в центральной и юго-восточной частях (4200-4300 МДж/м²), уменьшается в юго-западной части Азовского моря (до 4100-4200 МДж/м²) и на востоке Таганрогского залива (до 3800-4000 МДж/м²). Меньшее количество тепла, получаемого Таганрогским заливом, объясняется его более северным расположением и меньшим коэффициентом прозрачности атмосферы.

Годовой ход поглощенной радиации в целом совпадает с ходом суммарной солнечной радиации. Замедление роста поглощенной радиации с мая по июль объясняется некоторым усилением циклонической деятельности на Азовском море в это время (в основном за счет местных циклонов).

В течение года эффективное излучение изменяется слабо. Минимум эффективного излучения наблюдается в декабре-январе (-60... -80 МДж/м²), максимум - в августе-сентябре (-190... -210 МДж/м²). Годовые величины также незначительно изменяются в пространстве. Минимальные значения (-1460 МДж/м²) отмечаются в восточной части Таганрогского залива и на юго-западе Азовского моря, максимальные (1590 МДж/м²) на юго-востоке Азовского моря в районе Мариуполя и Мысового.

Годовой ход эффективного излучения имеет неровный вид с резкой асимметрией: рост продолжается с декабря по август - восемь месяцев, а уменьшение - четыре месяца. Эта асимметрия вызвана фазовыми различиями между элементами, влияющими на эффективное излучение, в частности фазовыми различиями между температурами воды Азовского моря и воздуха.

Зимой радиационный баланс для открытого Азовского моря отрицателен. В декабре составляет $-5 \dots -10$ МДж/м², в январе $-4 \dots -8$ МДж/м², причем на юге появляется зона с положительным балансом 5-10 МДж/м². В феврале зона с отрицательным балансом еще меньше и значения баланса при этом не больше 5 МДж/м².

В восточной части Таганрогского залива в декабре радиационный баланс равен нулю. В январе в Таганрогском заливе баланс составляет $-10 \dots -20$ МДж/м².

Весной радиационный баланс резко возрастает до 800 МДж/м² за сезон в Таганрогском заливе и до 900 МДж/м² за сезон в открытом Азовском море. Особенно сильно поле радиационного баланса изменяется в марте. Контраст между северо-западными и юго-восточными районами Азовского моря достигает 120-150 МДж/м². Такой резкий рост радиационного баланса обуславливается ростом суммарной радиации и уменьшением альбедо за счет таяния льдов.

Летом радиационный баланс увеличивается до 1330 МДж/м² за сезон в Таганрогском заливе и до 1425 МДж/м² в открытом море. Пространственное изменение радиационного баланса мало.

Осенью радиационный баланс уменьшается и в ноябре по всему Азовскому морю составляет 5-20 МДж/м². Всего за сезон приходит 350-380 МДж/м². Влияние бризов практически отсутствует. Общим для Азовского моря является небольшое увеличение баланса в центральных районах моря по сравнению с прибрежными.

Радиационный баланс в целом за год по всему Азовскому морю положителен. В восточной части Таганрогского залива годовая сумма баланса минимальна и составляет 2400 МДж/м². Максимальные (2700-2750 МДж/м²) суммы баланса находятся в центральном районе Азовского моря. У побережья значения радиационного баланса меньше на 80-120 МДж/м².

Годовой ход радиационного баланса подобен ходу своей основной составляющей - поглощенной солнечной радиации, но имеет несколько

меньшую амплитуду. Отрицательные значения радиационного баланса в декабре-январе обусловлены незначительным преобладанием эффективного излучения над поглощенной радиацией. В остальное время поглощенная солнечная радиация существенно превышает эффективное излучение.

1.2 Климат Азовского моря относится к умеренно континентальному. Под влиянием местных физико-географических условий континентальные черты климата заметнее выражены в северной части моря. Для этого района характерны относительно холодная зима, с оттепелями и пасмурными периодами, преимущественно сухое и жаркое лето. В южных районах моря эти сезоны более мягкие и влажные.

Ведущую роль в формировании климата играют радиационные факторы. Годовое количество солнечной суммарной радиации изменяется от 4850 МДж/м в Таганрогском заливе до 5250 МДж/м в Темрюкском. Только четверть этой суммы составляет рассеянная, остальное же количество приходится на долю прямой радиации. Суммарной радиации возрастает в направлении с севера на юг. Наибольшее количество поглощенной радиации (4300 МДж/м²) приходится на центральный и юго-восточный районы моря. Годовой ход суммарной и поглощенной радиации имеет максимум в июле и минимум в декабре. Радиационный баланс в целом за год больше нуля и имеет максимум (2700 МДж/м) в центральном районе моря, несколько уменьшаясь к берегам.

Помимо радиационного фактора важную роль в формировании климата Азовского моря играет циркуляция атмосферы, обеспечивающая вынос в рассматриваемый район воздушных морских масс с Атлантики и арктических морей и континентальных масс воздуха с обширных районов Евразии. Характерной особенностью атмосферной циркуляции в районе Азовского моря является ослабление циклонической деятельности, и усиление антициклоничной при общем уменьшении интенсивности атмосферных процессов по сравнению с центральными районами

Европейской части России (Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1991).

1.3. Ветер. Преобладающими для побережья и открытой части Азовского моря являются восточные и северо-восточные ветры. Среднегодовая скорость ветра составляет 4,5-5,5 м/с на побережье и 7,5 м/с в центральной части Азовского моря. Максимум приходится на зиму, минимум - на лето. Восточные и северо-восточные ветры преобладают на северном побережье с октября по апрель, когда Азовское море находится под влиянием отрога сибирского антициклона. Весной и осенью их повторяемость несколько понижается. Летом при активизации азовского антициклона и ослаблении отрога сибирского господствующими направлениями становятся северо-западное, западное и юго-западное. Наряду с общими закономерностями в отдельные годы ветровые ситуации могут значительно варьировать. Например, по данным М Таганрог в 2010г. (рис. 4) в летний период преобладали северные и северо-восточные ветры.

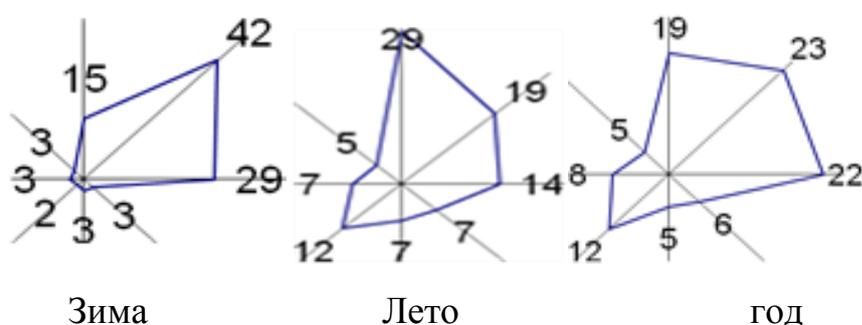


Рис. 4 Розы ветров Таганрог

Ветровой режим теплого периода является более однородным. Преобладание господствующих ветров выражено менее резко, чем с октября по апрель. Годовой размах колебаний средней месячной скорости ветра не превышает 1,2-2,0 м/с. Следует отметить, что наибольшие среднегодовые скорости ветра характерны станциям Мысовое и Должанская (соответственно 6,2 и 6,4 м/с), что объясняется эффектом усиления ветра на мысах. Штилевые условия наиболее часто отмечаются в районе Мариуполя

(25% случаев). Наиболее редко штилевые условия наблюдаются в районах станций Мысовое и Должанская (в 10% случаев). В среднем за год повторяемость штилей на побережье Азовского моря составляет около 16%, с незначительным увеличением зимой до 18% и уменьшением летом до 14%. В течение года на Азовском море преобладают слабые ветры. Их повторяемость составляет 60-70%. На долю умеренных ветров приходится несколько меньше 20% (в Мысовом до 33%), на долю сильных 7-10%. Ветер со скоростью 20-24 м/с может отмечаться в любое время года, а со скоростью больше 24 м/с только в период с октября по апрель. Ветры со скоростью больше 14 м/с имеют преимущественно северо-восточное и восточное направление. В теплый период происходит усиление западного и юго-западного ветра. Среднее годовое число дней со скоростью ветра, большей или равной 10 м/с, колеблется от 76 в Геническе до 198 в Бердянске. Среднемноголетнее распределение скорости ветра по сезонам (по данным всех морским гидрометеорологических станций (МГМС) свидетельствуют о том, что наибольшая ветровая активность имеет место в зимний период (Табл. 1). В пространственном изменении этого параметра присутствует широтная зональность с уменьшением скоростных характеристик в направлении с востока на запад. Среднее годовое число дней со скоростью ветра, большей или равной 15 м/с, составляет 24-34 (таблица 2).

Таблица 1.

Среднегодовые и среднесезонные скорости ветра (м/с) по данным береговых гидрометстанций. (1949-2010 гг.)

№ п/п	ГМС	Время года				Год
		Весна	Лето	Осень	Зима	
1.	Таганрог	5.2	4.4	4.8	5.6	5.0
2.	Мариуполь	5.3	4.3	5.1	5.9	5.1
3.	Темрюк	5.7	4.6	5.5	6.0	5.4
4.	Бердянск	5.4	4.5	5.1	6.1	5.3
5.	Мысовое	5.9	5.4	6.3	6.9	6.1

Таблица 2

Среднемесячные и среднегодовые скорости ветра (м/с) и их повторяемость (%) по данным различных ГМС (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991).

№	ГМС	Период	Направление ветра								Все направления
			С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
		I	4.2 12	5.8 19	6.8 22	4.7 8	5.6 6	5.3 7	5.0 14	4.2 12	5.4 100
		IV	4.3 10	5.2 17	6.1 23	5.0 15	4.5 4	6.2 10	5.2 11	4.2 10	5.3 100
1.	Геническ	VII	3.4 17	4.4 11	4.8 11	3.6 15	3.9 5	5.5 9	5.3 16	3.9 16	4.3 100
		X	3.7 15	5.5 20	6.2 19	4.7 8	4.5 6	5.3 9	5.0 12	4.1 11	5.0 100
		Год	4.3 13	5.4 16	6.4 20	4.5 12	4.6 5	5.6 9	5.0 12	4.0 12	5.0 100
		I	4.3 8	5.9 29	6.5 25	4.6 4	5.9 5	5.2 7	5.5 13	4.4 9	5.6 100
		IV	4.0 8	5.4 23	6.1 23	3.5 7	4.7 9	4.8 14	4.7 8	4.5 8	5.0 100
2.	Бердянск	VII	3.5 16	3.6 20	4.3 10	3.4 4	3.5 8	5.3 19	5.1 12	4.2 11	4.2 100
		X	3.3 11	4.3 28	5.1 23	3.9 5	4.3 3	5.6 9	7.2 10	4.3 11	4.9 100
		I	3.8 6	6.1-22	6.0 31	4.7 4	4.7-3	4.1 15	4.5 12	3.9 7	5.2 100
		IV	4.0 9	5.1 19	6.9 26	5.2 5	4.6 4	4.9 22	5.7 9	3.9 6	5.3 100
3.	Таганрог	VII	3.6 13	4.4 15	4.8 14	3.3 5	3.9 4	5.1 17	4.4 17	3.6 15	4.2 100
		X	3.4 11	5.1 20	5.8-26	3.7 4	4.1 3	4.6 11	4.3 14	3.8 11	4.7 100
		Год	3.5 10	5.5 20	6.3 23	4.0 7	3.8 4	4.8 14	4.3 14	3.7 8	4.9 100
		I	5.6 15	7.4 21	5.9 10	4.8 6	7.5 12	5.5 8	5.0 11	5.3 17	6.0 100
		IV	5.6 14	7.3 17	6.6 8	4.6 9	6.4 17	5.2 9	4.1 11	4.2 15	5.6 100
4.	Керчь	VII	4.9 19	6.4 15	5.5 5	4.2 6	5.1 8	4.5 9	3.9 19	4.3 19	4.8 100
		X	4.8 14	6.7-23	6.1 10	4.2 6	6.3 8	4.6 8	3.8 16	4.3 15	5.2 100
		Год	5.3 14	7.4 19	6.3 9	4.5 7	6.3 13	5.0 8	4.2 14	4.5 16	5.5 100

1.2.2. Температура воздуха Азовского моря

Годовой ход температуры воздуха существенно зависит от количества поступающей солнечной радиации, а пространственное распределение - от циркуляционного фактора и свойств подстилающей поверхности.

В среднем за год температура воздуха над Азовским морем возрастает от 9 °С у северного берега Таганрогского залива до 11 °С в южной части моря. Изотермы расположены почти вдоль широтных кругов, поскольку влияние моря в сезоны прогрева и охлаждения в среднем за год компенсируется. Несколько пониженные температуры воздуха в западной части моря по сравнению с таковой в восточной обусловлены распределением суммарной радиации, которое в свою очередь зависит от облачности.

В период с января по март, когда все Азовское море или его большая часть покрыты льдом, распределение температуры воздуха отличается от распределения в другие месяцы: изотермы расположены зонально, температура понижается в направлении с юга на север. В этот период тепловое влияние моря на атмосферу и окружающую территорию сведено почти к нулю. Наиболее низкие температуры в среднем за месяц наблюдаются в январе: от —5,1 °С в Таганроге до —0,5 °С в Керчи. Немного теплее в феврале. Дополнительному охлаждению способствуют лед и снег, как за счет теплового излучения, так и за счет большого отражения. Если в январе и феврале практически по всему побережью и открытому морю отмечаются отрицательные температуры, то в марте температура воздуха уже выше нуля и изменяется от 0,5 °С в северной части до 3,6 °С в южной.

В апреле существенно увеличивается приток солнечной радиации, что вызывает интенсивный рост температуры воздуха. Происходит окончательное таяние льда, но температура воды существенно ниже температуры воздуха. Поэтому рост температуры воздуха на побережье опережает рост температуры воздуха над морем. В результате над морем образуется зона с пониженными (по сравнению с берегом на 1,5—2,5°С) значениями температуры. Прирост температуры за месяц составляет 6—9 °С.

В мае продолжается интенсивный рост температуры воздуха. Температура мая на 6-8 °С выше апрельской и в центральной части моря

составляет 14—14,5 °С, увеличиваясь на побережье до 15,8— 17,0 °С. Зона пониженной температуры воздуха над морем сохраняется, постепенно ослабевающая, до августа.

Сезонный ход температуры воздуха несколько "запаздывает" по сравнению с ходом суммарной солнечной радиации. Поэтому максимум температуры воздуха приходится не на июнь — июль, а на июль—август. На побережье Азовского моря температура воздуха в июле составляет 23,0—23,7 °С. За счет ослабления циклонической деятельности пространственное распределение ее становится более однородным.

С августа—сентября в связи с уменьшением притока солнечной радиации начинается понижение температуры воздуха. В сентябре возрастает роль циркуляционного фактора — происходит смена западного воздействия на восточное и усиление циклонической деятельности, что также приводит к понижению температуры воздуха. Над морем в этот период образуется зона повышенных значений температуры воздуха, поскольку вода гораздо медленнее, чем воздух, отдает накопленное за лето тепло. Эта зона сохраняется до полного замерзания моря, причем горизонтальные разности температуры воздуха между центральной частью моря и побережьем непрерывно возрастают от 0,5—1,0 °С в сентябре до 5,0—6,0 °С в декабре. В октябре значения температуры воздуха в результате быстрого их падения составляют около половины июльских значений. В Таганрогском заливе и на северном побережье моря в ноябре устанавливаются отрицательные температуры воздуха.

Изменчивость среднемесячных температур воздуха особенно велика осенью и зимой, когда отклонения от нормы могут составлять до 10 °С, резко уменьшаясь летом.

Размах годового хода на побережье наибольший в Таганроге (14,4°С), уменьшаясь к западу до 13,0°С и югу до 12,1°С. В центре моря размах годового хода минимальный. Такое распределение годового хода температуры воздуха, так же как и атмосферного давления, говорит о

большей континентальности северного берега по сравнению с южным. Кроме уже отмеченного сдвига годового хода температуры воздуха относительно хода солнечной радиации существует разность фаз между температурами воды и воздуха. Температура воздуха обгоняет температуру воды в годовом ходе на 8 сут. в центральной части моря. К побережью разность фаз уменьшается до 5 сут.

Началом холодного периода принято считать переход температуры через ноль. Из прибрежных станций самый ранний переход отмечается 28 ноября в Таганроге, самый поздний—06 января — в Керчи. Зимний сезон наиболее длителен на северном побережье— 108 дней в Таганроге. На южном берегу его длительность существенно меньше и составляет 78—80 дней. Устойчивый переход температуры воздуха через -5°C отмечается только в Мариуполе, Таганроге и небольшой части Таганрогского залива. На побережье длительность указанного периода составляет 35—36 дней. Устойчивый переход через -10°C и ниже для Азовского моря отсутствует. Поэтому за период 1935— 1965 гг. была рассчитана условная вероятность периодов ниже -10 и -20°C различной продолжительности. Наибольшее число периодов с температурой ниже -10 и -20°C в Таганроге равно соответственно 14,7 и 2,8, наименьшее в Мысовом — 3,2 и 0,4. Больше половины периодов с температурой ниже -10°C и около трех четвертей периодов с температурой ниже -20°C имеют длительность 12 ч и менее. Абсолютное число периодов ниже -10°C с продолжительностью 5 сут. и более в Таганроге составляет 10, в Керчи и Мысовом 4, в Темрюке бив Бердянске 6 . Отсюда можно сделать вывод, что продолжительное похолодание охватывает сразу все Азовское море и лишь в вершине Таганрогского залива может отмечаться самостоятельно.

Концом зимы и переходом к весне принято считать переход температуры воздуха через ноль в область положительных температур. На Азовском море такой переход начинается 16 марта на северном побережье и 23 февраля на южном. Начало летнего сезона связано с устойчивым

переходом температуры воздуха через 15°C в область повышения, а конец — в область понижения. Такой переход осуществляется в близкие сроки как в южной, так и в северной части моря — 12 и 6 мая. На северном побережье лето длится около 3,5 месяцев, на южном — более 5 мес.

Самые низкие суточные температуры наблюдаются в январе и феврале при вторжениях арктического воздуха в тылу циклонов. Температура воздуха при этом может понижаться до -32°C на севере и до $-26... -29^{\circ}\text{C}$ на южном побережье. Абсолютные минимумы в открытом море охарактеризовать нельзя, так как в наиболее суровые зимы судовые наблюдения не производятся. Последние отрицательные значения минимальных температур отмечаются на прибрежных станциях в мае, а первые — в октябре.

Наиболее высокие суточные температуры зимой наблюдаются при вторжении тропического воздуха из Малой Азии или морского тропического воздуха с Северной Атлантики. При этом на побережье в декабре может отмечаться повышение температуры воздуха до 26°C , в январе, феврале до $14—16^{\circ}\text{C}$. Летом максимальные температуры отмечаются при длительном сохранении антициклонической погоды. Абсолютный максимум в июле в Приморско-Ахтарске при этом достиг 43°C . Для других станций побережья максимальные значения в этот месяц также достаточно велики: $37—40^{\circ}\text{C}$. Максимальные температуры воздуха в открытом море не регистрируются, поэтому для каждого района можно лишь приблизительно определить наивысшие значения из всего ряда судовых наблюдений.

В суточном ходе температуры воздуха на побережье Азовского моря отмечается один максимум и один минимум. Максимум в течение большей части года наступает в $13—14$ ч, лишь летом он отмечается примерно на $1—2$ ч позже. Минимум температуры воздуха летом наступает в $4—5$ ч, весной и осенью в $5—6$ ч и зимой в $6—8$ ч. Над открытой частью моря в связи с недостаточным количеством наблюдений установить время наступления максимума и минимума температуры трудно. Можно лишь сказать, что

наступление суточных экстремальных значений здесь несколько запаздывает по сравнению с таковыми на побережье.

Средний многолетний размах суточного хода температуры воздуха наибольший на северном и северо-восточном побережье моря летом (5—10°C), наименьший (1,5—2,5°C) наблюдается в основном зимой на южном побережье. В переходные сезоны суточный ход температуры воздуха на Азовском море колеблется в пределах 3—6°C.

О суточном размахе температуры в открытой части моря можно судить лишь ориентировочно. Наибольшие суточные изменения приходятся здесь на осень. Особенно они велики в мелководных районах, в частности в Таганрогском заливе. Наименьшие суточные изменения отмечаются весной и в начале лета.

1.2.3. Температура воды. Благодаря большому количеству поступающей солнечной радиации Азовское море имеет довольно высокую среднегодовую температуру воды (11,5°C). В июле-августе температура воды достигает 24-25°C, а у берегов может превышать 30°C. Зимой температура воды равна или близка к точке замерзания (табл.3).

Таблица 3

Температура поверхностных слоев воды (°C) в прибрежных районах Азовского моря, (рассчитанные по материалам ГМС за 1949-2000 гг.)

№ п/п	Станция	Месяцы												Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Таганрог	0,1	0,2	1,8	9,8	17,6	22,7	24,9	23,6	18,2	11,3	4,2	0,7	11,2
2.	Бердянск	-0,1	0,1	1,8	8,9	16,9	22,4	24,8	23,8	19,0	12,6	6,0	1,4	11,4
3.	Приморско-Ахтарск	0,3	0,5	3,2	10,9	17,4	22,3	23,1	23,4	18,1	11,8	5,4	1,3	11,8
4.	Мысовое	1,2	1,0	3,0	8,2	15,5	21,4	24,4	24,3	20,2	14,6	9,6	3,8	12,2
5.	Темрюк	1,3	1,4	4,1	10,5	17,0	22,6	25,1	24,7	20,0	13,7	7,7	3,2	12,6

В силу мелководности Азовского моря, небольшой в глобальных масштабах площади его бассейна, процессы накопления тепла в водной толще происходят равномерно по всей акватории.

Выводы по главе 1:

- Расположенное на южной окраине Русской равнины Азовское море (рис.1.) находится между параллелями $47^{\circ} 17'$ и $45^{\circ} 17'$ с.ш. и меридианами $34^{\circ} 49'$ и $39^{\circ} 18'$ в.д. и почти со всех сторон окружено сушей. С Черным морем соединено мелководным (минимальная глубина 5 м) Керченским проливом, имеющим минимальную ширину - 4 км и длину около 40 км. Наибольшая длина Азовского моря (от косы Арабатская Стрелка до устья р.Дон) 360 км, наибольшая ширина (между вершинами Темрюкского и Белосарайского заливов) 176 км. Площадь водной поверхности около 39 тыс.км², объем -323 км³, средняя глубина 8,5 м, максимальная -13 м.

- В формировании радиационного режима Азовского моря большое значение играет не только общее количество поступающей солнечной радиации, но и отражательные свойства поверхности, а также циркуляция атмосферы.

- Радиационный баланс в целом за год по всему Азовскому морю положителен. В восточной части Таганрогского залива годовая сумма баланса минимальна и составляет 2400 МДж/м². Максимальные (2700-2750 МДж/м²) суммы баланса находятся в центральном районе Азовского моря. У побережья значения радиационного баланса меньше на 80-120 МДж/м².

- Отрицательные значения радиационного баланса в декабре-январе обусловлены незначительным преобладанием эффективного излучения над поглощенной радиацией. В остальное время поглощенная солнечная радиация существенно превышает эффективное излучение.

- Преобладающими для побережья и открытой части Азовского моря являются восточные и северо-восточные ветры. Среднегодовая скорость ветра составляет 4,5-5,5 м/с на побережье и 7,5 м/с в центральной части Азовского моря. Максимум приходится на зиму, минимум - на лето.

- В среднем за год температура воздуха над Азовским морем возрастает от 9 °С у северного берега Таганрогского залива до 11 °С в южной части моря. Изотермы расположены почти вдоль широтных кругов, поскольку влияние моря в сезоны прогрева и охлаждения в среднем за год компенсируется. Несколько пониженные температуры воздуха в западной части моря по сравнению с таковой в восточной обусловлены распределением суммарной радиации, которое в свою очередь зависит от облачности.

- Сезонный ход температуры воздуха несколько "запаздывает" по сравнению с ходом суммарной солнечной радиации. Поэтому максимум температуры воздуха приходится не на июнь — июль, а на июль—август. На побережье Азовского моря температура воздуха в июле составляет 23,0—23,7 °С. За счет ослабления циклонической деятельности пространственное распределение ее становится более однородным.

- Благодаря большому количеству поступающей солнечной радиации Азовское море имеет довольно высокую среднегодовую температуру воды (11,5°С). В июле-августе температура воды достигает 24-25°С, а у берегов может превышать 30°С. Зимой температура воды равна или близка к точке замерзания

Глава 2 Гидрологический режим Азовского моря

Гидрологический режим Азовского моря обусловлен его мелководностью, речным стоком, водообменом с Черным морем и заливом Сиваш, а также метеорологическими условиями. Вследствие мелководности моря нагревание и охлаждение водных масс происходит быстро по всей толще воды, что приводит к выравниванию температур.

Приток пресной воды с суши опресняет воды моря. Водообмен Азовского моря с Черным морем и заливом Сиваш обуславливает распределение солености, плотности, прозрачности и цвета воды. Из метеорологических факторов, влияющих на гидрологический режим, наибольшее значение имеет ветер, который вызывает волнение, течения, стоны, нагоны и перемешивание водных масс.

2.1 Колебания уровня и приливы, волнение, процессы перемешивания
Колебания уровня в Азовском море обусловлены речным стоком, атмосферными осадками, испарением, ветром (сгонно-нагонные колебания) и водообменом с Черным морем. Сток речных вод, осадки и испарение влияют на сезонный ход уровня моря; в теплый период года уровень обычно выше, чем в холодный. Наиболее высокий уровень наблюдается в июне и бывает на 18 см выше среднего многолетнего. Минимальный уровень моря отмечается в ноябре и бывает на 14 см ниже среднего многолетнего.

Средний многолетний уровень Азовского моря на 30 см ниже нуля Кронштадтского футштока. Сгонно-нагонные колебания уровня моря чаще всего наблюдаются осенью и зимой и несколько реже весной, что объясняется активной циклонической деятельностью. Такие колебания имеют важное значение для плавания, т. к. бывают велики. Так, например, в районе порта Таганрог отмечались случаи, когда при сгонах вода отступала от береговой линии более чем на 3 мили. При нагонах иногда затоплялись причалы порта, высота которых над средним уровнем моря около 2 м, и прилегающая к причалам территория. Наиболее значительные сгоны и нагоны воды наблюдаются в Таганрогском заливе и в западной части моря.

Максимальная величина сгонно-нагонных колебаний уровня в районе порта Таганрог 6 м, портового пункта Геническ 4 м, портов Бердянск и Керчь 4 м

В Таганрогском заливе и в восточной части Азовского моря ветры от SW и W вызывают нагон воды, а ветры от NE и E — сгон. При средней скорости нагонного ветра 15 м/с и более в вершине Таганрогского залива нагоны достигают максимальных значений. Это объясняется не только удлиненной формой залива, но и тем, что нагоны наблюдаются здесь обычно во время паводков, также обуславливающих повышение уровня.

Опасные для судоходства сгоны отмечаются в порту Мариуполь при сильных ветрах от NE и E, а в порту Бердянск — только при сильном и продолжительном ветре от N.

В западной части Азовского моря ветры от SW и W вызывают сгон воды, а ветры от NE и E — нагон.

В Темрюкском заливе нагон воды происходит под влиянием сильного ветра от NW, а в Керченском проливе — под влиянием ветров от N, NE и SE. Период времени, в течение которого при нагонах уровень удерживается выше опасной отметки, в большинстве случаев не превышает 12 ч, только в портовом пункте Геническ он длится более 2 суток. Уровень Азовского моря и Керченского пролива из-за их мелководности быстро изменяется при усилении ветра: в среднем на 6—10 см/ч при нагоне и на 4—8 см/ч при сгоне. Обычно наибольшее значение его отмечается через 3—5 ч после достижения ветром максимальной скорости.

Сейшевые колебания уровня в Азовском море выражены хорошо. Наибольшей величины (в среднем около 55 см) они достигают в Таганрогском заливе. Средний период сейшевых колебаний уровня изменяется от нескольких минут до нескольких часов.

Приливные колебания уровня в описываемом районе незначительны: величина их не превышает нескольких сантиметров. Они полностью затушевываются сгонно-нагонными и сейшевыми колебаниями.

Течения в Азовском море в основном зависят от ветра. Большая

изменчивость течений — следствие неустойчивости ветрового режима, мелководности моря и его сравнительно небольшой площади.

Таблица 4

Колебания уровня моря, см				
Пункт	Средний уровень	Максимальный уровень наблюдений (год)	Минимальный уровень наблюдений (год)	Величина колебаний уровня
Бердянск, порт	461	551 (1941)	352 (1928)	199
Геническ, портовый пункт	471	698 (1969)	287 (1969)	411
Ейск, порт	462	615 (1960)	177 (1969)	438
Мариуполь, порт	462	584 (1969)	342 (1949)	242
Керчь, порт	472	534 (1970)	329 (1969)	205
Приморско-Ахтарск, портовый пункт	467	719 (1923)	276 (1921)	443
Таганрог, порт	458	710 (1970)	101 (1960)	609
Темрюк, порт	472	793 (1969)	371 (1956)	422

Преобладающими ветрами в холодный период года являются ветры от NE(северо-восток) и E (восток), а в теплый — ветры от SW (юго-запад) и W (запад).

В начальный период действия умеренного ветра от NE направление течений совпадает с направлением ветра на всей акватории моря. Затем, если ветер от NE продолжается довольно долго и у косы Арабатская Стрелка отмечается нагон воды, на акватории моря формируются две различные схемы течений. Если над всем морем скорость ветра от NE одинакова или в северной части моря она больше, чем в южной, то в западной части моря наблюдается циркуляция вод против часовой стрелки.

Если скорость ветра от NE в южной части Азовского моря больше, чем в северной, то в северной части моря отмечается циркуляция вод по часовой стрелке.

При умеренном ветре от SW, дующем с одинаковой скоростью над всем морем, в Таганрогском заливе наблюдается нагон воды. В северной части моря в это время из-за большой разности в уровнях между Таганрогским заливом и западной частью моря происходит ослабление ветрового течения и изменение его направления на противоположное. В центральной части моря отмечается циркуляция вод против часовой стрелки. Если скорость ветра от SW в северной части моря больше, чем в южной, то в центральной части моря происходит циркуляция вод по часовой стрелке.

При слабых и переменных ветрах циркуляция вод нарушается и течения становятся хаотическими. В Керченском проливе течение обычно направлено из Азовского моря в Черное и реже — наоборот.

Преобладающая скорость течений в Азовском море 0,2—0,4 уз, максимальная 1—1,5 уз. В период действия сильных и продолжительных ветров скорость течений достигает 2,5 уз. В узкостях Керченского пролива при штормовых нагонных ветрах скорость течений увеличивается до 2,8 уз.

Таблица 5

Скорость поверхностных течений в центральной части Азовского моря при различных направлениях ветра, уз								
Преобладающая скорость ветра, м/с	Направление ветра							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5—10	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
10—15	0,6	0,9	0,8	0,5	0,6	0,8	0,8	0,7
15—20	1,3	1,8	1,7	1,2	1,1	1,5	1,6	1,2
Наибольшая наблюденная скорость течения на различных участках Керченского пролива, уз								
Участок	Течение							
	Азовское	Черноморское						
1	2	3						
Еникальское колено	2,4	2,8						
Павловское колено	2,4	2,0						

СХЕМА ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ ПРИ УМЕРЕННЫХ ВЕТРАХ ОТ НЕ И Е

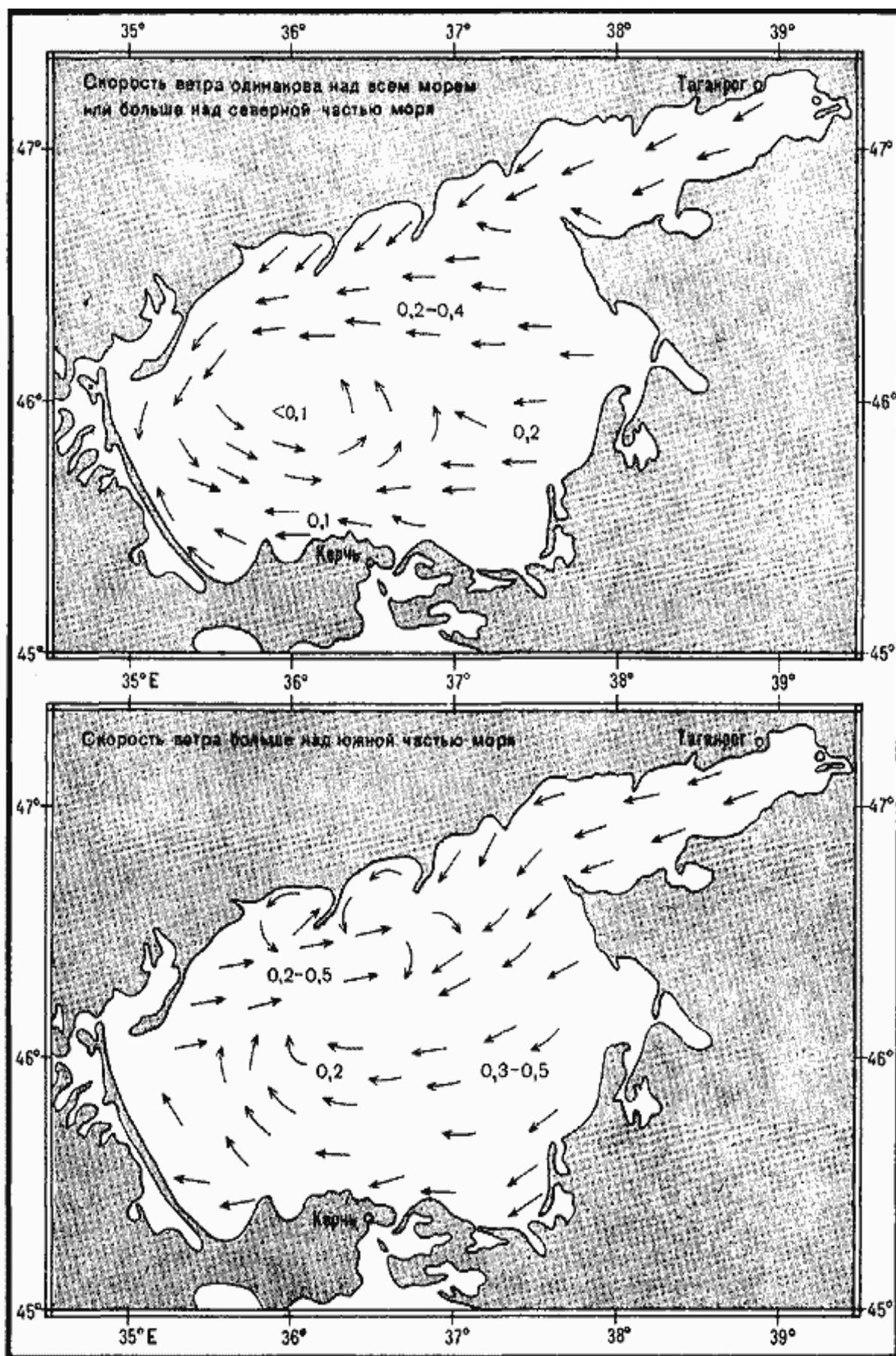
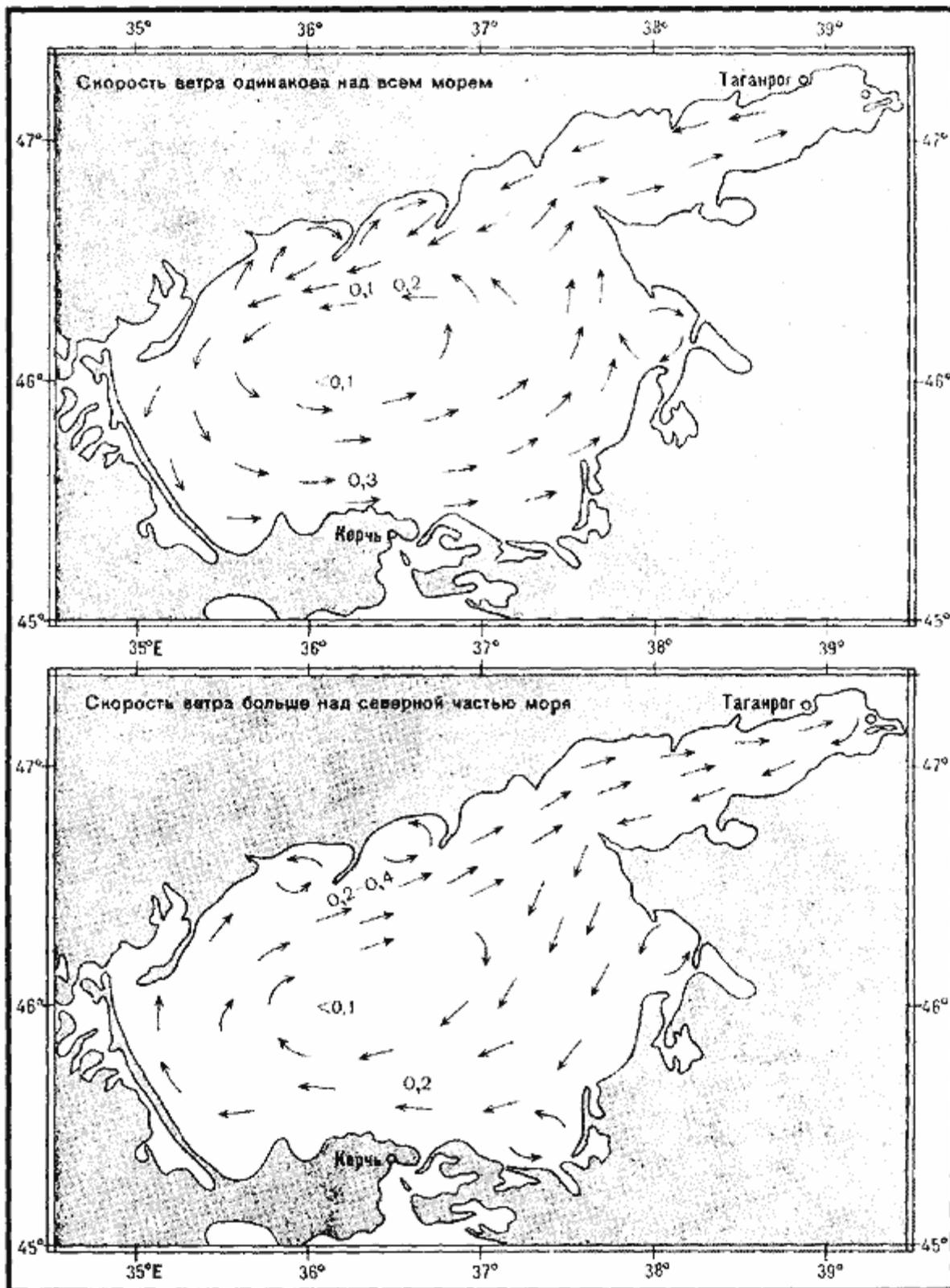


СХЕМА ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕЧЕНИЙ ПРИ УМЕРЕННЫХ ВЕТРАХ ОТ SW И W



Повторяемость течений составляет в среднем: Азовского 62 %, Черноморского 38 %.

Режим уровня моря, течения, волнение, процессы перемешивания.

Межгодовые и сезонные колебания речного стока, водообмена с Черным морем, испарения и осадков, скорости, направления и длительности ветров приводят к соответствующим колебаниям уровня Азовского моря. Внутригодовые колебания уровня в основном определяются сезонными изменениями притока речных вод. В теплое время года уровень моря выше, в холодное - ниже. Максимальное значение сезонных колебаний среднего уровня равно 33 см, минимальное - 7 см (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991). Из всех видов изменений уровня Азовского моря наиболее значительны сгонно-нагонные. Сильные восточные и северо-восточные ветры, преобладающие осенью и зимой, и направление которых близко к направлению максимальной протяженности моря составляют около 80% общего числа ветров с большой скоростью. Эти ветры вызывают иногда продолжительные и подчас опасные подъемы и спады уровня соответственно на наветренном и подветренном берегах моря. Наибольшие значения сгонно-нагонных колебаний уровня вдоль побережья Аз. моря составляют: в Таганроге-6 м; Ейске-4,4 м; Мариуполе-2,4 м; Бердянске-2 м; Геническе-4 м; Мысовом-2,7 м; Керчи-2 м; Темрюке-4,2 м. В Таганрогском заливе максимальная высота сгона в 1,5 раза превышает высоту нагона. Продолжительность сгонов и нагонов колеблется от нескольких часов до нескольких суток (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991).

Основной причиной горизонтальных движений вод Азовского моря является ветер. Влияние стока наиболее крупных рек Дон и Кубань прослеживается лишь на их взморьях. Преобладание над акваторией Азовского моря слабых и умеренных ветров со скоростью менее 6 м/с определяет наибольшую повторяемость слабых течений со скоростью до 0,1 м/с. При скорости ветра 15-20 м/с скорости течений в некоторых районах (у входа в Таганрогский залив, в Керченском проливе) достигают 0,6-0,7 и могут даже превышать 1 м/с. В целом же для Азовского моря прослеживается, установленный еще Н.М.Книповичем (Книпович, 1938) циклонический характер результирующего течения. В непосредственной

близости от берега при волнении, фронт которого подходит под углом к берегу, возникают так называемые энергетические течения. Скорость последних зависит от величины волн. При сильном волнении между берегом и зоной разрушения волн вдольбереговые энергетические течения могут иметь скорости, достигающие 2 м/с. Интересным представляется картина течений в Керченском проливе, которая отличается сложностью и большой изменчивостью. При северных ветрах течение чаще направленно из Азовского моря в Черное, а при южных - из Черного в Азовское. Если эти ветры достаточно продолжительные, поток воды приобретает устойчивый характер с почти одинаковыми по вертикали скоростями, равными в среднем 0,2-0,3 м/с. В узкостях средняя скорость течения увеличивается до 0,4 м/с, а максимальная достигает 1,2-1,4 м/с. В целом при сильных и длительных северных ветрах, приводящих к сгону воды из Азовского моря, в проливе появляются компенсационные течения, направленные против ветра, а после сильного нагона черноморской воды южными ветрами возникает стоковое азовское течение. Следует отметить, что в открытой части моря ветровые течения с глубиной в начале сильно уменьшаются, а после длительного воздействия ветра в нижнем слое возникают компенсационные течения противоположного направления (Гидрометеорологические условия..., 1986; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991).

Развитие волн на Азовском море определяется двумя основными факторами: ветром над морем и небольшими глубинами, которые ограничивают рост волн. Характеристики полей волнения зависят от силы и продолжительности ветра, длины «разгона», глубины места.

Максимальные высоты волн возможные за 1-50 лет при северных, северо-восточных, восточных, западных и северо-западных ветрах составляют от 2,5-2,8 до 3,8-4,3 м, а при юго-восточных, южных и юго-западных - от 1,2-2,5 до 2,2-3,4 м. В более мелководных районах рост волн уже при скорости ветра около 20 м/с ограничивается глубиной.

Азовское море относится к водоемам с нестабильной плотностной стратификацией по вертикали, связанной с изменениями по глубине солености (рост от поверхности к дну) и температуры (понижение с глубиной) воды. Выравнивание термохалинных и других океанологических характеристик происходит главным образом за счет турбулентного перемешивания преимущественно ветрового происхождения и конвективного в результате увеличения плотности поверхностных слоев за счет охлаждения или осолонения, которое вызывается испарением или льдообразованием. В мелком солоноватом Азовском море конвективное перемешивание в основном наблюдается при осеннем и зимнем охлаждении поверхности воды до температуры ее наибольшей плотности (в среднем примерно до 1,5 С) и весеннем прогреве вод до такой же температуры. Зимой осолонение при льдообразовании усиливает конвекцию, которая проникает до дна. В мягкие и средние зимы развитие конвективного перемешивания зависит от степени охлаждения поверхностных вод и градиента плотности, т.е. величины вертикальной устойчивости.

Воды Азовского моря обычно насыщены растворенным кислородом. Однако в летний период при маловетренной и тем более безветренной погоде в море может образоваться сравнительно кратковременный слой скачка температуры и плотности. В этих условиях в придонном слое кислород расходуется на окисление органического вещества вследствие чего наблюдается его дефицит и гибель донных гидробионтов. Развитие ветрового и волнового перемешивания разрушает слой температурного и плотностного скачка и приводит к повышению концентрации кислорода у дна.

В последние 50 лет в Азовском море отмечается прогрессирующий рост прямого либо косвенного воздействия антропогенных факторов на физико-географические процессы. Особенно глубоким преобразованиям подвергалась пространственно временная структура колебаний речного стока. Причем в первую очередь за счет гидростроительства, сезонного и территориального перераспределения стока рек. Произошло ухудшение

качества речного стока, вызванного развитием промышленности, судоходства, энергетики и особенно орошаемого земледелия.

Режим волнения Азовского моря обусловлен небольшой площадью моря, малыми глубинами и значительной изрезанностью берегов. В описываемом районе преобладают высоты волн менее 1 м (повторяемость их достигает 75 %). Повторяемость высот волн 1—2 м составляет 20—45 %, а высот волн 2—3 м — не более 13 %.

В центральной, самой глубоководной части моря высоты волн не превышают 3,5 м, и только в очень редких случаях они достигают 4 м. В наиболее штормовые месяцы (декабрь — март) развитие волнения в описываемом районе ограничивается наличием льда.

Таблица 6

Повторяемость высот волн, %				
Высоты волн, м	Декабрь — февраль	Март — май	Июнь — август	Сентябрь — ноябрь
1	2	3	4	5
< 1	36	45	75	47
1-2	46	41	21	39
2-3	13	11	3	10
≥ 3	5	3	1	4

В Азовском море наблюдаются волны, имеющие длину в основном 15—25 м, и только иногда 80 м. Период волны обычно менее 5 с, крайне редко 7—8 с. В описываемом районе отмечаются короткие и очень крутые волны, представляющие опасность для малых судов. В течение всего года в Азовском море преобладает волнение от NE и E, несколько реже — от NW и W. Ветры от NE, E и NW обычно бывают здесь самыми сильными, поэтому и волнение от этих направлений самое сильное.

Ветровое волнение в Азовском море развивается быстро. Уже через 4—6 ч после усиления ветра оно достигает наибольшего развития в зависимости от скорости ветра: при скорости ветра 5—10 м/с степень волнения равна II—III баллам, при скорости ветра 10—15 и 15—20 м/с она составляет соответственно III—IV и IV—V баллов, а при скорости ветра 20—

25 м/с и более 25 м/с она равна соответственно V и VI баллам. Ветровые волны имеют малую длину и значительную крутизну и могут быть опасными для малых судов. Зыбь в открытом море почти не наблюдается. Из-за отражения волн от берегов часто отмечается толчея.

2.2 Речной сток, температура, соленость и плотность воды.

Речной сток. Материковый сток Азовского моря формируется, в основном, стоком рек Дон и Кубань, составляющим суммарно около 37,1 км³, а остальная часть пресных вод поступает в море со стоком малых рек Северного и Восточного Приазовья. Следует при этом отметить, что до зарегулирования р. Дон (1923-1951 гг.) суммарный объем речного стока в Азовское море в среднем составлял 40,4 км³/год, т.е. в современный период имеет место сокращение поступлений материкового стока безвозвратными изъятиями на различные нужды (сельское хозяйство, промышленность, коммунальное и питьевое водоснабжение и пр.), изменяющееся от года к году.

Температура поверхностного слоя моря имеет хорошо выраженный годовой ход. Наиболее низкая температура воды наблюдается в январе — феврале и составляет в большей части моря 0 °С или немного ниже; лишь в его южной части в это время сохраняется положительная температура воды (1—3°С), хотя и здесь в суровые зимы она может понижаться до —0,3 °С. С марта температура быстро повышается и в мае достигает 18 °С. Летом температура воды в открытом море составляет преимущественно 22—25 °С, а в прибрежной зоне достигает 32 °С. Со второй половины августа она начинает заметно понижаться и в ноябре составляет 6—10°С. В Керченском проливе в осенне-зимний период температура воды обычно на 2—4 °С выше, чем в открытом море. В летние месяцы в результате водообмена между Азовским и Черным морями температура воды в проливе ниже, чем в прибрежной зоне моря.

Соленость. В целом Азовское море относится к солоноватоводным водоемам. Средняя соленость его в условно естественный период составляла

примерно 10,6‰, а в зарегулированных возросла до 11,6‰, или на 1‰, при колебаниях в отдельные годы соответственно от 9 (1932) до 12 (1951) и от 10 (1998) до 14 (1976) ‰. В пространственном отношении соленость возрастает в западном, южном и юго-западном направлениях от устьевых областей рек Дон и Кубань к Арабатской Стрелке, южным берегам и Керченскому проливу. Вблизи последнего она в отдельные периоды может достигать, главным образом у дна, величин солености прилегающей части Черного моря (17-18‰). В среднем же в условно естественный период большую часть собственно моря занимали воды с соленостью в интервале 10-11‰, а в зарегулированных от 11-11,5 до 12-12,5‰. В Таганрогском же заливе соленость находилась преимущественно в пределах от 2-3 до 8-9 и от 2-4 до 9-10‰ соответственно. Изменения солености от поверхности до дна обычно не превышает 0,02-0,03‰. Лишь вблизи Керченского пролива и на взморьях рек Дон и Кубань соленость в придонном слое может на 2-3‰ и более превышать соленость поверхностного слоя (данные сектора гидрологии ФГУП «АзНИИРХ»).

В последние годы соленость повысилась в результате зарегулирования стока рек Дон и Кубань и составляет в основном 10—12 ‰; в 1974 г. в центральном районе моря соленость достигала 14 ‰ - В Таганрогском заливе она изменяется от 1—2 ‰ в вершине залива до 9—10 ‰ при выходе из него. В заливе Сиваш соленость воды колеблется от 25 ‰ в его северной части до 180 ‰ в южной. Сезонные колебания солености обычно редко превышают 1 ‰; они наиболее значительны в Таганрогском заливе, где довольно велико влияние стока реки Дон.

Плотность поверхностного слоя моря наибольшая в декабре — марте и составляет в центральной части моря 1,007—1,009. В прибрежной зоне плотность воды в декабре—марте 1,006—1,014, в июне—августе 1,001—1,007. В Таганрогском заливе летом плотность воды 0,998. В настоящее время в связи с увеличением солености воды наметилось также заметное увеличение ее плотности.

Условная прозрачность воды Азовского моря очень мала вследствие обилия взвешенных частиц ила и планктона: в открытом море весной и осенью в среднем 2—3 м, а зимой и летом 1—2 м. Наибольшая прозрачность воды 5—8 м иногда наблюдается в южной части моря у Керченского пролива. Наименьшая прозрачность воды отмечается в восточной части Таганрогского залива, где весной и осенью она менее 1 м. Цвет воды в открытом море обычно голубовато-зеленый, а у берегов и в заливах преимущественно зеленый и коричневый, лишь в Таганрогском и Темрюкском заливах вода коричневато-желтая. Летом при массовом развитии планктона преобладает ярко-зеленый цвет воды. При безветренной погоде весной и осенью вода имеет желтовато-зеленый цвет. Зимой вода чаще коричневая.

2.3. Штормы. Ледовые условия

Сильные штормы (при ветре более 20 м/с) наблюдаются 2-8 раз в год. Чаще всего они бывают в феврале-марте и реже всего в августе-сентябре. Штормы при ветрах более 20 м/с наблюдаются один раз в пять лет. Штормы такой силы охватывают обычно всю акваторию моря. Средняя продолжительность штормов меняется от 12 часов в августе до 28 часов в декабре и марте. Наибольшая непрерывная продолжительность колеблется от 40 часов в июле до 200 часов в ноябре. Наибольшей повторяемостью и продолжительностью особенно в холодный период, отличаются шторма при восточных и северо-восточных ветрах.

Лед на акватории Азовского моря появляется ежегодно. Ледовые фазы отличаются большим непостоянством во времени и пространстве. Самое раннее появление начальных видов льда в Таганрогском заливе отмечалось в конце октября, а в Керченском проливе - в конце декабря. Наиболее позднее очищение ото льда происходит сначала в прибрежных районах северной части моря, Темрюкском заливе и Керченском проливе (третья декада апреля), затем в юго-западной части моря, куда господствующими ветрами сгоняется плавучий лед (начало мая). В суровые зимы большую часть

ледового сезона море покрыто сплошным или очень сплоченным плавучим льдом. В мягкие зимы большая часть открытого моря обычно остается свободной ото льда и лишь в феврале покрывается плавучим льдом сплоченностью 7-8 баллов. По данным береговых гидрометеостанций наибольшей толщины ледяной покров достигает в феврале - марте и составляет в среднем примерно 40-50 см в Таганрогском заливе и 20-25 см в южной частиморя (Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1991). По данным средств массовой информации («Речник Дона, № 10, 2006 г.), термические условия 2006 г. способствовали формированию сложной ледовой обстановки в Азовском море. В январе - феврале ледовитость изменялась от 30 до 95% (при среднемноголетней величине около 55 %). Толщина льда к концу зимы достигала 35-40 см. На акватории собственно моря отмечался дрейфующий лед, а в Таганрогском заливе - припай, толщиной до 35 см.

Выводы по главе 2:

- Сильные штормы (при ветре более 20 м/с) наблюдаются 2-8 раз в год. Чаще всего они бывают в феврале-марте и реже всего в августе-сентябре. Средняя продолжительность штормов меняется от 12 часов в августе до 28 часов в декабре и марте. Наибольшая непрерывная продолжительность колеблется от 40 часов в июле до 200 часов в ноябре. Наибольшей повторяемостью и продолжительностью особенно в холодный период, отличаются шторма при восточных и северо-восточных ветрах.
- Лед на акватории Азовского моря появляется ежегодно. Ледовые фазы отличаются большим непостоянством во времени и пространстве. Самое раннее появление начальных видов льда в Таганрогском заливе отмечалось в конце октября, а в Керченском проливе - в конце декабря. Наиболее позднее очищение ото льда происходит сначала в прибрежных районах северной части моря, Темрюкском заливе и Керченском проливе (третья декада

апреля), затем в юго-западной части моря, куда господствующими ветрами сгоняется плавучий лед (начало мая).

- Материковый сток Азовского моря формируется, в основном, стоком рек Дон и Кубань, составляющим суммарно около 37,1 км³, а остальная часть пресных вод поступает в море со стоком малых рек Северного и Восточного Приазовья.
- В целом Азовское море относится к солоноватоводным водоемам. Средняя соленость его в условно естественный период составляла примерно 10,6‰, а в зарегулированных возросла до 11,6‰, или на 1‰, при колебаниях в отдельные годы соответственно от 9 (1932) до 12 (1951) и от 10 (1998) до 14 (1976) ‰. В пространственном отношении соленость возрастает в западном, южном и юго-западном направлениях от устьевых областей рек Дон и Кубань к Арабатской Стрелке, южным берегам и Керченскому проливу.
- Основной причиной горизонтальных движений вод Азовского моря является ветер. Влияние стока наиболее крупных рек Дон и Кубань прослеживается лишь на их взморьях. Преобладание над акваторией Азовского моря слабых и умеренных ветров со скоростью менее 6 м/с определяет наибольшую повторяемость слабых течений со скоростью до 0,1 м/с.
- В последние 50 лет в Азовском море отмечается прогрессирующий рост прямого либо косвенного воздействия антропогенных факторов на физико-географические процессы. Особенно глубоким преобразованиям подвергалась пространственно-временная структура колебаний речного стока. Причем в первую очередь за счет гидростроительства, сезонного и территориального перераспределения стока рек. Произошло ухудшение качества речного стока, вызванного развитием

промышленности, судоходства, энергетики и особенно орошаемого земледелия

Глава 3. Характеристика прозрачности Азовского моря

3.1. Способы, приборы и методика определения оптических свойств и прозрачностиморской воды, обработка материалов

Для измерения основных оптических свойств морской воды: общей относительной прозрачности, спектральной прозрачности, показателей поглощения и рассеяния света, существуют два способа

- а) непосредственные измерения, выполненные с помощью приборов, опускаемых в толщу вод;
- б) лабораторные исследования проб морской воды, извлеченных с различных глубин с помощью батометров.

Под прозрачностью {относительной прозрачностью} природных вод условно принимают глубину (м), на которой перестает быть видимым белый диск диаметром 30 см (диск Секи).

Для определения относительной прозрачности применяются белые диски. Употребление специальных светофильтров позволяет определить относительную прозрачность в разных частях спектра.

Для измерения подводной освещенности на различных глубинах, т.е. показателя ослабления света в результате поглощения и рассеяния, применяются подводные фотометры, опускаемые в море на тросе или кабеле. Определение спектральной прозрачности морской воды с помощью фотоэлектрических фотометров-прозрачномеров может производиться как непосредственно в толще вод, так и при лабораторных исследованиях проб воды с различных горизонтов.

Недостатком непосредственных способов измерения оптических свойств воды является ограничение глубины погружения приборов длиной кабеля. Исследование оптических свойств на пробах, извлеченных с различных глубин, лишено этого недостатка. Однако недостатком этого способа является существенное изменение оптических свойств воды пробе при извлечении ее с глубины вследствие загрязнения посторонними примесями и изменения условий (температуры, давления и др.). Совокупное

употребление обоих способов позволяет избежать выше указанных недостатков: оптические свойства верхних горизонтов должны изучаться непосредственными измерениями, нижние горизонты на пробах.

Прозрачность морской воды может быть определена более точно и объективно, чем с помощью белого диска, путем установления степени освещенности на разных глубинах с помощью разного рода фотометров, а также спектральной прозрачности моря с помощью фотоэлектрических фотометров-прозрачномеров. При фотоэлектрическом способе подводная освещенность определяется по величине электрического тока, возбуждаемого в фотоэлементе.

Измерения подводной освещенности фотометрами дают возможность определить коэффициент полного ослабления света в результате его поглощения и рассеяния. Для отдельного определения коэффициентов поглощения и рассеяния света используют универсальный гидрофотометр, позволяющий измерять подводную освещенность и коэффициент рассеяния, а также прибор Государственного оптического института, предназначенный для измерения поглощения света.

Для измерения яркости излучения, выходящего из толщи моря через его поверхность, служит гидрофотометр ФМ-46. При проведении измерений с его помощью в различных частях спектра прибор ФМ-46 снабжен сменными фильтрами. Для измерения подводной освещенности (показателя ослабления света в результате поглощения и рассеяния) служат фотоэлектрические фотометры ФМПО-57. Этот прибор служит для определения спектральной прозрачности на различных глубинах. В последнее время широкое распространение получают датчики прозрачности, являющиеся составной частью зонда.

Дорогостоящий, но оперативный метод определения прозрачности (мутности воды), - космическая съемка. Ценность этого метода заключается в мгновенной съемке всего моря. Высокая точность спутниковой информации, конечно, не сравнима с данными экспедиционных исследований АзНИИРХ.

Время производства съемки составляет 9-12 суток, в течение которых имеют место разнообразные ситуации. Это приводит к определенному субъективизму при оценке изменения прозрачности (и других характеристик) по акватории моря. Однако это не умаляет достоинств экспедиционного метода, который широко распространен в практике современных гидрологических исследований.

В связи с тем, что Азовское море является мелководным водоемом, определение прозрачности воды производится непосредственным измерением, выполняемым с помощью приборов, опускаемых в толщу вод. Для определения относительной прозрачности воды Азовского моря, в основном, применяется стандартный белый диск, представляющий собой латунный или стальной диск диаметром 30 см, толщиной 5-6 мм, выкрашенный цинковыми белилами или эмалевой краской в белый матовый цвет. Для крепления к тросу и для придания диску горизонтального положения сквозь диск, в его центре, пропущена латунная трубка длиной 10 см. Через эту трубку продевается жгут из мягкой проволоки или лить с петлей на верхнем конце и узлом или утолщением на нижнем. Снизу под диском для предотвращения сноса диска течением крепится металлический груз, отделенный от диска резиновой прокладкой. Диск опускается в воду на лине, размеченном марками на метры, иногда же диск подвешивается к одному из тросов гидрологической лебедки, пропущенной через блок-счетчик. В последнем случае в диске делается прорезь по радиусу от центра до края диска шириной 4 мм. Металлическая трубка в центре диска снимается и вместо нее помещается обычный посыльный грузик от морской вертушки, скрепленный винтами с чугунным грузом, также имеющим прорезь, расположенным под диском, так чтобы прорезь на диске не совпадала с прорезью грузика.

Методика производства наблюдений прозрачности воды. Основным руководящим документом для производства работ на морских судах является

Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях (1977),
Руководство... 1983, РД 52.04.58-97 (1997).

Прозрачность воды наблюдают с борта судна при штиле или небольшом волнении в светлое время суток. Наблюдения производятся с теневой стороны, чтобы избежать попадания в глаза наблюдателя лучей солнечного света, отраженных водой. Для защиты глаз от рассеянного света иногда употребляют коническую трубку, через которую и производят наблюдения. Трубка зачернена внутри и имеет длину 60-70 см, диаметр ее у нижнего конца равен 15-20 см, у верхнего - 3-5 см. Расстояние глаза от поверхности воды при экспедиционных наблюдениях должно быть всегда приблизительно одинаковым. Предельной (наибольшей) высотой глаза наблюдателя над поверхностью воды следует считать 4-5 м.

При определении прозрачности морской воды диск медленно опускают в воду до полного его исчезновения. В этот момент по маркам линия или блок-счетчику замечают глубину погружения диска. Опустив после этого диск глубже на 1-2 м и выждав некоторое время (5-10 сек), чтобы исчезло кажущееся погружение диска в глазах наблюдателя, диск медленно поднимают и в момент его появления снова отмечают глубину. В книжку записывают обе глубины и величину, среднюю между ними. Эту операцию необходимо повторить два-три раза подряд, записывая каждый раз глубину исчезновения и появления диска. Результаты не должны отличаться один от другого более чем на 5%. За прозрачность морской воды принимают среднее между всеми отсчетами значение.

В случае зыби или волнения необходимо производить отсчет глубины погружения диска в момент прохождения гребня и подошвы волны. Из этих отсчетов берется среднее. Эти наблюдения над прозрачностью воды записываются в палубную книжку для записи основных гидрологических наблюдений. В книжке отмечают: дата и время наблюдений (часы, минуты), координаты места наблюдений, глубина, состояние моря (волнение), облачность.

Первичная обработка наблюдений над прозрачностью воды заключается в вычислении средней величины прозрачности при спуске и подъеме диска. Последующая обработка материалов наблюдений над прозрачностью воды сводится к построению карт, дающих картину распределения этого элемента гидрологического режима данного участка моря в плане. Построение графиков годового хода прозрачности воды по данным наблюдений позволяет выяснить влияние на прозрачность воды весенних вспышек в развитии фитопланктона, влияние паводочных речных вод, неравномерностей в режиме волнения и т.д.

Карты прозрачности воды, дающие представление об ее распределении в плане, можно строить как по данным той или иной экспедиции, так и обобщая все наблюдения, когда-либо производящиеся на данном море. В последнем случае наблюдения обрабатываются по квадратам. При этом в каждом квадрате, помимо средней величины прозрачности, рекомендуется проставлять число наблюдений, максимальное и минимальное значения прозрачности. На картах проводятся изолинии.

При построении карт применяется метод гидрологической интерполяции.

Таблица 5

Перечень гидрологических районов Азовского моря

Номер района	Наименование района	Площадь района, тыс.км ²
I	Предпроливье	2,4
II	Юго-западный	3,4
III	Западный	1,7
IV	Северо-западный	3,5
V	Северный	2,1
VI	Северо-восточный	2,1
VII	Запад Таганрогского залива	2,6

VII	Центр Таганрогского залива	1,4
VIII	Восток Таганрогского залива	1,3
IX	Еленинские банки	3,6
X	Кубано-Ахтарский	2,7
XI	Кубано-Темрюкский	2,3
XII	Центральный	8,7

3.2. Роль прозрачности в гидрологическом режиме водоемов.

Прозрачность морских вод - одна из важных характеристик гидролого-гидрохимического и гидробиологического режима водоемов, определяющая особенности протекающих в них физико-химических и биологических процессов. В свою очередь от этого показателя зависит радиационный баланс и условия освещения толщи вод и дна (Буренков и др. 1997, Ерлов, 1970). Прозрачность воды в той или иной степени интенсифицирует ход биологических процессов, развитие биоценозов (Студеникина и др. 1990), а следовательно, в конечном итоге прямо или косвенно определяет биологическую продуктивность водоемов.

Прозрачность морской воды тесно связана с процессами рассеяния и поглощения в ней света, которые определяются количеством взвешенных в воде частиц органического и неорганического происхождения. В чистой воде интенсивно поглощается длинноволновая часть видимого света, а коротковолновая его часть рассеивается на группы молекул воды.

Прозрачность воды изменяется в широких пределах в зависимости от географической широты местности. Освещенность поверхности воды зависит от высоты стояния солнца и прозрачности атмосферы, которые косвенно отражаются величиной облачности.

Для развития водной растительности, а следовательно и для многих биологических, химических и гидрологических явлений в водоемах определяющим является количество света для фотосинтеза. О

проникновении достаточного количества света на глубинах можно судить по распространению и разнообразию водной растительности на глубине (Богословский, 1960).

Высокая биологическая продуктивность Азовского моря, ее чрезвычайная межгодовая изменчивость определяются целым рядом биотических и абиотических факторов. К одному из важных абиотических показателей, прямо или косвенно влияющих на развитие фитопланктона и других биоценозов, составляющих кормовую базу Азовского моря, является прозрачность воды.

3.3 Общие закономерности формирования и изменения прозрачности Азовского моря.

Изменчивость прозрачности вод Азовского моря определяется сочетанием таких основных факторов, как речной сток, волнение, содержание планктона, облачность, морфометрические особенности отдельных районов моря. Наблюдающаяся в Азовском море прозрачность воды достигает лишь в очень редких случаях 10 м. Такая прозрачность наблюдалась в южной части моря при штилевой погоде, ясном небе и при проникновении в этот район черноморских вод из Керченского пролива. При волнении 3-4 балла происходит резкое уменьшение прозрачности мелководного Азовского моря, обусловленное взмучиванием ила, покрывающего почти всё дно. Также на пропрозрачность воды существенное влияние оказывает и бурно развивающийся планктон, и речной сток. Но определяющее значение в формировании прозрачности воды Азовского моря, вследствие его мелководности, имеет волнение (Спичак, 1960, «Гидрометеорологический справочник Азовского моря», 1962).. Наиболее общими закономерностями в пространственном изменении прозрачности являются ее увеличение с востока на запад (самые низкие значения имеет прозрачность воды Таганрогского залива) и юг (наибольшая прозрачность отмечается в центре моря и в непосредственной близости к Керченскому проливу). В межсезонной динамике средней прозрачности прослеживается

следующая тенденция: от осени к весне имеет место рост прозрачности; от весны к лету - незначительное снижение; от лета к осени - прозрачность вновь возрастает. Наибольшие средние значения прозрачности наблюдаются в весенний период.

3.4. Характеристика пространственного распределения прозрачности воды за периоды наблюдений с 1922 по 1957., 1960-2005 и 2009-2013 гг

Характеристика составлена по анализу данных опубликованных в «Гидрометеорологическом справочнике Азовского моря» (1962) и «Гидрология и гидрохимия морей СССР» (1991).

Как и на сегодняшний день, прозрачность воды Азовского моря в первой половине прошлого XX века характеризовалась существенной пространственно-временной изменчивостью. Наблюдения за прозрачностью воды Азовского моря производятся с 1922 г. (Гидрометеорологический справочник Азовского моря, 1962). Обобщенные за период с 1922 по 1957 гг. (за исключением периода с 1941 по 1946 гг.) материалы были сведены в таблицы среднемноголетних величин прозрачности воды Азовского моря. Общее количество наблюдений, выполненных в Азовском море за 22 года, составило 5730. При обработке материалов наблюдений были исключены случаи, когда прозрачность воды оказывалась. При малой глубине, когда прозрачность оказывалась равной глубине в месте ее измерения, данные этих замеров не учитывались, т.к. могли бы значительно исказить средние значения прозрачности воды. При относительно больших глубинах и видимости белого диска у дна возникала опасность субъективной оценки той глубины, с которой следовало бы учитывать ее как характеристику прозрачности. Полученные таблицы использовались для построения сезонных карт прозрачности моря. В процессе анализа, по характеру распределения прозрачности воды в море, было выделено четыре основных района:

I район - Таганрогский залив;

II район - восток моря;

III район - запад моря;

IV район - центр моря.

Таганрогский залив имеет специфические отличия от всего моря по режиму прозрачности и легко выделяется в самостоятельный район. Второй район - восточный, имеет меньшие глубины, по сравнению с центральным (IV район) районом, занимающим наибольшую площадь и простирающимся от Керченского пролива на север. К западу от центрального района расположен третий район - западный (рис. 5).

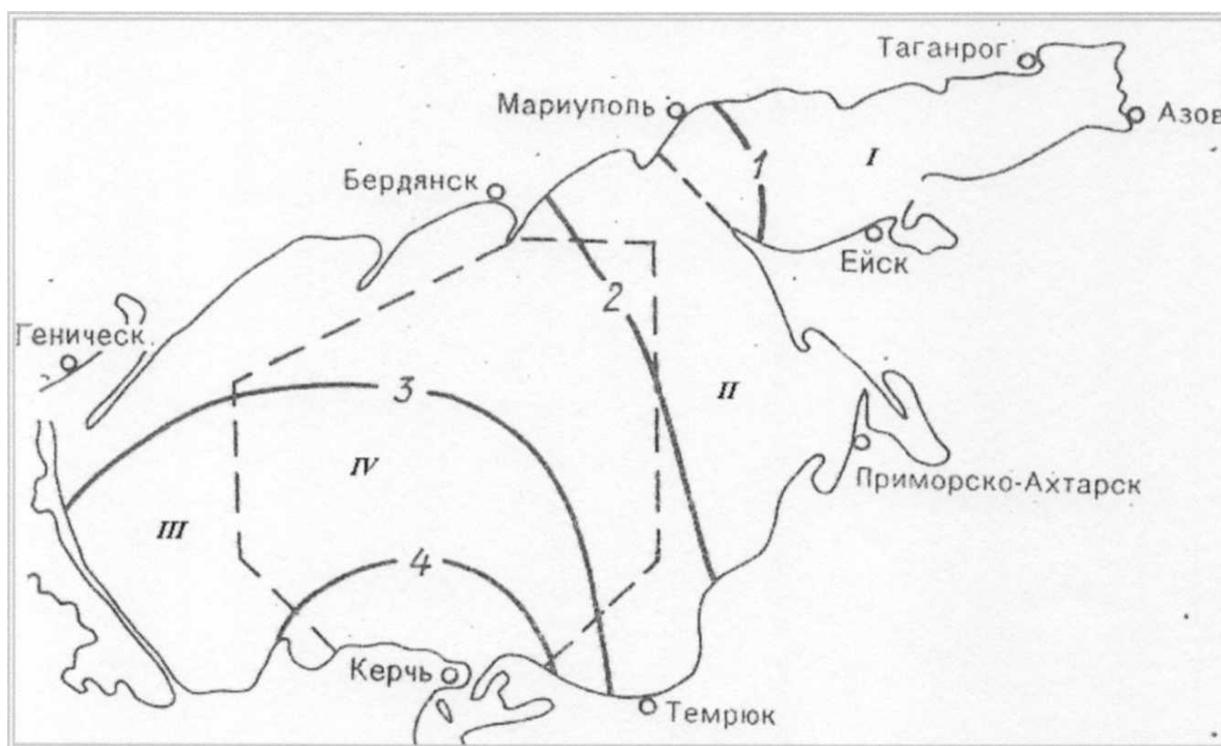


Рисунок 5 - Пространственное распределение среднегодовы́х значений прозрачности (м) (1922-1957гг).

Для периода 1922 - 1957 гг., условно принятого естественным режимом моря, максимальное значение прозрачности воды 7,5 м зафиксировано в центральном районе моря всего дважды, а минимальные значения 0,1 м - в Таганрогском заливе (восточная часть). Анализ данных о прозрачности воды для районов моря (Гидрометеорологический справочник Азовского моря, 1962) показал, что самые низкие величины прозрачности отмечались в

первом районе - Таганрогском заливе. Только в одном случае из 47 наблюдений отмечена прозрачность более 2 м.

Абсолютное преобладание прозрачности 0,5-0,9 м указывает на то, что в этом районе особенно сильно сказывается влияние процессов взмучивания и поднятия ила со дна, возникающих при поступлении стока р. Дон и развитии сгонно-нагонных процессов. Второй фактор уменьшения прозрачности в Таганрогском заливе - большие концентрации планктона в воде. В восточном и западном районах моря прозрачность значительно выше. Максимальные величины ее достигали 3-4 м, а в наибольшем числе случаев наблюдений зафиксирована прозрачность 1,5-2,0 м. В центральном районе, в силу относительно больших глубин и заметного влияния притока черноморской воды, в 50% случаев наблюдений прозрачность составляла 1,5-2,5 м.

Среднегодовое распределение прозрачности в Азовском море (1960-2005 гг.).

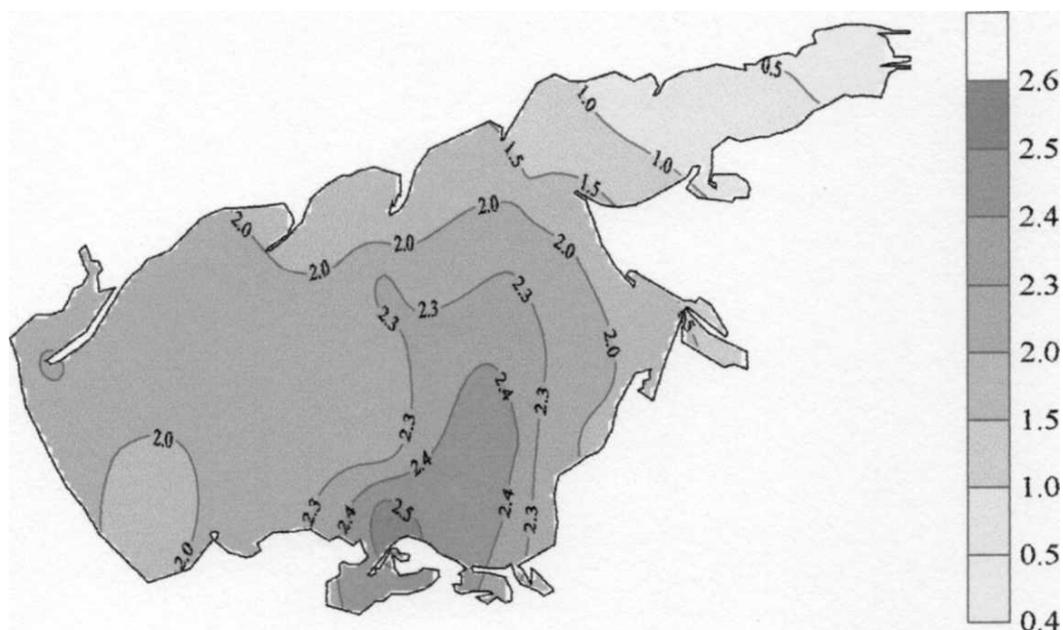


Рисунок 6 - Среднегодовое распределение прозрачности в Азовском море (1960-2005 гг.).

По результатам обобщения многолетних данных средневзвешенная многолетняя прозрачность морских вод составляет 1,9 м, при зафиксированном максимальном многолетнем её значении - 8,5 м и минимальном - 0,1 м. (по данным АзНИИРХ за период 1960-2005 гг.). Максимальное значение прозрачности совпадает с литературными данными (Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1991). Сезонные изменения средневзвешенной прозрачности вод Азовского моря, установленные для этого периода, характеризуются, в среднем, следующей динамикой:

весна -2,1 м;

лето - 1,7 м;

осень -1,8 м.

Таким образом, в изменении прозрачности воды по сезонам выявлены тенденции снижения (на 0,4 м) от весны к лету, незначительного роста (на 0,1 м) от лета к осени и повышения (на 0,3 м) от осени к весне.

Среднегодовое распределение прозрачности в Азовском море за период 2009 -2013 гг.

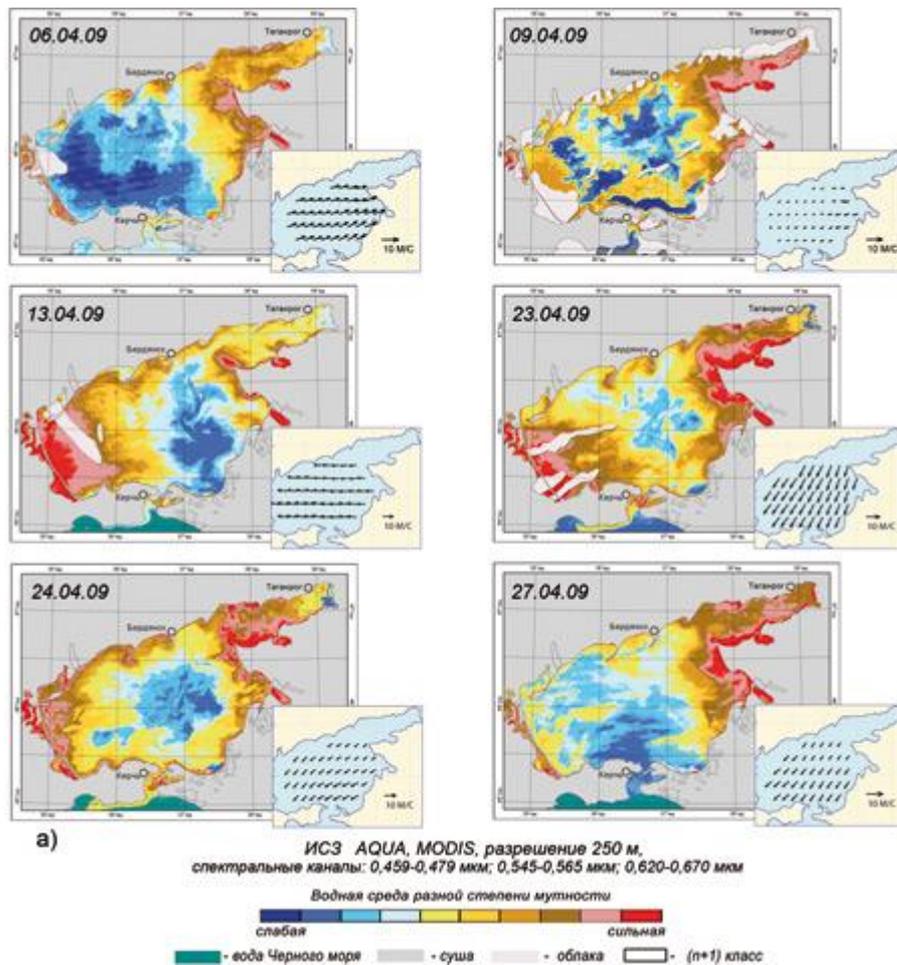
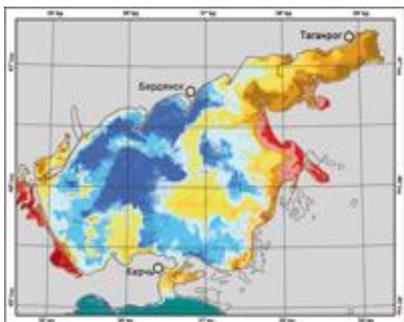
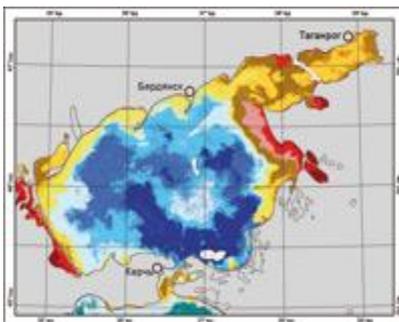


Рис.7 Пример последовательности тематических карт состояния водной среды Азовского моря, полученных в отдельные дни апреля 2009 года с помощью автоматизированного распознавания

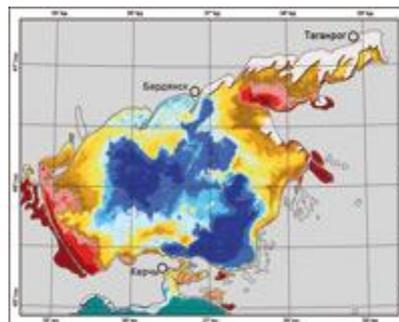
Среднегодовое распределение прозрачности в Азовском море за период 2009 -2013 гг. оценивалось по тематическим картам состояния водной среды Азовского моря, полученным с помощью автоматизированного распознавания без обучения по данным ИСЗ Aqua, Terra/MODIS, разрешение 250 м, (спектральные каналы: 0,620-0,670 мкм; 0,545-0,565 мкм; 0,459-0,479 мкм)



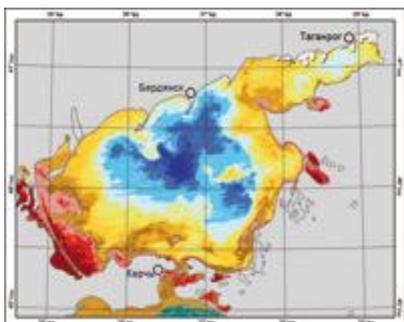
19 апреля



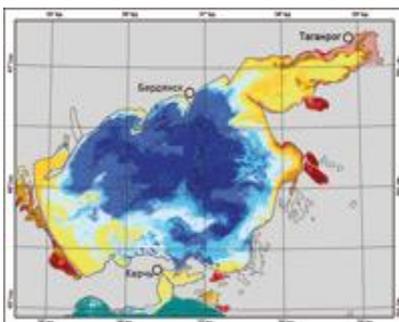
24 апреля



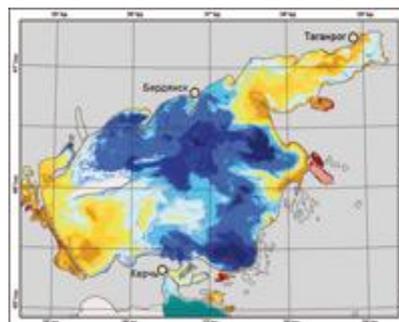
26 апреля



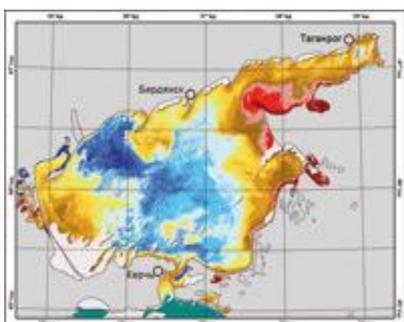
27 апреля



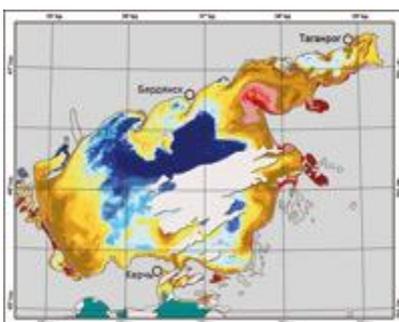
2 мая



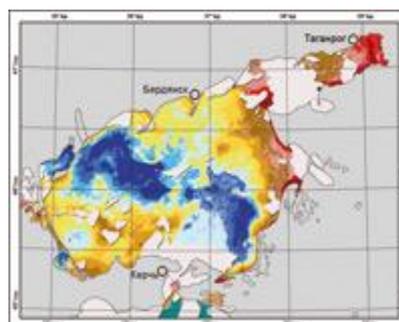
12 июня



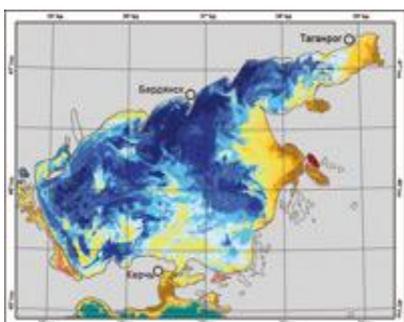
18 июня



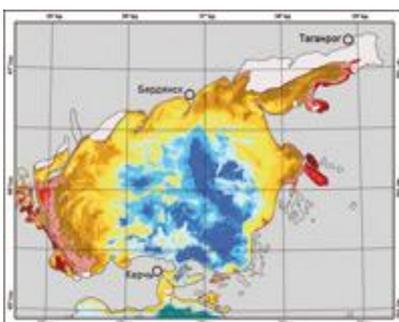
19 июня



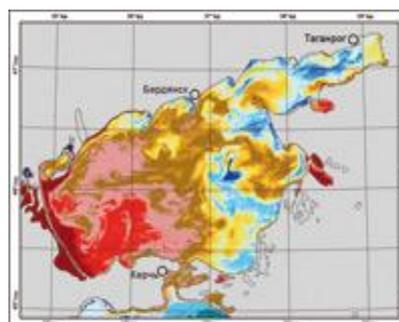
10 июля



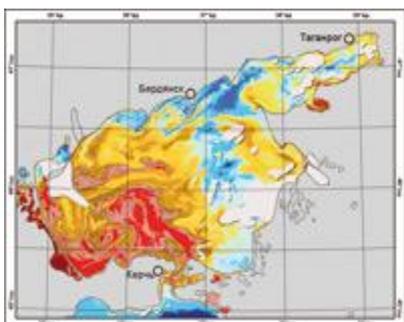
24 августа



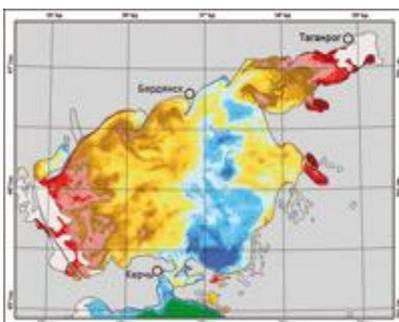
31 августа



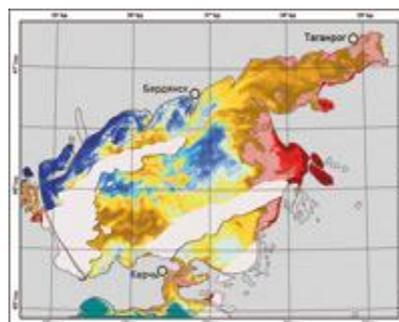
11 сентября



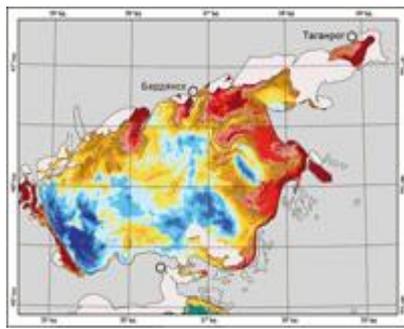
15 сентября



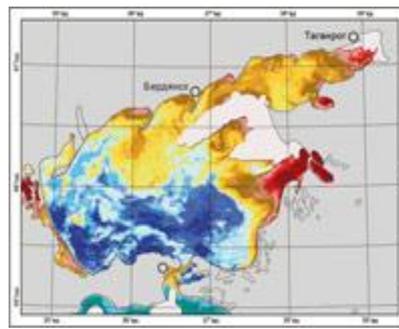
26 сентября



23 октября



24 августа



31 августа

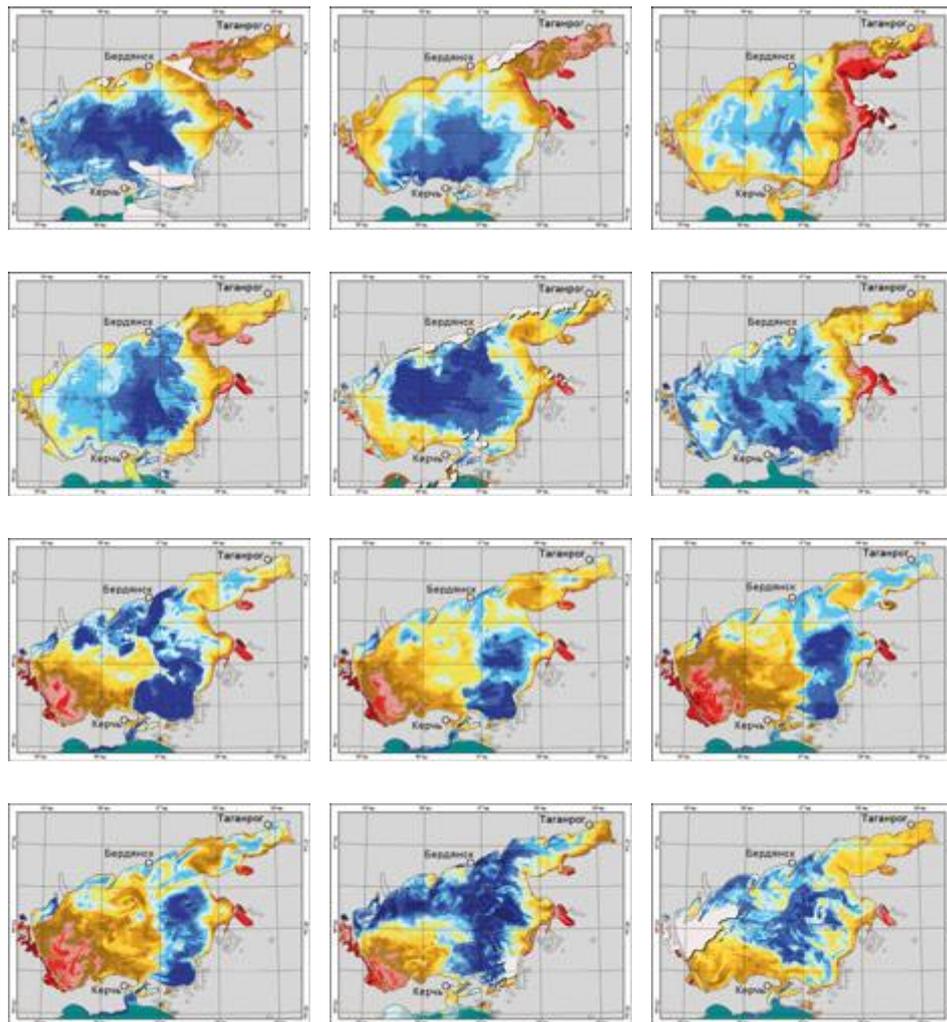
ИСЗ AQUA/TERRA, MODIS, разрешение 250 м,
спектральные каналы:
0,459-0,479 мкм; 0,545-0,565 мкм; 0,620-0,670 мкм

Водная среда разной степени мутности



■ - вода Черного моря ■ - суша ■ - облака □ - (г)

Рис. 9. Тематические карты состояния водной среды Азовского моря, полученные с помощью автоматизированного распознавания без обучения (апрель - октябрь 2011 г.)



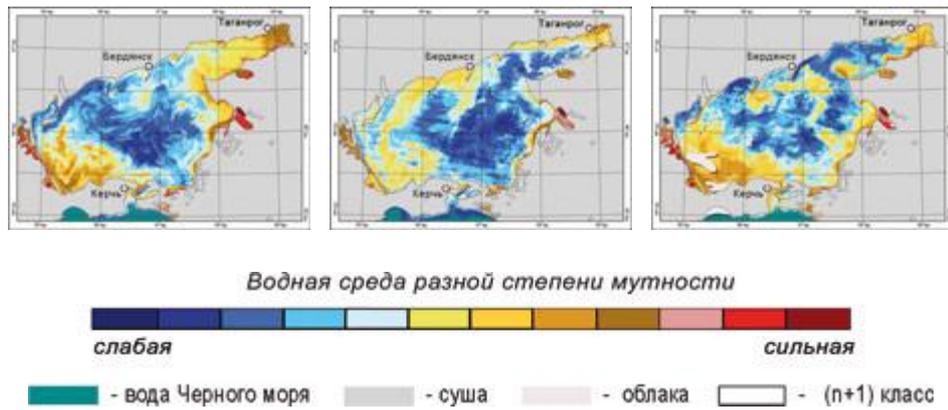
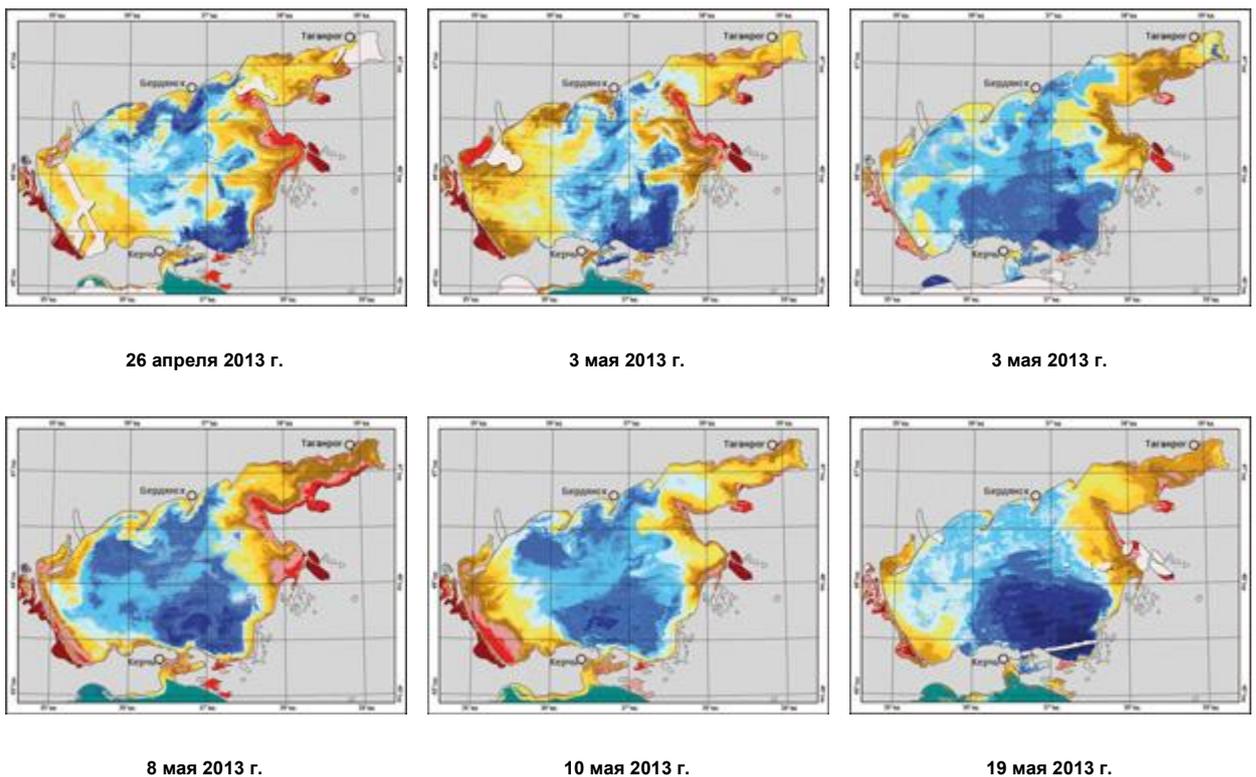


Рис. 10. Тематические карты состояния водной среды Азовского моря, полученные с помощью автоматизированного распознавания без обучения (апрель - октябрь 2012 г.)



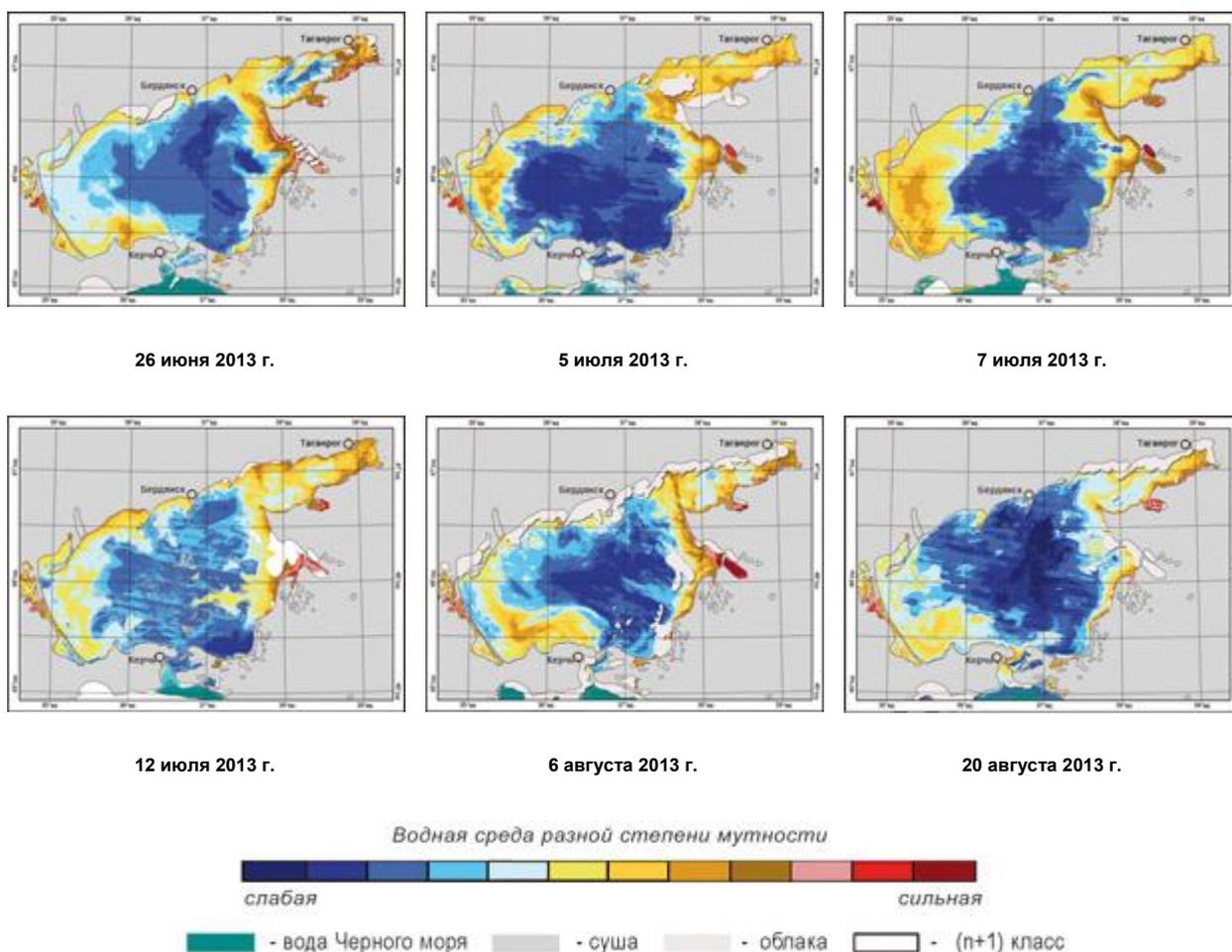


Рис.10. Тематические карты состояния водной среды Азовского моря, полученные с помощью метода распознавания без обучения по данным ИСЗ Aqua, Terra/MODIS, разрешение 250 м, (спектральные каналы: 0,620-0,670 мкм; 0,545-0,565 мкм; 0,459-0,479 мкм).

В *Азовском море* за период 2009-2013гг. прозрачность вод в основном определялась интенсивностью ветрового воздействия. В дни, когда отмечался слабый ветер, происходило осаждение взвешенного вещества, увеличение прозрачности вод, а при усилении северного и северо-восточного до 15-18 м/с и более наблюдались ветровые нагоны в западной и юго-западной частях моря и сгоны воды в Таганрогском заливе. На устьевом участке р. Дон отмечались низкие уровни воды в пределах неблагоприятных для судоходства отметок. Сгоны сопровождались взмучиванием донных осадков, волновым размывом отдельных участков Долгой косы.

3.5 Зависимость прозрачности воды Азовского моря от гидрологических и биологических факторов водной среды.

К числу факторов, прямо или косвенно определяющих ход процессов формирования прозрачности воды относятся, как выше уже упоминалось, ветер, речной сток, соленость, биомассы фито и зоопланктона, облачность и др.

Оценка степени воздействия каждого из перечисленных факторов или их совокупного влияния на формирование прозрачности - весьма сложный процесс. Влияние большинства из перечисленных факторов (за исключением ветра, облачности и биомасс планктона) сказывается на величине прозрачности не моментально, а через определенный промежуток времени и определяется каждой конкретной ситуацией. Например, при увеличении объема поступления в море речного стока увеличивается количество взвешенных частиц (мутность), что приводит к снижению прозрачности. Причем, снижение прозрачности будет наибольшим в непосредственной близости к устьевой зоне. По мере удаления в мористые районы степень влияния речного стока на прозрачность будет уменьшаться за счет оседания по пути транспортируемой стоком взвеси.

По мнению М.К.Спичака (1960) «в Азовском море прозрачность воды определяется количеством взвешенных веществ, поднятых со дна моря или привнесенных речным стоком, величиной отмершего и живого планктона. Очевидно, что наибольшее влияние на прозрачность воды оказывает взмучивание донных слоев под воздействием сильного волнения, формируемого в зависимости от ветровой деятельности. Однако не всегда имеется связь между режимом ветра и величиной прозрачности. Это объясняется тем, что при взмучивании поднимаются тяжелые фракции грунта, которые быстро оседают. Поэтому, если наблюдения за прозрачностью производятся при ветре, характерном для данного сезона или месяца, то связь между прозрачностью и характеристиками ветра согласуется. В противном случае связь на статистически значимом уровне не обнаруживается». Автором предпринята попытка установления связи между

прозрачностью и основными параметрами водного и биологического режима моря.

Выводы по главе 3:

- Для измерения основных оптических свойств морской воды: общей относительной прозрачности, спектральной прозрачности, показателей поглощения и рассеяния света, существуют два способа
 - а) непосредственные измерения, выполненные с помощью приборов, опускаемых в толщу вод;
 - б) лабораторные исследования проб морской воды, извлеченных с различных глубин с помощью батометров.
- Прозрачность воды изменяется в широких пределах в зависимости от географической широты местности. Освещенность поверхности воды зависит от высоты стояния солнца и прозрачности атмосферы, которые косвенно отражаются величиной облачности.
- Высокая биологическая продуктивность Азовского моря, ее чрезвычайная межгодовая изменчивость определяются целым рядом биотических и абиотических факторов. К одному из важных абиотических показателей, прямо или косвенно влияющих на развитие фитопланктона и других биоценозов, составляющих кормовую базу Азовского моря, является прозрачность воды.
- Изменчивость прозрачности вод Азовского моря определяется сочетанием таких основных факторов, как речной сток, волнение, содержание планктона, облачность, морфометрические особенности отдельных районов моря. Наблюдающаяся в Азовском море прозрачность воды достигает лишь в очень редких случаях 10 м.
- Наиболее общими закономерностями в пространственном изменении прозрачности являются ее увеличение с востока на запад (самые низкие значения имеет прозрачность воды Таганрогского залива) и юг (наибольшая прозрачность отмечается в центре моря и в непосредственной близости к Керченскому проливу).

- **1922-1957 гг** Распределение прозрачности по акватории моря имело тенденцию увеличения от Таганрогского залива к Керченскому проливу. Изменения прозрачности зависели от волнения и речного стока (в предустьевых районах) во все сезоны года. Существенное влияние на прозрачность воды оказывало содержание планктона в воде летом. Таким образом, в целом, среднемноголетние значения прозрачности моря в период 1929-1959 гг. изменялись от 0,3 м в Таганрогском заливе до 8,5 м в Керченском проливе

- **1960 по 2005 гг.** Отличительная особенность рассматриваемого периода - существенное возрастание антропогенных нагрузок в бассейне Азовского моря: зарегулирование в 1951 г. стока р. Дон Цимлянским водохранилищем и р. Кубань (1972 г.); созданием Краснодарского водохранилища; развитие в бассейнах рек Азовского моря орошаемого земледелия; рост безвозвратного водопотребления, засоление, загрязнение солями тяжелых металлов и хлорорганическими пестицидами. Вмешательство в экосистему бассейна Азовского моря негативно отразилось не только на биологической продуктивности, но привело к структурному преобразованию водного режима моря и нарушению репрезентативности гидрологических рядов.

- Безусловно, что антропогенные преобразования в бассейне в той или иной мере сказались на формировании режима прозрачности Азовского моря. С одной стороны, - уменьшение речного стока и его твердой составляющей способствовали росту прозрачности в отдельные периоды. Климатообусловленное и антропогенное увеличение солености моря, достигшее максимума к середине 70-х годов, а также возросший приток черноморских вод свою очередь тоже способствовали росту прозрачности. С другой стороны,- увеличившаяся интенсивность судоходства и связанная с ней необходимость дноуглубления и дампинга грунтов, наряду со взмучиванием водной толщи винтами судов, приводили к снижению прозрачности. Специальная оценка

влияния этих факторов на прозрачность вод не представлялась возможной. Поэтому, говоря о наличии косвенного их влияния, следует еще раз подчеркнуть, что основную роль в пространственно-временной изменчивости азовоморских вод играет ветровой режим и степень взмучивания водной толщи во время штормов. Данными наблюдений АзНИИРХ установлено, что при штормах 3-4 баллов происходит интенсивное перемешивание водной толщи от поверхностных слоев до дна.

- **2009-2013гг.** прозрачность вод в основном определялась интенсивностью ветрового воздействия. В дни, когда отмечался слабый ветер, происходило осаждение взвешенного вещества, увеличение прозрачности вод, а при усилении северного и северо-восточного до 15-18 м/с и более наблюдались ветровые нагоны в западной и юго-западной частях моря и сгоны воды в Таганрогском заливе. На устьевом участке р. Дон отмечались низкие уровни воды в пределах неблагоприятных для судоходства отметок. Сгоны сопровождалась взмучиванием донных осадков, волновым размывом отдельных участков Долгой косы.

- Среднегодовое распределение прозрачности в Азовском море за период 2009 -2013 гг. оценивалось по тематическим картам состояния водной среды Азовского моря, полученным с помощью автоматизированного распознавания без обучения по данным ИСЗ Aqua, Terra/MODIS, разрешение 250 м. Заметных различий с предыдущим периодом не выявлено

- тральные каналы: 0,620-0,670 мкм; 0,545-0,565 мкм; 0,459-0,479 мкм)

- Межгодовой динамике прозрачности вод Азовского моря свойственна периодичность и цикличность изменения, обнаруживаемые построением разностной интегральной кривой модульных коэффициентов прозрачности

- В зарегулированных условиях произошло снижение прозрачности, а также наблюдается незначительное изменение в пространственном распределении.
- Уменьшение в современном периоде значений среднемноголетних показателей. В среднем прозрачность Азовского моря снизилась на 0,3 м.
- уменьшение площадей зон высокой прозрачности со смещением в современный период на восток моря
- падение наибольших (среднемноголетних) значений с 4 м и более (в естественный период) до 2,5 м.
- В наибольшей степени уменьшение прозрачности проявилось в весенний период.
- В среднем, за период 1960-2013 гг. изолинии наибольшей прозрачности моря имели отметку 3 м, В естественных условиях это значение было несколько выше 5 м. Наряду с этим, в многолетнем разрезе весной наблюдается смещение областей наибольшей прозрачности из центра моря на юго-восток (к кубанскому побережью).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прозрачность морских вод - одна из важных характеристик гидролого-гидрохимического и гидробиологического режима водоемов, определяющая особенности протекающих в них физико-химических и биологических процессов. Под прозрачностью (относительной прозрачностью) природных вод условно принимают глубину (м), на которой перестает быть видимым белый диск диаметром 30 см (диск Секи). Определение прозрачности воды является составной частью комплексных океанографических исследований. Влияя на радиационный режим и освещение толщи вод и дна, прозрачность воды в той или иной мере определяет темпы развития биоценозов и биологическую продуктивность моря.

Исследования прозрачности Азовского моря проводятся различными ведомствами на протяжении более чем восьмидесяти лет (с 1922 г.), однако, печатных изданий крайне мала. Между тем, данные по прозрачности воды Азовского моря востребованы целым рядом биологических подразделений АзНИИРХ и прочих организаций, занимающихся вопросами океанологии, гидрологии, экологии, гидрофизики Азовского моря.

В результате проведенного анализа, в соответствие с главной задачей исследований, получены следующие выводы:

- Формирование прозрачности воды Азовского моря происходит под влиянием целого ряда факторов, главные из которых - ветровая активность, речной сток, биомасса планктона и соленость.
- Прозрачность Азовского моря изменяется в широком диапазоне: от 10 м (Литературные данные) - 8,5 м (данные АзНИИРХ) до 0,1 м.
- Наиболее общими закономерностями в пространственном изменении прозрачности являются ее увеличение с востока на запад (самые низкие значения имеет прозрачность воды Таганрогского залива) и юг (наибольшая прозрачность отмечается в центре моря и в непосредственной близости к Керченскому проливу). В межсезонной динамике средней прозрачности прослеживается следующая тенденция: от осени к весне имеет место рост прозрачности; от весны к

лету - незначительной снижением; от лета к осени - прозрачность вновь возрастает. Наибольшие средние значения прозрачности наблюдаются в весенний период.

- **1922-1957 гг.** Распределение прозрачности по акватории моря имело тенденцию увеличения от Таганрогского залива к Керченскому проливу. Изменения прозрачности зависели от волнения и речного стока (в предустьевых районах) во все сезоны года. Существенное влияние на прозрачность воды оказывало содержание планктона в воде летом. Таким образом, в целом, среднемноголетние значения прозрачности моря в период 1929-1959 гг. изменялись от 0,3 м в Таганрогском заливе до 8,5 м в Керченском проливе

- **1960 по 2005 гг.** Отличительная особенность рассматриваемого периода - существенное возрастание антропогенных нагрузок в бассейне Азовского моря: зарегулирование в 1951 г. стока р. Дон Цимлянским водохранилищем и р. Кубань (1972 г.); созданием Краснодарского водохранилища; развитие в бассейнах рек Азовского моря орошаемого земледелия; рост безвозвратного водопотребления, засоление, загрязнение солями тяжелых металлов и хлорорганическими пестицидами. Вмешательство в экосистему бассейна Азовского моря негативно отразилось не только на биологической продуктивности, но привело к структурному преобразованию водного режима моря и нарушению репрезентативности гидрологических рядов.

- Безусловно, что антропогенные преобразования в бассейне в той или иной мере сказались на формировании режима прозрачности Азовского моря. С одной стороны, - уменьшение речного стока и его твердой составляющей способствовали росту прозрачности в отдельные периоды. Климатообусловленное и антропогенное увеличение солёности моря, достигшее максимума к середине 70-х годов, а также возросший приток черноморских вод свою очередь тоже способствовали росту прозрачности. С другой стороны,-

увеличившаяся интенсивность судоходства и связанная с ней необходимость дноуглубления и дампинга грунтов, наряду со взмучиванием водной толщи винтами судов, приводили к снижению прозрачности. Специальная оценка влияния этих факторов на прозрачность вод не представлялась возможной. Поэтому, говоря о наличии косвенного их влияния, следует еще раз подчеркнуть, что основную роль в пространственно-временной изменчивости азовоморских вод играет ветровой режим и степень взмучивания водной толщи во время штормов. Данными наблюдений АзНИИРХ установлено, что при штормах 3-4 баллов происходит интенсивное перемешивание водной толщи от поверхностных слоев до дна.

- **2009-2013гг.** прозрачность вод в основном определялась интенсивностью ветрового воздействия. В дни, когда отмечался слабый ветер, происходило осаждение взвешенного вещества, увеличение прозрачности вод, а при усилении северного и северо-восточного до 15-18 м/с и более наблюдались ветровые нагоны в западной и юго-западной частях моря и сгоны воды в Таганрогском заливе. На устьевом участке р. Дон отмечались низкие уровни воды в пределах неблагоприятных для судоходства отметок. Сгоны сопровождалась взмучиванием донных осадков, волновым размывом отдельных участков Долгой косы.

- Среднегодовое распределение прозрачности в Азовском море за период 2009 -2013 гг. оценивалось по тематическим картам состояния водной среды Азовского моря, полученным с помощью автоматизированного распознавания без обучения по данным ИСЗ Aqua,Terra/MODIS, разрешение 250 м, (спектральные каналы: 0,620-0,670 мкм; 0,545-0,565 мкм; 0,459-0,479 мкм)

- Межгодовой динамике прозрачности вод Азовского моря свойственна периодичность и цикличность изменения,

обнаруживаемые построением разностной интегральной кривой модульных коэффициентов прозрачности (рис.

- В зарегулированных условиях произошло снижение прозрачности, а также наблюдается незначительное изменение в пространственном распределении.

- Это выражается, во-первых,- видимым уменьшением в современный период значений среднемноголетних показателей. В среднем прозрачность Азовского моря снизилась на 0,3 м. Во вторых,- уменьшением площадей зон высокой прозрачности со смещением в современный период на восток моря, а также падением наибольших (среднемноголетних) значений с 4 м и более (в естественный период) до 2,5 м. В наибольшей степени уменьшение прозрачности проявилось в весенний период. В среднем, за период 1960-2005 гг. изолинии наибольшей прозрачности моря имели отметку 3 м, В естественных условиях это значение было несколько выше 5 м. Наряду с этим, в многолетнем разрезе весной наблюдается смещение областей наибольшей прозрачности из центра моря на юго-восток (к кубанскому побережью).

- На фоне незначительной межгодовой изменчивости прозрачности, в Азовском море могут возникать аномальные ситуации, вызванные антропогенными, климатическими или биологическими факторами. По данным АзНИИРХ, показано, что на фоне незначительной изменчивости от года к году средневзвешенных значений прозрачности воды, в отдельных ситуациях в формировании режима прозрачности могут возникать аномальные явления, провоцируемые такими факторами как адвекция вод со стороны Черного моря, бурное развитие планктона, интенсивность перемешивания водных слоев.

- Статистически значимой зависимости прозрачности воды от биотических и абиотических факторов не установлено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГВК Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. т. XIII, вып. 1, Азовское море, Сочи, (1991-2006 гг)
2. ГВК Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. т. XIV, вып. 1, Черное море, Сочи, (1991-2006 гг)
3. Гидрометеорологический справочник Азовского моря. Гидрометеоиздат, Л, 1962, 855 с.

4. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР, т. 3, Азовское море, Гидрометеиздат, Л, 1986
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект "Моря СССР", Т.V. Азовское море, Гидрометеиздат. С-П, 1991
6. Соркина А.И. Построение карт ветровых полей для морей и океанов.- М., Гидрометеиздат, 1958. –75 с.
7. Филиппов Ю.Г. Гидродинамические расчеты нагонов на восточном побережье Северного Каспия. - Труды ГОИН. Юбилейный выпуск 2, 1995, с.147-154.
8. Фомичева Л.А. Льды в Азовском море. – Труды ГОИН, вып. 168, 1986, с. 3-10.
9. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Л.: Гидрометеиздат, 1985.271 с.
10. Ерлов Н.Г. Оптическая океанография. М.: «Мир», 1970. С.223.
11. Гаргопа Ю.М. Закономерности многолетней динамики океанографических процессов и компонентов биоты Азовского моря. // Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. С. 44-71.
12. Атлас экстремальных ветровых колебаний уровня Азовского моря. ФГБУ «ГОИН» Москва 2012г. 38 с.
13. Гидрометеорологический справочник морей СССР. Азовского моря ТЛИ -Л.: Гидрометеиздат, 1937. - 106 с.
14. Гидрометеорологический справочник Азовского моря. - Л.: Гидрометеиздат, 1962. - 856 с.
15. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V - Азовское море. - СПб.: Гидрометеиздат, 1991. - 240 с.
16. Жукова СВ., Фоменко И.Ф. Организация системы наблюдений за прозрачностью Азовского моря // Тез. Докл. XI Всес. Конф. По пром. Океанологии, 14-18 сент. 1999 г., Калининград. - М.: ВНИРО, 1999.-С.23. 12.
17. Жукова СВ. Определение масштаба распространения взвешенного

вещества при дампинге в районе Мариупольского порта. // Тез. Докл. Всес. Конф. По гидромеханизированным работам и дампингу. М.: 1991. 70-73 с.

18. Жукова СВ., Студеникина Е.И., Воловик СП., Баландина Л.Г. Влияние дноуглубительных работ на состояние водной среды Мариупольского порта. // Тез. Докл. Всес. Конф. Экологическое состояние рек рекреационной зоны юга ЕТС Тбилиси, 1990. 23-25 с.

19. Книпович Н.М. Гидрологические исследования в Азовском море. // Тр. Азово-Черном. научно-промысл. экспед, вып. 5, 1932. - С. 497 с.

20. Лурье П.М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю., Река Кубань - СПб: Гидрометеиздат, 2005. 498 с.

21. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях - Л.: Гидрометеиздат, 1977. -725с.

22. Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений.- Женева: ВМО, 1983.-№8.

23. РД 52.04.58 - 97 «Наставление гидрометеорологическим станциям и постам». Вып.9 Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях. Часть IV Рейдовые гидрометеорологические наблюдения 1.6.2. Рейдовые наблюдения в водотоках дельт. 1.6.3 Рейдовые наблюдения на устьевом взморье, с. 11-12 1.9. Работы на рейдовой станции с судов с 13-14.

24. Спичак М.К. Гидрологический режим Азовского моря в 1951-1957 гг. и его влияние на некоторые химические и биологические процессы. // Труды АзНИИРХ. Том 1.Вып.1.- Ростовское книжное издательство, 1960. 115-143 с.

25. Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. Ростов-на-Дону, 1999, 175 с.

26. Шишкин В.М., Жукова СВ., Куропаткин А.П. О возможных последствиях влияния сивашских вод на прилегающую акваторию азовского моря. //Сб. Охрана природной среды, морей и устье рек. Владивосток, 1986. С 205.

27. Шишкин В.М., Жукова СВ., Куропаткин А.П., Фоменко И.Ф. Особенности формирования гидрологического режима Азовского моря в современный период. // Сб. Проблемы сохранения экосистем, рационального использования биоресурса Азово-Черноморского бассейна. Ростов-на-Дону, 2001. 118-120 с
- 28.http://planet.iitp.ru/Sea_monitor/archive