

На правах рукописи

**Лисицына Лидия Викторовна**

**Особенности солевого состава вод  
Азовского моря**

11.00.08 - океанология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Москва — 1997



Работа выполнена в Государственном океанографическом институте Росгидромета

Научный руководитель:  
кандидат географических наук,  
старший научный сотрудник

А.Г.Цыцарин (ГОИН)

Официальные оппоненты:  
доктор географических наук,  
старший научный сотрудник

В.В.Сапожников (ВНИРО)

кандидат географических наук,  
старший научный сотрудник

В.Н.Бортник (ГОИН)

Ведущая организация:

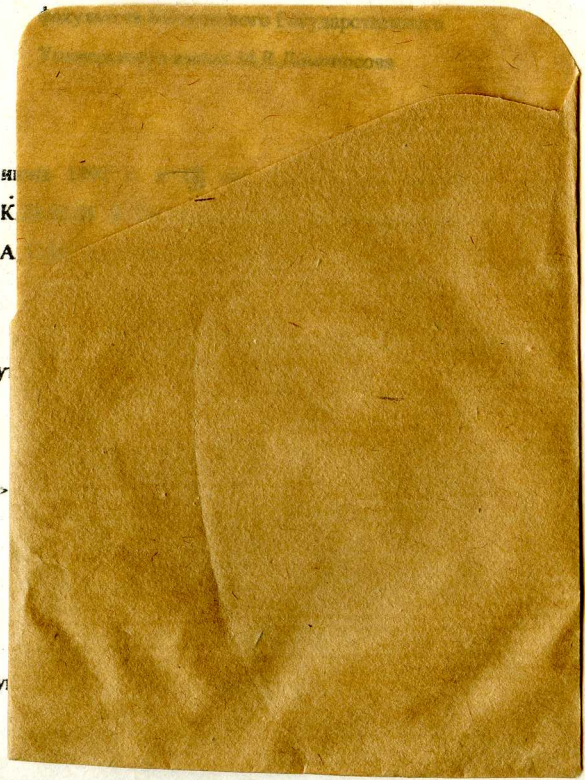
кафедра океанологии географического

Защита состоится <<10> и  
Диссертационного совета К  
института (119838, МОСКВА

С диссертацией можно  
океанографического институ

Автореферат разослан << 7 >>

Ученый секретарь  
Диссертационного совета,  
кандидат географических нау



540

Общая характеристика работы

АКТУАЛЬНОСТЬ.

Азовское море издавна является важным хозяйственным объектом России. Его продуктивность зависит от целого ряда биотических и абиотических факторов. Одним из важнейших абиотических факторов является соленость, а также соотношения между содержанием основных ионов в морской воде.

Солевой состав вод полузамкнутого Азовского моря отличается от океанского. Поэтому применение международных уравнений состояния для этого водоема приводит к некоторой погрешности. В настоящее время практикуется расчет солености и плотности азовских вод по содержанию одного из основных ионов - хлора.

Однако, применение гипотезы о квазипостоянстве солевого состава не всегда может обеспечить надежный результат, особенно при изучении обширных опресненных районов моря, характеризующихся изменчивым гидрологическим режимом.

Использование в качестве непосредственно измеряемого параметра относительной электропроводности позволяет повысить точность определений солености и плотности азовских вод, так как относительная электропроводность, в отличие от хлорности, представляет собой интегральную характеристику морской воды. Постоянное широкое использование в океанологической практике электросолевых мер требует новейших данных о соотношениях хлорность/ относительная электропроводность, относительная электропроводность/ соленость/ плотность в водах Азовского моря и разработки на их основе алгоритмов расчета солености и плотности по относительной электропроводности.

Создание современной методической основы определения солености и плотности вод Азовского моря включает в себя исследование пространственной и временной изменчивости основных солеобразующих компонентов и ее связи с

№  
ВНИРО



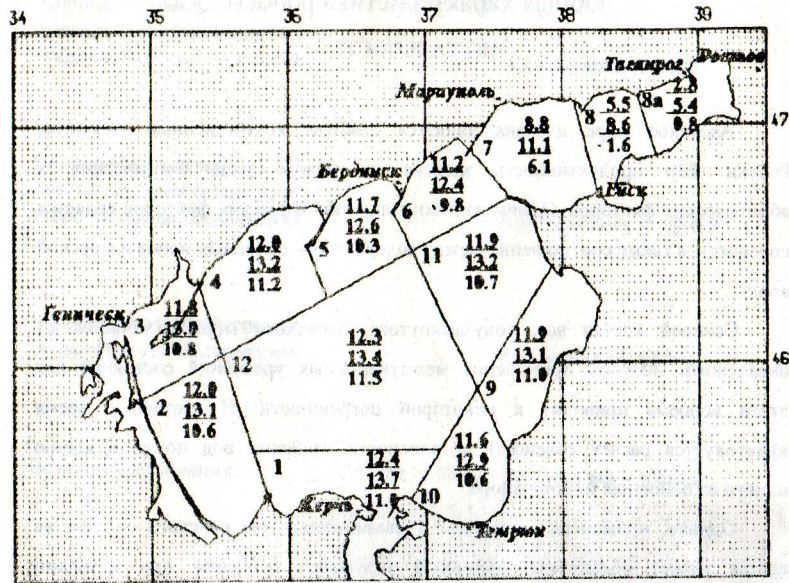


Рис. 1.1 Стандартные гидрологические районы Азовского моря.  
Цифры внутри районов - средняя, максимальная и минимальная солесность.

основными гидрологическими процессами, происходящими в море и впадающих в него реках.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - исследование пространственно-временной изменчивости солевого состава вод Азовского моря и разработка отвечающей современным требованиям методики определения их солесности и плотности.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Модификация методики исследования солевого состава азовских вод, с учетом неоднородности их физико-химических характеристик.
2. Выявление особенностей солевого состава различных районов Азовского моря.
3. Исследование пространственно-временной изменчивости солевого состава азовских вод.
4. Оценка погрешности расчета солесности и плотности, вызванной непостоянством солевого состава.
5. Разработка метода определения солесности и плотности вод Азовского моря на базе рассчитанных параметров уравнения состояния.

НА ЗАЩИТУ ВЫНОСЯТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ:

1. Гипотеза о постоянстве межлионных соотношений не всегда может быть применена к водам Азовского моря, так как их солевой состав подвержен гораздо большей изменчивости, чем океанский.
2. Использование в качестве базового параметра океанологических расчетов относительной электропроводности, а не концентрации одного из ионов, позволит существенно уменьшить ошибку определения солесности и плотности азовских вод.
3. Совместное применение теоретических и экспериментальных методов анализа физико-химических характеристик азовской воды позволило получить отвечающие современным требованиям уравнения состояния.



НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ определяется следующим:

- применен комплексный подход к всестороннему изучению солевого состава вод Азовского моря, включающий в себя универсальные методы исследования морских вод и учитывающий специфику рассматриваемого объекта;
- собранные в компьютерной базе данные по солевому составу азовских вод всесторонне обработаны с помощью статистических методов;
- на базе обширного массива собственных и литературных данных исследована сезонная и региональная изменчивость солевого состава вод Азовского моря;
- детально исследовано поведение основных компонентов солевого состава азовских вод, установлены границы применимости гипотезы о квазипостоянстве солевого состава, оценена степень консервативности основных ионов и численно описаны их соотношения в широком диапазоне значений солёности;
- получены параметры уравнений состояния вод Азовского моря, удовлетворяющие современным требованиям океанологии;

#### ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РАБОТЫ.

Полученные в работе результаты могут быть применены для следующих практических целей:

- расчет солёности, плотности и содержания основных компонентов солевого состава азовских вод;
- расчет плотности азовских вод по полному солевому составу для учёта непостоянства межлонных соотношений;
- приведение к единому сопоставимому виду разновременных данных по солёности и плотности;
- прогноз состояния солевой системы Азовского моря.

#### АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Основные результаты работы докладывались на Всероссийской научной конференции "Экосистемы морей России в условиях антропогенного пресса" (Москва, 1994), на семинарах отдела гидрологии морей и морских устьев рек (ГОИН, 1995), лаборатории гидрохимии эпиконтинентальных морей (ГОИН, 1996, 1997 гг.).

#### СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. Общий объем работы составляет 138 страниц, включая список литературы из 132 названий (50 иностранные), 14 таблиц, 19 рисунков.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВО ВВЕДЕНИИ обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, отражена научная новизна и практическая значимость работы.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ изложены методические аспекты работы. Описан использованный материал по солевому составу вод Азовского моря, примененные химические методы анализа природных вод и их точность, математические методы обработки данных и их точность, схемы применявшихся расчетных моделей и компьютерные пакеты прикладных программ. Также дана краткая физико-географическая характеристика объекта, районирование (Рис 1.1) и описана в общих чертах история его исследования.

Физико-географическая характеристика представляет собой краткие сведения о физико-географических и гидрологических особенностях Азовского моря, влияющих на формирование и изменчивость солевого состава его вод. Информация о глубинах, режиме температуры и солёности важна для понимания термодинамики азовской воды. Данные о рельефе дна и климате используются при выделении районов с интенсивным летним осадждением



карбонатов. Сведения о вертикальной, горизонтальной циркуляции вод, скоростях основных течений, а также глубине зимней конвекции дают возможность оценить объем водных масс, на солевой состав которых ощутимо воздействует речной сток.

Первые сведения о солености вод Азовского моря относятся к первой половине XIX века. Остаток солей после выпаривания 1 кг пробы, отобранной Ф. Гебелем из центральной части моря оказался равным 12,062 г. В 1891 г. А.А. Лебединцев отметил значительное отличие соотношений солености и сульфат-иона к хлорности от аналогичных соотношений, полученных для вод океана. Первые наиболее полные данные по гидрохимии вод Азовского моря были изложены в трудах Азово-Черноморской научно-промысловой экспедиции, проводившейся в 1922-27 годах под руководством Н.М. Книповича. К началу 30-х годов начались систематические исследования, включающие наблюдения на береговых станциях и собственно морские наблюдения. Работы В.Г. Дацко, М.В. Федосова, Е.Г. Виноградовой, Т.И. Горшковой посвящены исследованию основных процессов, формирующих гидрохимический режим Азовского моря в условиях естественного речного стока.

Детальные исследования Государственного океанографического института, проведенные в 1952-58 гг., позволили уточнить полученные ранее зависимости между хлорностью (‰) и соленостью (‰) для Таганрогского залива и вод открытого моря.

$$S = 0,263 + 1,664 \times Cl + 0,0294 \times Cl^2 \quad (\text{Таганрогский залив})$$

$$S = 0,23 + 1,792 \times Cl \quad (\text{Открытое море})$$

В этих работах были исследованы воды от практически пресных Таганрогского залива до наиболее соленых глубинных открытой части моря. Было отмечено, что воды открытой части моря характеризуются достаточным постоянством соотношений компонентов солевого состава. Однако основной ионный состав воды отличается от океанского относительной бедностью содержания хлора и натрия и повышенным содержанием преобладающих компонентов вод суши - кальция, карбонатов и сульфатов. А.П. Цурикова

рассчитала зависимости между хлорностью и некоторыми другими солеобразующими ионами:

$$SO_4 = 0,082 + 0,1328 \times Cl$$

$$HCO_3 = 0,145 + 0,0043 \times Cl$$

$$Ca = 0,049 + 0,0200 \times Cl$$

$$Mg = 0,140 + 0,0667 \times Cl$$

$$Na + K = 0,020 + 0,5646 \times Cl$$

Эти уравнения отличаются от соответствующих уравнений, полученных для вод океана главным образом свободными членами, характеризующими влияние материкового стока.

Современному состоянию и оценке возможных изменений солевого состава вод Азовского моря посвящен целый ряд работ, из которых особенно важными являются исследования А.П. Цуриковой, Е.Ф. Шульгиной, А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана, А.М. Бронфмана, Н.В. Смоляковой, Л.Б. Друмевой, И.А. Шлыгина. Результаты этих исследований, развернувшихся с начала 60-х годов, явились основой для выявления факторов, формирующих изменения в солености и солевом составе моря.

При расчете солености по хлорности для вод Азовского моря обычно использовались две формулы для вод с хлорностью ниже и выше 4 ‰. Л.Б. Друмевой была предложена методика расчета солености из суммарной концентрации солей и получено уравнение зависимости солености от хлорности в широком диапазоне хлорности:

$$S = 0,2717 + 1,8812 \times Cl - 0,0141 \times Cl^2$$



В отдельном пункте (1.3) подробно описаны примененные стандартные методы химических анализов морских вод и дана оценка их точности а также методики определения плотности и электропроводности. Аналитические определения основных компонентов солевого состава производились в соответствии с "Руководством по методам химического анализа морских вод" (1977). Контрольные измерения были выполнены на ионном хроматографе. Концентрации ионов натрия и калия определяли с помощью ион-селективных электродов, методом пламенной фотометрии и хроматографическим методом. В тех случаях, когда прямые определения натрия и калия не проводили, их сумму определяли по разности анионов и катионов. Для определения концентрации каждого из этих ионов использовали соотношение, полученное в результате обработки имеющихся прямых данных:

$$K = 0,746 + 0,0215 \times Na$$

(концентрации в мг-экв./л)

Собственные определения относительной электропроводности производились на высокоточном солемере модели 601 МК III при температурах 15, 20, 25, 30 и 34° С в водяном прецизионном термостате ТВП-6.

Прямые определения плотности воды проводились путем взвешивания, результаты приводились к 20° С. Для получения значений плотности при отсутствии прямых измерений применялся адаптированный к Азовскому морю алгоритм расчета плотности морских вод по солевому составу, предложенный Фабуссом и Кароши.

ВТОРАЯ ГЛАВА посвящена детальному описанию солевого состава вод Азовского моря и его временной изменчивости, а также в ней выделены его особенности по сравнению с океанским.

Пункт 2.1 содержит сведения о банке данных, использованном в работе. Он состоит из литературных, архивных и собственных материалов, собранных с 1902 по 1996 г. и включает в себя более 600 определений компонентов солевого состава, приведенных к сопоставимому виду. Лабораторный анализ проб

азовской воды, отобранных в Таганрогском заливе и в открытой части моря в период с 1994 по 1996 гг., произведен автором полностью самостоятельно.

Собственные определения электропроводности дополнены материалами Э. Сопач. В итоге рабочий массив по электропроводности включает в себя 83 определения проб азовской воды с минерализацией от 0,9 до 25 г/кг.

Для обработки прямых данных по солевому составу, плотности и электропроводности азовских вод был использован созданный в лаборатории гидрохимии эпиконтинентальных морей ГОИНа пакет компьютерных программ (пункт 2.2), включающий программы предварительного контроля, экспертного анализа солевого состава, расчета ионных равновесий и комплексообразования и пакет программ для расчета уравнений состояния в форме, аналогичной Международным уравнениям ШПС-78 и УС-80.

Пункты 2.3 и 2.4 посвящены детальному описанию солевого состава вод Азовского моря и его временной изменчивости а также выделению его особенностей по сравнению с океанским.

Анализ разновременных данных по солевому составу азовских вод свидетельствует, что с начала наблюдений межгонные соотношения претерпевали определенные изменения. Изменения солёности и межгонных отношений в Азовском море обусловлены в основном величинами речного стока. Но кроме того, большое влияние оказывают испарение, осадки, водообмен через Керченский пролив. Например, значительный рост солёности вод Азовского моря, в 1976-1980 гг. был вызван уменьшением суммарного стока Дона и Кубани на 28,5 %, а также изменением соотношения концентраций основных солеобразующих ионов и увеличением минерализации вод этих рек. Это явление особенно важно с учетом малого объема самого моря. Доля материкового стока относительно объема всего моря для Азова самая большая по сравнению с другими внутренними морями, хотя и уменьшилась в течение 1960-1980 гг. с 13,7 до 9,8 %. Правда, в последние десять лет речной сток практически восстановился. Существенное увеличение минерализации вод Дона и Кубани за счет повышения концентрации сульфатов и щелочных металлов привело к увеличению относительного содержания этих ионов в первую очередь в водах Таганрогского залива. В водах открытого моря концентрация сульфатов увеличилась на 7,7 %, что повлекло за собой изменение соотношений



солеобразующих ионов. Отношение суммарной концентрации солей к хлорности за последние 25 лет увеличилось с 1,8522 до 1,8630.

Особенности поведения главных компонентов солевого состава вод Азовского моря в работе рассмотрены по следующей схеме:

1. абсолютная концентрация каждого из основных солеобразующих ионов (диапазон, средние значения, зависимость от хлорности).
2. процент-эквивалентная концентрация солеобразующих ионов (диапазон, средние значения, зависимость от хлорности).
3. участие в гипотетическом солевом составе.
4. участие в комплексообразовании.

Рассчитанные по данным имеющегося массива зависимости абсолютных концентраций (г/кг) основных солеобразующих ионов и суммы солей от хлорности выглядят следующим образом.

$$\text{Na}^+ = 0,004 + 0,556 \times \text{Cl}$$

$$\text{K}^+ = 0,014 + 0,022 \times \text{Cl}$$

$$\text{Mg}^{2+} = 0,032 + 0,065 \times \text{Cl}$$

$$\text{Ca}^{2+} = 0,068 + 0,017 \times \text{Cl}$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 0,178 + 0,017 \times \text{Cl}$$

$$\text{HCO}_3^- = 0,158 + 0,012 \times \text{Cl} - 0,001 \times \text{Cl}^2$$

$$\text{S} = 0,459 + 1,785 \times \text{Cl}$$

Для полученных регрессивных соотношений указаны дисперсии коэффициентов и корреляционные коэффициенты.

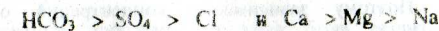
Из анализа следует, что самые консервативные ионы солевого состава Азовского моря - это калий, натрий и хлор. Весьма консервативен также и ион магния, поскольку участие его карбонатной системе невелико. Сложнее обстоит дело с сульфатами, масштабы участия которых в химических процессах еще предстоит уточнить. Наименее консервативно ведут себя ион кальция и гидрокарбонат-ион.

В последней части главы (2.5) проведено сравнение солевого состава азовских вод с водами океана и водами Каспийского моря. Практически для всех ионов кривая зависимости концентрации от хлорности лежит между океаном и Каспием, причем значительно ближе к океанскому.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ исследована пространственная и внутригодовая изменчивость солевого состава азовских вод. Максимальной изменчивостью характеризуется солевой состав вод Таганрогского залива, который находится под непосредственным влиянием стока Дона (3.1.1). Довольно большой объем речных вод, поступающих в залив обуславливает низкую соленость и своеобразный ионный состав воды. В Таганрогском заливе встречаются два разных типа вод: морская (азовская) хлоридно-натриевая вода с общей минерализацией 11-12 ‰ с характерным морским соотношением ионов:



и речная гидрокарбонатно-кальциевая вода со средней минерализацией 0,42 г/кг и ионным составом:



В узком мелководном заливе эти два типа вод смешиваются. Здесь достаточно отчетливо прослеживаются все переходные стадии ионных соотношений от типично речных до соотношений, свойственных морским водам. При изменении суммарного содержания солей в водах Таганрогского залива от 0,4 до 10 г/кг хлорный коэффициент уменьшается от 8 до 1,86.



Изменения солёности вод залива хорошо согласуются с вариациями стока Дона и солёности всего моря. Опреснение вод происходит в мае-июне после прохождения весеннего половодья. Потом воды залива постепенно осолоняются, достигая максимальной солёности к декабрю-январю. Зависимость солёности от хлорности (г/кг) для вод Таганрогского залива отличается от полученной для вод открытого моря и может быть описана с помощью уравнения:

$$S = 0,424 + 1,761 \times Cl$$

Устьевая область реки и морское взморье являются уникальным географическим объектом, где присутствуют все типы геохимических барьеров, т.е. зон контакта между устойчивыми геохимическими обстановками, характеризующимися резким изменением миграционной способности элементов. В устье и на взморье происходит целый ряд явлений: резкое замедление скорости течения речных вод, осаждение крупных фракций взвешенного материала, коагуляция глинистых частиц, смешение вод различной природы, их взаимное разбавление, физико-химическое взаимодействие, интенсификация биологических процессов. В работе на примере вод Таганрогского залива сделана попытка охарактеризовать некоторые геохимические барьеры и оценить сезонную изменчивость их границ.

Помимо обширных опресненных акваторий в азовском море имеется залив Сиваш, воды которого имеют минерализацию более 60 г/кг (3.1.3). Столь сильный рост минерализации ведет к определенным изменениям в солевом составе, происходящим из-за выпадения некоторых солей и в первую очередь карбонатов в осадок. Поэтому зависимости концентраций основных солеобразующих ионов от хлорности не являются прямолинейными, а могут быть описаны уравнениями второго порядка. Зависимость суммарного содержания солей от хлорности (г/кг) имеет следующий вид:

$$S = 1,86 + 1,798 \times Cl - 0,0004 \times Cl^2$$

Анализ сезонной изменчивости солевого состава вод Азовского моря (3.2) показал, что основной вклад во внутригодовую изменчивость вносят геохимические процессы. Это сдвиги карбонатно-кальциевого равновесия вследствие зависимости растворимости углекислоты и карбонатов от температуры и, по-видимому, выпадение аутигенного гипса из-за пересыщения азовской воды кальцием и сульфатами при растворении карбоната кальция в зимний период. Другие процессы, такие как выборочное высаливание при ледообразовании и сульфатредукция, играют меньшую роль, однако при определенных условиях они также могут заметно влиять на межгодовые соотношения.

Таким образом, описанные во второй и третьей главах результаты, позволяют разделить воды Азовского моря на четыре типа: приустьевые, опресненные, морские и воды залива Сиваш. На основе анализа пространственно-временной изменчивости солевого состава вод Азовского моря можно сделать вывод, что точность существующих уравнений состояния для него в 2-3 раза ниже аналогичных соотношений для океанских вод.

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА посвящена составлению и описанию нового уравнения состояния для вод Азовского моря.

Прежде всего, был проанализирован мировой опыт создания шкал солёности (4.1), что позволило выбрать оптимальный методический подход и достичь совместимости с Международными уравнениями ШПС-78 и УС-80. Созданные ранее шкалы солёности (Кокс, Калкин, Райли) не отвечали современным требованиям, так как не охватывали диапазон низких температур и требовали применения в качестве эталона нормальной воды.

Указанные проблемы призвана была решить Шкала практической солёности, принятая ОГОТС (Объединенной группой по океанографическим таблицам и стандартам при ЮНЕСКО) в 1978 г. За первичный эталон был принят раствор хлористого калия установленной концентрации, электропроводимость которого при 15° и атмосферном давлении равнялась электропроводимости нормальной воды при тех же условиях. Это обеспечило воспроизводимость шкалы (Пуассон, 1977). Был получен алгоритм расчета солёности по показаниям электросолемеров и STD-зондов.



Но приготовление стандартного раствора хлорида калия для распространения не представляется возможным, равно как не рекомендуется, чтобы каждая лаборатория изготавливала свой собственный стандарт. Поэтому ОГТС приняла рекомендацию, чтобы стандартная морская вода калибровалась в будущем непосредственно относительно определенного выше раствора KCl, тем самым давая возможность калибровать мостиковые солемеры косвенно в соответствии с определением практической солености.

Исследования удельной электропроводности азовской воды впервые были проведены Сопач (1958). Друмевой (1984) была получена эмпирическая зависимость, связывающая хлорность и относительную электропроводность:

$$Cl = -0,3344 + 16,2941 R^2 + 5,2518 R$$

А.П. Цурикова провела расчет солености по относительной электропроводности при 20°C:

$$S = -0,3692 + 29,199 R + 9,3833 R^2$$

В данной работе в качестве калибровочного раствора было решено использовать нормальную воду, в качестве рабочих образцов - природную азовскую воду и ее смеси, а в качестве интегральной характеристики содержания солей - фактическую сумму солей. Такой подход широко распространен в отношении водоемов с ограниченным водообменом. Получено, что соленость вод Азовского моря может быть рассчитана по относительной электропроводности следующим образом:

$$S^{(0/100)} = 0,0064 + 25,5257 \times K_{15} + 9,9150 \times K_{15}^{3/2} - 0,1679 \times K_{15}^{1/2}$$

где  $K_{15}$  - отношение электропроводности морской воды при 15°C и атмосферном давлении к электропроводности раствора KCl точно определенной концентрации при тех же условиях.

Для расчета солености по относительной электропроводности  $R_t$ , измеренной на электросолемере при температуре  $t$  и атмосферном давлении, необходимо ввести поправку  $dS$ :

$$dS = \frac{t - 15,0}{1,0 + 0,0162 \times (t - 15,0)} \times (0,0026 + 0,0056R_t - 0,0381R_t^{3/2})$$

Плотность азовской воды была получена с использованием следующих уравнений:

$$\rho(S, t, 0) = \frac{1}{V(S, t, 0)} = \rho_w + A_1 S + B_1 S^{3/2} + C_1 S^2$$

где  $V$  - удельный объем,  $\rho$  - плотность (кг/м<sup>3</sup>),  $\rho_w$  - плотность чистой воды, определяемая в зависимости от температуры по полиному:

$$\rho_w = \rho_1 + \rho_2 t + \rho_3 t^2 + \rho_4 t^3 + \rho_5 t^4 + \rho_6 t^5$$

в котором

$\rho_1 = 999,842594$	$\rho_4 = 0,0001001685$
$\rho_2 = 0,06793952$	$\rho_5 = 0,000001120083$
$\rho_3 = -0,00909529$	$\rho_6 = 0,000000006536332$

Аналогичного типа полиномы по температуре представляют собой коэффициенты  $A_i$ ,  $B_i$  и  $C_i$ .

t0	$a_1 = 7,9721E-1$	$b_1 = -1,5038E-2$	$c_1 = 2,76E-3$
t1	$a_2 = -2,054E-3$	$b_2 = -8,4E-5$	$c_2 = 2,444E-5$
t2	$a_3 = 2,2E-5$	$b_3 = 2,71964E-7$	
t3	$a_4 = -8,3E-8$		
t4	$a_5 = 1,04955E-9$		



Среднеквадратичные отклонения солености, рассчитанной по полученному полиному не превышает  $0,01 \text{ ‰}$ , плотности  $0,00005 \text{ г/см}^3$ . При экстремальных (особенно низких) значениях температуры и солености погрешность уравнений растет. Поэтому уравнения состояния для азовской воды рекомендуется применять при температурах от  $0$  до  $34^\circ\text{C}$  и солености от  $3$  до  $15 \text{ ‰}$ .

В ЗАКЛЮЧЕНИИ в кратком виде представлены основные результаты работы и сделаны наиболее важные выводы.

1. Установлено, что солевой состав вод Азовского моря достаточно метаморфизирован под воздействием речного стока. Это приводит к неустойчивости межлонных соотношений и ограничивает применимость гипотезы о квазипостоянстве солевого состава азовских вод, особенно при проведении высокоточных океанологических работ.

2. Статистическое исследование базы данных по пространственной и временной изменчивости солевого состава вод Азовского моря показало, что ошибка стандартного океанографического метода минимальна для вод с соленостью  $10-12 \text{ ‰}$  и резко увеличивается с понижением солености.

3. Сезонные изменения межлонных соотношений в основном обусловлены сдвигами карбонатно-кальциевого равновесия. Наиболее существенные изменения наблюдаются в период паводка.

4. Наиболее резко барьер между речными и морскими водами выражен в Таганрогском заливе: высокое содержание ионов кальция и карбонат-ионов в водах Дона сменяется относительно малым их содержанием в водах моря.

5. В результате экспериментального исследования состава вод Азовского моря и теоретических расчетов были получены отвечающие современным требованиям океанологии соотношения соленость/относительная электропроводимость и плотность/соленость/температура. Разработана методика определения солености и плотности вод Азовского моря по рассчитанным параметрам уравнения состояния в широком диапазоне солености и температуры.

Результаты работы рекомендуется использовать в научно-исследовательских организациях Российской Академии наук - ИО РАН, ИВН

РАН, рыбохозяйственных институтах, институтах федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и других ведомствах, занимающихся исследованиями Азовского моря, разработкой его хозяйственных ресурсов и проведением природоохранных мероприятий.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Некоторые особенности формирования солевого режима вод Азовского моря. Тезисы докладов Всероссийской конференции "Экосистемы морей в условиях антропогенного пресса". Ихтиологическая комиссия, ВНИРО, АтлантНИРО. Астрах., 1994 (в соавторстве с А.Г.Цыцариным и А.Л.Лобовым).
2. К вопросу о методических аспектах наблюдения электропроводимости, солености, плотности и определения ионного состава морских вод. Деп.ВИНИТИ, 16.11.94, N 2615-B-94 (в соавторстве с А.Г.Цыцариным и А.Л.Проходой).
3. Влияние ионного состава речных и морских вод на формирование геохимического барьера в зоне смешения Таганрогского залива. Деп.ВИНИТИ, 14.12.95, N 3304-B-95 (в соавторстве с А.Г.Цыцариным и И.В.Свиридовой).
4. Изменения ионного состава вод Таганрогского залива в весенне-летний период и их роль в формировании солевых барьеров. Тр.ГОИН Юбилейный сборник, посвященный 50-летию ГОИНа, Вып. 3, М., 1995. (в соавторстве с А.Г.Цыцариным и И.В.Свиридовой).
5. Об изменчивости ионного состава вод Таганрогского залива за период 1992-95 гг. Деп.ВИНИТИ, 06.01.96, N 97-B-96. (в соавторстве с В.П.Лучковым).
6. Изменчивость солевого состава вод Таганрогского залива в летние месяцы по данным 1992, 1994 и 1995 гг. Межведомственная конференция по промысловой океанологии. Ихтиологическая комиссия, 1997 (в соавторстве с В.П.Лучковым и А.Г.Цыцариным), (в печати).

Подписано в печать 5.05.97 г. Бумага офсетная № 1  
Формат 60x90/16 Тираж 100 экз. Зак. № 31

ГОП ЦНИИТЭИлегрпрома

г. Москва, ул. Вавилова, 69