



А. В. Михайленко, Ю. А. Федоров, И. В. Доценко

# ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В КОМПОНЕНТАХ ЛАНДШАФТА АЗОВСКОГО МОРЯ



Анна Михайленко

**Тяжелые металлы в компонентах  
ландшафта Азовского моря**

«Южный Федеральный Университет»

**Михайленко А. В.**

Тяжелые металлы в компонентах ландшафта Азовского моря /  
А. В. Михайленко — «Южный Федеральный Университет»,

ISBN 978-5-92-752450-1

Монография посвящена исследованию закономерностей распределения уровней концентраций ряда приоритетных тяжелых металлов в воде, взвешенном веществе, донных отложениях Азовского моря и почвах его бассейна. Проведен анализ и обобщение данных по температуре воды, солености, содержанию кислорода, значениям Eh и pH в поверхностном и придонном слое воды на станциях мониторинга в периоды ветровой активности и стагнации водных масс. Работа представляет интерес для широкого круга ученых и специалистов в области географии, геохимии, океанологии, гидрохимии, экологии и охраны окружающей среды, марикультуры, промысловой океанографии. Полученные результаты могут быть положены в основу разработки стратегии мониторинга за загрязнением акватории Азовского моря с учетом гидрометеорологической обстановки. Она будет полезна преподавателям, бакалаврам, специалистам, магистрам и аспирантам, обучающимся по направлениям и специальностям в области естественных наук, в качестве учебного пособия.

ISBN 978-5-92-752450-1

© Михайленко А. В.

© Южный Федеральный Университет

## Содержание

Введение	6
Глава 1. Обзор физико-географических и экологических особенностей азовского Моря	8
1.1. Геолого-геоморфологическое строение	9
1.2. Климатические и метеорологические особенности моря	11
1.3. Гидродинамические особенности моря	13
1.4. Биологические особенности Азовского моря	16
1.5. Тяжелые металлы в экосистеме Азовского моря	17
Конец ознакомительного фрагмента.	18

**А. В. Михайленко, Ю. А.  
Федоров, И. В. Доценко**  
**Тяжелые металлы в компонентах  
ландшафта Азовского моря**

*У берегов,  
Где крепь кремней,  
Где солнце кинуло поводья, -  
Атакой взмыленных коней  
Своё ты гонишь половодье.*

*И в шуме волн, где бьёшься ты,  
Взрывая грудь,  
Вздымая смерчи, -  
Скользнули водные пути  
От Мариуполя до Керчи.*

*Петр Шамов, 1929*

## Введение

Природные условия в Азовском море всегда были исключительно благоприятны. Климатические условия в регионе, мелководность водоема, обилие питательных веществ и другие характеристики делали Азовское море одним из самых биологически продуктивных и богатых рыбными ресурсами водоемов в мире. Однако современный этап его развития отличается сокращением биоресурсов, снижением биоразнообразия. В комплексе причин, обуславливающих эти процессы, не последнюю роль играет снижение качества водной среды, связанное в частности с ее загрязнением.

К числу наиболее значимых в экологическом отношении поллютантов, поступающих в акваторию Азовского моря, относятся тяжелые металлы (ТМ). Эти элементы активно участвуют в биогеохимических процессах изучаемой экосистемы и во многом их контролируют. В своей основной массе они имеют как природное, так и антропогенное происхождение. В содержаниях, не превышающих ПДК (предельно допустимые концентрации в растворенной форме), они не представляют угрозы для существования гидробионтов. В случае превышения этого порогового значения находящиеся в воде ТМ могут оказать токсическое воздействие на водные организмы. Для оценки воздействия на гидробионты важно знать не только концентрации металлов, но и преимущественные формы их нахождения и миграции. В свою очередь последние тесно связаны с соленостью и физико-химической обстановкой на границе раздела вода – донные отложения, которые контролируются динамикой водных масс, содержанием взвешенного вещества, а также скоростью седиментации и ресуспензирования верхнего слоя осадков.

Сгонно-нагонные ветры восточных и западных румбов, характеризующиеся быстрой изменчивостью во времени и по акватории, ураганы, приводящие к штормовой обстановке, изменению уровня моря, поступлению микроэлементов из донных отложений при их взмучивании, а также при развитии береговой и донной абразии могут существенно ухудшить экологическую ситуацию в Азовском море. Наводнения, возникающие при штормовых нагонах, нередко приводят к затоплению обширных участков побережья и причиняют серьезный ущерб хозяйственным комплексам. При сгонах уменьшаются глубины в портах, на барах и судоходных каналах, что осложняет навигационную обстановку. Знание режимных характеристик уровня необходимо при проектировании и эксплуатации гидротехнических, портовых и береговых сооружений, проведении геологической разведки и других видов изысканий в прибрежной зоне и в открытом море. Кроме того, определенную роль в процессе изменения экологической обстановки могут играть пыльные бури на прилегающих территориях, которые зачастую имеют исключительную силу и переносят на дальние расстояния большие объемы твердых частиц.

Важность изучения распределения, миграции, трансформации и осаждения тяжелых металлов была подчеркнута в работах сотрудников кафедры физической географии, экологии и охраны природы Института наук о Земле ЮФУ (бывший РГУ), Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Южного научного центра РАН, Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и др. В настоящее время актуальность подобных исследований не только сохраняется, но и постоянно растет. Следует отметить, что ранее, несмотря на обширные и разносторонние исследования известных российских ученых, синхронных и комплексных исследований Азовского моря при различной гидрометеорологической обстановке не проводилось. В то же время учет особенностей распределения и поведения тяжелых металлов во время сгонно-нагонных явлений, может внести коррективы в существующую методику мониторинга Азовского моря. В основу монографии положены результаты по комплексному изучению воды, взвешенного вещества, донных отложений и почв, физико-химических условий и

уровней концентраций приоритетных тяжелых металлов (ртуть, медь, цинк, кадмий, свинец) в компонентах ландшафта Азовского моря.

Целью работы явилось изучение распределения и поведения тяжелых металлов в компонентах ландшафта Азовского моря. В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

Установление особенностей изменения физико-химических параметров в поверхностном и придонном слоях воды Азовского моря при различной ветровой обстановке.

Изучение закономерностей пространственного распределения концентраций тяжелых металлов в воде и взвешенном веществе Азовского моря.

Исследование распределения различных миграционных форм ТМ в воде и взвешенном веществе как компонентах ландшафта Азовского моря.

Анализ распределения ТМ по площади акватории, а также по вертикальному разрезу донных отложений.

Изучение почв дельты реки Дон как источника поступления ТМ в донные отложения.

Была применена комплексная методика изучения компонентов ландшафта Азовского моря, включающая определение физико-химических характеристик, синхронный отбор проб воды, взвешенного вещества, донных отложений с последующим определением в них содержания тяжелых металлов; выявлено изменение окислительно-восстановительного потенциала и водородного показателя на границе раздела компонентов ландшафта «вода – донные отложения» и дано объяснение их асинхронному поведению; впервые разработана и реализована модель, демонстрирующая поведение объемного содержания ТМ во взвешенном веществе и их удельных концентраций в зависимости от содержания взвеси в воде Азовского моря; доказано существование тесной связи между содержанием ртути и органического вещества в донных отложениях Азовского моря.

Работа содержит оригинальный фактический материал, полученный в результате ряда комплексных экспедиционных работ, проводимых сотрудниками кафедры физической географии, экологии и охраны природы Института наук о Земле Южного федерального университета (бывший РГУ), в том числе авторами. Работы проводились в период с 1995 по 2014 гг. Использованы результаты анализов проб воды, донных отложений и взвешенного вещества на содержание таких микроэлементов, как ртуть, медь, свинец, кадмий, хром, никель, марганец и цинк. Обобщено более 2500 данных, проведено 2250 оригинальных определений содержания тяжелых металлов, органического вещества и физико-химических параметров.

Авторы выражают глубокую благодарность доц., к.г.н. А. Н. Кузнецову, к.г.н. Д. Н. Гарькуше., с.н.с, д.г.-м.н. Л. Л. Деминой, к.г.н. В. О. Хорошевой за ценные советы и полезную дискуссию, преп. М. Е. Трофимову за ряд предоставленных фотографий. Авторы признательны всем участникам комплексных экспедиций 2006 г., в особенности проф., д.г.н., В. В. Сапожникову, а также всему коллективу кафедры физической географии, экологии и охраны природы Института наук о Земле Южного федерального университета.

## **Глава 1. Обзор физико-географических и экологических особенностей азовского Моря**

Азовское море – одно из самых небольших из всех морей мира, относящееся к системе Средиземного моря Атлантического океана. Расположено на юге Европейской территории России, между  $45^{\circ}17'$  и  $47^{\circ}17'$  с. ш. и  $34^{\circ}49'$  и  $39^{\circ}18'$  в. д. При относительно небольшой длине (360 км) и наибольшей ширине по меридиану (175 км) занимает площадь около 38 тыс. км<sup>2</sup>. Общий объем моря – 290 км<sup>3</sup>. Оно является полузамкнутым внутренним водоемом, в своей южной части сообщаясь с Черным морем через Керченский пролив. Протяженность береговой линии составляет 1530 км. Для этого моря характерны небольшие глубины, так максимальная – 14 м, а средняя – около 7 м (Гидрометеорология..., 1991). Азовское море подразделяется на две основные части – собственно море, его еще называют открытым, и Таганрогский залив или эстуарий площадью 5600 км<sup>2</sup>. Длина залива составляет 140 км, а ширина в зоне смешения с открытой частью собственно моря – 31 км. Средняя глубина эстуария – 4,9 м, а его объем – 25 км<sup>3</sup>.

Будучи одним из внутриконтинентальных морей Понто-Каспийской группы, оно оставалось практически полностью изолированным от Мирового океана со времени исчезновения океана Тетис. А это, в совокупности с другими природными особенностями (малыми размерами, мелководностью, большим притоком терригенного материала), определило формирование уникальной экосистемы, во многом непохожей на другие (Хрусталёв, 1989).

## 1.1. Геолого-геоморфологическое строение

Азовское море расположено в зоне контакта Русской и Скифской платформ, а также Азово-Кубанского предгорного прогиба. Это обусловило небольшие глубины и пологий рельеф дна водоема. В северной части моря в пределах Русской платформы, в качестве элемента первого порядка, выделяется южный склон Украинского щита (Собакарь, 1964; Лебедев, Собакарь, 1962). Частью его является Азовский выступ, который расположен на востоке водоема. Скифская платформа занимает большую часть основания моря, в ее пределах выделены следующие структуры: Азовский вал, Северо-Азовская депрессионная зона, Сивашская депрессия, а также южный склон эпигерцинской платформы (Маловицкий, 1964). На юге данная платформа переходит в молодую геологическую структуру – Индоло-Кубанский прогиб.

На востоке и юго-востоке Азовского моря береговая линия пересекает Азово-Кубанский предгорный прогиб, переходящий к югу в мегантиклинорий Большого Кавказа. В рельефе она представлена низменной равниной, поэтому восточное побережье является низким. Подводный береговой склон здесь формируют отложения песка, ила и детрита (Хрусталёв и др., 2000).

В северо-восточной части Азовского моря располагается самая мелководная его часть – Таганрогский залив. Его северные и южные берега являются абразионными. На многих их участках развиваются оползневые процессы. Клифы северного побережья сложены неогеновыми глинами и известняками-ракушечниками, южного – четвертичными глинами и суглинками. Зона прибоя у их основания покрыта узкими пляжами (до 10 – 15 м в ширину) из ракуши, песка и гравия. Местами встречаются бенчи, лишённые осадочного чехла (Хрусталёв, 1989). Для Таганрогского залива, как и Азовского моря в целом, характерно наличие песчаных кос, в числе которых Петрушинская, Кривая, Беглицкая, Ляпина (на севере), Очаковская, Чумбурская, Сазальницкая, Глафиоровская, Ейская, Долгая (на юге). Глафиоровская и Ейская косы обособляют очень мелкий Ейский лиман, в котором глубины не превышают 1 м. На северном побережье залива в результате затопления морем устья реки Миус образовался Миусский лиман. Для дельты Дона, простирающейся на 340 км<sup>2</sup>, характерны песчано-илистые и аллювиальные отложения.

В пределах акватории Азовского моря выделяются следующие типы Новоазовских донных отложений: пелитовые (глинистые) и мелкоалевритовые илы, крупные алевриты, мелкозернистые пески, ракуша.

Наибольшее распространение получили терригенные отложения от крупнозернистых песков до пелитовых илов. Биогенные осадки имеют ограниченное развитие. Особенно большую роль они играют в восточной и северо-восточной частях собственно Азовского моря, где отмечаются максимальные для водоема значения биомассы и продуктивности биоценозов. Преобладающие по площади распространения пелитовые илы занимают глубоководную часть моря (более 10 м), представляющую собой область активной аккумуляции тонкодисперсного материала. В виде локальных пятен эти илы встречаются и на меньших глубинах, на участках, защищенных от активного волнового воздействия аккумулятивными формами, а также в глубоководной части Таганрогского залива. Мелкоалевритовые илы кольцом опоясывают акваторию Азовского моря, пространственно тяготея к области со слабой аккумуляцией. Крупные алевриты, в основном, накапливаются на взморье Дона. Донные отложения практически повсеместно в виде примеси содержат обломки раковин моллюсков (Шнюков и др., 1976; Хрусталев, 1989; Федоров и др., 1998; Экологический атлас..., 2011).

В Таганрогском заливе преобладают пелитовые илы, занимающие всю восточную и центральную части залива в интервале глубин 4,5 – 6,5 м. В районах кос в них увеличивается содержание раковинного материала, который местами образует ракушечные отложения. Подводный склон залива в интервале глубин 2,5 – 4,5 м выполнен крупными алевритами и мелко-

алевритовыми илами. По периметру залива от уреза до глубин 1,5 – 2,5 м отлагаются мелкозернистые пески. На отдельных участках граница распространения песков опускается до глубины 4,5 – 5,0 м, по-видимому, благодаря активному размыву придонными течениями. В западной части залива, наряду с пелитовыми илами, значительное место занимают мелко-алевритовые илы. Такие литологические особенности обусловлены спецификой гидродинамических процессов в прибрежной и в мористой частях залива. В прибрежной зоне преобладающим является вдольбереговое перемещение наносов. В меньшей степени, вероятно, локально проявляется поперечное движение взвешенного материала. В прибрежных миграциях участвует практически весь гранулометрический спектр наносов от песков до самых тонких фракций. В процессе прибрежной переработки отложений происходит их дифференциация с накоплением песчаных отложений в верхней части подводного склона. В удалённых от берега частях залива преобладает перемещение тонких фракций терригенного материала во взвешенном состоянии под влиянием формирующихся ветровых, а также компенсационных потоков, связанных со сгонно-нагонными процессами. Локальные перемещения материала, возможно, связаны с придонными течениями в основном компенсационного характера. Эти процессы, несомненно, контролируются формами мезо- и микрорельефа дна, определяющими увеличение интенсивности осадконакопления в понижениях рельефа (Шнюков, 1974; Хрусталеv, Щербаков, 1974).

## 1.2. Климатические и метеорологические особенности моря

Азовское море расположено в области умеренно-континентального климата. Важное значение играет солнечная радиация: годовое количество суммарной солнечной радиации увеличивается от Таганрогского залива к Темрюкскому от 4850 МДж/м<sup>2</sup> до 5250 МДж/м<sup>2</sup>. Доля рассеянной радиации составляет порядка 25 % от общей, а поглощенной – свыше 50 %, на испарение расходуется около 25 % (Гидрометеорология..., 1991; Спичак, 1964). Зима здесь довольно мягкая и сухая. Среднемесячная январская температура составляет -2 – -4°C. Преобладают сильные северо-восточные и восточные ветры. Весной циркуляционная система несколько меняется, и с приближением лета всё сильнее проявляются её местные особенности. В этот сезон при сохранении прежних доминирующих направлений существенную роль начинают играть западные ветры. Лето в районе Азовского моря жаркое (среднемесячная температура июля изменяется от +23,5 до +25°C) и, несмотря на выпадение основной части осадков, сухое в силу высокой испаряемости. Среднегодовая температура воздуха изменяется от 8,5 до 11,5°C, увеличиваясь с северной части моря к южной. Самые низкие температуры отмечаются в январе, а высокие в июле и августе в прибрежных районах и над открытым морем соответственно. Годовое количество осадков составляет 312 мм на западе моря и 430 – 528 мм на востоке и юго-востоке с максимальным (60 – 67 %) выпадением в тёплый период года (с апреля по октябрь). Наибольшее их количество приходится на июнь и август (Гидрометеорологический справочник ..., 1962; Гидрометеорология..., 1991). В холодное время года выпадают преимущественно твердые осадки, однако в периоды потепления могут быть и дожди.

Как показал Ю. М. Гаргопа (2000), уровень биоресурсов моря увеличивается в период развития западной формы атмосферной циркуляции (W) и, наоборот, снижается, когда возрастает повторяемость восточной (E). Воздействие северной формы (C) неоднозначно. Он также продемонстрировал, что водный баланс и соленость тесно связаны с формами атмосферной циркуляции. Так, с середины 1960-х до второй половины 1990-х гг. доминировала форма циркуляции E. Со второй половины 1990-х гг. в ближайшие и последующие годы, видимо, существенное влияние на экосистему моря оказывает западный тип макропроцессов. Это предположение нашло подтверждение в работах (Латун и др., 2010; Латун, 2005).

Отмечено увеличение доли ветров западной четверти от 70–80-х гг. XX в. к настоящему времени. Начиная с 1997 г. и по настоящее время над Таганрогским заливом фиксируется устойчивое преобладание западного переноса воздушных масс (более 50 % в год), за исключением 1999, 2003 и 2007 гг., когда преобладали ветры восточных румбов. Эта особенность ветровой динамики позволяет предположить, что наблюдаемое в течение последнего десятилетия возрастание повторяемости ветров западной четверти может продолжиться и в ближайшие годы. Анализ данных показал, что в данном регионе произошла коренная перестройка флуктуации и скорости ветра (Латун, 2005). Максимальные скорости в 2003–2007 гг., отмечаются не в феврале (как раньше), а в период с марта по май. Второй максимум, наблюдавшийся обычно с октября по декабрь, не фиксируется. В летний период динамика скорости ветра соответствует среднемноголетней. Полученные результаты свидетельствуют также об уменьшении средних скоростей ветра в последние годы.

Это подтверждается параллельными результатами исследований Ю. Ю. Ткаченко (Ткаченко, 2010). На основании анализа изменений параметров ветра в районе исследований он отметил, что вместо ожидаемого увеличения числа дней с большими скоростями ветра отмечается их снижение, причем на фоне уменьшения средней многолетней скорости ветра. За последние 10 лет средняя многолетняя скорость ветра не превышала 2 м/с.

Во второй половине XX в. интенсивная циркуляция воздушных масс наряду с распашкой степей часто приводила к развитию в регионе «пыльных бурь» или «чёрных бурь». В резуль-

тате ветровой эрозии разрушался верхний слой почвы глубиной до 20 см, а в районах затухания силы ветра наблюдались своего рода «почвенные волны» из чернозёма высотой до 2 м. Масштабы эрозионного разрушения почв и переноса дисперсного почвенного материала колоссальны. Так, в результате только одной средней по интенсивности пыльной бури в 1984 г. на акваторию Азовского моря поступило 11,1 млн т терригенного материала. Характерно, что роль эолового фактора в осадконакоплении в Азовском море снижается, и с конца 1980-х гг. XX в. ежегодное поступление эолового вещества на акваторию водоема не превышает 4 млн т (Хрусталеv и др., 1988).

### 1.3. Гидродинамические особенности моря

Важную роль в формировании гидрологического режима Азовского моря играют реки, самые крупные из них – Дон и Кубань (Лурье, 2002; Лурье и др., 2005), площади водосбора которых составляют 422,5 и 57,9 тыс. км<sup>2</sup> соответственно. На их долю приходится более 90 % от суммарного речного стока. С 1995 по 2006 гг. сток реки Дон изменялся от 18,9 до 28,4 км<sup>3</sup>, а реки Кубань менялся от 10,5 до 17,5 км<sup>3</sup> (Клёнкин и др., 2007).

Система циркуляции вод Азовского моря отличается сложностью и неустойчивостью, зависит от ветрового режима, стока впадающих рек, а также от водообмена с Черным морем. Особенно сильно циркуляцию вод в Азовском море трансформируют штормовые восточные и северо-восточные ветры, вызывающие сгоны в Таганрогском заливе. В формировании ветровых течений участвуют дрейфовый, компенсационный и инерционный компоненты, вклад которых изменяется как во времени, так и пространстве. Обычно скорости течений составляют порядка 2 % от скорости породившего их ветра. В Азовском море они, как правило, не превышают 20 см/с, однако в сильные осенние и весенние штормы могут достигать 40 см/с. Системы вдольберегового переноса также являются сложными, ибо зависят как от волнения, так и от конфигурации береговой линии. У северного и южного побережий Таганрогского залива эти течения имеют преимущественно западное направление, что нашло отражение в ориентации образовавшихся благодаря ним песчаных косах (Гидрометеорологический справочник ..., 1962; Гидрометеорология..., 1991).

Вследствие небольшого размера Азовского моря, для него характерны сгонно-нагонные явления (рис. 1.1). Чаще всего сгоны и нагоны происходят в Таганрогском заливе (соответственно 13 и 6 случаев в году). Амплитуда вызываемых ими колебаний водной поверхности в среднем составляет 3 – 4 м (5,5 м в г. Таганроге) (Гидрометеорологический справочник ..., 1962; Гидрометеорология..., 1991).



Рис. 1.1. Нагон в дельте реки Дон

Сгонно-нагонные явления в Азовском море могут приобретать катастрофический характер, о чем известно было со времен античности. Ряд документов эпохи Петра Великого свидетельствуют о крутом нраве моря, рассеивавшего малый флот во время северо-западных ветров. Изменения уровня при этом могут быть весьма значительны. Так, в декабре 1913 г. в Таганрогском порту из-за сгонного ветра уровень воды понизился на 2,5 м, стоявшие на рейде суда сели на грунт и повалились на бок. Памятен свирепый удар водной массы по юго-восточному побережью 23 августа 1960 г. Волны, залив обширную территорию суши, соединились с лиманами и лагунами. Низменные части Темрюка, Приморско-Ахтарска и других населённых пунктов, оказались затопленными. Трагедия повторилась в ещё больших масштабах 28 октября 1969 г., когда на сушу пришла пятиметровая волна, наибольшая по здешним понятиям. Сохранились рассказы очевидцев: «В сумерках с Темрюцкого маяка я увидел на северо-западе приближающуюся со стороны моря гору воды. У меня была плохо привязана лодка, и, чтобы её закрепить, я спустился с возвышенного берега, где стоит маяк, к морю. Но было уже поздно. Набежавший вал вырвал из рук цепь и закрутил лодку, как пропеллер. Через несколько дней обломки лодки нашли на берегу. Я бросился к береговому обрыву и, цепляясь за кусты, успел влезть на обрыв раньше, чем его накрыл водяной вал. Море кипело до вечера, затем начало медленно затихать. Назавтра воцарился штиль, который держался два месяца» (Шнюков и др., 1994). Подобные явления случаются довольно часто (рис. 1.2, 1.3).



**Рис. 1.2.** Последствия нагона воды в г. Темрюке (<http://www.ucn.su/?p=8954>)



**Рис. 1.3.** Разрушение береговой линии и хозяйственной постройки на Таманском полуострове в результате нагона воды (<http://www.ucn.su/?p=8954>)

Волны на Азовском море формируются довольно быстро после появления даже слабого ветра, что объясняется небольшими глубинами. При этом происходит перемешивание всей водной толщи от поверхности до дна (Гидрометеорологический справочник Азовского моря, 1962; Гидрометеорология..., 1991; Воловик и др., 2008; Ткаченко и др., 2015). Часто сильные ветры (со скоростью более 14 м/с) вызывают штормовую обстановку менее чем за два часа на всей акватории водоёма, формируя систему волн высотой до 1 м и длиной до 24 м. В среднем случается до 90 и более штормов в год, некоторые из которых крайне опасны для навигации. Морской сборник, выходявший в XIX в. и ежегодно фиксировавший катастрофы каботажных судов, отечественных и иностранных, свидетельствует о том, что от 5 до 12 кораблей терпело крушение и тонуло в год именно из-за штормов. Печально рекордным был 1875 г., когда потерпели аварию 23 судна в Азовском море и 3 – в Керченском проливе. Литературные источники упоминают о небывалой силе урагане, пронесшемся над Азовским морем в ночь с 12 на 13 марта 1914 г. и обрушившемся на его восточный берег. Подъём воды тогда составил 3 м. На Ачужевской косе вал воды смыл в море почти 1,5 тыс. человек и разрушил 400 рыбацких построек. Многочисленные разрушения и жертвы были в городах Приморско-Ахтарск, Ейск и Темрюк (Шнюков и др., 1994). В начале XXI в. также произошло несколько сильных штормов, повлекших за собой крушение морских судов, и как следствие, серьезные экологические последствия. Наиболее значимым из них было событие, случившееся осенью 2007 г. в районе Керченского пролива. Резкое ухудшение погоды, усиление юго-восточного ветра, переходящего в юго-западный (со средней скоростью 27 м/с) привело к формированию волн от 4 до 8 м. В результате осложнившейся гидродинамической обстановки затонуло несколько сухогрузов и получили серьезные повреждения два танкера (Кузнецов, Федоров, 2011).

## 1.4. Биологические особенности Азовского моря

Азовское море обладает благоприятными природными условиями для развития жизни. Небольшие глубины благоприятствуют проникновению и распределению по всей толще воды достаточного количества света, тепла, кислорода. Внутриконтинентальное положение водоёма, его относительная изолированность и обильный материковый сток обеспечивают поступление большого количества питательных веществ, их накопление и вовлечение в цепи питания. Этим и объясняются богатство и продуктивность экосистемы Азовского моря.

Фитопланктон водоёма представлен 135 видами, в числе которых – обитатели пресных (сине-зелёные водоросли), солоноватых (диатомовые и перидиниевые) и морских вод. Главная роль принадлежит диатомовым и перидиниевым. В начале XX в. биомасса фитопланктона Азовского моря достигала  $585 \text{ г/м}^3$ . Однако изменение водного баланса, уменьшение притока биогенных элементов и повышение солёности (с 11 до 13 – 14 ‰ в 70-е гг.), обусловленные зарегулированием Дона (в 1952 г.) и Кубани (в 1973 г.), вызвали снижение этого показателя до  $6 \text{ г/м}^3$  (Студеникина и др., 1999). Тем не менее даже это значение существенно выше биомассы фитопланктона в окраинных морях Мирового океана, где она обычно изменяется в пределах  $150 - 500 \text{ мг/м}^3$ . Наибольшие средние содержания микроводорослей фиксируются в водах аванделъта Дона и Кубани ( $2 - 4,5 \text{ мг/м}^3$ ). Сезонная динамика развития сообществ фитопланктона характеризуется двумя вспышками: весенней (март – апрель) и осенней (август – октябрь) (Студеникина и др., 1999; Федоров, Беляев, 2004). В эти «периоды цветения воды» поверхность Азовского моря принимает зелёный цвет.

Зоопланктон включает 98 видов, большинство из которых относится к солоноватоводным. Главную роль играют копеподы и немательминты (коловратки, нематоды и др.). Биомасса зоопланктона подвержена сильным сезонным колебаниям от  $1 - 43 \text{ мг/м}^3$  в феврале – апреле до  $1,3 - 1,7 \text{ г/м}^3$  в июле – сентябре и в среднем составляет  $100 - 150 \text{ мг/м}^3$  (Воловик и др., 1996). Стоит отметить, что в Мировом океане такие значения отмечаются лишь в высокопродуктивных приполярных водах и зонах апвеллингов.

Бентос Азовского моря представлен 136 видами, из которых доминируют такие двустворчатые моллюски, как царастодермы и мидии. До сооружения плотин на Дону и Кубани его средняя биомасса достигала  $100 - 220 \text{ г/м}^2$ , однако в последние годы она не превышает  $27 \text{ г/м}^2$ . В то же время на ракушечных банках биомасса моллюсков может составлять  $400 - 850 \text{ г/м}^2$  (Фроленко, Семиглазова, 1996). Наибольшего развития бентосные организмы достигают в октябре, когда концентрация растворённого в воде кислорода максимальна.

Обилие корма для рыб объясняет богатство Азовского моря рыбными ресурсами. Этот водоём является одним из немногих в мире, где имеются популяции осетровых. Кроме того, здесь водятся такие ценные промысловые рыбы, как судак, лещ, тарань, сельдь, хамса, тюлька и др. В целом отмечена тенденция снижения популяций, в основном, за счет браконьерского вылова и низкого уровня воспроизводства (Реков, 2000; Чепурная и др., 2008). Так, например, популяция судака уменьшилась с 44,2 млн особей в 1999 г. (Белоусов, 2000) до 0,8 млн в 2012 г. (Сергеева и др., 2013).

## **1.5. Тяжелые металлы в экосистеме Азовского моря**

Акватория Азовского моря испытывает мощное антропогенное воздействие. В экосистему моря загрязняющие вещества поступают как из природных, так и из антропогенных источников. Одним из основных является сток крупных и малых рек: Дон, Кубань, Миус, Ея, Бейсуг, Кагальник и т. д. (Демина и др., 1978; Биогеохимический цикл..., 1991; Хрусталеv, 1999; Федоров и др.; 1998, Ивлиева и др., 2000; Клёнкин и др., 2007 и др.). Большая роль в загрязнении моря принадлежит городам, расположенным на побережье и в дельте реки Дон: Азов, Таганрог, Ейск, Приморско-Ахтарск, Темрюк – благодаря сбросу недостаточно очищенных сточных вод. Стоит также отметить вклад портов, судоходства, свалок и дампинга грунта (Аксенов, 1956; Бронфман и др.; 1976; Артюхин, 1986; Беспалова и др, 1998; Хрусталеv и др., 2002; Латун, 2005 а, б). Загрязняющие вещества также могут поступать с атмосферными осадками (Федоров и др., 2002; Клёнкин и др., 2007; Zimovets, Fedorov and et al., 2015; Зимовец и др., 2015), а также в результате абразии берегов, с поступлением терригенного материала (Мамыкина, Хрусталеv, Щербаков, 1974; Хрусталеv и др, 1998; Ивлиева, 2007).

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.