

СВЯЗЬ ПРИДОННОЙ ГИПОКСИИ И ЗАМОРОВ РЫБЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ

*Р.В. Боровская, Б.Н. Панов,
Е.О. Спиридонова, Л.А. Лексикова*

Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии

г. Керчь, ул. Свердлова, 2
E-mail: yugniro@kerch.com.ua

Практически ежегодно в прибрежной части Азовского моря в летний период наблюдаются заморные явления, вызванные гипоксией в придонном слое. Регулярные наблюдения за поверхностностью Азовского моря с помощью искусственных спутников Земли, фактические данные о количестве погибшей рыбы, обнаруженной в прибрежной зоне непосредственно в период заморов, собранные Азморрыбинспекцией, судовая информация, приуроченная к этому периоду и хранящаяся в архивах ЮгНИРО, позволили оценить межгодовую изменчивость летней интенсивности цветения фитопланктона и развития придонной гипоксии. По результатам исследования выделены основные районы, в которых заморы и потенциально заморные зоны наблюдались практически ежегодно.

Среди многих проблем исследования экосистемы Азовского моря, одна из наиболее важных связана с заморными явлениями, которые наблюдаются в последнее время практически ежегодно. Их прогнозированию уделяется большое внимание.

Целью настоящей работы является определение закономерностей возникновения заморов, их межгодовой изменчивости и возможности прогнозирования на основе данных, полученных с искусственных спутников Земли.

Особенности распределения растворенного кислорода в Азовском море определяются, в основном, термическим состоянием вод и вертикальной устойчивостью водных масс [1-4]. Специфика кислородного режима отчетливо проявляется в теплое время года и заключается в пересыщении кислородом поверхностного слоя вод до 150-200% и остром дефиците кислорода в придонном слое. Дефицит кислорода отмечается при штилевой погоде, когда затрудняется аэрация верхних и нижних слоев воды. До конца 50-х годов дефицит кислорода у дна

наблюдался эпизодически и носил локальный характер. Начиная с 60-х годов, развитие придонной гипоксии стало отмечаться практически ежегодно на обширных площадях [1, 4, 5-8]. Недостаток кислорода или его полное исчезновение в придонных слоях и на больших акваториях моря сопровождается гибелью донных организмов, в том числе и рыбы. Такое явление получило название заморов [6, 9-10]. В настоящее время оперативное прогнозирование расположения зон заморов является актуальной проблемой.

В последние годы основным наиболее регулярным источником информации о температуре поверхности моря являются данные, полученные с искусственных спутников Земли (ИСЗ), преимущество которых определяется оперативностью получения и большой площадью обзора акватории. Ранее [3, 11-12] была выявлена связь между распределением температуры воды поверхностного слоя, полученной с ИСЗ, и областями дефицита кислорода в придонном слое – предполагаемыми зонами заморов. В летний период на фоне сравнительно однородного поля температур на отдельных участках периодически появляются «пятна» теплой воды. Здесь же наблюдаются зоны пересыщения кислородом поверхностных вод (активное цветение фитопланктона) и минимальное содержание кислорода у дна. Различия температуры воды в «пятнах» и за их пределами составляют 1-3°C, а в содержании кислорода в придонном слое различия достигают 4-5 мл/л. Это позволяет использовать тепловые контрасты для выделения зон вероятного замора [3]. В дальнейшем «пятна» с повышенной температурой на картах температуры поверхности моря (ТПМ) в данной работе мы будем называть потенциально заморными зонами.

Для исследования использовались фактические данные о количестве погибшей рыбы, обнаруженной в прибрежной зоне непосредственно в период заморов.

Анализ распределения температуры поверхности моря проводился по трем видам наблюдений: с ИСЗ, с научно-исследовательских судов и измерений у берега в период сбора погибшей рыбы.

Карты ТПМ (Рис. 1) принимались в ЮгНИРО с космических аппаратов серии NOAA с 1988г. комплексом аппаратуры «Su-8» (Furuno). С этого же года рассматри-

вались и показатели масштаба заморов. С 1988 г. по 1991 г. характеристика районов зон заморов проводилась с использованием параметров прибрежных наблюдений и с ИСЗ. Начиная с 1992 г., в летний период ЮгНИРО проводились исследования закономерностей распределения придонной гипоксии в океанографических съемках, проводимых с судов. Данные этих съемок также использованы в работе. В таблице представлены показатели, характеризующие заморы, гипоксию и температурные условия в период заморов.

Из приведенной информации следует, что существуют незначительные отклонения в большую сторону температуры воды, определенной с ИСЗ, от прямых замеров у берега и с судна. Это можно объяснить тем, что фактические измерения проводились в «точке», а спутниковые данные оценивались на некоторой акватории с выбором максимальных значений, так как при характеристике потенциально заморных зон использовались максимальные значения температуры воды в пределах пятна.

Межгодовая изменчивость интенсивности придонной гипоксии, выраженная отношением (Р) количества снимков с полезной информацией (снимки, на которых прослеживались «теплые» пятна – потенциально заморные зоны) к общему числу информативных (открытых от облачности) снимков по месяцам, по всему морю и для прибрежных районов сопоставлялась с количеством (П) погибшей рыбы (Рис. 2-3).

Заморы в 1988-1991 годах по береговым данным наблюдались с конца второй декады июня и до середины июля, а также в конце августа в Белосарайском и Обиточном заливах. Здесь же в этот период по снимкам ИСЗ были выявлены потенциально заморные зоны. Кроме того, аналогичные зоны по спутниковым наблюдениям отмечались вдоль Бердянской косы со стороны Бердянского залива.

Значения температуры воды в центре этих зон составляли 23-24°C в июне и августе и 25-28°C – в июле. Максимальных значений, свыше 28°C, температура воды достигала в середине июля 1991 г. Температура вод, окружающих теплые пятна, была на 1-3°C ниже.

Протяженность зон замора рыбы по прибрежным наблюдениям составляла 2-15 км, потенциально заморных зон (по спут-

никовым наблюдениям) – 5-25 км. Наибольшее количество погибшей рыбы было выявлено в 1989 г. и 1991 г., 451 т. и 1260 т. соответственно. Массовая гибель рыбы в 1991 г. произошла, вероятно, из-за того, что практически по всему морю отмечались высокие значения температуры воды и зонами гипоксии были охвачены большие акватории.

Для 1992 г. и 1996 г. характерно отсутствие заморов в прибрежных районах моря. Однако, по спутниковым и судовым наблюдениям потенциально заморные зоны прослеживались в центральной части моря, южнее Обиточного и Бердянского залива. Максимальные значения температуры воды в центре потенциально заморных зон составляли в 1992 г. 25,5°C (температура окружающих вод 23-23,5°C), в 1996 г. – 26-26,5°C (температура окружающих вод 23-24°C). По судовым наблюдениям на этих акваториях отмечались в придонном слое минимальные значения кислорода, которые составляли в 1992 г. и 1996 г. соответственно 2,5-3,0 мл/л и 1,0-3,0 мл/л. Эти зоны занимали обширные акватории (до 60-120 км в диаметре). Возможно из-за того, что они существовали непродолжительное время и не распространялись на прибрежные районы, массовой гибели рыбы отмечено не было.

В 1993 г. и 1995 г. заморы наблюдались в июне. По данным прибрежных наблюдений и спутниковых карт ТПМ они охватывали Белосарайский залив. Дефицит кислорода в придонном слое был обнаружен несколько позже и в центральной части моря во время выполнения океанографической съемки. Значения температуры воды были относительно невысокими и составляли 22°C в 1993 г. и 23-24°C – в 1995 г. Вероятно, предпосылками заморов была повышенная июньская плотностная вертикальная стратификация вод.

В июле 1997 г. и 2000 г. зоны заморов отмечались в прибрежной части Белосарайского залива. Температура воды в потенциально заморных зонах составляла 27-28°C, значения кислорода по прибрежным наблюдениям – 4 мл/л. Зоны дефицита кислорода по спутниковым и судовым данным были также обнаружены и в начале августа 1997 г. южнее Бердянской косы и в юго-западной части Азовского моря. Содержание кислорода по судовым измерениям

Таблица. Параметры прибрежных, спутниковых и судовых наблюдений

Год	Параметры прибрежных наблюдений				Параметры наблюдений с ИСЗ				Параметры судовых наблюдений						
	Дата	Район	Протяженность заморной зоны, км	Кол-во погибшей рыбы, тонны	Температура воды в заморной зоне, °С	Дата	Район	Протяженность заморной зоны, км	Температура воды в центре пята, °С	Температура воды в окружающей пята, °С	Дата	Район	Температура воды в придонной зоне гипоксии, °С	Значения кислорода за пределами зоны гипоксии, мл/л	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1988	7.07	Белосарайский залив	1	5	24-25	04.07	Белосарайский залив	5	26	24	-	-	-	-	-
	11.07	Обиточный залив	8	40	24-25	4.07	Обиточный залив	10	26	24	-	-	-	-	-
1989	17.06	Белосарайский залив	2	451	-	15.06	Белосарайский залив	25	23	21-22	-	-	-	-	-
	18.06	Белосарайский залив	2		20	21-22	-	Бердянский залив	20	23	21-22	-	-	-	-
1990	7.07	Обиточный залив	-	-	-	04.07	Обиточный залив	6	27	24-25	-	-	-	-	-
	04.07	Белосарайский залив	7	281	-	10.07	Бердянский залив	10	27	24-25	-	-	-	-	-
1991	10.07	Белосарайский залив	8	281	-	02.07	Белосарайский залив (б. Таранья)	12	25	23-24	-	-	-	-	-
	11.07	Белосарайский залив	8	281	-	10.07	Белосарайский залив	15	26	24	-	-	-	-	-
1992	25.08	Белосарайский залив	8	-	-	22.08	Белосарайский залив (б. Таранья)	8	24	22-23	-	-	-	-	-
	26.06	Белосарайский залив	5	1260	-	01.07	Белосарайский залив	10	26-27	24-25	-	-	-	-	-
1993	30.06	Бердянская коса	8	1260	-	02.07	Бердянский залив	10	26-27	24-25	-	-	-	-	-
	01.07	Бердянская коса	8	1260	-	16.07	Бердянский залив	20	28	26	-	-	-	-	-
1994	16.07	Бердянская коса	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22.07	Бердянская коса	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	21.06	Белосарайский залив	185	85	23-24	-	-	-	-	-	23.06	Белосарайский залив	24-25	3.9-4.0	5-6
	22.06	Белосарайский залив	185	85	23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	21.06	Белосарайский залив	185	85	23-24	-	-	-	-	-	16.07-25.07	Центральная часть моря, южнее Обиточного и Бердянского заливов	23-24	1.3-1.5	4-5
	22.06	Белосарайский залив	185	85	23-24	29.07	Центральная часть моря, южнее Обиточного и Бердянского заливов	120	26-26,5	23-24	27.07-08.08	Обиточный залив	23-24	3.2-3.5	5-6

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1997	6.08-7.08	Белосарайский залив	18	12	27	31.07	Центральная часть моря, южнее Бердянской косы	40	26,5-27	25,5-26	21.07-05.08 31.07-01.08	Южнее Бердянской косы Юго-западная часть Азовского моря	27,7-27,8 27-28	1,7-1,9 1,7-1,9	6-7 4-7
1998	15.07-20.07	о. Сиваш Угловский лиман Северная часть Арабатской стрелки	66	113 106 10	30	15.07	о. Сиваш Арабатская стрелка	60	27-28	23-24	21.07-04.08 14.07-23.07	Центральная часть моря Район, южнее 46°	26-27	2,1	5-6
	4.07-05.07	Белосарайский залив	29	179	23,5-24 O ₂ 2,8 мл/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5.07	Район г. Бердянск	1	0,05	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6.07-7.07	Обиточный залив	18	26	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27.07	Арабатский залив	3	2	28,4 O ₂ 3 мл/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	6.08-13.08	Бердянский залив	-	0,4	27	-	-	-	-	-	01.08-08.08	Северо-западная часть моря	25,8-27,5	2,7-3,0	4,5
	9.08-10.08	Район к. Бирючей Остров Углюк	3	0,02	27	-	-	-	-	-	12.08	ЮГ моря Керченский пролив	28,5-29,5	1,5-2,0	4,5-5
	11.08-12.08	Керченский пролив	3	0,02	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11.08-12.08	Белосарайский залив	12	4	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	12.07-13.07	Белосарайский залив Район г. Бердянска	4	7	26 O ₂ 4,1 мл/л	12.07	Белосарайский залив Бердянский залив Центр моря	6-8	26-27	23-24	-	-	-	-	-
	22.07-23.07	Белосарайский залив Бердянский залив	33	186	24-26 O ₂ 4,0 мл/л	24.07	Бердянский залив Белосарайский залив	30	25-27	24-25	-	-	-	-	-
	27.07	Казантипский залив	8	Едини- чные эк- земпляры	27,2	26.07	Казантипский залив	28-28,5	28,5-31	28,5-31	28.07-05.08	Западная часть моря Бердянский и Белосарайский залив	27,5-28,0	3-4	-
2001	31.07	Белосарайский залив	7	8	28	02.08	Белосарайский залив Центр моря Юго-восточная часть моря	80	30-30,5	29-29,5	-	-	-	-	-

составляли 1,7-1,9 мл/л.

Отличительной особенностью 1998 г. является то, что зоны замороз отмечались в о. Сиваш и Утлюкском лимане (Рис. 1а). Протяженность зоны составляла 60-65 км, количество погибшей рыбы – 230 т. Значения температуры воды по спутниковым картам ТПИМ в потенциально заморных зонах достигали 30°C. Температура окружающих вод была на 4-6°C ниже. По судовым наблюдениям минимальные значения содержания кислорода в придонном слое прослеживались в южной части моря и никак не были связаны с отмеченными заморами.

В 1999 г. количество погибшей рыбы составляло 212 т. Заморы наблюдались в первой и третьей декадах июля и в первой половине августа в прибрежной зоне Белосарайского, Обиточного, Бердянского, Утлюкского и Арабатского заливов, а также в Керченском проливе. Температура воды в этих районах по данным прибрежных наблюдений составляла в июле 26-27°C, в августе – 28-29,5°C. В океанографических съемках на северо-западе моря и севернее Керченского пролива зафиксированы минимальные значения кислорода соответственно 2,9 мл/л и 1,5-2,0 мл/л. Прием данных с ИСЗ, к сожалению, в этот период не проводился.

В 2001 году, по наблюдениям с космических аппаратов (КА), потенциально заморные зоны практически повсеместно (кроме юго-восточной части моря) отмечались во второй половине июля и в начале августа в районе Бердянской косы, в Обиточном и Белосарайском заливах. Температура воды составляла 27-30,5°C. Температура окружающих вод была на 1-1,5°C ниже. Количество погибшей рыбы в прибрежной части моря было незначительно: в Казантипском заливе – единичные экземпляры, в Белосарайском заливе – 7,7 т. (Рис.1б). В этом году условия обитания рыбы в других прибрежных районах были сравнительно благоприятными. Массовая гибель рыбы отмечалась в центральной части моря. Судовые наблюдения, к сожалению, проводились уже после пика гипоксии. Минимальные определенные концентрации были на уровне 3-4 мл/л.

Таким образом, регулярные спутниковые наблюдения позволили оценить межгодовую изменчивость распространения и сте-

пени развития потенциально заморных зон по всему Азовскому морю.

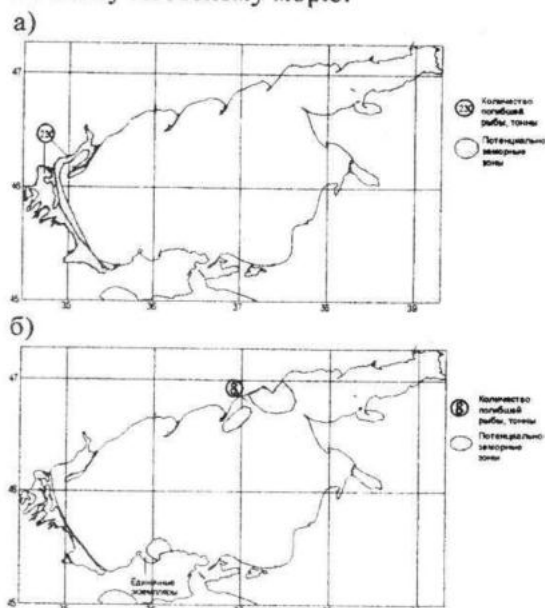


Рис. 1 — Расположение потенциально заморных зон, выявленных в прибрежной зоне моря по данным ИСЗ, и количество учтенной на берегу погибшей рыбы в июле 1998 г. (а) и в июле 2001 г. (б).

Графическое сопоставление этих изменений с количеством погибшей рыбы представлено на рис. 2.

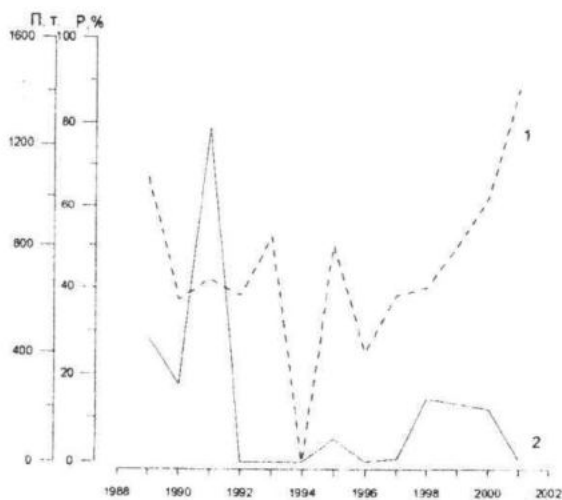


Рис. 2 — Изменения показателя (P, %) интенсивности развития потенциально заморных зон по всему Азовскому морю (1) и количество погибшей рыбы (П, т) в прибрежных районах моря за июль-август.

Мы видим практически полное соответствие экстремумов на обеих кривых. Незначительное несоответствие наблюдалось в те

годы, когда потенциально заморные зоны, определяемые по результатам спутниковых наблюдений, охватывали преимущественно центральные районы моря.

Были проведены также исследования в плане сопоставления данных о количестве погибшей рыбы, обнаруженной в июле-августе в Белосарайском, Обиточном, Бердянском, Утлюкском и Казантипском заливах, а также в районе о. Сиваш и вдоль косы Арабатская стрелка (см. Таблицу) со спутниковой информацией, позволяющей оценить ТПМ в эти месяцы непосредственно в прибрежной зоне моря.

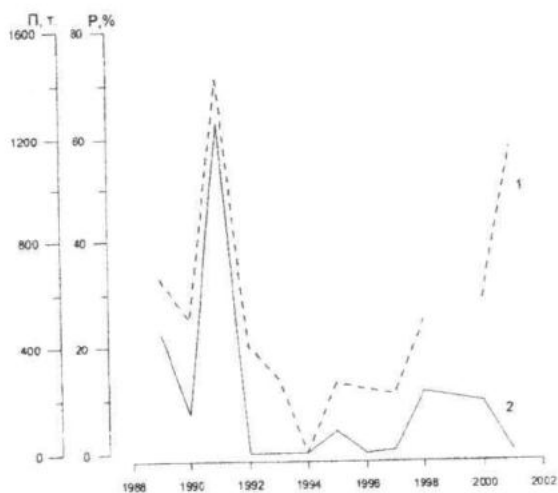


Рис. 3 — Изменения показателя (P, %) интенсивности развития потенциально заморных зон в прибрежных районах Азовского моря (1) и количество погибшей рыбы (П, т) в прибрежных районах моря за июль-август

В результате сопоставления изменений двух показателей «P» и «П» (Рис.3) выявлено полное соответствие экстремумов на обеих кривых. Исключение составляет 2001 год, когда на фоне высоких значений температуры воды по всему морю массовые заморы рыбы наблюдались в глубоководной его части.

Межгодовая изменчивость трех представленных на графиках показателей позволяет также предположить наличие в 1988-1998 годах квазидвухлетней цикличности явлений: в нечетные годы интенсивность заморы возрастает, в четные — понижается либо равна нулю. После 1999 года в изменениях рассматриваемых показателей проявились разнонаправленные тенденции. При увеличении частоты появления потенциально заморных зон отмечается сниже-

ние количества погибшей рыбы в прибрежной части моря.

Развитие ситуации замора удалось отследить в 2003 году.

После сравнительно холодной погоды июня и июля 2003 года (среднемесячные значения температуры воздуха в Керчи были ниже нормы на 0,2°C и 1,3°C, соответственно) в августе среднемесячная температура воздуха над Азовским морем достигла средних многолетних значений. Особенно теплой и безветренной была вторая половина третьей декады месяца. Такая погода была обусловлена малоградиентным полем атмосферного давления в теплом секторе приближающегося циклона. 27-31 августа наблюдался ветер переменных направлений 3-8 м/с, ослабевавший ночью до полного штиля. Среднесуточная температура воздуха достигла в эти дни значений 23-25°C (днем 29-32°C, по югу и востоку Азовского моря до 35°C).

1 сентября ночью сохранялось маловетрие. Днем, с приближением холодного фронта, отмечается усиление южного ветра до 5-8 м/с. К концу дня направление ветра меняется на северо-западное и отмечается его усиление до 6-10 м/с. Прохождение холодного фронта 2 сентября обуславливает сильный северо-западный ветер и понижение дневной температуры воздуха до 19-22°C.

Температура морской воды после отрицательных аномалий июля (-0,3°C в Керчи) также приобрела в августе положительные аномалии (+0,9°C). В первой декаде августа среднее ее значение в Керчи составило 24,2°C, во второй — 24,6°C, в третьей — 25,6°C.

На картах температуры поверхности Азовского моря, принимаемых с ИСЗ, 7-8 августа, а затем после 15 августа в различных районах моря (преимущественно в районах Обиточного, Бердянского, Ясенского и Казантипского заливов) стали появляться пятна размерами 5-20 миль в диаметре с температурой воды превышающей окружающий фон на 1-2°C.

На основании проведенных ранее исследований эти пятна идентифицировались как участки вспышки численности фитопланктона и потенциально заморные зоны. Такое пятно, протяженностью 15 миль было отмечено 27 августа на расстоянии 5-10 миль к северу от Казантипского залива. 29 авгу-

ста более обширные пятна заняли акваторию к северо-западу м. Казантип и в Темрюкском заливе. Два пятна диаметром 2-3 мили появились севернее Керченского пролива.

По данным экспедиционного судна РС 97, работавшего в Азовском море по программе ЮгНИРО, в период с 27 по 30 августа в южной части Азовского моря (от м. Казантип до Керченского пролива) местами отмечали на поверхности снулюю рыбу (бычки и тюлька, изредка – судак). Ориентировочно, на 1 милю маршрута приходилось 2 экз. снулой рыбы. Одновременно наблюдался подъем живой рыбы в верхние слои воды. При выборке орудий лова нижняя подбора имела характерный запах сероводорода. Состояние поверхности моря не превышало 1 балла.

В прибрежных водах по материалам наблюдателей контрольно-наблюдательных пунктов ЮгНИРО «Капканы», «Юркино», «Новоотрадное», «Семеновка» заморные явления отмечались локально. Так, в районах пос. Насыр – бухта Широкая и пос. Новоотрадное – Казантипский залив заморных явлений не отмечалось. В то же время, в первом районе вода имела неприятный запах гнили и на вид казалась желеобразной; орудия лова покрывались коричнево-серой скользкой массой.

В районе пос. Юркино 31 августа заморных явлений также не наблюдалось. К вечеру 1 сентября, с усилением северо-западного ветра и утром 2 сентября появилась на поверхности воды снулая рыба, основную долю которой составлял бычок-кругляк и, немного, молодь барабули. В орудиях лова рыба была живой. Очевидно, что снулая рыба была принесена в этот район течением.

В районе пос. Курортное (у Гнилого ручья) в ночь с 30 на 31 августа отмечали массовый подход бычка к самому берегу. Утром 31 августа на берегу отмечали значительное количество погибшего бычка (в основном, *Pomatoschistus* sp.): на 1 м береговой полосы приходилось 1-3 особи. У поверхности воды наблюдали несколько особей еле живой атерины. В воде было очень много микроводорослей коричневатого оттенка. В дальнейшем гибель рыбы не отмечалась.

В районе пос. Подмаячный (север Керченского пролива) массовый подход моло-

ди бычка к берегу отмечался 1 сентября. В ночь на 2 сентября на этом участке побережья было выброшено на берег и находилось в прибойной полосе воды большое количество погибшей рыбы.

Из акта осмотра прибрежной полосы в районе б/о «Прибой» (пос. Подмаячный), выполненного сотрудниками Керченской госрыбинспекции следует, что у воды на 1 м береговой полосы находилось 150-170 экземпляров рыбы, в воде от 10 до 40 экз. на 1 кв. м.

Исследование проб рыбы (молоди бычков) в большом количестве подходившей к берегу 1 сентября у пос. Подмаячное показало, что рыба была выловлена в живом виде, следов гибели от гипоксии или признаков отравления токсичными веществами или водорослями не обнаружено.

Проба воды, отобранная в месте отлова рыбы и проанализированная в ЮгНИРО сотрудниками аттестованной лаборатории охраны морских экосистем, характеризовалась следующими показателями:

- рН – 6,60 – несколько повышенная кислотность, что может быть следствием притока сероводорода из, вероятно, глубже расположенной анаэробной водной массы;
- Окисляемость – 16 мг O_2 /л – превышающее норму в 3-4 раза содержание органики, что совершенно закономерно при наблюдавшемся скоплении рыбы. Но причиной гибели само по себе органическое вещество быть не может;
- Ртуть – 0,16 мкг/л (ПДК для рыбохозяйственных водоемов 0,10 мкг/л) концентрация допустимая, часто встречающаяся;
- Суммарные нефтепродукты – 0,256 мг/л (ПДК – 0,05 мг/л, современный фон Азовского моря – 0,10-0,15 мг/л) не являются летальными концентрациями для рыбы.

Анализ собранной на берегу гиблой рыбы (6 шт. в районе пос. Юркино 1 сентября и 65 шт. в районе пос. Подмаячное 2 сентября) позволил определить, что гиблый бычок по составу и размерному ряду пробы не является рыбой накануне подошедшей к берегу. В пробе, кроме бычка, присутствовали: барабуля, молодь судака и сингиля.

Во всех видах рыб жаберные лепестки были забиты значительным количеством водорослей 3-х видов – диатомовыми, сине-

зелеными, золотистыми. При осмотре обнаружены признаки асфиксии (удушья) и кровоизлияния в области черепной коробки, жаберных крышек, грудных плавников и вдоль позвоночника.

Повторный отбор пробы воды в прибрежной 200-метровой зоне (глубины 3-4 м) у пос. Подмаячное, выполненный 2 сентября одновременно со сбором гиблого бычка показал нормализацию показателя рН и содержания органики (рН – увеличился до нормальных значений – 7,55 на поверхности и 6,95 у дна, окисляемость снизилась в 3,5 раза до значений 4,61 мг O₂/л на поверхности и 4,92 мг O₂/л – у дна). Содержание растворенного в воде кислорода было на уровне 80 % насыщения (4-5 мг/л), как на поверхности, так и в придонном слое.

Таким образом, в 2003 году, в ходе нормальной летней сукцессии фитопланктона Азовского моря во второй половине августа произошла вспышка его численности (преимущественно, токсичные сине-зеленые водоросли) в различных районах моря. Отмирание фитопланктона и его оседание на дно приводит к резкому превышению химического потребления кислорода над его продукцией и поступлением с поверхности. Этот дефицит кислорода усиливается ночью, в штилевую погоду и при высоких температурах воды. При сочетании этих условий содержание растворенного в воде кислорода может снизиться от нормальной концентрации до полного отсутствия в течение одних суток. Все эти предпосылки развития гипоксии имели место в южной части Азовского моря на некотором удалении от берега, что привело к появлению на поверхности моря снулой и живой рыбы 26-30 августа. В штилевые ночи 30-31 августа зона природной гипоксии получила распространение в направлении берега. 1 августа этому способствовали южные сгонные ветра. В результате был отмечен подход рыбы к самому берегу и ухудшение качества прибрежных вод. Смена погодной ситуации 1-2 сентября привела к восстановлению нормального содержания в воде кислорода, прекращению замора и выносу на берег погибшей в море рыбы.

Таким образом, гибель рыбы произошла в результате асфиксии, вызванной вспышкой численности фитопланктона и развитием придонной гипоксии, которая в свою очередь явилась следствием благоприятных

для этого природных условий. Описанный замор был оценен как локальный и незначительный.

Какого-либо заметного ущерба запасам азовских бычков данный замор не нанес.

Подобные явления, более характерные в прошлом для северного побережья Азовского моря, с увеличением численности популяции азовских бычков становятся проблемой и для керченского побережья.

Это обуславливает необходимость консолидации усилий организаций всех ведомств и муниципальных служб для минимизации отрицательных последствий массовой гибели рыбы в Азовском море.

Заключение. В работе впервые обобщены результаты по использованию спутниковой информации для прогнозирования заморных явлений в прибрежных и глубоководных районах Азовского моря. Показана возможность такого прогнозирования.

В результате оценки межгодовой изменчивости рассмотренных показателей установлено, что с 1988 г. по 1998 г. существовала квазидвухлетняя цикличность интенсивности заморов: в нечетные годы интенсивность заморов возрастала, в четные – понижалась либо была равна нулю. Эта закономерность подтвердилась данными ИСЗ в 2002-2003 годах. Степень развития потенциально заморных зон в 2002 году достигла 40% по всему морю и 30% в прибрежной зоне. В 2003 году эти показатели достигли значений, соответственно, 87% и 67%.

После 1999 года в изменениях рассматриваемых показателей проявились разнонаправленные тенденции. При увеличении частоты появления потенциально заморных зон отмечается снижение количества погибшей рыбы в прибрежной части моря.

Наиболее неблагоприятными для всего моря и, в частности, для прибрежной его части были 1989 г. и 1991 г. Количество погибшей рыбы достигало максимальных значений за весь ряд наблюдений и составляло 451 т. и 1260 т. соответственно.

В 2001 году неблагоприятные условия складывались в центральной части моря, но не распространялись на прибрежную зону.

Минимальное развитие зон заморов и потенциально заморных зон по прибрежным, экспедиционным и спутниковым наблюдениям отмечалось в 1992 г. и 1996 г.

Самым благоприятным годом был 1994г., в котором на протяжении всего лет-

него сезона заморы и потенциально заморные зоны не отмечались вообще.

Основными районами, где заморы и потенциально заморные зоны наблюдались практически ежегодно, были центральные районы моря и северные бухты, реже – мелководные акватории на западе и юге моря.

Авторы выражают благодарность Н.Т. Бровченко за предоставленные данные о количестве погибшей рыбы в прибрежных районах Азовского моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. – Л. Гидрометеиздат, 1985. – С. 270.
2. Александрова З.В., Семенов А.Д., Ромова М.Г., Баскакова Т.Е. Режим кислорода и содержание биогенных веществ Азовского моря в многолетнем аспекте. Сборник научных трудов 1996–97гг. АЗНИИРХ «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна». – Ростов-на-Дону., 1998. – С. 34-42.
3. Панов Б.Н., Боровская Р.В., Спиридонова Е.О. Гидрометеорологические предпосылки гипоксии в Азовском море и возможности ее прогнозирования. Океанология, т. 40, № 5, 2000. – С. 701-707.
4. Александрова З.В., Ромова М.Г. Методика прогнозирования раннего содержания кислорода в придонных водах Азовского моря. – Л., 1981. – С. 107-114.
5. Макаров Э.В., Семенов А.Д., Александрова З.В., Грибанова С.Э., Ромова М.Г., Баскакова Т.Е. Особенности гидрохимического режима Азовского моря в 1985–1995гг. Сборник научных трудов 1996–97гг. АЗНИИРХ «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна» – Ростов-на-Дону., 1997. – С. 13-26.
6. Александрова З.В., Семенов А.Д., Ромова М.Г., Баскакова Т.Е. Изменения химических показателей состояния воды и донных отложений Азовского моря в 1998-1999 гг. как отражение качественных преобразований функционирования его экосистемы. Сборник научных трудов «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна». – Ростов-на-Дону, 2000. – С. 307-317.
7. Александрова З.В., Ромова М.Г., Баскакова Т.Е. Химико-экологическая ситуация как показатель изменений в современный период. Материалы Международной научной конференции. – Ростов-на-Дону., 2001. – С. 15-17.
8. Александрова З.В., Баскакова Т.Е. Оценка тенденций изменения химических основ биологической продуктивности Азовского моря в современный период. Сборник научных трудов (2000-2001 гг.) «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна». – М., 2002. – С. 26-36.
9. Березина Н.А. Гидробиология. – Пищевая промышленность, 1978г. – С. 104.
10. Луц Г.И. Экология и промысел азовской тюльки. – Ростов-на-Дону., Ростовское книжное издательство, 1986. – С. 8.
11. Панов Б.Н., Боровская Р.В., Лексикова Л.А., Кириллова Н.Г. Результаты дистанционного мониторинга Азово-Черноморского бассейна в 1994 году и использование спутниковой информации в рыбохозяйственных исследованиях. Труды ЮгНИРО, т. 41. – Керчь, 1995. – С. 199.
12. Боровская Р.В., Лексикова Л.А. Распределение зон заморы в Азовском море в 1989–1994 годах. Труды ЮгНИРО, т. 42, – Керчь, 1996. – С. 243-245.