



ПРОЕКТ «МОРЕ»

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИДРОХИМИЯ МОРЕЙ

ТОМ IX

ОХОТСКОЕ МОРЕ

ВЫПУСК 2

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
И ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ФОРМИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ПРОДУКТИВНОСТИ



Гидрометеиздат

Окраинные и внутренние моря обладают огромными биологическими, минерально-сырьевыми, энергетическими, водными и другими ресурсами, которые используются многими отраслями народного хозяйства. К числу наиболее крупных отраслей относятся рыбное хозяйство, морская нефтегазодобывающая промышленность, морской транспорт, гидроэнергетика, гидромелиорация, здравоохранение (рекреация), коммунальное и промышленное строительство на побережье морей. Многим из них для рационального планирования своего развития и его эффективного осуществления требуется всесторонний учет гидрометеорологических и гидрохимических факторов, в первую очередь таких, как колебания уровня моря, ветер и волны, температура воды и воздуха, ледовые условия, течения, химическая агрессивность морских вод, солевой состав, биогенные вещества и др.

Дальнейшее развитие морских отраслей народного хозяйства вызывает острую необходимость разработки принципиально новых, более совершенных путей и форм гидрометеорологического обеспечения на морях, так как одни традиционные формы в виде таблиц приливов, гидрометеорологических карт океанов и морей, ежегодников, ежемесячников и других изданий уже не могут удовлетворить растущие запросы. Необходимо было создать целенаправленную систему обеспечения режимной гидрометеорологической и гидрохимической информацией хозяйственной деятельности на морях. Такая система создавалась в три этапа под общим научно-методическим руководством ГОИНа с участием ААНИИ, ДВНИГМИ, ГГО, республиканских и территориальных управлений по гидрометеорологии и ряда мореведческих организаций других министерств и ведомств. Первый этап приурочен к исследованиям прибрежной полосы моря и устьев рек, второй — к шельфовой зоне моря, третий — к открытым районам и морю в целом.

К основным компонентам системы относятся следующие:

1) серия справочно-кадастровых пособий по 12 морским бассейнам, содержащих режимные и статистические данные по важнейшим элементам гидрометеорологического и гидрохимического режимов морей и крупных морских устьев рек, которые широко используются многими практическими и научными организациями;

2) «Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и устьях рек при инженерных изысканиях» (М.: Гидрометеиздат, 1973), в котором изложены практические приемы расчета характеристик режима на основе натурных данных и теоретических исследований;

3) «Руководство по гидрологическим исследованиям в прибрежной зоне морей и устьях рек при инженерных изысканиях» (М.: Гидрометеиздат, 1972), содержащее методические рекомендации по организации и проведению полевых изысканий непосредственно в районе проектируемых гидротехнических сооружений;

4) методы расчета основных характеристик гидрометеорологических элементов в шельфовых и открытых акваториях моря, позволяющие определить параметры ветра, волн, уровня, течений, льда при конкретных синоптических условиях и в многолетнем (режимном) плане, изданные в 1975—1983 гг.;

5) серия специализированных справочных пособий по гидрометеорологии и гидрохимии шельфа морей СССР*, состоящая из 13 томов, изданная в середине 80-х годов.

В соответствии с заданиями проекта «Моря СССР» научно-технической программы ГКНТ «Мировой океан» 39 организациями Госкомгидромета СССР, Минрыбхоза СССР, АН СССР и союзных республик и других ведомств под общим руководством ГОИНа и специализированным научно-методическим руководством ВНИРО (океанологические основы формирования биологической продуктивности морей), ГГО (метеорология и климат), ААНИИ (ледовые условия) подготовлена серия монографий «Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР».

Серия состоит из 10 томов, включающих около 20 выпусков:

- том I — Баренцево море;
- том II — Белое море;
- том III — Балтийское море;
- том IV — Черное море;
- том V — Азовское море;
- том VI — Каспийское море;
- том VII — Аральское море;
- том VIII — Японское море;
- том IX — Охотское море;
- том X — Берингово море.

Каждый том состоит, как правило, из двух выпусков: «Гидрометеорологические условия» (вып. 1) и «Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности» (вып. 2). Для акватории некоторых морей подготовлен вып. 3, учитывающий особенности гидрометеорологических и гидрохимических условий моря и его отдельных районов.

В монографиях по единому типовому проспекту освещается широкий круг вопросов по метеорологии и климату, физической океанологии, динамике вод, гидрохимии, океанологическим основам биопродуктивности морей. Существенное внимание уделяется современным и ожидаемым антропогенным изменениям элементов режима. В силу объективных причин — специфики режима морей, степени изученности, различного уровня теоретических разработок — в освещении некоторых вопросов по разным морям имеются существенные различия. Однако при разработке научной программы и в процессе выполнения работ перед исполнителями ставилась основная задача — отразить современный уровень знаний гидрометеорологических и гидрохимических условий.

* В связи с тем, что сбор и обработка данных проводилась до 1989 г., в работе используются прежние названия страны, организаций, учреждений и т. д.

В разделах по гидрометеорологии и климату рассматриваются климатообразующие факторы — радиационные условия; циркуляционные процессы; орография берегов; морские течения; климатическое районирование; режим ветра, местные его особенности, штормы; температура воздуха — средние, экстремальные, характерные значения; аномальные сезоны; влажность воздуха; атмосферные осадки и снежный покров; облачность — общая, нижнего яруса; число дней с ясным, полужасным и облачным небом; опасные и стихийные гидрометеорологические явления — обледенение судов, туманы, метели, град, сильные морозы.

Разделы по физической океанографии содержат характеристики температурного режима, теплового баланса; ледовых условий, включая условия ледового плавания и физико-механические свойства льда; солености — средней солености, солености в зонах смещения морских и речных вод, многолетней и сезонной изменчивости, антропогенных изменений солености; плотности — средних значений, сезонных изменений, вертикального распределения, конвекции; цвета и относительной прозрачности вод; фронтальных зон; водных масс; водного и солевого балансов.

В разделах по динамике вод рассматриваются: средний уровень моря, колебания уровня различных временных масштабов, включая приливы; течения — крупномасштабные геострофические и ветровая циркуляции вод, сезонная, межгодовая и синоптическая изменчивости течений, циркуляция вод в шельфовых районах моря, приливные течения; ветровые волны, их режимные характеристики, максимальные высоты волн по районам морей и по сезонам.

По гидрохимии морей дается общая характеристика гидрохимического режима и определяющих его факторов, солевой состав морских вод и его трансформация; режим кислорода, его межгодовая, сезонная и суточная изменчивость; водородный показатель (рН); щелочность как показатель смещения и происхождения вод в море, изменение ее под влиянием природных и антропогенных факторов; режим биогенных веществ — минеральных и органических, растворенных и взвешенных соединений кремния, фосфора и азота; характеристика элементов баланса биогенных веществ, антропогенные изменения баланса биогенных веществ.

В разделе «Океанологические основы формирования биопродуктивности», который впервые включен в подобного рода научно-справочные пособия, рассматривается влияние океанологических факторов на формирование биологической продуктивности вод, на воспроизводство, поведение и распределение основных промысловых объектов, дается оценка оптимальных факторов среды для обитания рыб в различные периоды их жизни.

При подготовке данной серии монографий исполнители стремились оптимально использовать имеющиеся натурные данные и современные гидро-термодинамические и физико-статистические методы расчета гидрофизических и метеорологических параметров и характеристик, а там, где это было целесообразно, и полуэмпирические методы расчетов с привлечением натурных данных для оценки адекватности модели и натуры.

В результате исследований по проекту «Моря СССР» уточнены существующие представления

о характеристиках гидрометеорологического и гидрохимического режимов морей, в частности:

- определены условия формирования режима элементов климата, закономерности их изменения в пространстве и времени и различные вероятностные характеристики;

- получены режимные характеристики ветра и волнения, непериодических колебаний уровня, приливов и льда;

- получены новые поля гидрологических и гидрохимических элементов и характеристики вертикальной структуры вод;

- уточнены данные о солевом составе и электрической проводимости вод морей, которые свидетельствуют о существенной трансформации ионного состава и минерализации речного стока под влиянием антропогенных факторов;

- изучены основные факторы формирования газового режима вод — вертикальная устойчивость, биопродукционные процессы, загрязнение морской среды и др.;

- исследованы механизмы и масштабы, даны оценки возможных изменений гидрометеорологического и гидрохимического режимов при осуществлении крупных водохозяйственных мероприятий, рассмотрена эффективность регулирования режима морей СССР.

В целом настоящая серия монографий представляет собой естественное продолжение и развитие общей системы обеспечения режимной гидрометеорологической и гидрохимической информацией морских отраслей народного хозяйства страны на морях, омывающих берега Советского Союза, и служит ее важнейшей составной частью.

Общее научно-методическое руководство исследованиями по проекту «Моря СССР» и по подготовке серии монографий «Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР» осуществлялось ГОИНОм. Руководство исследованиями по отдельным морям осуществляли: МФ ААНИИ (Баренцево море), Севгидромет (Белое море), ЛО ГОИН (Балтийское море), СО ГОИН (Черное море), ГОИН (Азовское и Аральское моря), БО ЗакНИГМИ (Каспийское море), ДВНИГМИ (Японское, Охотское, Берингово моря).

Подготовка серий монографий «Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР» выполнена под общим руководством научного руководителя проекта «Моря СССР» канд. геогр. наук Ф. С. Терзиева. Ответственные исполнители работ: канд. геогр. наук Н. П. Гоптарев, д-р физ.-мат. наук В. И. Калацкий, д-р геогр. наук А. И. Симонов

(ГОИН), д-р геол.-минер. наук Д. Е. Гершанович (ВНИРО), канд. геогр. наук В. Е. Бородачев (ААНИИ), д-р геогр. наук М. М. Борисенко (ГГО), д-р геогр. наук Т. И. Супранович, канд. геогр. наук В. Г. Яричин, канд. геогр. наук В. А. Лучин (ДВНИГМИ).

Том IX «Охотское море» подготовлен в соответствии с общим планом серии монографий и состоит из двух выпусков: «Гидрометеорологические условия» (вып. 1) и «Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биопродуктивности» (вып. 2).

Выпуск 1 содержит комплексную характеристику метеорологических, гидрологических и ледо-

вых условий Охотского моря, предназначенную для многоцелевого использования в научно-исследовательской работе и при гидрометеорологическом обеспечении народного хозяйства.

Выпуск 2 состоит из двух частей: «Гидрохимические условия» и «Океанологические основы формирования биологической продуктивности». Каждая из вышеперечисленных частей выпуска представляет собой самостоятельный раздел и предназначена для многоцелевого использования в научно-исследовательской работе и при обеспечении потребностей народного хозяйства.

Сведения о гидрометеорологических условиях Охотского моря необходимы для рационального планирования рыбного промысла и марикультуры, проектирования и эксплуатации гидротехнических сооружений на шельфе, обеспечения безопасности мореплавания, а также для решения задач охраны водной и воздушной сред. На их основе осуществляется оптимизация системы наблюдений, определяются направления дальнейших исследований моря. Хорошая изученность отдельных элементов гидрометеорологического режима, наличие продолжительных рядов наблюдений позволяют использовать эти данные для мониторинга климата, в гидрометеорологическом и промысловом прогнозировании.

На протяжении длительного времени исследования Охотского моря проводились организациями Госкомгидромета (Сахалинским, Колымским и Камчатским территориальными управлениями по гидрометеорологии, Дальневосточным региональным научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом (ДВНИГМИ), Государственным океанографическим институтом (ГОИНОм), институтами и экспедициями ДВО АН СССР, Минрыбхоза, Миннефтепрома, а также учреждениями других министерств и ведомств. В результате этих исследований создан большой информационный фонд, включающий архивы гидрометеорологических наблюдений и синоптических карт, научно-справочную литературу, статьи, отчеты и многочисленные неопубликованные работы. Определенное представление об этом фонде дает библиография обеих частей выпуска; достаточно полная характеристика информационной базы содержится в разделах работы, посвященных рассмотрению тех или иных элементов гидрометеорологического режима.

Монография существенно дополняет справочные данные о гидрометеорологических условиях Охотского моря, представленные в более ранних работах. Многие режимные характеристики получены впервые или со значительно большей пространственно-временной детализацией, чем прежде. Преимущественное внимание уделено оценкам экстремальных значений гидрометеорологических элементов и опасным гидрометеорологическим явлениям. Наряду с этим в монографии широко пред-

ставлены новые научные и научно-методические результаты, полученные в ходе выполнения проекта «Моря СССР», дан критический анализ современной изученности гидрометеорологического режима, показаны перспективы дальнейших исследований. При подготовке монографий не ставилась задача описания методов метеорологических и морских прогнозов, применяемых для бассейна (это потребовало бы значительного увеличения ее объема), однако во многих случаях выявленные закономерности гидрометеорологического режима имеют прогностическое значение. В некоторых случаях, например при описании штормовых нагонов, ледовых условий, приводятся гидродинамические и физико-аналитические методы расчета и прогноза штормовых нагонов и элементов ледового режима. Поэтому данная работа может быть рекомендована широкому кругу читателей: специалистам научно-исследовательских учреждений и прогностических органов, проектировщикам, изыскателям, работникам транспортного и рыбопромыслового флотов, а также студентам и аспирантам гидрометеорологических и географических специальностей.

Часть I настоящего выпуска монографии подготовлена в ДВНИГМИ под научно-методическим руководством канд. геогр. наук Б. М. Затучной. Авторами отдельных глав являются: гл. 1 — Т. С. Моторыкина; гл. 2, 4 — В. А. Лучин, Т. С. Моторыкина; гл. 3 — В. Г. Яричин, Т. С. Моторыкина; гл. 5 — В. Г. Яричин, В. А. Лучин, Т. С. Моторыкина; гл. 6 — В. А. Лучин, Т. С. Моторыкина, В. И. Матвеев; заключение — В. А. Лучин, Т. С. Моторыкина.

Часть II подготовлена в Тихоокеанском научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) под научно-методическим руководством д-ра геол.-минер. наук Д. Е. Гершановича. Авторами отдельных глав являются: гл. 7 — В. П. Шунтов, Е. П. Дулепова; гл. 8 — Л. А. Борец; 9 — А. М. Токранов; гл. 10 — В. Н. Худя; гл. 11 — А. Я. Великанов; гл. 12 — А. Б. Савин, гл. 13 — В. Н. Тупоногов, гл. 14 — А. П. Ватулина; п. 15.1 — Ю. Н. Бенко, Е. Я. Елкин, Р. К. Фархутдинов; п. 15.2 — В. А. Бобров, Б. В. Тюрнин, В. И. Чернявский; пп. 15.3, 15.4 — В. И. Чернявский; гл. 16, 19 подготовлены по книге В. П. Шунтова «Биологические ресурсы Охотского моря» И. А. Жигаловым; гл. 17 — В. Г. Марковцев; гл. 18 — А. А. Смирнов, Н. С. Фадеев; гл. 20 — Н. С. Гусарова, М. В. Суховеева, А. Ф. Жмакин; гл. 21 — В. И. Чернявский, И. А. Жигалов, В. И. Матвеев.

В выполнении расчетов и различных видов технических работ принимали участие: Л. Л. Безденежных, Т. Н. Пузыревская, И. А. Горбиль, Т. И. Леванькова, С. И. Кислова, Е. В. Горобченко, Е. В. Мокиевская, А. И. Сиротенко, Е. А. Коростелева, М. М. Шутова, С. В. Жукова.

ЧАСТЬ I

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Воды морей и океанов представляют собой сложную многокомпонентную химическую систему. Она содержит большое количество всевозможных химических соединений в растворенном состоянии, в составе коллоидов, взвешенных веществ и многочисленных живых организмов. Именно присутствие в водном растворе химических веществ придает водным массам морей и океанов особые физические свойства, существенно влияющие на их циркуляцию, создает необходимые условия для обитания флоры и фауны. Деятельность живых организмов и биохимическое окисление отмершего органического вещества ведут к изменениям солевого состава и газового режима водных масс. В морскую воду с суши, из атмосферы и из недр Земли непрерывно поступают различные химические элементы. В то же время морская и океаническая вода сама служит

источником солей, поставляемых в атмосферу и на материк.

Основной целью настоящего раздела являлось изучение пространственно-временной структуры полей основных гидрохимических характеристик и обобщение сведений о гидрохимическом режиме вод Охотского моря.

В отдельных главах части I рассматриваются элементы солевого состава, газовый режим (растворенный кислород), элементы карбонатной системы (рН и щелочность), а также режим биогенных веществ (фосфаты, силикаты, нитриты). Анализируется их вертикальная структура, временная изменчивость и особенности пространственно-временного распределения. В основу данного исследования положены все имеющиеся к настоящему времени материалы глубоководных океанографических наблюдений.

1. ИЗУЧЕННОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

В основу изучения гидрохимии морей положено исследование химических и биохимических процессов, протекающих в водной толще, жидкой и твердой фазах донных отложений, а также в пограничных зонах между основными сферами Земли — океаном, атмосферой, литосферой, мантией.

В истории изучения химии вод Охотского моря, как и других морей и океанов, можно выделить три периода:

- 1) до начала первой мировой войны;
- 2) с 20-х годов до начала второй мировой войны;
- 3) послевоенный период (до настоящего времени).

Первый период гидрохимических исследований ограничивался главным образом определениями основного солевого состава. Во время кругосветного плавания С. О. Макарова в 1886—1889 гг. на корвете «Витязь» были взяты первые пробы для гидрохимического анализа вод Японского, Охотского и Берингова морей. Пробы брались с различных глубин в бутылки, где они сохранялись до прихода в Кронштадт. Всего было привезено 150 бутылок [28].

В связи с необходимостью регулирования рыболовного и китобойного промыслов и развитием рыбообрабатывающей промышленности, гидрохимические исследования в 20-е годы получили новое развитие в направлении изучения химических соединений, таких, как: соединения азота, фосфора, кремния, растворенный кислород, водородный показатель, щелочность, а также некоторые микроэлементы. Начало изучению гидрохимии Охотского моря было положено работами Марукавы [50], ко-

торый при исследовании биоценоза промысловых районов Охотского моря отбирал также пробы морской воды с различных глубин и определял в них содержание растворенного кислорода. Этот гидрохимический показатель исследователь затем использовал в качестве критерия для установления оптимальных условий существования тех или иных водных организмов.

В 1925 г. морской, гидробиологический и гидрохимический отделы Государственного гидрологического института (ГГИ) приступили к гидрологическим и гидрохимическим исследованиям морей и других крупных водных объектов на Дальнем Востоке. Под руководством К. М. Дерюгина во Владивостоке открылась Тихоокеанская научно-промысловая станция при Дальневосточном управлении рыболовством. Позднее эта станция превратилась в Тихоокеанский институт рыбного хозяйства (ТИРХ) [17].

В 1930 г. в Охотском море работала экспедиция Управления портовых изысканий (УПИТО) на шхуне «Красный якут», собравшая материал по содержанию растворенного в воде кислорода. Таким образом, первые исследования касались только газового режима моря и совершенно отсутствовали сведения о биогенных веществах.

В конце 1931 г. ГГИ и ТИРХ, объединив все исследовательские отряды, изучающие воды морей Дальнего Востока, организовали большую научно-исследовательскую Тихоокеанскую экспедицию. Объем гидрохимических определений существенно расширился во время Второго международного полярного года в 1932—1933 гг. В этот период Тихоокеанской экспедицией были выполнены гидрохи-

мические определения не только содержания растворенного кислорода, но также щелочности, водородного показателя и фосфатов [15].

В Тихоокеанской экспедиции исследования проводились как в шельфовой зоне Охотского моря, так и в открытых районах, за исключением северной части моря и зал. Шелихова. Существенным этапом в изучении гидрохимии вод Охотского моря являются исследования, выполненные в период Тихоокеанской экспедиции на р/т «Гагара» (1933 г.). Были проведены гидрохимические работы, включающие определение растворенного кислорода, щелочности и рН. В том же году в Сахалинском заливе работала экспедиция ГГИ и Тихоокеанского института рыбного хозяйства (ТИНРО) на р/т «Финвал», проводившая определения не только растворенного кислорода и рН, но и фосфатов и нитритов. Летом 1935 г. наблюдения за гидрохимическими элементами (кислород и рН) в Охотском море вела Японская экспедиция. С 1937 по 1939 г. ГГИ и ТИНРО продолжили наблюдения за гидрологическими ингредиентами в Охотском море на р/т «Лебедь». Эти исследования в основном проводились в отдельных районах моря: в Сахалинском заливе, у берегов западной Камчатки, заливах Анива и Терпения. Морской отдел ГГИ уже в первые годы издал серию трудов «Исследования морей СССР», которая включала и некоторые сведения по гидрохимии (O_2 , рН) дальневосточных морей.

После второй мировой войны возобновились научные исследования, связанные с решением различных народнохозяйственных задач, и развивались они в основном комплексно.

В 1947—1949 гг. в юго-западной части Охотского моря гидрологические исследования проводила экспедиция Зоологического института под руководством Г. У. Лундберга, в программе которой нашли широкое отражение гидрохимические определения растворенного кислорода, водородного показателя, щелочности, фосфатов и нитритов. Результаты этих исследований использованы в дальнейших работах и статьях, посвященных вопросам химии Охотского моря и прилегающих районов Тихого океана.

Было рассмотрено влияние проливов Курильской гряды на кислородный режим Охотского моря, в результате чего отмечалось, что через глубокие проливы Курильской гряды в Охотское море поступают, помимо перемешанных тихоокеанских вод, также и неперемешанные глубинные воды Тихого океана, в которых, начиная с глубины 1000 м, отмечается сравнительно повышенное содержание кислорода [43].

В 1969, 1973 гг. Т. И. Супранович в своих работах по исследованию гидрологии и сезонной изменчивости структуры вод Курильской островной дуги также указала на большое влияние Курильских проливов на распределение не только растворенного кислорода, но и других гидрохимических ингредиентов в водах Охотского моря.

И. А. Киселев [23], изучая фитопланктон в дальневосточных морях, указывал на некоторые особенности его распределения в зависимости от кислородного режима моря. Он подтвердил мнение исследователей о том, что фитопланктон может служить индикатором при интенсивном апвеллинге в зонах дивергенций или центрах циклонических

круговоротов. В этих районах к поверхности поднимаются воды из слоя кислородного минимума или придонные. Поэтому здесь возможен уход, а иногда и гибель морских организмов. Большой вклад в изучение химии дальневосточных морей был внесен Институтом океанологии Академии наук СССР (ИОАН) [8]. В летний, осенний и отчасти весенний периоды в 1949—1950 гг. комплекс гидрохимических исследований с анализом проб воды на содержание растворенного кислорода, кремния, аммиака, нитритов по всей акватории Охотского моря был выполнен на э/с «Витязь». Основной задачей изучения химии водной толщи моря в этих районах было получение общих химико-океанографических характеристик Охотского моря. Результаты этих комплексных исследований на э/с «Витязь» позволили получить достаточно надежную химическую характеристику Охотского моря и выявить особенности гидрохимического режима вод отдельных его районов. Работами С. В. Бруевича, А. Н. Богоявленского и др. [10] было подтверждено, что Охотское море в гидрохимическом отношении является как бы заливом Тихого океана и в основном повторяет схему его вертикальной структуры. Наряду с этим свой отпечаток здесь накладывают и процессы трансформации тихоокеанских вод в границах моря. В этих работах сделаны выводы относительно влияния сурового климата и отрицательных температур воды на характер распределения гидрохимических элементов, определены химические факторы, обуславливающие высокую биологическую продуктивность вод моря и впервые дана гидрохимическая характеристика водных масс Охотского моря.

Исследователи установили [4, 10, 30], что в Охотском море могут быть выделены следующие структурные зоны:

- поверхностные воды (до 25 м) — слой ветрового перемешивания, в котором содержание кислорода летом 100 %, весной перенасыщение достигает 130 %;

- слой (20—30 м) максимальных концентраций кислорода (14,0—16,0 мг/л), образующийся при отсутствии перемешивания в слое скачка температуры;

- холодный промежуточный слой (ХПС) (30—150 м) с отрицательными температурами в течение всего года, характеризующийся содержанием кислорода 11,5—13,0 мг/л и степенью насыщения 80—90 %;

- слой промежуточных вод (150—750 м), характеризующийся уменьшением содержания растворенного кислорода до 15—20 %;

- слой минимальных концентраций кислорода (750—1500 м) (1,0—1,5 мг/л) со степенью насыщения 10—15 %;

- глубинные воды южной котловины, заполняющие ее всю до дна (3000—3500 м). Степень насыщения кислородом возрастает до 28 %, а концентрация его составляет 2,0—3,0 мг/л.

Отмечено также, что максимальные концентрации биогенных веществ находятся в северо-восточной части моря вблизи зал. Шелихова, где содержание фосфатов достигает 100 мкг/л, а нитратов — 200—300 мкг/л.

В экспедиционных программах, организованных ИОАНОм, приняли участие 43 ведомства и учреждения. Из этих учреждений в первую очередь

следует выделить Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, созданный в 1950 г., Приморское управление гидрометслужбы, Тихоокеанский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, а также Гидрографическую службу ВМФ. Одним из примеров такого весьма плодотворного сотрудничества является организованная в 1952 г. Межведомственная дальневосточная экспедиция по изучению гидролого-гидрохимического режима Курильских проливов.

Однако обобщение всех материалов наблюдений, которые проводились до 70-х годов, не дает полного представления о гидрохимическом режиме Охотского моря. В практику современных химико-океанографических исследований вошли следующие наиболее важные для жизнедеятельности водных организмов гидрохимические показатели: биогенные элементы (нитриты, нитраты, кремний, фосфор, иногда железо), характеристика газового режима (растворенный кислород, иногда сероводород, азот), характеристика элементов карбонатной системы (водородный показатель и щелочность) и характеристика органического вещества (окисляемость, биологическое потребление кислорода, химические показатели фотосинтеза).

В послевоенный период и в дальнейшем существенный вклад в изучение гидрохимического режима вод Охотского моря внесли учреждения Государственного комитета по гидрометеорологии (Приморский, Сахалинский, Камчатский, Колымский Гидрометы). Начиная с 1946 г. гидрохимические определения выполнялись на небольших экспедиционных судах «Дальневосточник», «Гидролог», «Рассвет», «Вихрь», «Зарница», «Синоптик Ильинский». Большой комплекс гидрохимических определений был выполнен на научно-исследовательских судах ДВНИГМИ «А. И. Воейков», «Ю. М. Шокальский», «Прибой», «Океан», «Волна» и др. Сравнительно регулярно гидрохимические исследования в рыбопромысловых районах Охотского моря проводились также ТИНРО.

Результаты этих исследований послужили основой для составления справочного пособия по гидрохимии шельфовой зоны Охотского моря, вышедшего под редакцией Т. И. Супранович [42]. В этой работе был использован массив океанографических наблюдений с 1943 по 1977 г. Количество станций с определениями растворенного кислорода составило 4720, рН — 2130, щелочности (Alk) — 1766. По средним многолетним данным были построены графики внутригодовой изменчивости и сезонные карты пространственного распределения этих гидрохимических показателей. Анализ этих материалов позволил установить многолетние колебания основных гидрохимических характеристик в шельфовой зоне моря, ограниченной изобатой 300 м. Авторами отмечено, что максимальные концентрации растворенного в воде кислорода наблюдаются в весенний период, причем абсолютные его значения в северной мелководной зоне на 1,5—2,0 мг/л выше, чем в южной. Минимальные концентрации кислорода на исследуемой акватории обнаружены в осенний период и обусловлены тем, что в этот период воды Охотского моря наиболее прогреты. В период ледостава в бух. Гертнера в 1972 г. была отмечена зона с полным отсутствием кислорода. Сделан вывод

о том, что в мелководных районах моря наблюдаются значительные колебания рН (7,70—8,50) не только в течение года, но и в течение одного сезона. Экстремальные значения рН — 6,86 в Тауйской губе и 9,16 в бух. Нагаева — отмечены в летний период.

Существенным недостатком исследований учреждений Госкомгидромета, ТИНРО и других организаций, во-первых, было то, что объем гидрохимических определений ограничивался анализом проб на растворенный в воде кислород и водородный показатель; во-вторых, они проводились, как правило, на ограниченных акваториях моря (проливах Курильской островной гряды, заливах Анива, Терпения и Сахалинском, Тауйской губе, на отдельных вековых разрезах и в промысловых районах). Это привело к тому, что гидрохимия значительной части акватории Охотского моря, особенно его открытых глубоководных районов и шельфовой зоны к северу от 55° с.ш., оказалась практически неизученной. Начиная со второй половины 70-х годов происходит постепенное увеличение объема комплексных океанографических и гидрохимических исследований. Наблюдения с определением всех гидрохимических элементов проводятся не только в теплое время года, но и зимой. Улучшается качество определений вследствие оснащения судов современной аппаратурой и техникой.

Результаты этих наблюдений были обобщены и использованы для составления отчета по теме «Моря СССР» в разделе «Гидрохимия вод Охотского моря». В этом разделе, а также в работе [49] показано, что пространственная и временная изменчивость гидрохимических характеристик имеют свои специфические особенности, тесно связанные со специфическими особенностями гидрологического режима моря. Особенно наглядно это подтверждается результатами исследований содержания кислорода. Максимальные концентрации кислорода, наблюдаемые в период интенсивного развития фитопланктона (весенне-летний), находятся не на поверхности, а на горизонте 10—15 м.

Установлено также, что в холодном промежуточном слое (ХПС) особенностью распределения кислорода является то, что в шельфовой зоне содержание его на 2,8—4,3 мг/л меньше, чем в открытых районах моря (т. е. абсолютное содержание и степень насыщения уменьшаются в направлении к береговой черте).

В теплом промежуточном слое (ТПС) картина распределения кислорода иная. Максимальные концентрации кислорода наблюдаются не в открытой части моря, а в шельфовой и в водах, омывающих острова Курильской гряды. Кроме этого, установлено, что формирование зон аномального содержания кислорода (в северной мелководной части моря, в шельфовой зоне о. Сахалин и п-ова Пьягина) является результатом динамических факторов (процессов опускания и подъема вод).

Подтверждены выводы, полученные в предшествующих исследованиях, о том, что высокопродуктивными районами Охотского моря являются области с большим содержанием биогенных веществ, которые приурочены к зонам подъема и опускания в системах циклонических и антициклонических циркуляций вод.

При районировании акватории моря выделены три основные области:

- северная — к северу от 54° с. ш.;
- центральная — между 54° с. ш. и островами Курильской гряды;
- область, непосредственно примыкающая к Курильским проливам.

По материалам весенне-летней съемки 1983 г. установлено, что небольшие межсезонные колебания рН наблюдаются в распресненных районах вблизи Шантарских островов. Суточная изменчи-

вость рН (0,6) максимальна в эвтрофных слоях зал. Шелихова и связана со значительными приливными явлениями в этом районе.

Таким образом, к настоящему времени накоплен обширный материал и исследован вопрос о характерных особенностях пространственного распределения гидрохимических характеристик в основном в теплое время года. Комплексные исследования, выполненные судами ИОАН и ДВНИГМИ, позволили выявить особенности гидрохимического режима вод не только в открытых, но и в прибрежных районах Охотского моря.

2. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИХ ОБРАБОТКИ

Исходными данными для выполнения настоящей работы послужили практически все имеющиеся к настоящему времени материалы глубоководных океанографических наблюдений, проведенных на акватории Охотского моря с 1930 по 1988 г. Общее количество станций, выполненных в 876 экспедиционных рейсах, составляет 51 607. В основном это отечественные данные, но есть материалы, полученные на судах Японии и США (табл. 2.1).

Со стороны Советского Союза на акватории Охотского моря выполняли наблюдения экспедиционные суда Госкомгидромета СССР, АН СССР, ТИНРО, ТУРНИФ, Гидрографической службы КТОФ и других организаций.

Для анализа гидрологических и гидрохимических процессов, происходящих вблизи прибрежных пунктов, данные взяты из морских гидрометеорологических ежегодников и ежемесячников Охотского моря за период с 1965 по 1985 г. На основе этой информации были получены среднесезонные месячные значения температуры и солености воды для поверхностного слоя.

Несмотря на то что до середины 1988 г. в Охотском море проведено 876 рейсов, данных, собранных в любой отдельной экспедиции или даже в течение одного года, недостаточно для выделения всех особенностей гидрохимического состояния моря. Это связано с тем, что в тех экспедиционных исследованиях, которые проводились почти на всей акватории моря, расстояния между станциями были довольно велики (нередко до 80—100 миль), а океанографические съемки сильно растянуты во времени. Следует отметить, что во многих экспедициях (особенно до 50—60-х годов) не проводились даже определения солености, что характерно для экспедиционных судов ТУРНИФ и в настоящее время, а в некоторых рейсах определения гидрохимических характеристик выполнялись или не на всех станциях, или только в поверхностном слое.

Кроме того, в большинстве экспедиций по разным причинам (погодные условия, приборная база, специальные задачи рейса) не велись глубоководные наблюдения.

Во всех экспедициях, материалы наблюдений которых использованы для составления данного раздела, определение содержания растворенного кислорода производилось на борту судна иодометрическим методом (методом Винклера). Принцип метода достаточно хорошо освещен в работах [37, 38].

Абсолютное содержание растворенного кислорода выражается в миллиграммах на литр. Относительное содержание, или степень насыщения воды кислородом, выражается в процентах и рассчитывается по формулам с использованием таблиц растворимости кислорода, новый вариант которых принят и утвержден международными организациями (ЮНЕСКО, СКОР, МСИМ, МАФНО), издан в Национальном институте океанографии Великобритании (совместно с ЮНЕСКО) и рекомендован для использования в дальнейшей океанографической практике. Точность иодометрического метода принято считать равной $\pm 0,28$ мг/л.

Из элементов карбонатной системы в океанографических экспедициях определялись водородный показатель (рН) и щелочность (*Alk*). В ранних экспедиционных исследованиях рН определялось колориметрическим методом с использованием борно-боратных буферных растворов Палича, а в некоторых странах (Япония) с использованием борно-боратных буферных растворов Мак-Клендона. Сущность этого метода хорошо изложена в руководствах по морским исследованиям [6, 37, 38, 47]. Значения рН выражаются в единицах Серенсена с введением температурных поправок, практически одинаковых для обеих буферных систем. Степень точности визуального колориметрирования находится в пределах $\pm (0,02—0,03)$ единицы рН.

Второй метод — потенциометрический (электрометрический) — наиболее объективный и точный. Измерение рН производят с помощью приборов рН-метров (типа ЛПУ-01, рН-121 и др.), а в настоящее время — иономеров ЭВ-74 и др. Принцип этого метода изложен в [37, 47]. Точность потенциометрического метода определения рН зависит от класса точности приборов и прилагаемых к ним электродов и составляет $\pm (0,01—0,02)$.

В настоящей работе значения рН морской воды выражены в единицах Серенсена; результаты опре-

Таблица 2.1

Объем океанографических исследований, выполненных отдельными государствами в Охотском море

Страна	Количество рейсов	Количество станций	Период работ
СССР	767	49 237	1930—1988
Япония	105	2 342	1932—1948, 1954, 1957—1976
США	4	28	1962—1963

деления водородного показателя различными методами в морских экспедициях оказались сопоставимыми.

Щелочность морской воды (*Alk*) определяется ацидиметрическим методом прямого титрования

Щелочность выражают в миллимолях на литр. Химико-аналитическими методами общая щелочность измеряется с погрешностью $\pm 0,005$ ммоль/л (в стационарных условиях с точностью до $\pm 0,003$ ммоль/л).

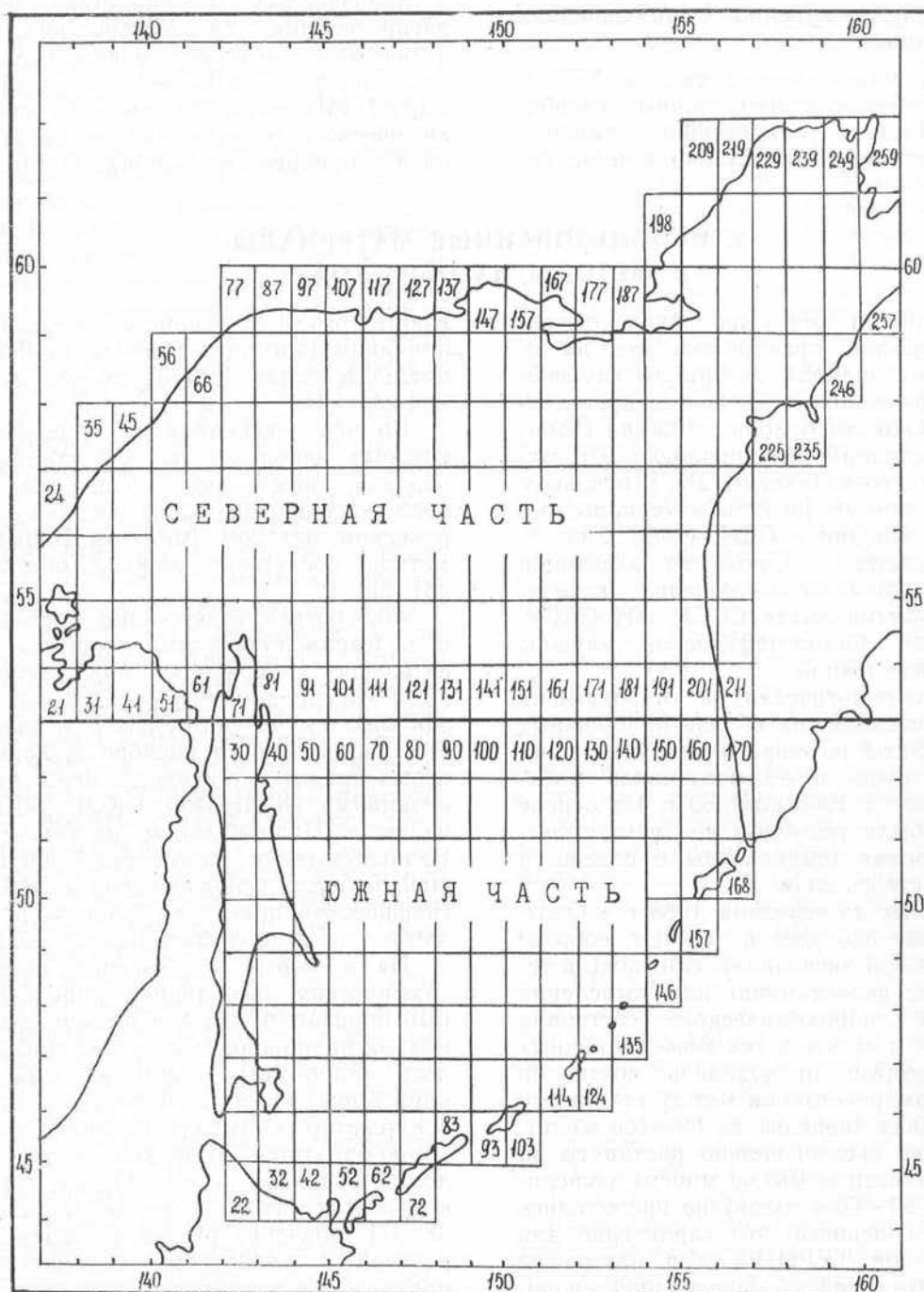


Рис. 2.1. Схема одноградусных квадратов осреднения океанографических данных на акватории Охотского моря.

соляной кислотой в присутствии индикатора и электрометрическим (потенциометрическим) методом. Электрометрический метод определения общей щелочности основан на измерении концентрации водородных ионов $[H^+]$ в процессе прямого титрования пробы раствором соляной кислоты. Этот метод отличается от предыдущего тем, что титрование производят автоматически, а pH морской воды измеряют с помощью прибора pH-340. Принцип обоих методов и вычисление результатов подробно изложены в наставлениях [37, 38, 47].

Кроме абсолютного значения щелочности, в океанографической практике широко распространены понятия щелочного и щелочно-хлорного коэффициентов. Эти расчетные величины зависят от солености и хлорности морской воды и выражаются формулами $(Alk/S \text{‰}) \cdot 10^4$ (щелочной коэффициент) и $(Alk/Cl \text{‰}) \cdot 10^4$ (щелочно-хлорный коэффициент).

Для определения веществ, содержащихся в морской воде в малых количествах (биогены), используют колориметрические методы.

Методика определения фосфатов в различных экспедициях была в принципе единой. Наиболее чувствительным методом определения фосфора в виде фосфатов является колориметрический метод уравнивания окраски по Дениже—Аткинсу.

метров различных систем и разной степени их загрязнения.

В основу определения кремнекислоты положен метод Динерта и Ванденбульке, примененный Аткинсом в 1923 г. для морской воды. В дальней-

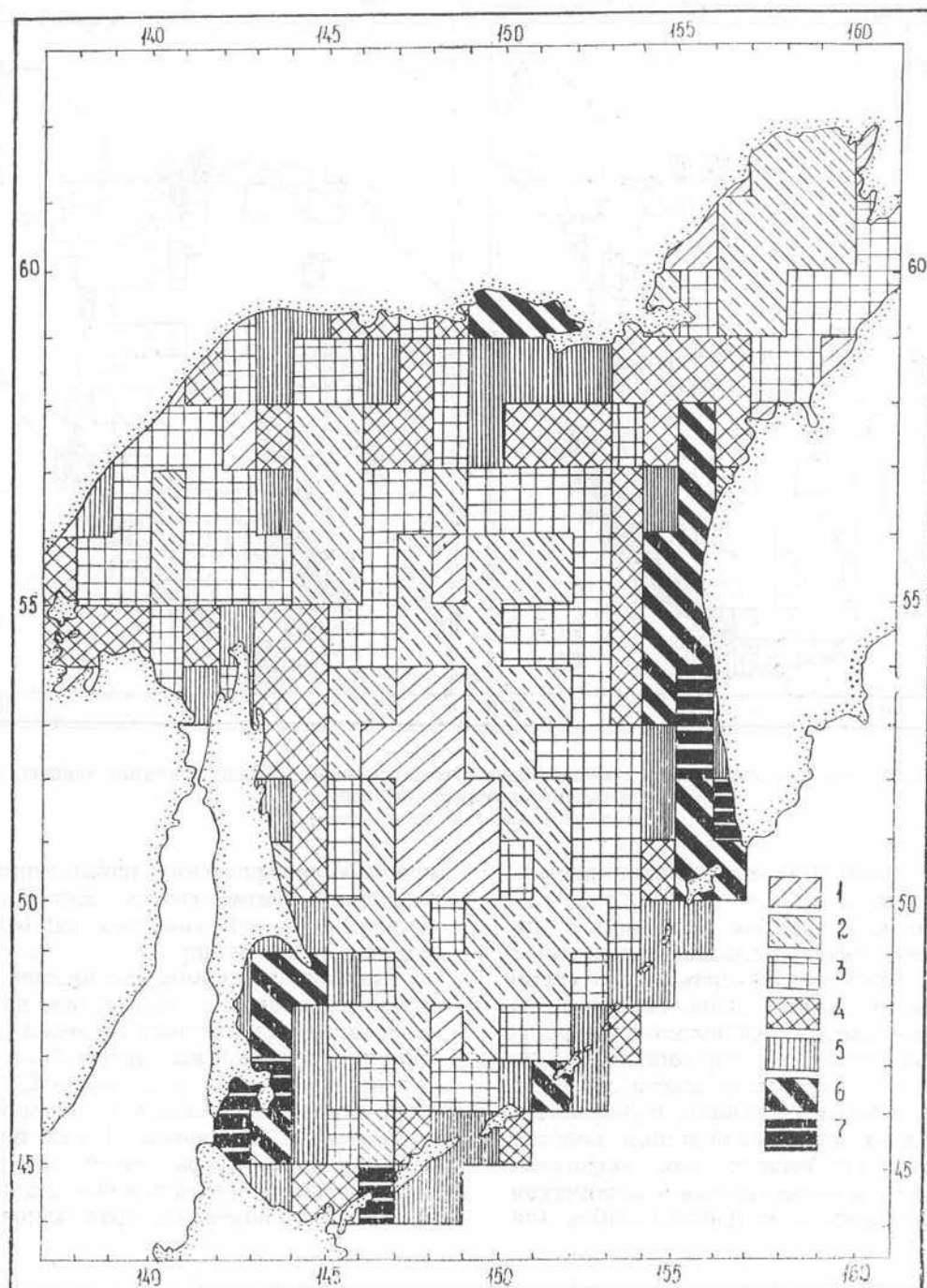


Рис. 2.2. Плотность распределения океанографических станций по акватории Охотского моря.

1) до 25; 2) 26—50; 3) 51—100; 4) 101—200; 5) 201—500; 6) 501—1000; 7) более 1000.

Принцип метода и вычисление результатов подробно описаны в наставлениях [37, 38, 47]. Все данные определения вычисляют с точностью до 0,1 мкг/л при концентрации фосфора менее 10 мкг/л, до 1 мкг/л при концентрации фосфора более 10 мкг/л. Встречающиеся иногда расхождения в наблюдениях разных экспедиций могут быть результатом суточной, сезонной, многолетней изменчивости, а также результатом использования бато-

шем этот метод несколько модифицировался зарубежными и отечественными исследователями. Все модификации дают возможность определять почти всю истинно растворенную кремнекислоту в морской воде. Принцип метода и вычисление результатов рассматриваются в наставлениях для морских вод [37, 38, 47]. Точность колориметрического метода определения кремния с учетом всех возможных ошибок (субъективных, влияния концен-

трации растворов, продолжительности хранения проб, времени развития окраски в колориметрируемых растворах, влияния температуры в стандарте и в исследуемой пробе морской воды) составляет

стоты используемых реактивов в анализе, продолжительности хранения проб и т. д.) составляет 0,1 мкг/л.

До систематизации всех имеющихся материа-

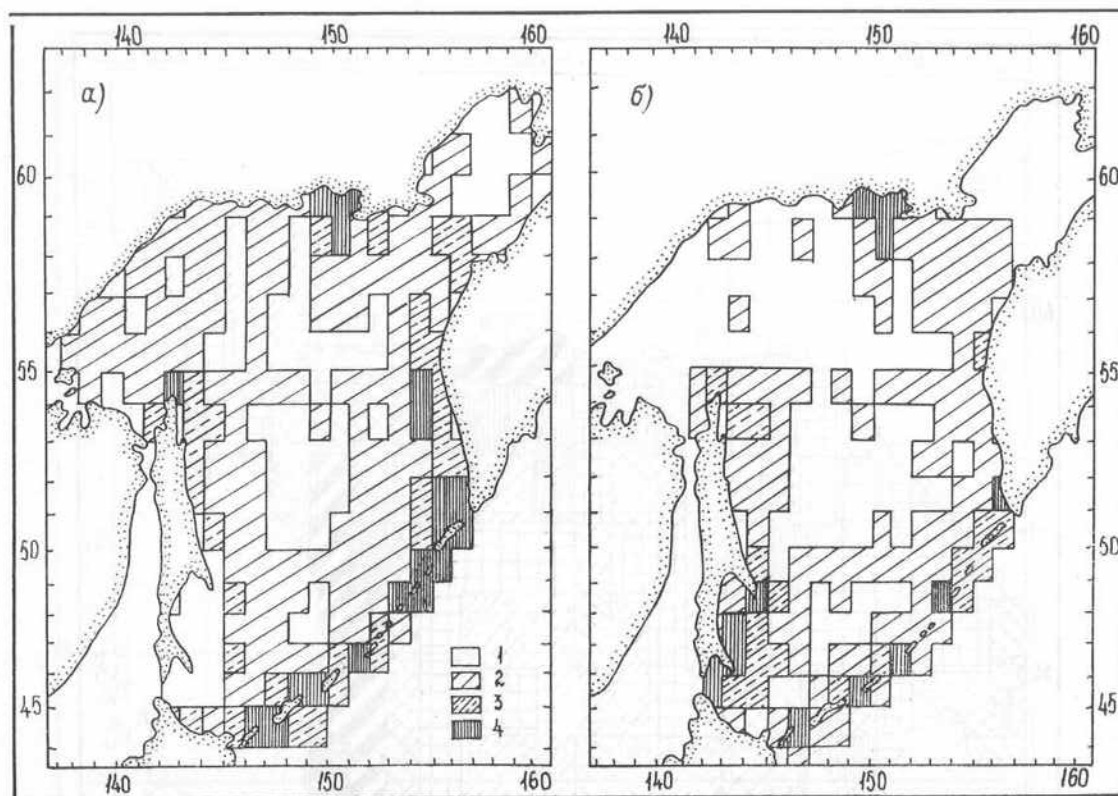


Рис. 2.3. Плотность распределения по акватории Охотского моря океанографических станций с определениями кислорода (а) и рН (б).
1) до 10; 2) 11—50; 3) 51—100; 4) более 100.

1—50 мкг/л при различном содержании кремнекислоты в морской воде.

В советских и иностранных экспедициях нитритный азот (нитриты) определялся колориметрическим методом Грисса — Илосвая с некоторыми модификациями в различные годы. Принцип метода и формы вычисления результатов подробно изложены в руководствах по морским водам [6, 37, 38, 47]. Метод довольно прост, достаточно удобен для работы в судовых условиях, и результаты определений в различных экспедициях сопоставимы. Точность метода определения нитритного азота (с визуальным и объективным колориметрированием) с учетом всех возможных ошибок (чи-

лов океанографических наблюдений и расчета на их основе статистических характеристик был выполнен контроль качества данных, который проводился в два этапа.

На первом из них, аналогично [3, 15, 32], выяснялось, входит ли конкретное значение элемента в интервал, заключенный между его верхним и нижним значениями, когда-либо наблюдаемыми в природе, и если нет, то оно браковалось. Затем все данные наблюдений интерполировались на стандартные горизонты. Была принята линейная интерполяция, что связано со следующим. Большое количество гидрологических станций имело пропуски в наблюдениях, либо данные некоторых го-

Таблица 2.2

Количество определений кислорода и рН в Охотском море за период с 1930 по 1988 г.

Горизонт, м	Кислород					рН				
	Зима	Весна	Лето	Осень	Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
0	432	3367	3208	2229	9236	164	1789	3166	1340	6459
30	316	2745	3208	2009	8278	164	1370	2630	1211	5375
50	338	2514	3208	1897	7957	156	1265	2207	1203	4831
100	342	1338	3114	1568	6362	158	968	1584	985	3695
200	298	1404	1892	1029	4623	143	779	1055	595	2572
500	200	678	948	544	2370	109	419	598	325	1451
1000	80	380	492	190	1142	42	268	363	238	911
2000	18	121	160	62	361	—	90	22	52	164
3000	—	35	8	19	62	—	28	5	10	43

ризонтов были забракованы, поэтому применение других схем интерполяции, в которых на каждом этапе расчетов участвуют данные более двух горизонтов, могло привести к существенным ошибкам.

Следует отметить, что если на поверхности отмеченная выше процедура «чистки» данных является малоэффективной за счет значительной пространственной изменчивости значений элементов, то по мере роста глубины и уменьшения простран-

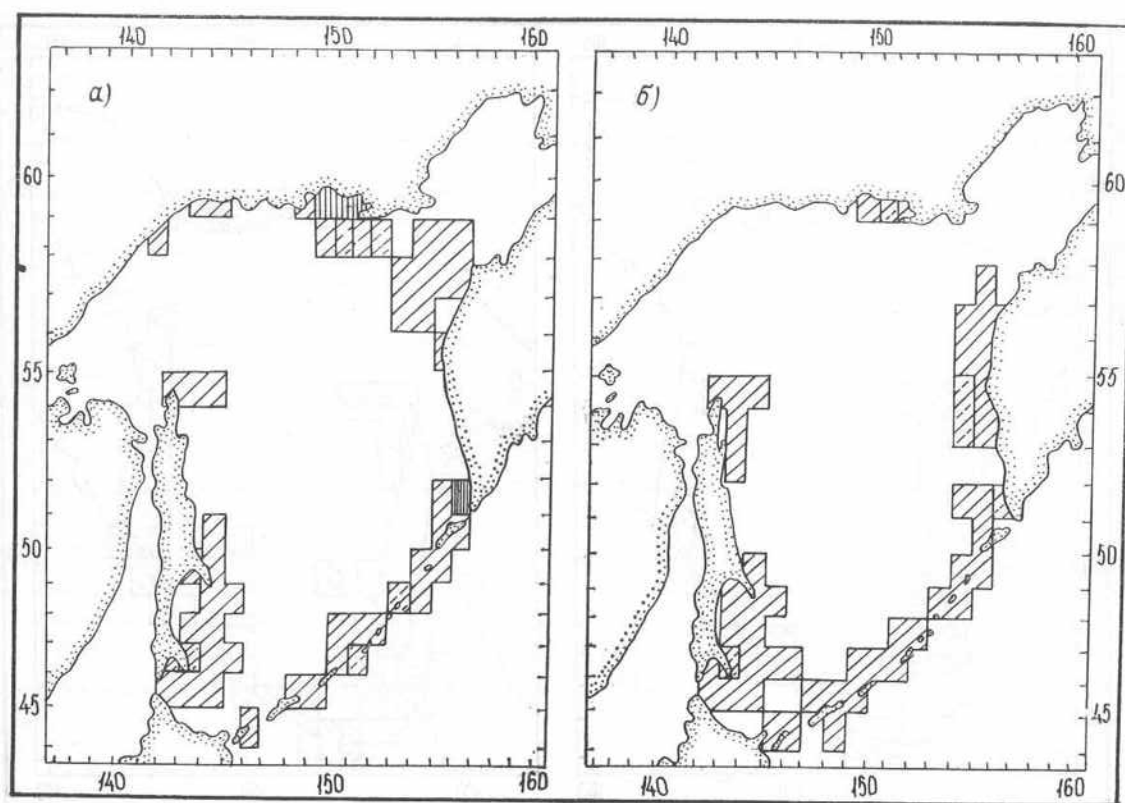


Рис. 2.4. Плотность распределения по акватории Охотского моря океанографических станций с определениями щелочности (а) и фосфатов (б).
Усл. обозначения см. рис. 2.3.

На втором этапе «чистки» вначале проводилась разбивка всего имеющегося массива на месячные наборы, затем в каждом из них на конкретных горизонтах и для всех наблюдаемых элементов находились их средние значения, а также среднеквадратические отклонения. Значения, которые в рассматриваемых месячных наборах выходили за пределы $x \pm 3\sigma$, браковались.

Конечно, данная процедура не является идеальной. Наиболее достоверной, на наш взгляд, является «чистка» данных в пределах локальных и однородных в гидрологическом отношении регионов. Однако здесь возникают дополнительные сложности их корректного выделения.

Существенной изменчивости значений на исследуемой акватории роль данного фильтра возрастает. Таким образом, по меньшей мере «грубые выбросы», а также случайные значения отбраковывались.

Далее вся оставшаяся информация была отсортирована в одноградусные квадраты. В процессе сортировки исключались также «дубли» гидрологических станций, являющиеся неизбежным следствием обобщения массового материала наблюдений, взятого из различных источников.

Учитывая большой объем использованного массива океанографических данных, поквартная сортировка была проведена отдельно для северной и южной частей Охотского моря. Местополо-

Таблица 2.3

Количество определений щелочности и фосфатов в Охотском море за период с 1930 по 1988 г.

Горизонт, м	Щелочность					Фосфаты				
	Зима	Весна	Лето	Осень	Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
0	35	871	1299	718	2923	55	750	446	228	1479
30	16	612	975	416	2019	55	553	446	150	1204
50	19	518	791	428	1756	62	532	446	168	1208
100	21	427	444	408	1300	62	466	451	166	1145
200	17	283	178	214	692	44	314	306	177	841
500	9	120	69	106	304	25	132	187	76	420
1000	10	58	34	88	190	13	49	43	41	146
2000	4	24	7	22	57	3	3	3	10	19
3000	—	7	3	8	18	—	—	—	5	5

жение одноградусных квадратов для обеих частей моря представлено на рис. 2.1.

Далее для каждого квадрата были рассчитаны средние, максимальные, минимальные значения и среднеквадратические отклонения всех элементов,

Анива, Тауйская губа и шельф вблизи п-ова Камчатка) насчитывается от 500 до 2500 гидрологических станций в одном квадрате.

Однако представленное выше распределение океанографической информации (см. рис. 2.2) дает

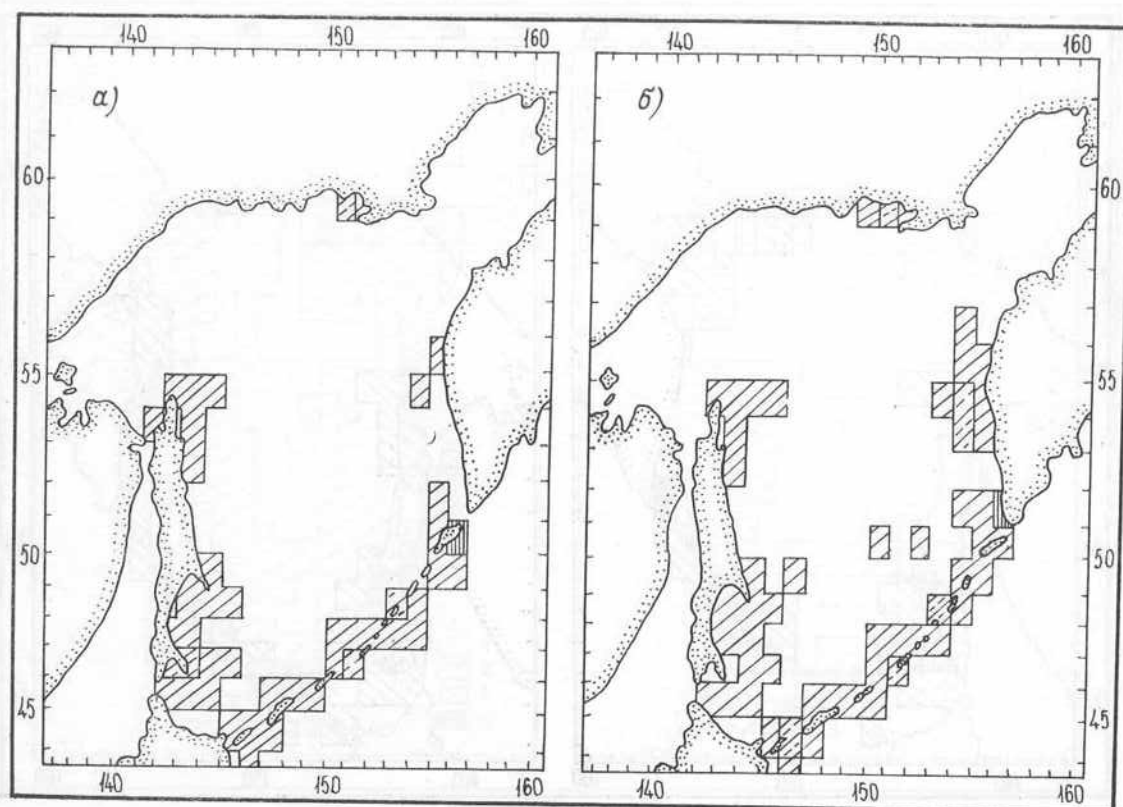


Рис. 2.5. Плотность распределения по акватории Охотского моря океанографических станций с определениями нитритов (а) и силикатов (б).

Усл. обозначения см. рис. 2.3.

а также на всех стандартных горизонтах. Указанные статистики отнесены к центрам соответствующих квадратов.

В процессе построения карт и графиков проводилась дополнительная оценка качества с учетом режима вод Охотского моря.

Плотность распределения океанографических станций по акватории моря представлена на рис. 2.2. Как видно, наименее освещенными (до 50 гидрологических станций в одноградусном квадрате за весь период наблюдений) оказались открытые районы моря. По мере приближения к берегам плотность информации возрастает и в отдельных районах (например, заливы Терпения и

лишь сведения о выполненных станциях без учета полноты объема наблюдений. Следует также иметь в виду, что на значительном числе станций определялась только температура воды. В результате оказалось, что число океанографических станций, на которых производились определения конкретных гидрохимических элементов, составило незначительную часть общего объема выполненных работ в море. Так, если общее число гидрологических станций составляет 51 607, то растворенный кислород определялся на 9236, рН — на 6459, щелочность — на 2923, фосфаты — на 1479, силикаты — на 2239, нитриты — на 1637 гидрологических станциях.

Таблица 2.4

Количество определений силикатов и нитритов в Охотском море за период с 1930 по 1988 г.

Горизонт, м	Силикаты					Нитриты				
	Зима	Весна	Лето	Осень	Год	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
0	132	738	1059	310	2239	81	529	746	281	1637
30	103	509	781	168	1561	47	427	457	139	1070
50	125	469	673	211	1478	72	407	400	187	1066
100	123	421	530	263	1337	76	345	281	232	934
200	110	299	352	157	918	69	248	172	134	623
500	83	142	208	104	537	53	137	96	76	362
1000	23	73	83	58	237	9	69	32	60	170
2000	8	11	8	12	39	5	17	5	14	41
3000	—	—	2	3	5	—	5	—	—	5

Плотность распределения по акватории Охотского моря гидрологических станций, на которых проводились определения растворенного кислорода и рН, представлена на рис. 2.3. Эти элементы на исследуемой акватории определялись чаще всего (не считая температуры и солености воды), но, как следует из представленного рисунка, только на отдельных периферийных участках моря (Тауйская губа и ее подходы, шельфовые районы о. Сахалин и п-ова Камчатка, а также проливы Курильской гряды) их количество за всю историю исследований превышает 100. В центральной же части Охотского моря оно не превышает 5—40 станций, причем количество определений рН значительно меньше, чем растворенного кислорода.

Так же неравномерно распределены данные о содержании растворенного кислорода и рН в течение года и по глубине. Минимум информации приходится на зимний период (январь—март). На горизонте 200 м количество наблюдений за этими элементами вдвое меньше, чем в поверхностном слое, а на глубине 3000 м их число не превышает нескольких десятков на всей акватории моря (табл. 2.2).

Плотность распределения по акватории Охотского моря океанографических станций с определением щелочности и фосфатов представлена на рис. 2.4. Как видно, на преобладающей части исследуемой акватории число наблюдений не пре-

вышает 10, и только по мере приближения к берегам плотность информации возрастает до 50—100 серий в одноградусном квадрате. Только в Тауйской губе станций с определением щелочности оказывается больше 100.

С глубиной количество определений щелочности и фосфатов резко уменьшается (табл. 2.3). Уже на горизонте 100 и 200 м их около половины по отношению к поверхностному слою, а на глубине 3000 м имеются только единичные наблюдения. Незначительное количество наблюдений приходится на зимнее время (табл. 2.3).

Станций, на которых определялись нитриты и силикаты на исследуемой акватории, явно недостаточно (рис. 2.5). На подавляющей части моря количество наблюдений за этими характеристиками в одноградусных квадратах не превышает 10. Только в прибрежных участках южной части Охотского моря оно возрастает до 50, а в редких случаях достигает 100 наблюдений в отдельных квадратах.

Неравномерно распределена имеющаяся информация и в течение года. Минимум ее приходится на осенне-зимнее время (табл. 2.4). С глубиной (в течение всего года) количество наблюдений резко уменьшается. Уже на горизонтах 100 и 200 м их количество, как правило, уменьшается вдвое, а на глубинах 2000 м и ниже имеются только единичные определения нитритов и силикатов (табл. 2.4).

3. СОЛЕВОЙ СОСТАВ

В водах Мирового океана растворены практически все известные химические элементы. Вода, заполняющая океанические впадины, представляет собой сложный солевой раствор, происхождение которого является важнейшей составной частью проблемы происхождения и истории развития океанов.

Гидросфера представляет собой результат длительной истории развития Земли как планеты в результате разогрева, плавления и дифференциации ее мантии [13, 22].

При обособлении водной массы летучие компоненты концентрируются в мантии, и эта фаза становится сложным химическим раствором, включающим разнообразный набор компонентов. В результате плавления и дегазации мантии на поверхность Земли поступает базальтовая магма, содержащая растворенные газы и H_2O [13]. Одним из механизмов поступления воды на поверхность является процесс выделения огромных масс водяного пара при вулканических извержениях и химическое освобождение связанной воды в ходе выветривания магматических пород. Выявлен еще один мощный источник ее поступления — выход ювенильных (глубинных) вод или рассолов (соленость до 270 ‰) в вулканических областях и рифтовых зонах на дне океана [13].

В настоящее время считается, что вода океана — это первый ювенильный раствор, приспособленный к поверхностным условиям существования. Представление о глубинном, ювенильном происхождении вод океана основывается также на сходстве солевого состава океанических вод и глу-

бинных, выделяемых при вулканических процессах [13].

Оказавшись на поверхности, ювенильный раствор приспосабливается к новым условиям и изменяет свой состав. За счет активного воздействия органической жизни это приспособление сводится к существенному уменьшению содержания в растворе таких компонентов, как углерод, азот, сера.

Согласно представлениям П. А. Каплина и О. К. Леонтьева [22], эволюция вод океана в количественном отношении сводится к постепенному увеличению объема, а в качественном (состав солей) — к эволюции в сторону возрастания щелочности.

Под основным солевым составом (ОСС) океанической воды подразумевается содержание в ней катионов (натрия, магния, кальция, стронция) и анионов (хлоридов, сульфатов, карбонатов и бикарбонатов, бромидов, фторидов и борной кислоты) [9]. Элементами ОСС морских и океанических вод принято называть растворенные в воде в виде ионов 11 элементов: Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , K^+ , Br^- , HCO_3^- , Sr^{2+} , F^- и молекул недиссоциированной H_3BO_3 . По своей массе они составляют 99,9993 % растворенных в океане химических элементов. При объеме вод Мирового океана $1,37 \cdot 10^9$ км³ и среднем значении суммы главных ионов 34,887 ‰ по массе ОСС достигает $47,80 \cdot 10^{15}$ т. Группа «основных» элементов выделена с учетом их преобладания и наибольшего постоянства их содержания в различных районах и на разных глубинах морей и океанов. Результаты

анализов ОСС принято выражать в ионной форме — в ‰ по массе.

Сведения о содержании ОСС океанической воды позволяют при отдельных гидрологических ситуациях (смещение различных водных масс) подменить процессы адсорбции, выпадения или растворения труднорастворимых солей, особенно в придонных и глубинных водах.

В то же время современное состояние методов химического анализа не позволяет по ОСС выделить тонкие различия между водными массами различного происхождения, в частности между водами различных океанов [12].

Первые достоверные изменения содержания суммы солей в морской воде были выполнены английским физиком и химиком Робертом Бойлем в 70-х годах XVII в. На основе анализа проб морской воды, отобранных у берегов Англии, им впервые было высказано предположение о постоянстве солевого состава морской воды.

В течение XVIII и XIX вв. исследования солевого состава морской воды продолжались химиками различных стран мира: Бергманом (1777 г.), Лавуазье (1777 г.), Ленцем (1831 г.), Форхаммером (1865 г.) и другими, которые подтвердили предположение Бойля о постоянстве ОСС морской воды. Ленц в отчете о своем кругосветном путешествии писал: «Соотношение различных солей, содержащихся в морской воде, на всех широтах одинаково, и только общее их содержание по отношению к воде, в которой они растворены, изменяется в зависимости от географического положения местности» [25].

Крупнейшим этапом в изучении ОСС океанической воды был полный анализ 77 проб, собранных в кругосветной экспедиции на «Челленджере» (1873—1876 гг.). Из этих 77 проб 33 были взяты в Тихом океане.

Анализ проб с большой точностью был выполнен в 1878—1882 гг. профессором Дитмаром. В 1930—1960 гг. Томпсон и Робинсон (1932 г.), Лимен и Флеминг (1940 г.), Свердруп (1942 г.) и другие предприняли попытки уточнить соотношение и содержание элементов ОСС, которые показали, что до настоящего времени результаты Дитмара остаются достаточно полными, точными и репрезентативными для всего Мирового океана [5].

Анализ вод северо-западной части Тихого океана на ОСС был выполнен Мияке (1939 г.), Чукаи и Шиокава (1955 г.).

Солевая масса вод дальневосточных морей (Японского, Охотского и Берингова) исследовалась по данным Тихоокеанской экспедиции ГГИ в 1932—1933 гг. на рыбных траулерах «Гагара» и «Дальневосточник». В гидрохимической лаборатории ГГИ по данным Тихоокеанской экспедиции были исследованы 10 проб с определением ОСС вод Охотского моря, 9 проб вод северной части Берингова моря и одна проба из центральной части Японского моря [35, 36].

Химический состав вод в Охотском море зависит от происхождения самих вод, условий водообмена с водами Тихого океана, пресноводного стока, биологических и химических процессов. Определенное влияние на содержание элементов ОСС имеют гидрологические процессы, их сезонная изменчивость. Так, например, при ледообразовании и таянии морских льдов (имеющих соленость 0,5—2 ‰)

16

Таблица

Солевой состав вод Охотского моря (по материалам Тихоокеанской экспедиции ГГИ 1932 г. на р/т «Гагара» [35, 36])

Координаты, месяц	Глуби- на, м	Компонент	‰ по массе	% от сум- мы солей	ммоль		
Курильская котловина							
46°41' с. ш., 147°28' в. д., июль	40	Na ⁺ + K ⁺ *	10,310	32,2	448,4		
		Ca ²⁺	0,368	1,2	18,3		
		Mg ²⁺	1,114	3,5	91,6		
		SO ₄ ²⁻	2,253	7,0	46,9		
		Cl ⁻	18,060	56,0	509,3		
	2500	HCO ₃ ⁻	0,136	0,4	2,2		
		Na ⁺ + K ⁺	10,270	30,6	447,0		
		Ca ²⁺	0,372	1,1	18,5		
		Mg ²⁺	1,169	3,5	96,1		
		SO ₄ ²⁻	2,396	7,2	49,8		
		Cl ⁻	19,130	57,2	539,4		
		HCO ₃ ⁻	0,149	0,4	2,4		
		Центральная часть моря					
		53°09' с. ш., 148°32' в. д., август	300	Na ⁺ + K ⁺	10,500	31,4	456,6
Ca ²⁺	0,392			1,2	19,5		
Mg ²⁺	1,261			3,8	103,6		
SO ₄ ²⁻	2,602			7,8	54,1		
Cl ⁻	18,560			55,4	523,4		
1212	HCO ₃ ⁻		0,140	0,4	2,2		
	Na ⁺ + K ⁺		10,800	31,4	469,4		
	Ca ²⁺		0,399	1,2	19,4		
	Mg ²⁺		1,296	3,8	106,5		
	SO ₄ ²⁻		2,665	7,8	55,4		
	Cl ⁻		19,080	55,4	538,0		
	HCO ₃ ⁻		0,142	0,4	2,3		
	Северо-западная часть моря						
	55°04'5 с. ш., 142°56'5 в. д., август		25	Na ⁺ + K ⁺	10,670	33,1	463,9
Ca ²⁺		0,319		1,0	15,9		
Mg ²⁺		0,932		3,0	76,6		
SO ₄ ²⁻		1,942		6,0	40,4		
Cl ⁻		18,220		56,5	513,8		
40		HCO ₃ ⁻	0,138	0,4	2,2		
		Na ⁺ + K ⁺	10,140	31,3	441,0		
		Ca ²⁺	0,393	1,2	19,6		
		Mg ²⁺	1,218	3,8	100,1		
		SO ₄ ²⁻	2,543	7,9	52,9		
100		Cl ⁻	17,930	55,4	505,6		
		HCO ₃ ⁻	0,137	0,4	2,2		
		Na ⁺ + K ⁺	10,370	31,4	450,8		
		Ca ²⁺	0,399	1,2	19,9		
		Mg ²⁺	1,241	3,8	102,0		
165		SO ₄ ²⁻	2,564	7,8	53,3		
		Cl ⁻	18,340	55,4	517,2		
		HCO ₃ ⁻	0,136	0,4	2,2		
		Na ⁺ + K ⁺	10,410	31,3	452,5		
		Ca ²⁺	0,403	1,2	20,1		
		Mg ²⁺	1,253	3,8	103,0		
165		SO ₄ ²⁻	2,566	7,7	53,4		
		Cl ⁻	18,440	55,5	520,2		
		HCO ₃ ⁻	0,138	0,4	2,2		
	Впадина ТИНРО						
55°36' с. ш., 153°02' в. д., сентябрь	25	Na ⁺ + K ⁺	10,280	31,4	446,7		
		Ca ²⁺	0,384	1,2	19,1		
		Mg ²⁺	1,223	3,7	100,5		
		SO ₄ ²⁻	2,556	7,8	53,2		
		Cl ⁻	18,120	55,5	510,9		
		HCO ₃ ⁻	0,139	0,4	2,2		

Координаты, месяц	Глубина, м	Компонент	‰ по массе	% от сум- мы солей	ммоль/л
55°36' с. ш., 153°02' в. д., сентябрь	490	Na ⁺ + K ⁺	10,540	31,4	408,31
		Ca ²⁺	0,394	1,2	19,66
		Mg ²⁺	1,266	3,8	104,12
		SO ₄ ²⁻	2,627	7,8	54,69
		Cl ⁻	18,620	55,4	525,09
		HCO ₃ ⁻	0,141	0,4	2,31

* Na⁺ + K⁺ вычислен по разности.

в верхнем 10-метровом слое соотношение ионов ОСС может существенно отличаться от ОСС океанической воды [5]. На особенности распределения концентрации ионов ОСС должны влиять особенности горизонтальной и вертикальной циркуляции вод, существующие потоки течений, переносящие водные массы различного происхождения.

Имеющиеся определения ОСС вод Охотского моря можно считать лишь предварительными. Они выполнены на различных глубинах моря, их общее количество не позволяет выявить особенности в изменчивости содержания отдельных элементов в различных районах моря (табл. 3.1). Результаты Тихоокеанской экспедиции ГГИ (1932—1933 гг.) позволяют судить лишь об общей концентрации химических элементов в водах Охотского моря. Если соотношение концентраций между элементами ОСС и их суммой практически остается постоянным на различных глубинах и в разных районах моря, то общей закономерностью распределения почти всех элементов ОСС является увеличение содержания их с глубиной в направлении от поверхности моря ко дну. При этом наиболее существенные изменения в содержании элементов ОСС с глубиной приходятся на ионы хлора. Значитель-

ное увеличение содержания хлора (до 0,5 ‰) наблюдается в верхнем 200-метровом слое, и соответственно увеличивается вблизи дна Курильской котловины на глубине 2500 м (до 19,1 ‰) [35, 36].

Под влиянием пресноводного стока с суши общее содержание ионов хлора в поверхностном слое уменьшается в направлении к береговой зоне и изменяется от 18,2 ‰ в центральных районах моря до 13,8 ‰ в его северо-западной части.

Общая концентрация элементов ОСС вод Охотского моря по сравнению с водами Берингова и Японского морей почти на 1 % меньше (по сумме катионов на 0,3—0,4 %, а по сумме анионов на 0,5—0,6 %). При этом концентрация почти всех основных ионов в водах Охотского моря меньше, чем в водах других морей (табл. 3.2). Уменьшение суммы солей происходит за счет ионов хлора (до 0,3—0,4 ‰), сульфатов кальция (до 0,1—0,2 ‰) и магния (до 0,04 ‰) и, по-видимому, обусловлено большим объемом поступления речных вод в Охотское море по сравнению с Беринговым и Японским морями.

Обращает на себя внимание, что суммарные концентрации основных солей Берингова и Японского морей довольно близки к солености вод Мирового океана (34,33 ‰).

Воды Японского моря по своему составу наиболее близки к ОСС вод Мирового океана не только по сумме солей, но и по содержанию отдельных компонентов. Особенностью ОСС вод Японского и Берингова морей является то, что по сумме анионов они очень близки, а по сумме катионов различаются до 0,1 ‰.

В водах Берингова моря по сравнению с Японским и Охотским морями больше содержится кальция (Ca²⁺) и сульфатов (SO₄²⁻), в Японском море по сравнению с Беринговым и Охотским морями — хлора (Cl⁻) и магния (Mg²⁺).

Таблица 3.2

Солевой состав вод дальневосточных морей СССР

Компонент	Охотское море [35, 36]		Берингово море ¹ [36]		Японское море ² [36]		Мировой океан ³	
	‰ по массе	% от сум- мы солей	‰ по массе	% от сум- мы солей	‰ по массе	% от сум- мы солей	‰ по массе	% от сум- мы солей
Na ⁺	10,499	31,7	10,380	30,7	10,450	30,9	10,498	30,6
Mg ²⁺	1,197	3,6	1,236	3,7	1,248	3,7	1,292	3,7
Ca ²⁺	0,382	1,2	0,427	1,2	0,400	1,2	0,411	1,2
K ⁺	—	—	0,350	1,0	0,412	1,2	0,385	1,1
Σ _и (+)	12,078	36,5	12,393	36,6	12,500	37,0	12,586	36,6
Cl ⁻	18,450	55,6	18,760	55,1	18,850	55,3	18,971	55,3
SO ₄ ²⁻	2,471	7,5	2,622	7,7	2,570	7,1	2,635	7,7
HCO ₃ ⁻	0,140	0,4	0,149	0,4	0,141	0,4	—	—
CO ₃ ²⁻	—	—	—	—	—	—	0,071	0,2
Br ⁻	—	—	0,069	0,2	—	—	0,065	0,2
Σ _и (—)	21,061	62,5	21,600	63,4	21,561	62,8	21,742	63,4
Сумма	33,139	100,0	33,993	100,0	34,061	99,8	34,328	100,0

¹ Приведены средние значения ст. 68 (58°59' с. ш., 174°24' в. д.) [36].

² Для Японского моря известно лишь одно определение солевого состава (39°00' с. ш., 135°15' в. д., горизонт 10 м) [36].

³ Данные взяты из [5].

4. ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ

Тесный контакт морей и океанов с атмосферой обуславливает постоянное присутствие в морской воде всех газов из состава атмосферы [2], соотношение которых представлено в табл. 4.1.

Кроме вышеперечисленных в таблице компонентов, в океан из атмосферы поступают и микропримеси таких газов, как H_2O_2 , O_3 , NO_2 , NO_3 , H_3BO_3 и др. Биохимические процессы продуцирования и деструкции органического вещества поставляют в водный раствор или удаляют из него кислород, углекислый газ, метан, аммиак, сероводород и другие газы. Газовый режим водных масс определяется совокупностью всех действующих в морях и океанах биохимических, химических, физических и гидродинамических процессов.

Источниками двуокиси углерода (CO_2) в морях и океанах служат процессы окисления органических веществ непосредственно в воде и в донных отложениях. К ним также относятся дыхание водных организмов, различные виды биохимического распада и окисление органических остатков. Кроме этого, двуокись углерода и продукты ее взаимодействия с осадочными породами выносятся в океан материковым стоком. Процессом, уменьшающим содержание двуокиси углерода, прежде всего является фотосинтетическая деятельность водорослей. Большое значение имеет взаимодействие океана с атмосферой, в результате которого морская вода поглощает или выделяет углекислый газ.

Содержание нейтральных газов (Ar, Ne, He и др.) в водной массе морей и океанов регулируется температурой воды, атмосферным давлением и вертикальным обменом в поверхностном слое моря. В работе [2] установлено, что практически для всех этих газов концентрации в воде очень близки к значениям, которые следует ожидать при их поступлении из атмосферы.

Растворенные газообразные углеводороды (метан и другие) присутствуют в морской воде в очень малых концентрациях. Химико-аналитические трудности при их определении не позволяли детально изучить режим этих компонентов. Основными источниками газообразных углеводородов в морской среде являются: растворение атмосферных компонентов; загрязнение акваторий нефтепродуктами; биохимическое разложение органических остатков анаэробными бактериями в водной толще; распад белков, жиров и углеводов в процессе диагенетического преобразования органических веществ донных отложений и др. Роль каждого из вышеперечисленных источников определяется местными условиями, и соответственно меняются качествен-

ный и количественный состав углеводородов и их распределение в водной толще.

Нахождение сероводорода в морской воде связано с существованием в отдельных районах морей и океанов анаэробных (с отсутствием кислорода) зон, где основным фактором является превышение скорости потребления кислорода на биохимическое окисление органических веществ над скоростью его поступления при слабой вертикальной циркуляции вод и высокой первичной продукции. Источниками сероводорода в морях и океанах являются процессы гниения серосодержащих органических соединений и восстановления сульфатов специфическими бактериями (сульфат-редукция). В открытых районах морей и океанов, где вентиляция глубинных слоев протекает достаточно интенсивно, сероводород не обнаруживается. Присутствие в воде растворенного кислорода является обязательным условием для существования подавляющего большинства организмов. С ним связана интенсивность химических и главным образом биохимических процессов, протекающих в водной толще. В конечном счете содержание растворенного кислорода определяет окислительно-восстановительный режим морской воды [2, 9].

Уровень концентрации кислорода в любой точке водной массы определяется соотношением окислительных и восстановительных процессов. Процессы обмена с атмосферой и внутри водной толщи из-за своей большой скорости играют значительную роль в перераспределении кислорода между отдельными слоями и районами океана [5].

4.1. Особенности вертикального распределения растворенного кислорода

Вертикальное распределение растворенного кислорода в Охотском море неравномерное. Выделенные характерные кривые вертикального распределения растворенного кислорода, представленные на рис. 4.1 и 4.2, являются отражением и следствием процессов, происходящих в толще вод Охотского моря, а также атмосферных возмущений, протекающих над его поверхностью.

По содержанию кислорода и особенностям его временной изменчивости толщу вод океанов и сравнительно глубоких морей традиционно делят на три зоны: поверхностную, промежуточную и глубинную [1, 2, 5, 9, 10].

Анализ кривых вертикального распределения растворенного кислорода по акватории Охотского моря в течение года показал, что толщу исследуемого региона можно также разбить на несколько слоев.

Поверхностная зона максимально насыщена кислородом. Она наиболее динамически активна и подвержена сезонным колебаниям содержания кислорода с различными пространственными масштабами. В теплый период года здесь отмечается интенсивное развитие фитопланктона, приводящее к перенасыщению вод моря кислородом.

За нижнюю границу поверхностной зоны принят горизонт, где внутригодовые колебания содержания растворенного кислорода незначительны или их невозможно выделить. Это сделано по аналогии

Таблица 4.1

Состав атмосферы Земли (без H_2O) на высотах до 90 км, по Кенигу [2]

Компонент	% по объему	% по массе	Компонент	% по объему	% по массе
N_2	78,088	75,527	CH_4	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$7,75 \cdot 10^{-5}$
O_2	20,949	23,143	Kr	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$3,30 \cdot 10^{-4}$
Ar	0,930	1,282	N_2O	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$7,60 \cdot 10^{-5}$
CO_2	0,034	0,0518	H_2	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$3,48 \cdot 10^{-6}$
Ne	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	He	$8,6 \cdot 10^{-6}$	$3,90 \cdot 10^{-5}$
He	$5,24 \cdot 10^{-4}$	$7,24 \cdot 10^{-5}$			

с выделением деятельного слоя моря [10, 11, 18, 19, 24, 33, 41].

В идеальном случае при отсутствии адвекции и внутригодовой изменчивости течений, внутренних волн, межгодовой изменчивости характеристик,

а также их незначительных горизонтальных градиентов все характеристики на определенном горизонте не должны испытывать сезонных изменений. Эта глубина в конкретном квадрате и будет характеризовать толщину деятельного слоя. Однако

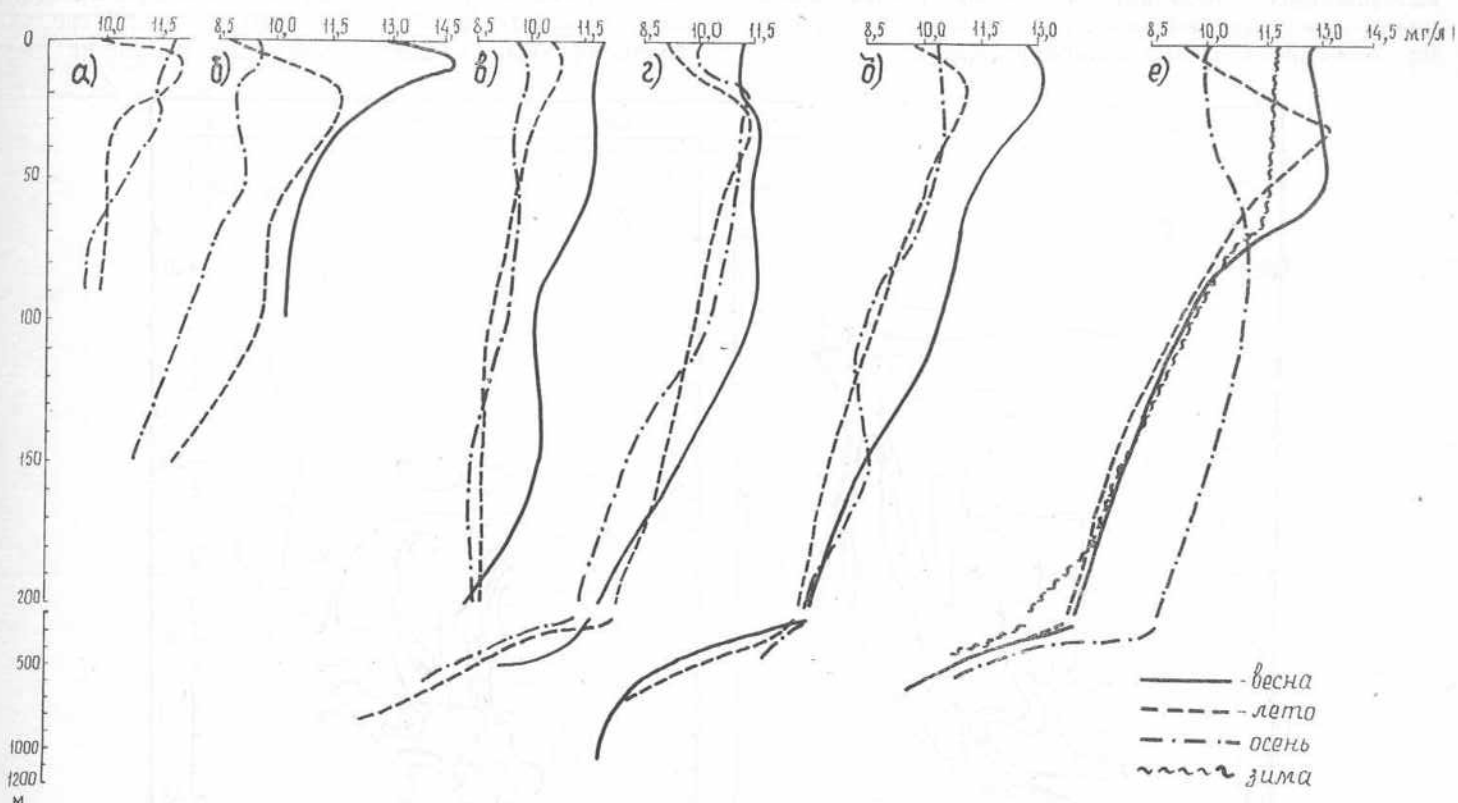


Рис. 4.1. Вертикальное распределение содержания растворенного кислорода (мг/л) в северной части моря.

а — кв. 43; б — кв. 146; в — кв. 216; г — кв. 132; д — кв. 91; е — кв. 183.

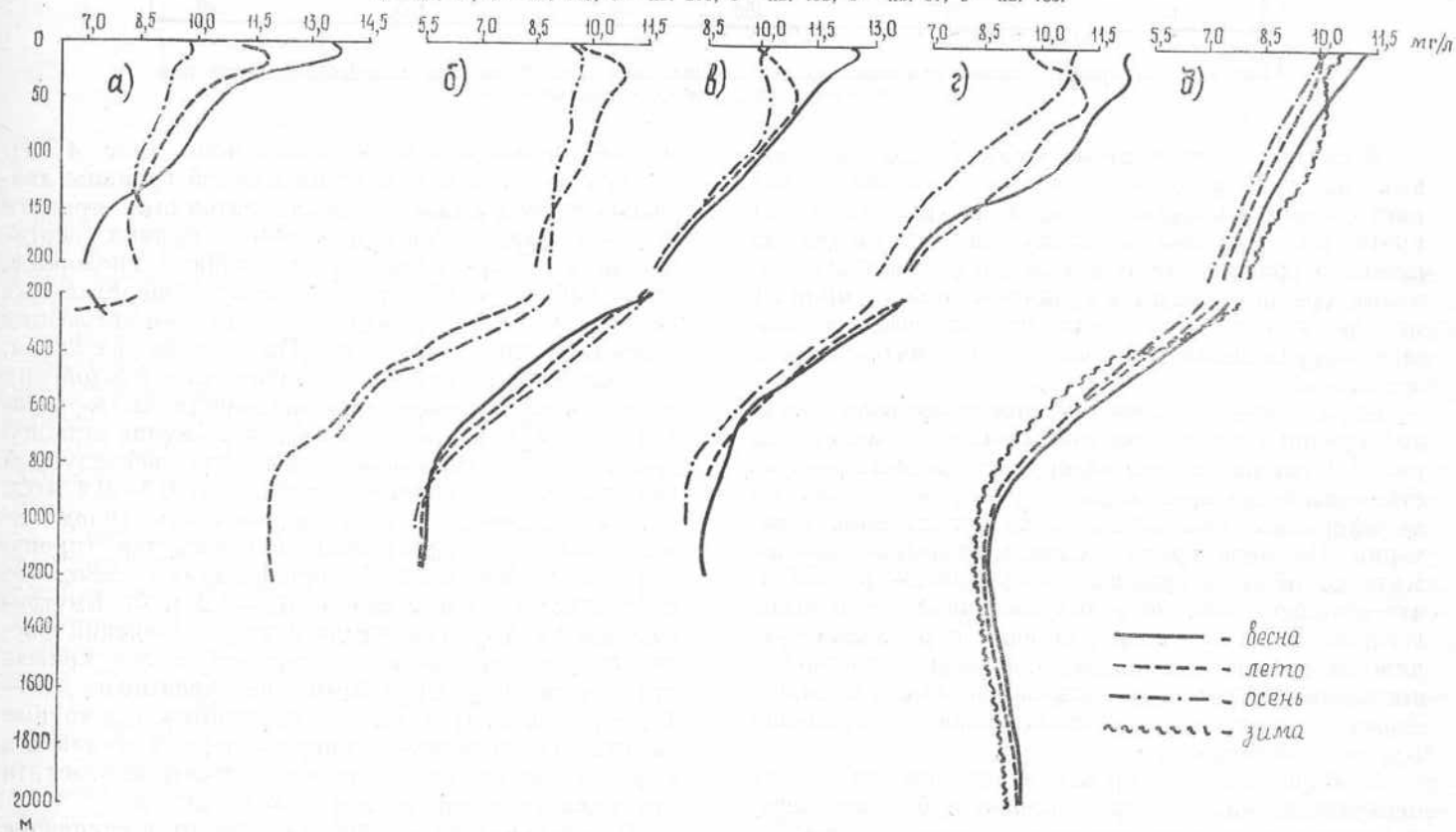


Рис. 4.2. Вертикальное распределение содержания растворенного кислорода (мг/л) в южной части моря.

а — кв. 48; б — кв. 42; в — кв. 97; г — кв. 100; д — кв. 136.

в действительности на акватории Охотского моря существуют адвекция тихоокеанских и речных вод, внутренние волны различной природы и интенсивности, межгодовая изменчивость характеристик, приливные явления (достаточно сильные в рассматриваемом регионе), процессы постепенного разрушения нижней границы гомогенного слоя, подверженного осенне-зимней конвекции.

лорода здесь отмечаются на максимальной для всей исследуемой акватории глубине (250 м). По аналогичной причине происходит заглубление нижней границы поверхностной зоны (до 150 м) и на входе в зал. Шелихова. По мере продвижения трансформированных в Курильских проливах вод по акватории Охотского моря и смешения их с собственно охотоморскими водами происходит выклинивание

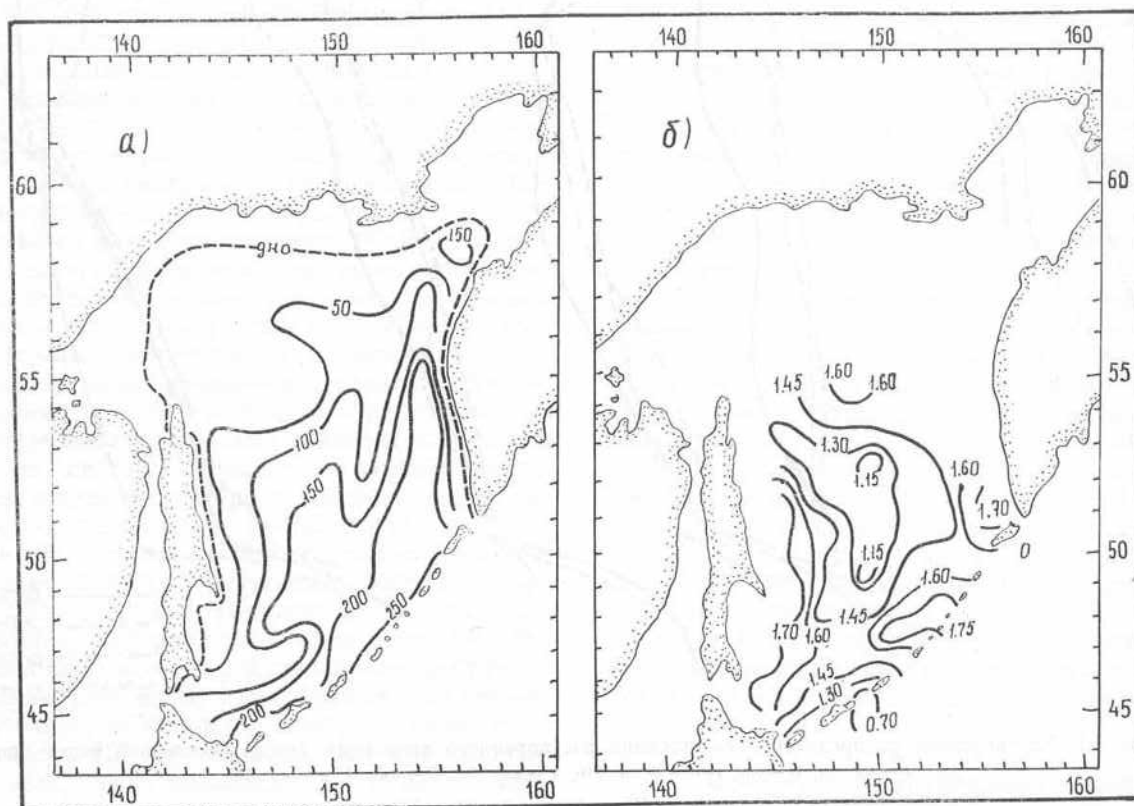


Рис. 4.3. Топография нижней границы (м) деятельного слоя (а), абсолютное содержание растворенного кислорода (мг/л) в слое минимума (б).

В связи с этим годовые наборы исходных кривых на графиках вертикального распределения кислорода в конкретных квадратах (рис. 4.1 и 4.2) имеют вид «пучков». Поэтому, на наш взгляд, за нижнюю границу деятельного слоя при использовании среднееголетних данных можно принять начало участка, где крайние кривые, являющиеся границами интервалов, становятся параллельными.

Определенная таким образом топография нижней границы поверхностной зоны представлена на рис. 4.3, где видно, что поверхностная зона распространяется до придонных горизонтов только на периферийных участках шельфа исследуемой акватории. По мере продвижения в открытые районы моря ее нижняя граница заглубляется до 150 м, что особенно заметно в юго-восточной части моря. На рис. 4.3 а показаны различия в расположении нижней границы поверхностной зоны западной и восточной частей моря, обусловленные динамическими процессами, происходящими в проливах Курильской гряды.

В Курильских проливах в течение всего года отмечается сильное вертикальное и боковое перемешивание (за счет приливных течений) поверхностных и нижележащих слоев. Поэтому внутригодовые колебания содержания растворенного кис-

нижней границы поверхностной зоны (рис. 4.3 а).

Так как для определения нижней границы деятельного слоя в каждом из квадратов было принято условие параллельности крайних кривых вертикального распределения растворенного кислорода, то в работе приводятся значения достоверных интервалов для рассчитанных среднееголетних характеристик кислорода. По нашим расчетам, в течение года среднеквадратические отклонения содержания растворенного кислорода на горизонтах 100—150 м (это среднее положение нижней границы поверхностной зоны для исследуемой акватории), как правило, составляют 0,3—0,4 мг/л. Таким образом, 99 %-ная вероятность (нормальный закон распределения) или 80 %-ная (произвольное распределение) предполагают $\pm 3\sigma$, что составляет в данном случае 0,8—1,3 мг/л. Внутригодовой разброс среднееголетних значений растворенного кислорода на горизонтах, где кривые становятся параллельными, не превышает 1,0—1,7 мг/л. Поэтому начиная с горизонтов, где кривые вертикального распределения кислорода становятся параллельными, мы не можем достоверно отделить среднееголетние кривые друг от друга.

В промежуточном слое происходит постепенное уменьшение содержания растворенного кислорода. Его верхней границей является нижняя граница

поверхностной зоны, а нижней — верхняя граница слоя минимума кислорода.

Слой минимума кислорода в Охотском море выражен достаточно отчетливо (рис. 4.1, 4.2). Содержание растворенного кислорода здесь понижается до 1,1—1,8 мг/л, степень насыщения 12—18 % (рис. 4.3 б). Причем мощность слоя минимального содержания растворенного кислорода составляет 200—300 м (рис. 4.4). Максимально заглублен этот

гими физическими факторами (турбулентность, ветровое и конвективное перемешивание). Повышение температуры обычно уменьшает растворимость газов в воде, что связано с увеличением кинетической энергии молекул, способствующей преодолению сил притяжения молекул воды. Присутствие электролитов в водном растворе также уменьшает растворимость газов (эффект «высаливания») [2].

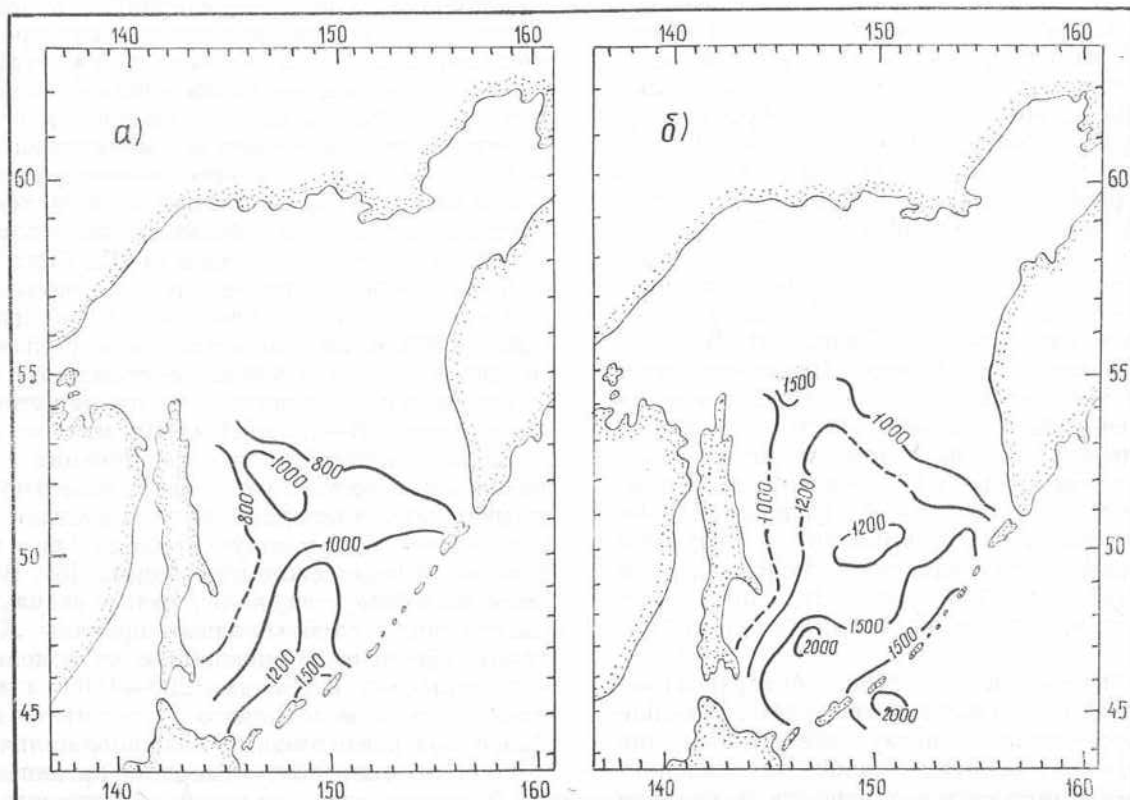


Рис. 4.4. Верхняя (а) и нижняя (б) границы (м) слоя минимального содержания растворенного кислорода.

слой вблизи островов Курильской гряды (до 1200—1500 м), а по мере продвижения в северную часть моря он постепенно выклинивается на горизонты 800—1000 м (рис. 4.4).

Ниже слоя с минимальным содержанием растворенного кислорода располагается глубинная структурная зона, отличительной чертой которой является постепенное возрастание значений до 2,3—2,7 мг/л. Относительное содержание растворенного кислорода в этих водах увеличивается до 22—27 %.

Поверхностная зона может быть подразделена на следующие подзоны: самый поверхностный слой, слой наибольшего фотосинтеза и нижняя переходная подзона [1, 2, 5, 9, 10]. Первый и второй слои — это фотическая зона, мощность которой ограничивается глубиной ветрового перемешивания.

Известно, что процесс растворения газов в воде является обратимым. При равенстве скоростей абсорбции и десорбции возникает состояние равновесия между концентрациями газа в газовой среде и растворе. Газ, растворенный в воде, всегда стремится к равновесию, соответствующему его парциальному давлению в атмосфере. В природных условиях наступление равновесия ускоряется мно-

Вышеперечисленные факторы приводят к тому, что в самом поверхностном слое воды, непосредственно соприкасающемся с атмосферой, в течение всего года отмечается максимальное (в зависимости от температуры и солености вод исследуемого региона) содержание кислорода. Причем максимум абсолютных значений должен приходиться на осенне-зимний период. Следует также отметить, что здесь пока не учитываются процессы, происходящие в самом поверхностном слое воды.

В то же время Охотское море является одним из высокопродуктивных водоемов Мирового океана, что обусловлено высокой динамичностью его вод в сочетании с другим важнейшим фактором для развития жизни — богатством биогенными элементами [48]. Поэтому интенсивное развитие фитопланктона в весенне-летний сезон приводит к тому, что абсолютное и относительное максимальное содержание растворенного кислорода в поверхностных водах Охотского моря наблюдается в теплый период года (рис. 4.1, 4.2). Только в динамически активных районах, где происходит интенсивное вертикальное и боковое перемешивание вод, отмечается уменьшение значений растворенного кислорода в поверхностном слое.

В подзоне наибольшего фотосинтеза весной и летом происходит наибольшая деформация кривых вертикального распределения растворенного кислорода. На преобладающей части моря образуется подповерхностный максимум растворенного кислорода, отчетливо проявляющийся как по абсолютным, так и по относительным значениям. Его образование, во-первых, связано с интенсификацией процесса фотосинтеза в результате бурного развития фитопланктона. Во-вторых, низкие значения температуры в подповерхностных слоях способствуют сохранению здесь высоких концентраций кислорода. В то же время при прогреве тонкого поверхностного слоя на исследуемой акватории происходит выделение кислорода в атмосферу.

Разнообразие термодинамических и биохимических процессов на акватории Охотского моря приводит к различным типам вертикального распределения растворенного кислорода. Наиболее ярко подповерхностный максимум кислорода выражен в сравнительно спокойных (в динамическом отношении) регионах (например, кривые в квадрате 146 на рис. 4.1 и в квадрате 48 на рис. 4.2). В динамически активных районах моря (например, проливы Курильской гряды и вход в зал. Шелихова) за счет интенсивного вертикального и бокового приливного перемешивания в поверхностных и нижележащих слоях происходит уменьшение температуры поверхностного слоя и распространение в нем фитопланктона. Это приводит к тому, что здесь подповерхностный максимум кислорода либо отсутствует (квадрат 136, рис. 4.2), либо слабо проявляется только в летнее время (квадрат 216, рис. 4.1).

Нижняя переходная подзона поверхностной зоны начинается с горизонта компенсации. В толще вод это приурочено к участку, где образование кислорода при фотосинтезе равно потреблению его на окисление органических веществ и дыхание живых организмов. Эта подзона характеризуется уменьшением содержания кислорода, что обусловлено здесь ослаблением и прекращением фотосинтеза и усилением окислительных процессов. Представляется возможным определить глубину кислородной компенсации. Примем условие, что живые организмы потребляют кислород в течение года равномерно. В осенне-зимний период, когда поверхностная зона достаточно хорошо аэрирована кислородом, а потребление кислорода на окисление органического вещества уменьшается и уравнивается поглощением его из атмосферы, относительное содержание растворенного кислорода в этой зоне не превышает 95—97 %. В весенне-летний период в подповерхностном слое Охотского моря температура и соленость воды изменяются незначительно, за исключением динамически активных регионов. Известно, что горизонт компенсации находится там, где образование кислорода при фотосинтезе равно потреблению его на окисление органических веществ и дыхание организмов [1, 9]. Для определения глубины кислородной компенсации примем горизонт, на котором содержание кислорода не превышает 95 %.

Анализ графиков вертикального распределения относительного содержания кислорода во всех квадратах осреднения показал, что в Охотском море горизонт кислородной компенсации находится на глубине 30—70 м. Причем минимальные глу-

бины находятся на периферии исследуемой акватории. Полученные значения довольно хорошо согласуются с оценками О. А. Алекина и Ю. И. Ляхина [2], по оценкам которых глубина компенсации в различных районах океана равна 25—50 м.

Промежуточная зона Охотского моря распространяется до слоя с минимальным содержанием кислорода. В нем в основном происходит потребление кислорода. Поступление кислорода в промежуточную зону обеспечивается адвекцией вод из соседних, более насыщенных кислородом районов моря, а также вертикальным турбулентным обменом с вышележащими слоями. Основная особенность в распределении кислорода в этой зоне заключается в постепенном уменьшении его содержания с глубиной, что объясняется в свою очередь увеличением в промежуточной зоне температуры и солености, а также большим расходом на окисление органического вещества. Глубина залегания нижней границы промежуточной зоны на исследуемой акватории (рис. 4.4 а) изменяется от 1200—1500 м вблизи островов Курильской гряды до 800 м в центре моря. Вертикальные градиенты растворенного кислорода в промежуточной зоне составляют 0,6—1,0 мг/л на 100 м.

Слой минимального содержания кислорода возникает в результате пропорционально большего потребления кислорода по отношению к его поступлению в единицу времени по сравнению с выше- и нижележащими слоями [5]. В Охотском море он образуется, во-первых, в результате вторжения через глубоководные проливы Курильской гряды обедненных кислородом тихоокеанских вод, в которых на глубинах 1200—1500 м располагается зона «кислородного дефицита», во-вторых, благодаря расходованию большого количества кислорода на окисление отмерших организмов.

Распределение значений абсолютного содержания кислорода в слое минимума (рис. 4.3 б) показывает, что максимальные его концентрации имеют место в проливах Курильской гряды (1,6—1,7 мг/л, степень насыщения 17—18 %), а по мере удаления от них в центральную часть моря значения уменьшаются до 1,1—1,3 мг/л (степень насыщения 12—13 %). Это свидетельствует о том, что в слое минимальных концентраций по мере удаления от проливов Курильской гряды потребление кислорода возрастает по сравнению с его поступлением.

Глубинная зона, которая простирается от нижней границы слоя минимального содержания кислорода (ее топография представлена на рис. 4.4 б) до дна, имеет в Охотском море тихоокеанское происхождение. Это связано с тем, что здесь повсеместно наблюдается возрастание концентрации растворенного кислорода по направлению к придонным слоям. В Мировом океане единственным источником поступления кислорода в эту зону являются глубинные течения арктического и антарктического происхождения [1, 2, 5, 9]. Водные массы этих течений, насыщенные кислородом при низких температурах в субарктических и субантарктических областях, распространяются затем по акватории Мирового океана. Наличие глубоководных проливов способствует проникновению в Охотское море обогащенных кислородом глубинных вод.

4.2. Короткопериодная изменчивость содержания растворенного кислорода

К настоящему времени вопрос о временной изменчивости содержания растворенного кислорода в толще вод Охотского моря является практически не исследованным. Более того, сейчас нет сведений о суточной изменчивости растворенного кислорода в самой верхней (фотической) зоне моря в зависимости от процессов фотосинтеза. В связи с этим исследователи отмечали, что зависимость интенсивности фотосинтеза от освещения создает в океане периодические суточные колебания содержания кислорода. Так как потребление кислорода на дыхание и окисление сравнительно мало зависит от суточной изменчивости солнечной радиации, а фотосинтез всецело определяется ею, то в течение дня должно происходить накопление кислорода в воде, а в темное время суток — только его расходование. Соответственно максимум растворенного кислорода будет наблюдаться примерно после полудня (в момент, когда уменьшающееся продуцирование кислорода станет равным его потреблению), а минимум — ранним утром (в момент, когда растущее продуцирование кислорода уравняется с его потреблением) [2].

Как известно, содержание растворенного кислорода в морской воде зависит от комплекса физических, химических и биохимических факторов. Основными из них являются изменчивость термохалинных характеристик поверхностных вод, сложность динамических условий на границе вода—воздух, особенности внутриводного тепло- и массообмена различного масштаба в толще вод, а также широкий спектр нестационарных процессов, накладывающих свой отпечаток на имеющиеся закономерности распределения растворенного кислорода в конкретном исследуемом регионе.

Учитывая зависимость содержания растворенного кислорода в водах Охотского моря от широкого спектра влияющих гидрометеорологических процессов, можно заранее предположить, что он включает в себя большой набор колебаний с периодами от долей суток до года и выше.

Суточная изменчивость содержания растворенного кислорода на поверхности и на нижележащих горизонтах вод Охотского моря в значительной степени определяется динамическими факторами. Немаловажная роль среди них отводится приливным движениям и внутренним волнам различного происхождения. О том, что они в исследуемом регионе имеют значительное развитие, свидетельствуют работы, проведенные Л. Е. Веселовой, Т. И. Супранович в 1969—1975 гг., и работа К. В. Морозкина [30].

Для анализа короткопериодной изменчивости содержания растворенного кислорода на акватории Охотского моря были использованы данные наблюдений на немногочисленных многосерийных океанографических станциях, где выполнялись определения растворенного в воде кислорода. Имеющиеся ряды наблюдений обладают определенными ограничениями (выполнены в прибрежной зоне, в теплый период года, дискретность, как правило, составляет 4 ч).

Анализ графиков временного хода (рис. 4.5—4.8) показал, что на акватории Охотского моря размах суточных колебаний в слое наблюдений составляет

от 0,3—0,7 до 1,4—2,4 мг/л, а в отдельных случаях достигает 4,3—5,7 мг/л.

Колебания (рис. 4.5—5.8) имеют достаточно хорошо выраженные периоды, которые близки к приливному. Так как воды Охотского моря стратифицированы устойчиво, то здесь повсеместно наблюдаются внутренние гравитационные волны, играющие большую роль в их динамике. Поскольку вертикальные изменения плотности невелики (за исключением слоя скачка), вертикальные перемещения не требуют больших затрат энергии. Поэтому амплитуды внутренних волн здесь могут достигать больших значений.

При совместном анализе вертикальных градиентов кислорода и суточных его изменений отмечалось, что минимальные вертикальные перемещения частиц воды наблюдаются в верхнем 20—30-метровом слое, где они не превышают 15—20 м. В то же время ниже слоя скачка плотности вертикальные смещения частиц воды в течение суток могут достигать 60—80 м.

Как видно (рис. 4.5—4.8), характер колебаний содержания растворенного кислорода выше и ниже слоя скачка плотности (его положение показывают соответствующие кривые временного хода температуры) может не совпадать. В том случае, если отмечающиеся изменения происходят с одинаковыми периодами, наблюдается сдвиг фаз, который изменяется в течение всего периода наблюдений. Объяснение этому явлению достаточно убедительно представил Гилл [14], рассматривая случай двух наложенных друг на друга жидкостей различной плотности, которые несмешиваемы или для которых эффектом смешения можно пренебречь. Он показал, что в системе, состоящей из нескольких слоев различной плотности, существует несколько мод, соответствующих нескольким степеням свободы. Автор отмечает, что колебания в системе могут происходить с одной модой. В то же время любое начальное состояние системы можно представить как сумму мод, изменение каждой из которых во времени и в пространстве происходит независимо от другой. Состояние жидкости можно тогда получить суммированием всех мод.

Наблюдаются также различия и в характере изменчивости содержания растворенного кислорода в отдельных районах Охотского моря. Следует подчеркнуть, что представленные на рис. 4.5—4.8 разнообразные типы изменения содержания растворенного кислорода в конкретных районах все же не дают полной информации о характере временной изменчивости в данных частях моря. Это обусловлено тем, что на характер временной изменчивости как в течение отдельных суток, так и между отдельными сутками влияет множество гидрометеорологических факторов, в то время как представленные графики временного хода (рис. 4.5—4.8) отражают набор динамических факторов, зависящий случайным образом от множества определяющих условий.

На шельфе о. Сахалин наблюдения выполнены на расстоянии 5 и 20 миль от берега. Пункты наблюдений удалены друг от друга не более чем на 20—25 миль. Размах колебаний содержания растворенного кислорода в течение отдельных суток достигает от 0,3—0,6 до 1,4—2,4 мг/л в слое 0—30 м (рис. 4.5).

На станции, расположенной ближе к берегу (рис. 4.5 а), колебания температуры и растворенного кислорода в слое скачка плотности происходят синхронно с суточным периодом. В то же время временной ход изменений растворенного кислорода

временному ходу температуры воды в слое скачка плотности), изменчивость содержания кислорода более упорядочена и колебания кислорода совершаются с аналогичной периодичностью. При возрастании доли полусуточных колебаний в приливных

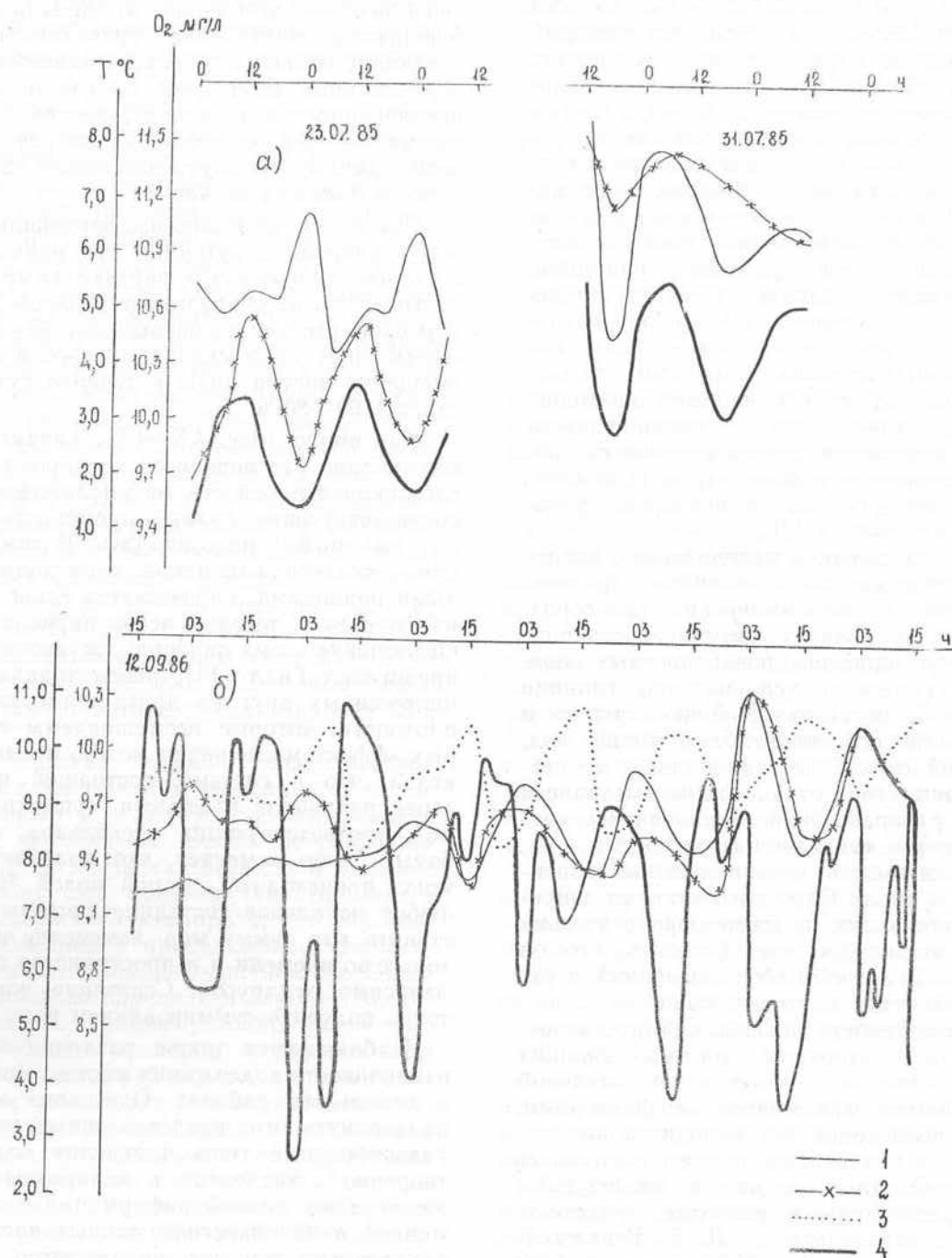


Рис. 4.5. Временной ход содержания растворенного кислорода на горизонтах 0 (1), 10 (2), 30 (3) м и температуры воды на горизонте 10 м (4) в точках с координатами $\varphi=51^{\circ}30'$, $\lambda=143^{\circ}28'$ (а) и $\varphi=51^{\circ}43'$, $\lambda=143^{\circ}39'$ (б).

на поверхности моря может протекать как в противофазе нижележащим горизонтам (23—25 июля 1985 г.), так и с большим периодом (31 июля — 1 августа 1985 г.). Это находится в полном соответствии с объяснениями Гилла [14], представленными выше.

На станции, более удаленной от берега (рис. 4.5 б), отмечается следующая закономерность во временном ходе кислорода: когда приливные колебания близки к суточным (если следовать

движениях толщи вод характер изменчивости содержания кислорода во всем слое наблюдений усложняется.

Суточная изменчивость содержания растворенного кислорода в водах шельфа п-ова Камчатка также имеет определенные закономерности (рис. 4.6). В северной части шельфа приливные явления в период наблюдений были неправильного суточного характера, как следует из временного хода температуры в слое скачка плотности

(рис. 4.6 а). Колебания содержания кислорода выше и ниже слоя скачка плотности происходили в противофазе с периодом, точно соответствующим колебаниям температуры в слое скачка плотности. Причем на горизонте 100 м колебания совершались

Резкое уменьшение содержания кислорода ниже слоя скачка плотности, а также незначительные вертикальные градиенты плотности воды в подповерхностном слое приводят к тому, что размах суточной изменчивости содержания растворенного

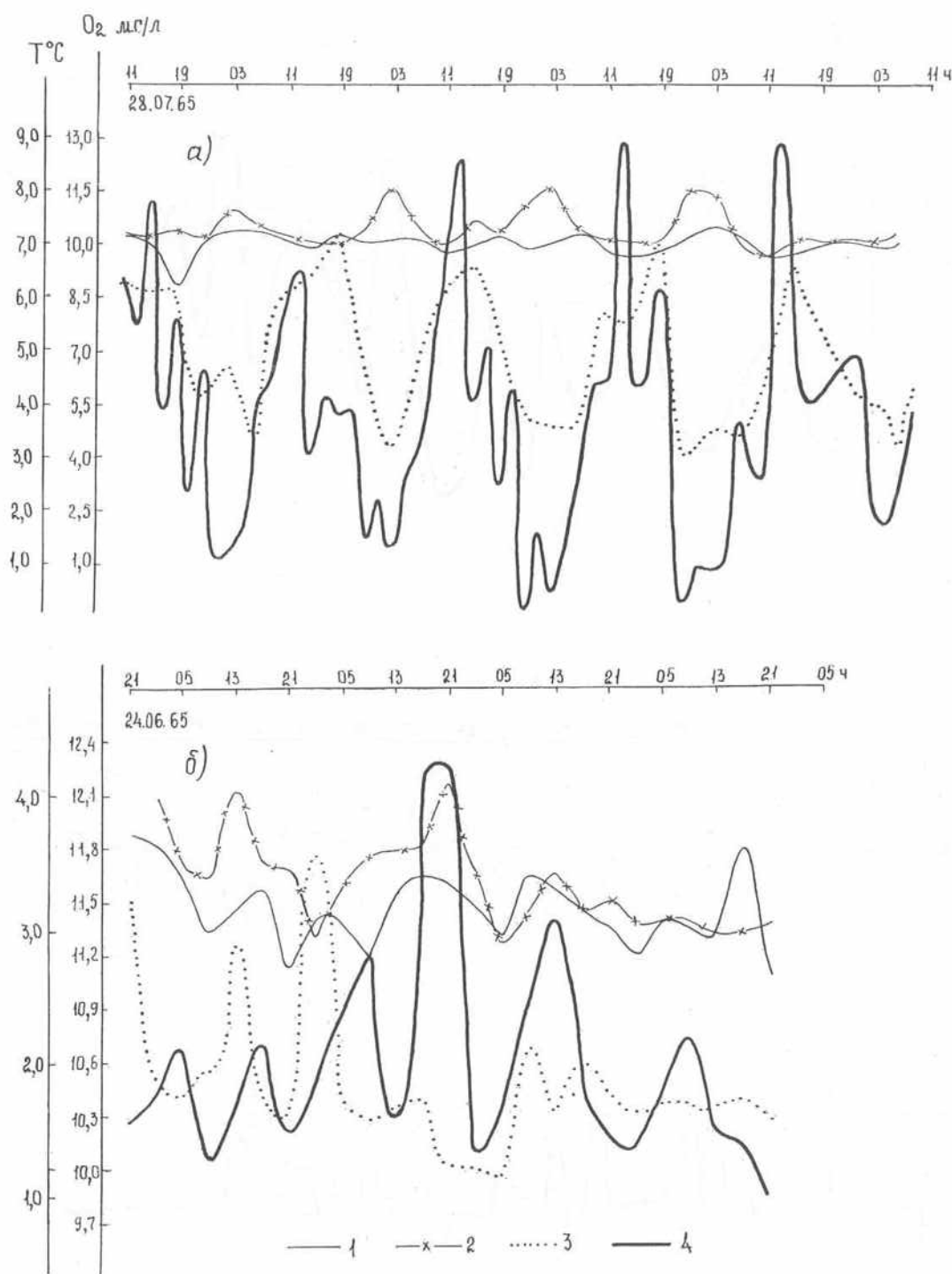


Рис. 4.6. Временной ход содержания растворенного кислорода на горизонтах 0 (1), 10 (2), 100 (3) м и температуры воды (4) на горизонтах 25 (а) и 40 м (б) в точках с координатами $\varphi=57^{\circ}00'$, $\lambda=154^{\circ}28'$ (а) и $\varphi=52^{\circ}36'$, $\lambda=155^{\circ}11'$ (б).

синхронно с временным ходом температуры воды, а на горизонте 10 м — в противофазе. Наиболее сложный характер изменчивости содержания кислорода отмечался на поверхности, где в течение периода наблюдений (5 сут) изменялась не только амплитуда, но и период колебаний.

кислорода на горизонтах 75 и 100 м достигает 4,3—5,7 мг/л, в то время как в верхнем квазиоднородном слое он не превышает 1,0—1,7 мг/л (рис. 4.6 а).

В южной части шельфа п-ова Камчатка суточная изменчивость содержания растворенного кис-

лорода также значительна и достигает 1,4 мг/л. Однако однозначно периоды колебаний здесь выделить невозможно, что связано с недостаточной дискретностью наблюдений (наблюдения проводились через 6 ч) (рис. 4.6 б).

имеют периодический характер, но недостаточная дискретность наблюдений (6 ч) не позволяет выделить доминирующие периоды.

Сложная картина суточной изменчивости содержания растворенного кислорода обнаруживается

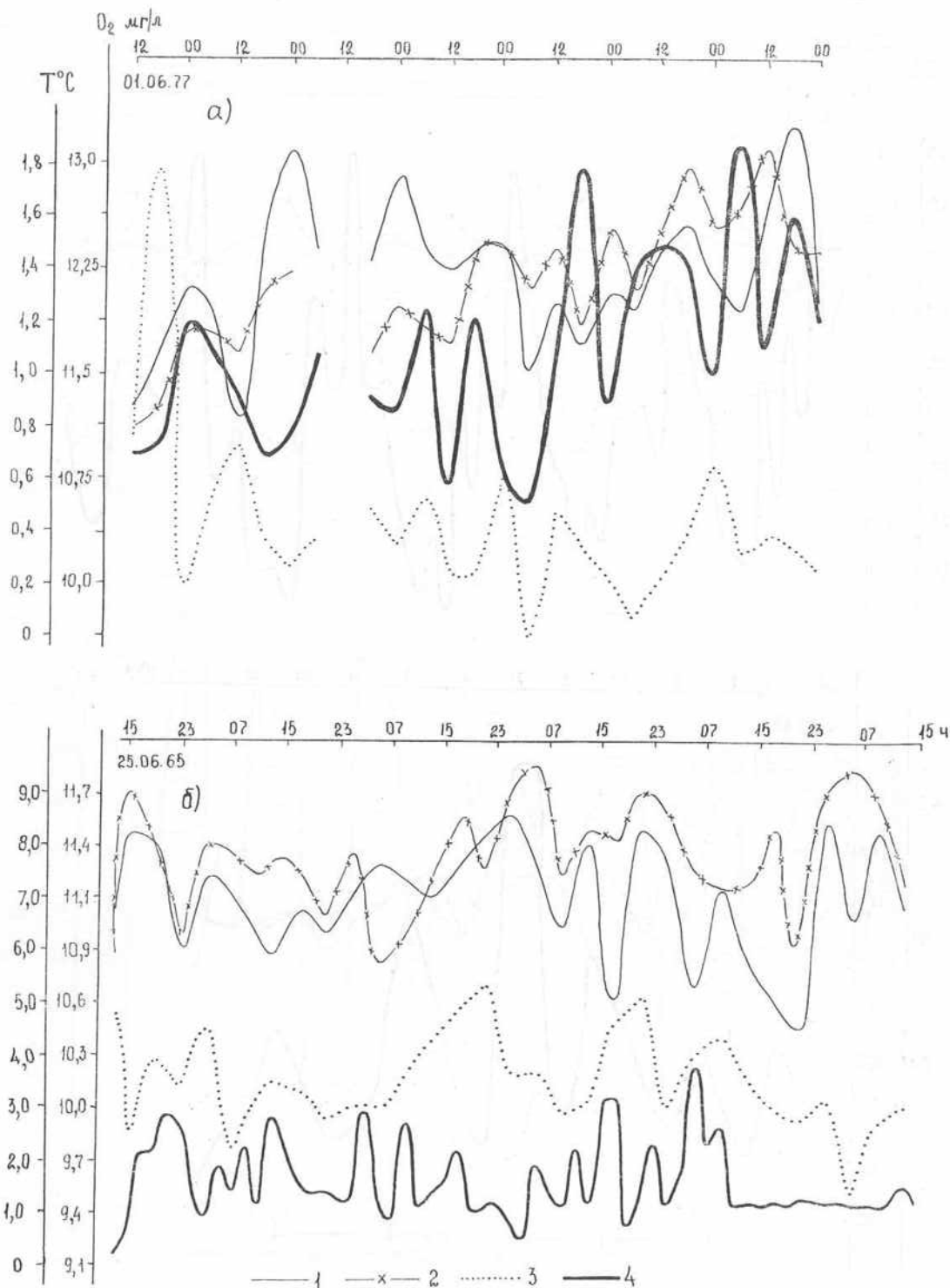


Рис. 4.7. Временной ход содержания растворенного кислорода на горизонтах 0 (1), 10 (2), 100 м (3) и температуры воды на горизонте 50 м (4) в точках с координатами $\varphi = 45^{\circ}39'$, $\lambda = 148^{\circ}38'$ (а) и $\varphi = 51^{\circ}30'$, $\lambda = 154^{\circ}00'$ (б).

Наблюдения в Курильских проливах свидетельствуют о наличии сравнительно высоких значений суточной изменчивости содержания растворенного кислорода (рис. 4.7 а). Размах колебаний здесь может достигать 0,6—1,0 мг/л в слое 0—50 и 2,4—2,9 мг/л на нижележащих горизонтах. Колебания

и в водах Камчатского течения, которое переносит трансформированные в Курильских проливах тихоокеанские воды. Помимо колебаний, вызванных внутренними волнами, здесь имеют место также адвективные составляющие приливного характера, в результате чего в пунктах наблюдений на раз-

личных фазах прилива фиксируются характеристики трансформированных тихоокеанских и охотоморских вод. На горизонте 100 м имеют место коле-

рода в течение суток может изменяться в диапазоне 1,0—1,4 мг/л (рис. 4.8 а). В водах собственно Охотского моря, расположенных ниже слоя скачка

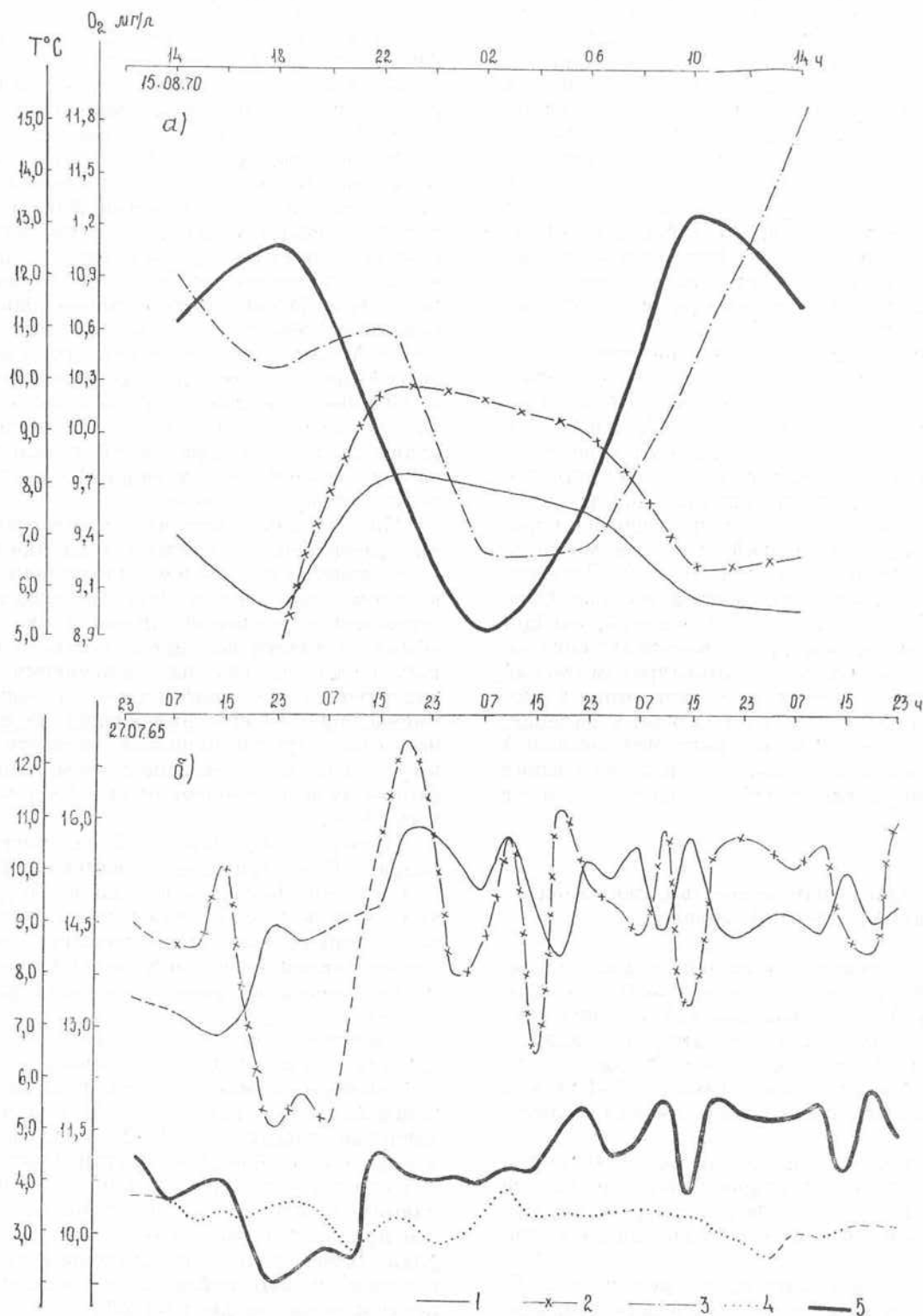


Рис. 4.8. Временной ход содержания растворенного кислорода на горизонтах 0 (1), 10 (2), 30 (3), 50 м (4) и температуры воды на горизонте 10 м (5) в точках с координатами $\varphi=54^{\circ}35'$, $\lambda=142^{\circ}41'$ (а) и $\varphi=58^{\circ}45'$, $\lambda=150^{\circ}00'$ (б).

бания содержания кислорода с периодом более суток (рис. 4.7 б).

На станции, расположенной к северу от м. Елизаветы, в верхнем распресненном квазиоднородном слое абсолютное содержание растворенного кисло-

лотности, суточная изменчивость увеличивается и на горизонте 30 м достигает 2,4 мг/л (рис. 4.8 а). Характеры колебаний в этих слоях оказываются противоположными по фазе. Суточные колебания содержания растворенного кислорода в подстила-

ющем слое совершаются синхронно с изменениями температуры воды в слое скачка плотности (рис. 4.8 а).

Наиболее сложный вид кривых суточной изменчивости содержания кислорода и температуры воды получен на станции, расположенной на входе в Тауйскую губу. Здесь оказывается невозможным выделить периодичность колебаний и можно лишь фиксировать размах суточной изменчивости. Так, на поверхности моря суточная изменчивость не превышает 1,4 мг/л, на горизонте 10 м она возрастает до 2,8—5,3 мг/л. В то же время, в отличие от других районов Охотского моря, на этой станции в водах собственно Охотского моря, расположенных под слоем скачка плотности, суточные колебания содержания растворенного кислорода минимальны и не превышают 0,7 мг/л (рис. 4.8 б).

Все имеющиеся наблюдения свидетельствуют о том, что короткопериодная изменчивость содержания растворенного кислорода в водах Охотского моря имеет значения от 0,3—0,6 до 5,0—6,4 мг/л. Однако для более детального ее исследования и выявления причинно-следственных связей необходимо проводить целенаправленные наблюдения. Они должны включать определения спектра колебаний уровня моря и течений, а также метеорологических данных в точках наблюдений. Дискретность определения всех параметров должна быть достаточной для выделения особенностей, связанных с приливными и атмосферными возмущениями. Это связано с тем, что гидролого-гидрохимический режим в различных районах Охотского моря в значительной степени зависит от приливных явлений, которые имеют здесь, как правило, неправильный суточный характер, а также от гидрологических особенностей моря как в течение года, так и от года к году.

4.3. Внутригодовая изменчивость содержания растворенного кислорода

Впервые на особенности сезонного распределения содержания растворенного кислорода в этом районе указал А. Н. Богоявленский [4] при рассмотрении механизма формирования поверхностной зоны. В основу его исследования были положены две океанографические съемки э/с «Витязь», выполненные в весенний, летний и осенний периоды 1949—1950 гг.

В справочнике по шельфовой зоне Охотского моря, который включал гидрохимические данные с 1943 по 1977 г., также была рассмотрена внутригодовая изменчивость содержания кислорода в морской воде.

Имеющиеся в настоящее время результаты обработки глубоководных гидрохимических наблюдений свидетельствуют о том, что на исследуемой акватории внутригодовые изменения содержания растворенного кислорода достигают больших значений.

Неотъемлемой частью представлений о внутригодовой изменчивости является анализ сроков наступления экстремумов. Из работ [1, 2, 5, 9] следует, что в холодное время года с понижением температуры воды происходит увеличение абсолютного содержания растворенного кислорода в по-

верхностных слоях за счет повышения растворимости кислорода. Весной и летом в зависимости от степени биопродуктивности конкретного водного объекта содержание кислорода может повышаться за счет процессов фотосинтеза (несмотря на повышение температуры) либо уменьшаться там, где фитопланктон развивается слабо.

Имеющиеся в распоряжении сезонные значения растворенного кислорода позволяют выявить на акватории Охотского моря определенные закономерности. Так, максимальное его содержание на подавляющей акватории моря наблюдается весной, что обусловлено следующими факторами: сравнительно высоким содержанием растворенного кислорода в предшествующий период, низкими значениями температуры, а также бурным весенним развитием фитопланктона, приводящим к перенасыщению поверхностных вод кислородом. В центральной части северной половины моря максимум абсолютного содержания растворенного кислорода в слое 0—10 м наблюдается в летнее время, что связано здесь с наибольшим периодом существования ледяного покрова и более низкими по сравнению с южной частью моря значениями температуры в первую половину лета.

Минимальные значения абсолютного содержания растворенного кислорода на акватории Охотского моря, как правило, наблюдаются в поверхностном слое осенью. Это объясняется тем, что термическая конвекция приводит к интенсивному обмену показателями поверхностного и нижележащих слоев, на которых отмечаются пониженные значения, а это способствует в конечном итоге уменьшению содержания кислорода в поверхностном слое. Другой причиной является уменьшение по сравнению с весенне-летним периодом роли фотосинтеза в пополнении кислородом поверхностных слоев.

Наиболее показательной величиной, характеризующей внутригодовую изменчивость содержания растворенного кислорода, является ее амплитуда. Она получена в каждом квадрате осреднения как уменьшенная вдвое разность между значениями максимального и минимального содержания растворенного кислорода на соответствующих горизонтах.

Распределение амплитуд внутригодовой изменчивости содержания растворенного кислорода в водах Охотского моря представлено на рис. 4.9. На поверхности исследуемой акватории максимальные значения достигают 1,4—2,3 мг/л и приурочены к северной и западной частям моря (рис. 4.9 а). Это связано с тем, что здесь в зимнее время наблюдаются наиболее низкие значения температуры, что приводит к повышенной растворимости кислорода. Более того, в периферийных районах моря в теплый период наблюдаются максимальные концентрации фитопланктона [29].

По мере приближения к динамически активным районам моря амплитуды внутригодовой изменчивости уменьшаются, что является следствием интенсивного бокового и особенно вертикального обмена вод в течение всего года.

С увеличением глубины происходит повсеместное уменьшение амплитуд внутригодовой изменчивости (см. рис. 4.9), поэтому на горизонте 50 м значения амплитуд в большинстве квадратов не превышают 0,7 мг/л (рис. 4.9 б). В отличие от

поверхностного распределения, максимум значений на горизонте 50 м приходится на районы, занятые трансформированными тихоокеанскими водами (южная и восточная части моря). Это явление связано с интенсивным вертикальным обменом в этих

факторов распределение кислорода в поверхностном слое приобретает тот или иной характер.

Зимой своеобразие гидрологических условий района Курильской островной гряды приводит к особому распределению здесь содержания рас-

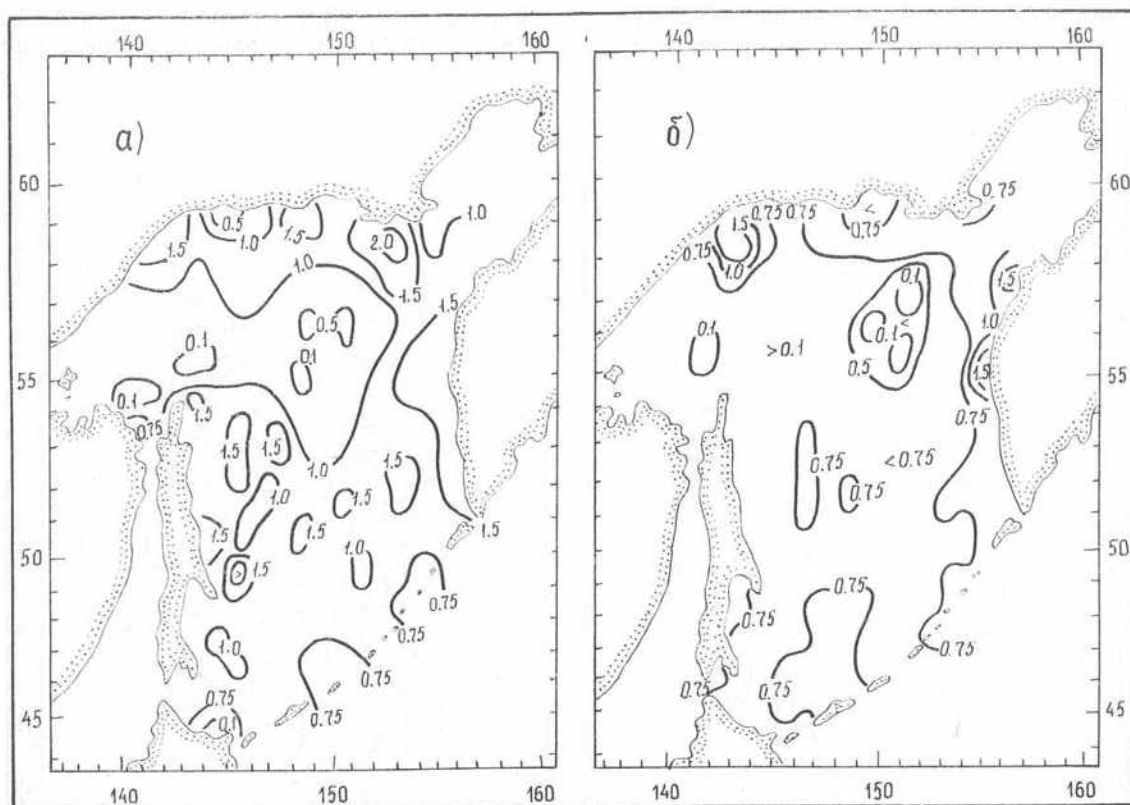


Рис. 4.9. Амплитуды $(O_{2\max} - O_{2\min})/2$ внутригодовой изменчивости содержания растворенного кислорода (мг/л).

а — в поверхностном слое; б — на горизонте 50 м.

водах, а значения амплитуд здесь характеризуют изменения концентраций кислорода на поверхности.

4.4. Особенности пространственно-временного распределения растворенного кислорода

Распределение растворенного кислорода на акватории Охотского моря способствует выявлению как динамически активных, так и сравнительно спокойных районов, а закономерности перестройки сезонных полей содержания растворенного кислорода в поверхностном слое в течение года (совместно с закономерностями вертикального распределения) в первом приближении могут служить основой для климатического прогноза содержания растворенного кислорода в толще вод.

Содержание кислорода в поверхностных водах определяется обменными процессами с атмосферой [1, 2, 5, 9, 10]. Насыщение воды кислородом в этом слое стремится к 100 %. Абсолютное содержание кислорода является функцией температуры и солености. На содержание кислорода в поверхностных водах также влияют продуцирование кислорода при фотосинтезе, обмен с нижележащими слоями и биохимическое поглощение кислорода. В зависимости от преобладающего влияния одного из этих

творенного кислорода (рис. 4.10 а). Наиболее низкие значения содержания кислорода (10,0—10,7 мг/л) приурочены к областям наиболее сильной трансформации тихоокеанских вод (сравнительно мелководные проливы средней части Курильской гряды). Здесь также наблюдаются максимальные для зимнего времени значения температуры и солености, которые наряду с динамическими факторами приводят к уменьшению содержания растворенного кислорода.

В северной части гряды, где существенно влияние охлажденных и соответственно обогащенных кислородом охотоморских вод, следующих вдоль побережья п-ова Камчатка на юг, концентрации растворенного в морской воде кислорода повышаются до 11,4—11,7 мг/л (рис. 4.10 а).

В самой южной части Курильской гряды возрастание содержания кислорода (по отношению к средней части гряды) до 10,7—11,4 мг/л связано с влиянием вод течения Соя. Воды этого течения имеют сравнительно высокий теплосодержание, поэтому в них наиболее активно происходит осенняя «вспышка» жизнедеятельности фитопланктона, что приводит к возрастанию в водах течения Соя содержания растворенного кислорода. Данная аномалия содержания кислорода сохраняется также вследствие постепенного понижения температуры воды в осенне-зимнее время и проявляется вблизи

южных островов Курильской гряды в зимний период, так как на перемещение вод от берегов о. Хоккайдо до южных островов Курильской гряды требуется определенное время.

Область более теплых и поэтому обедненных кислородом тихоокеанских вод на акватории Охотского моря можно очертить изолинией 11,5 мг/л. Собственно охотоморские воды, имеющие зимой

вышению биологической продуктивности, что и отражается соответственно на содержании кислорода в этих водах (рис. 4.10 б).

На шельфе п-ова Камчатка и северной части моря отмечается максимальное (для всей исследуемой акватории) содержание растворенного кислорода, достигающее здесь 13,1—14,6 мг/л (рис. 4.10 б). Это в первую очередь связано с мак-

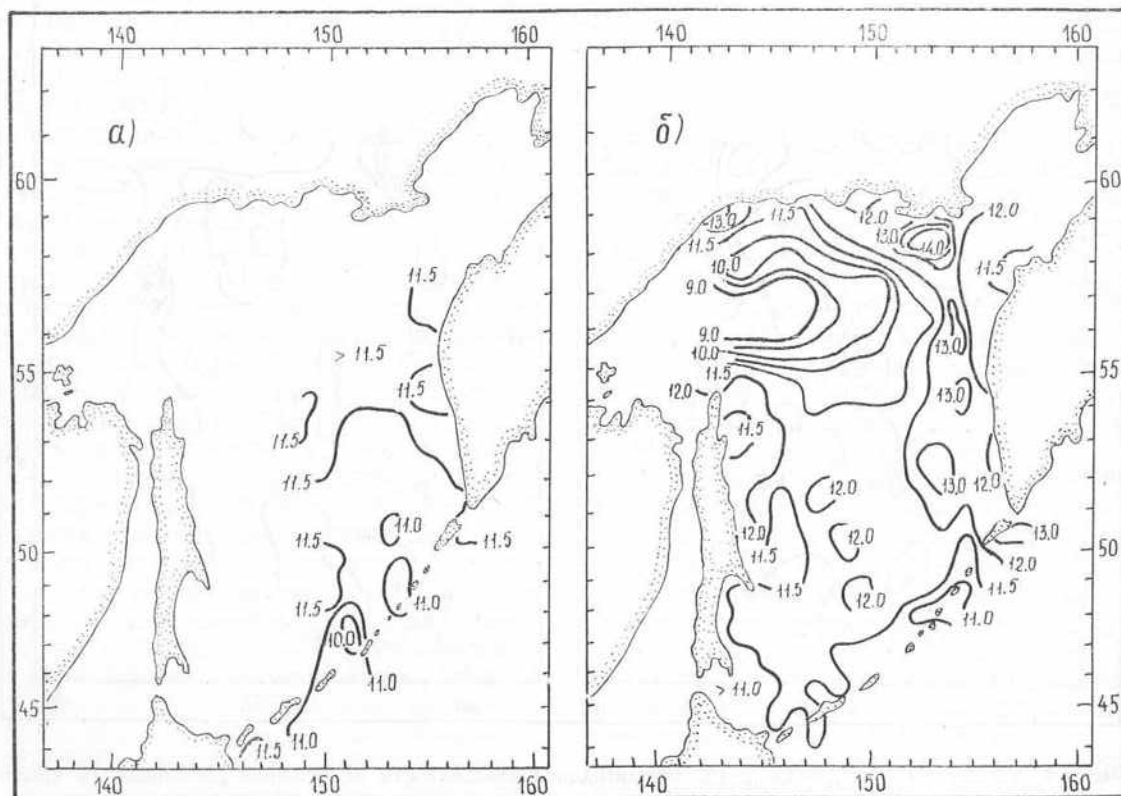


Рис. 4.10. Пространственное распределение абсолютного содержания растворенного кислорода (мг/л) в поверхностном слое зимой (а) и весной (б).

отрицательные значения температуры, повсеместно имеют концентрации растворенного кислорода более 11,5 мг/л (рис. 4.10 а).

Весной на всей исследуемой акватории, несмотря на увеличение температуры воды на поверхности, происходит рост содержания растворенного кислорода. Это в основном связано с интенсивным развитием фитопланктона и процессом фотосинтеза, в результате которого вода обогащается кислородом.

Средняя часть Курильской гряды, так же как и в зимнее время, отличается минимальными концентрациями кислорода (менее 11,5 мг/л), что является следствием наиболее интенсивного вертикального перемешивания поверхностных и нижележащих слоев в этом районе моря. Более того, антициклоническая циркуляция вод вокруг отдельных крупных и мелких групп островов способствует нисходящим движениям вод и локализации здесь области минимальных значений содержания кислорода (рис. 4.10 б).

Повышенные значения содержания кислорода на севере гряды (до 12,1—13,1 мг/л) являются результатом проникновения сюда охотоморских вод, которые узким прибрежным потоком следуют вдоль побережья п-ова Камчатка на юг. Смещение вод с различными характеристиками способствует по-

симальными значениями биомассы фитопланктона [29], которые превышают здесь 1000 мг/м³, в то время как в центральной части моря они составляют 50—200 мг/м³. Однако было отмечено, что все эти значения должны рассматриваться как заниженные, так как в них не учтен микропланктон [48].

Уменьшение среднееголетних значений концентраций фитопланктона (до 500—800 мг/м³) на восточно-сахалинском шельфе [29] приводит к тому, что содержание кислорода в этом районе весной в поверхностном слое не превышает 11,4—12,1 мг/л (рис. 4.10 б).

Поступление трансформированных в проливах тихоокеанских вод, имеющих низкие значения кислорода в поверхностном слое, в центральные районы моря, где также наблюдаются наиболее низкие значения биомассы фитопланктона (менее 50 мг/м³), приводит к тому, что здесь содержание растворенного кислорода в весенний период не превышает 11,4—12,3 мг/л (рис. 4.10 б).

Весной минимальное содержание растворенного кислорода (менее 8,6 мг/л) наблюдается в северо-западной части моря (рис. 4.10 б), что объясняется влиянием нескольких факторов. Во-первых, здесь имеют место сравнительно высокие значения температуры тонкого поверхностного слоя, формирующиеся в результате низкой динамической актив-

ности вод. Во-вторых, циклоническая циркуляция вод также способствует здесь подъему обедненных кислородом подповерхностных вод на вышележащие горизонты. В-третьих, у о. Иона и над банкой Кашеварова существуют стационарные зоны подъема глубинных вод, имеющих низкие концентрации кислорода. Кроме того, этому способствует здесь

воздуха). Однако осенняя термическая конвекция в первую половину осени оказывается недостаточно интенсивной, чтобы достигать обедненных кислородом подповерхностных вод.

Из работ [1, 2, 5, 9] следует, что зимой за счет низких значений температуры воды и интенсивности динамических процессов на границе вода—воз-

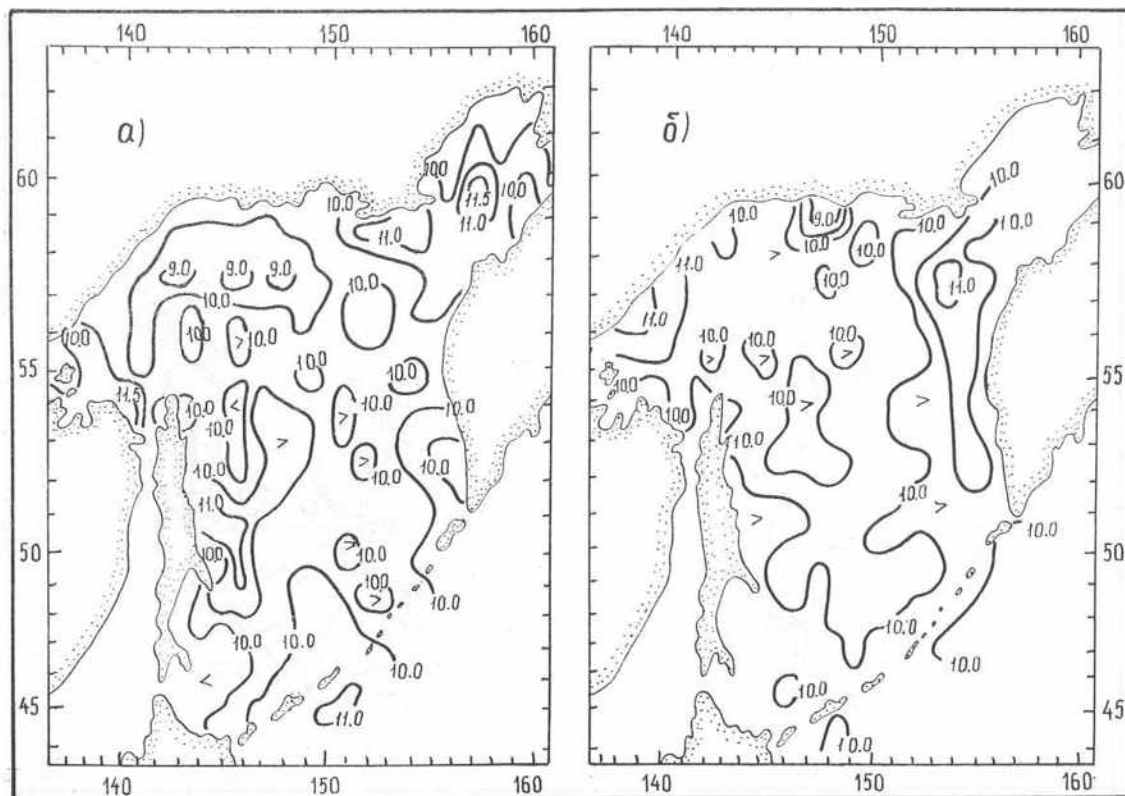


Рис. 4.11. Пространственное распределение абсолютного содержания растворенного кислорода (мг/л) в поверхностном слое летом (а) и осенью (б).

и сравнительно низкое содержание биомассы фитопланктона (от 50 до 200 мг/м³) [29].

Летом по сравнению с весной происходит повсеместное уменьшение содержания растворенного кислорода в поверхностных водах Охотского моря на 1,4—3,6 мг/л (рис. 4.11 а) за счет повышения температуры воды и снижения интенсивности фотосинтеза на всей исследуемой акватории.

Повышенные значения растворенного кислорода (до 10,7—11,4 мг/л) в летнее время отмечаются в динамически активных зонах моря, где в это время года наблюдаются самые низкие для всей исследуемой акватории значения температуры воды.

Минимальное содержание кислорода (менее 8,6—9,3 мг/л) было отмечено в северо-западной и крайней южной частях Охотского моря. О причинно-следственных связях, приводящих к данной аномалии, было сказано выше, при анализе распределения кислорода весной.

Осень характеризуется, как правило, незначительным повышением концентраций растворенного кислорода (приблизительно на 0,7 мг/л) и уменьшением пространственных градиентов (рис. 4.11 б), что обусловлено активизацией процессов на границе вода—воздух (повышением скорости ветра, связанного с возрастанием частоты циклонических ситуаций над морем, и понижением температуры

духа относительно содержания кислорода должно быть близко к состоянию насыщения (100 %). Однако поверхностные воды Охотского моря зимой находятся в состоянии недонасыщения. Максимальное недонасыщение кислородом (5—15 %) наблюдается в проливах Курильской гряды (рис. 4.12 а). Это объясняется тем, что в этом районе сильные приливные течения (особенно в мелководных проливах) приводят к интенсивному вертикальному обмену вод поверхностных и нижележащих слоев. Поэтому кислород, поглощаемый поверхностью моря, интенсивно распределяется в толще вод. Оказывает свое влияние и зимняя термическая конвекция. Следствием этих двух процессов, а также постоянного замещения вод в проливах посредством существующих неперриодических течений является возникновение локальной зоны недонасыщения поверхностных вод кислородом (рис. 4.12 а).

По мере удаления от динамически активных районов и уменьшения вертикального обмена относительное содержание кислорода повышается. Однако значительные термические контрасты между свободной от ледяного покрова поверхностью моря и атмосферой, а также частые и жесткие штормовые ситуации, которые приводят к интенсификации конвекции, являются причиной недонасыщения кислородом (до 5—7 %) поверхностных слоев Охотского моря зимой (рис. 4.12 а).

Весной на акватории Охотского моря наблюдаются максимальные значения относительного содержания растворенного кислорода. Главная причина этого явления — интенсивное развитие фитопланктона, который в процессе своей жизнедеятельности продуцирует кислород. Также немало важен и тот факт, что на исследуемой акватории

слоя в этот период года. Зоны пониженных значений растворенного кислорода, как и в предыдущие сезоны года, приурочены к динамически активным районам моря.

Осенью (рис. 4.13 б) пространственное распределение относительного содержания растворенного кислорода в поверхностных водах Охотского моря

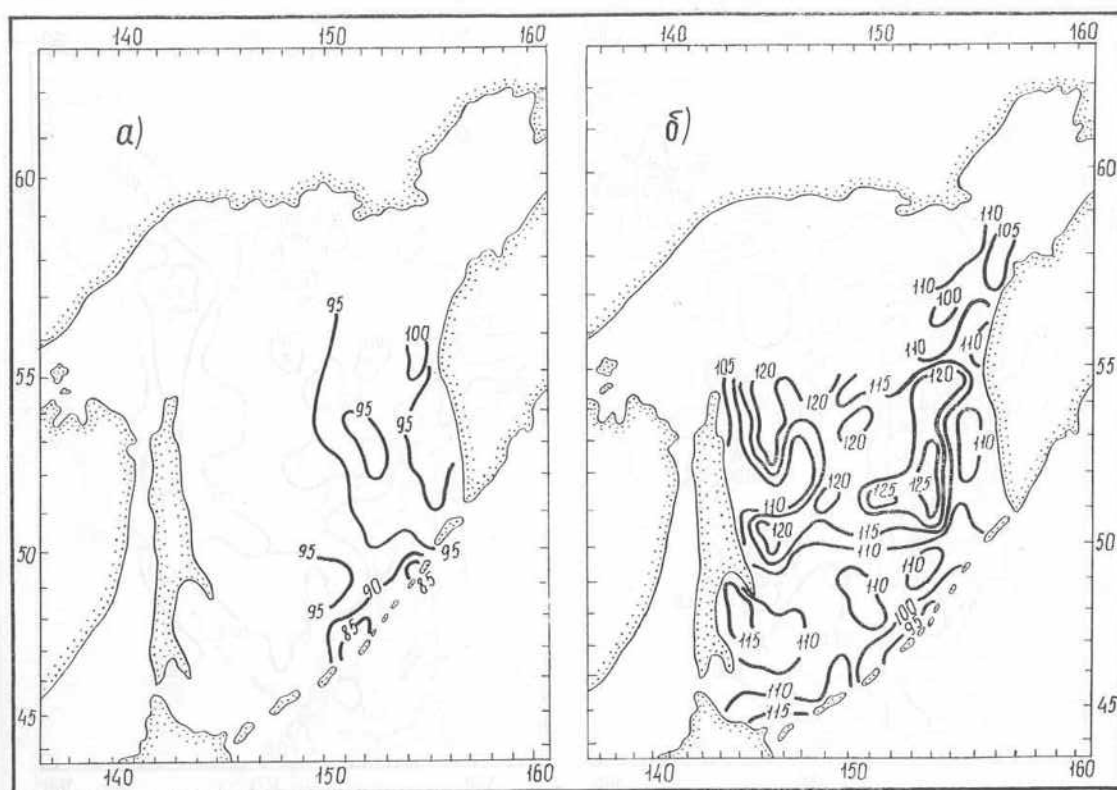


Рис. 4.12. Пространственное распределение относительного содержания кислорода (%) в поверхностном слое зимой (а) и весной (б).

происходит повсеместный прогрев поверхностных вод.

Самые низкие значения относительного содержания растворенного кислорода (около 95 %) наблюдаются в проливах Курильской гряды, где интенсивное вертикальное перемешивание приливного происхождения не позволяет поверхностным водам достичь состояния насыщения. По такой же причине образуется область пониженных значений и на входе в зал. Шелихова, где относительное содержание кислорода уменьшается до 101—104 % (рис. 4.12 б).

На остальной преобладающей акватории моря весной наблюдается перенасыщение кислородом поверхностных вод, достигающее в отдельных районах 110—128 % (рис. 4.12 б). Причем в восточной части моря, несмотря на пониженные значения температуры воды, являющиеся следствием распространения здесь трансформированных в Курильских проливах вод, относительное содержание кислорода, как правило, выше, что обусловлено большой биомассой фитопланктона [29].

Минимальные пространственные градиенты относительного содержания кислорода на исследуемой акватории отмечаются летом (рис. 4.13 а). Поверхностные воды незначительно перенасыщены кислородом (на 5—12 %), что можно объяснить максимальными значениями температуры поверхностного

значительно отличается от летнего. В северной части моря, где наиболее высокие термические контрасты между атмосферой и водной поверхностью, развивается интенсивная термическая конвекция. Поэтому поверхностные воды здесь недонасыщены кислородом.

В южной части Охотского моря осенью термическая конвекция развита еще слабо, так как термические контрасты между атмосферой и поверхностью моря сравнительно невелики. Поэтому здесь решающим фактором при образовании локальных аномалий в относительном содержании кислорода на поверхности моря является вертикальный обмен характеристиками поверхностных и нижележащих слоев с большей повторяемостью, чем в летнее время. Сложное взаимодействие этих процессов проявляется при образовании пониженных значений относительного содержания кислорода в юго-восточной части моря (рис. 4.13 б).

В центральной и крайней южной частях моря относительное содержание кислорода (рис. 4.13 б) близко к состоянию насыщения, что обусловлено сравнительно слабыми процессами конвективного перемешивания.

Наличие слоя подповерхностного максимума в содержании растворенного кислорода является важной особенностью гидрохимического режима Охотского моря. Этот слой прослеживается только

в весеннее и летнее время и является следствием фотосинтетической деятельности фитопланктона и особенностей термического режима Охотского моря. В холодную половину года интенсивные процессы осенне-зимней конвекции приводят к его исчезновению.

Весной и летом в подповерхностных водах Охотского моря отмечаются различия в глубинах зале-

подповерхностного максимума относительного содержания растворенного кислорода.

Как следует из рис. 4.14 а, наиболее четко выделяется глубина залегания максимума относительного содержания растворенного кислорода только в районе Курильской гряды. Весной она располагается в этом районе на поверхности, что связано с интенсивным приливным вертикальным переме-

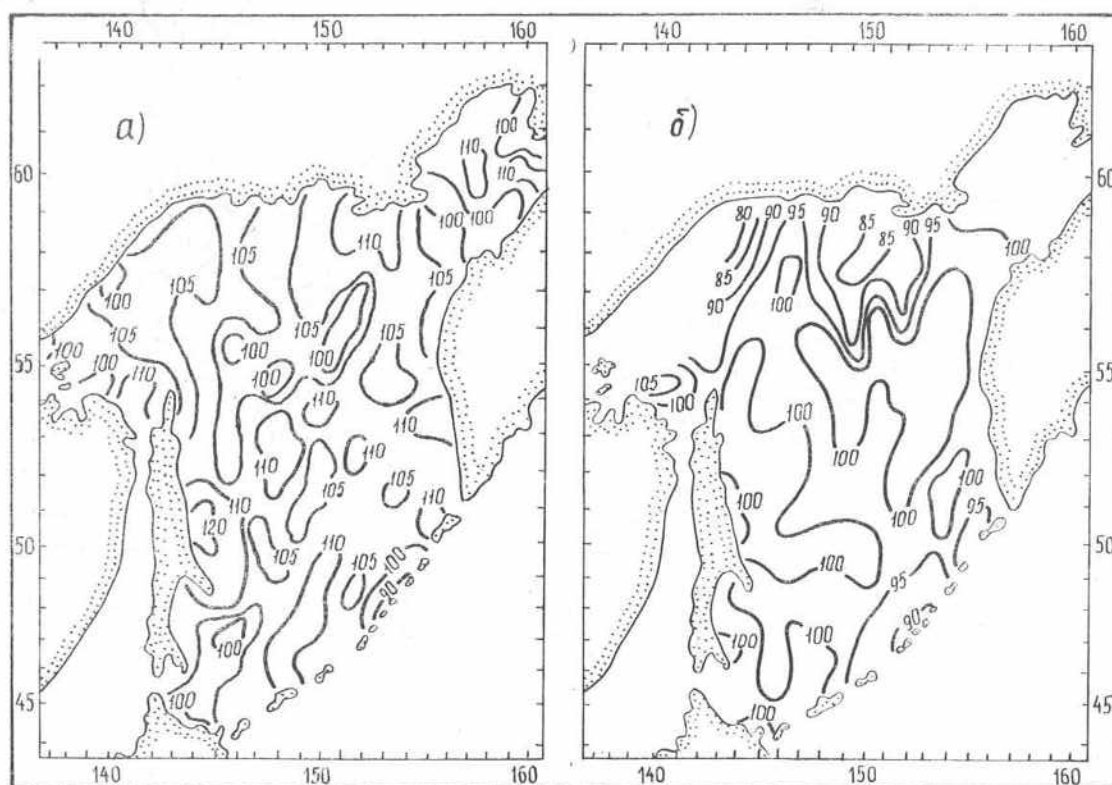


Рис. 4.13. Пространственное распределение относительного содержания кислорода (%) в поверхностном слое летом (а) и осенью (б).

гания максимальных значений абсолютного и относительного содержания растворенного кислорода. Максимум относительного содержания кислорода всегда располагается выше и выделяется в тонком прогревом квазигодном слое, а максимум абсолютного содержания кислорода располагается под слоем скачка температуры и характеризует зимнее состояние насыщения кислородом подповерхностных вод.

В весеннее время максимум относительного содержания растворенного кислорода находится в слое 0—10 м, и только в отдельных квадратах глубина залегания его возрастает до 20 м (рис. 4.14 а). Вообще, распределение глубин его залегания довольно «пестрое», что связано в первую очередь с недостатками материалов наблюдений. В это время на преобладающей части Охотского моря прогрев лишь тонкий поверхностный слой толщиной менее 10 м. В то же время дискретность гидрологических наблюдений в верхнем слое моря составляет по вертикали, как правило, 10 м. Наличие значительной внутрисуточной изменчивости (за счет мощных внутренних волн), которая рассматривалась в предыдущем подразделе, а также выполнение конкретных станций в различные фазы внутренних волн, приводит к наблюдаемой «пестроты» распределения глубин залегания

шиванием вод, которое приводит к исчезновению подповерхностного слоя скачка температуры.

Минимальные значения относительного содержания кислорода в весенний период наблюдаются в районе Курильской гряды (рис. 4.14 б), что связано с динамическими причинами, приводящими к резкому понижению температуры поверхностного слоя воды. Содержание биомассы фитопланктона здесь также невелико. Динамические факторы являются определяющими и при образовании пониженных значений кислорода на входе в зал. Шелихова.

Прогрев тонкого поверхностного слоя вод, жизнедеятельность фитопланктона и ослабление атмосферных воздействий приводят весной к перенасыщению кислородом до 130—140 % вод исследуемой акватории (рис. 4.14 б). Уменьшение относительного содержания кислорода в прибрежных районах о. Сахалин и п-ова Камчатка до 98—110 % (несмотря на высокую биомассу фитопланктона) связано в первую очередь с интенсификацией здесь приливных и неперриодических течений, что приводит к перераспределению кислорода на нижележащие горизонты.

Глубина залегания подповерхностного максимума абсолютного содержания растворенного кислорода в весеннее время располагается ниже, чем

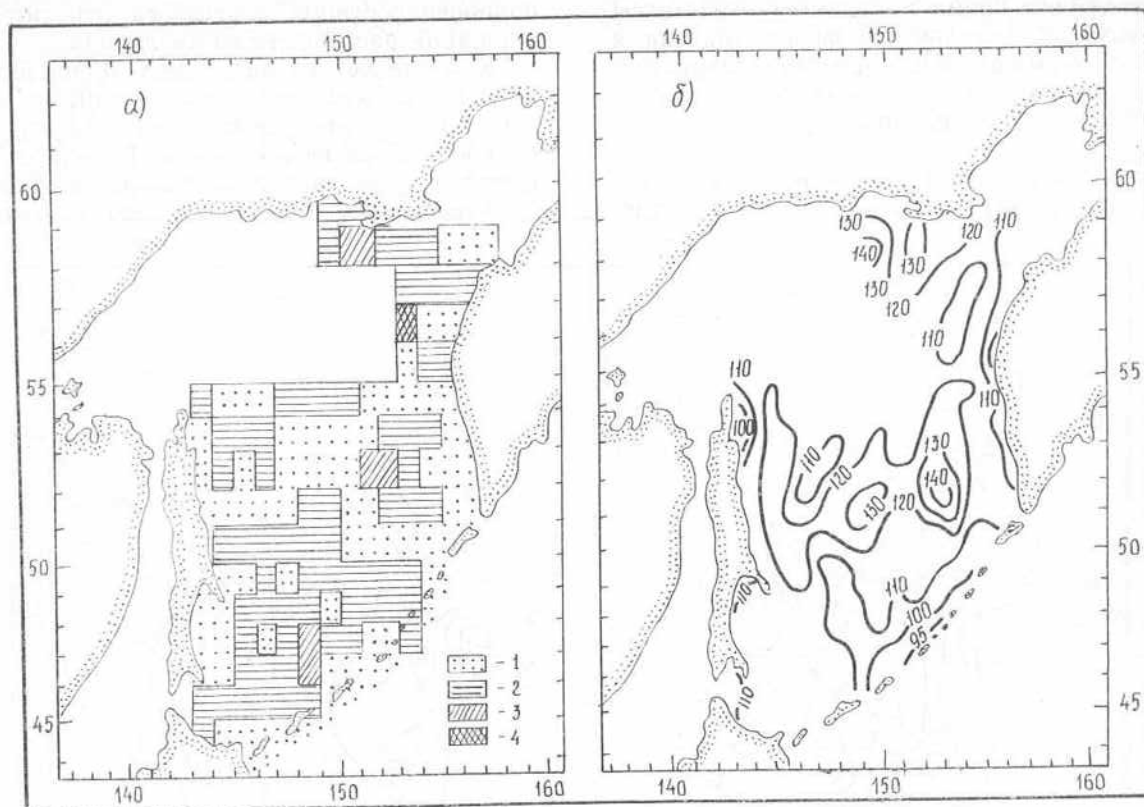


Рис. 4.14. Глубина (м) залегания слоя подповерхностного максимума (а) и относительное содержание кислорода (%) в нем (б) весной.
1 — 0; 2 — 10; 3 — 20; 4 — 30 м.

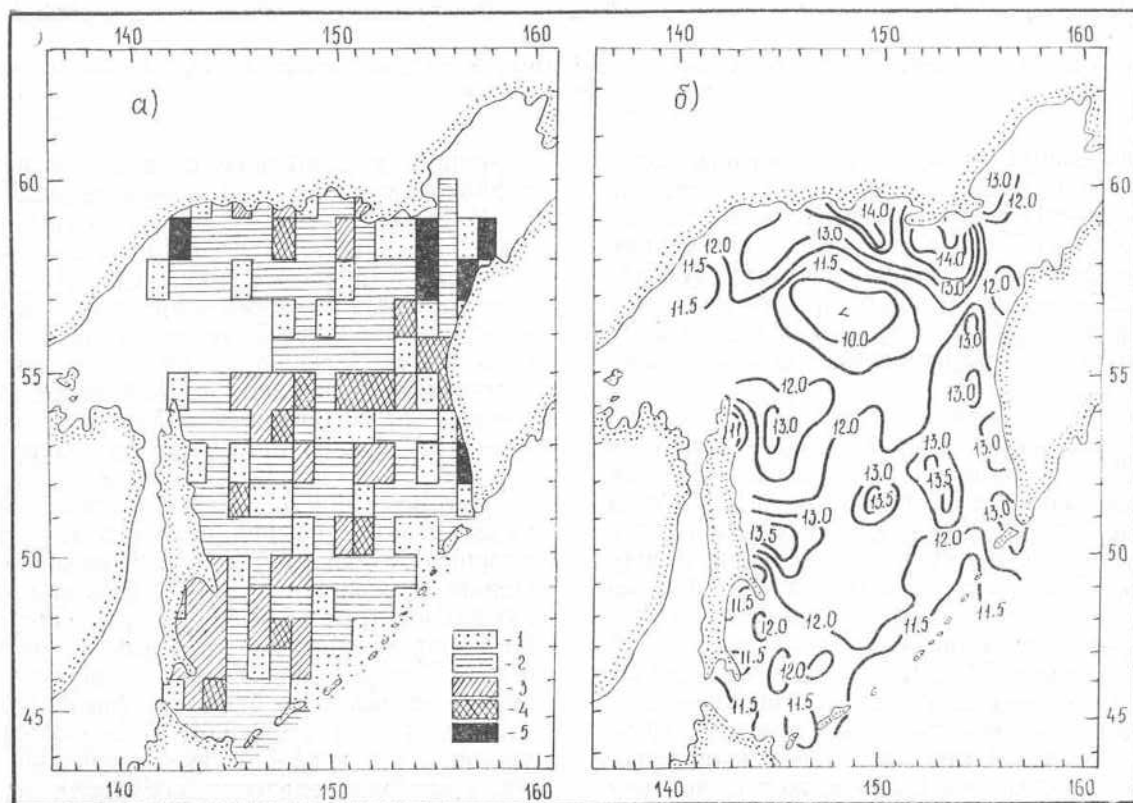


Рис. 4.15. Глубина (м) залегания слоя подповерхностного максимума (а) и абсолютное содержание кислорода (мг/л) в нем (б) весной.
1 — 0; 2 — 10; 3 — 20; 4 — 30; 5 — 50—75 м.

относительного (рис. 4.14 а и 4.15 а). На поверхности максимум абсолютного содержания кислорода проявляется в районе Курильской гряды и прилегающих к ней акваториях, на входе в зал. Шелихова, а также в некоторых других локальных районах моря, располагающихся случайным образом на исследуемой акватории. В динамически активных районах смещение подповерх-

10 и 20 м (редко 30 м), что, очевидно, можно также объяснить недостаточным количеством данных наблюдений.

На большей части Охотского моря летом в слое подповерхностного максимума происходит снижение относительного содержания растворенного кислорода по сравнению с весенним периодом (рис. 4.15 б и 4.16 б). Это связано с уменьшением

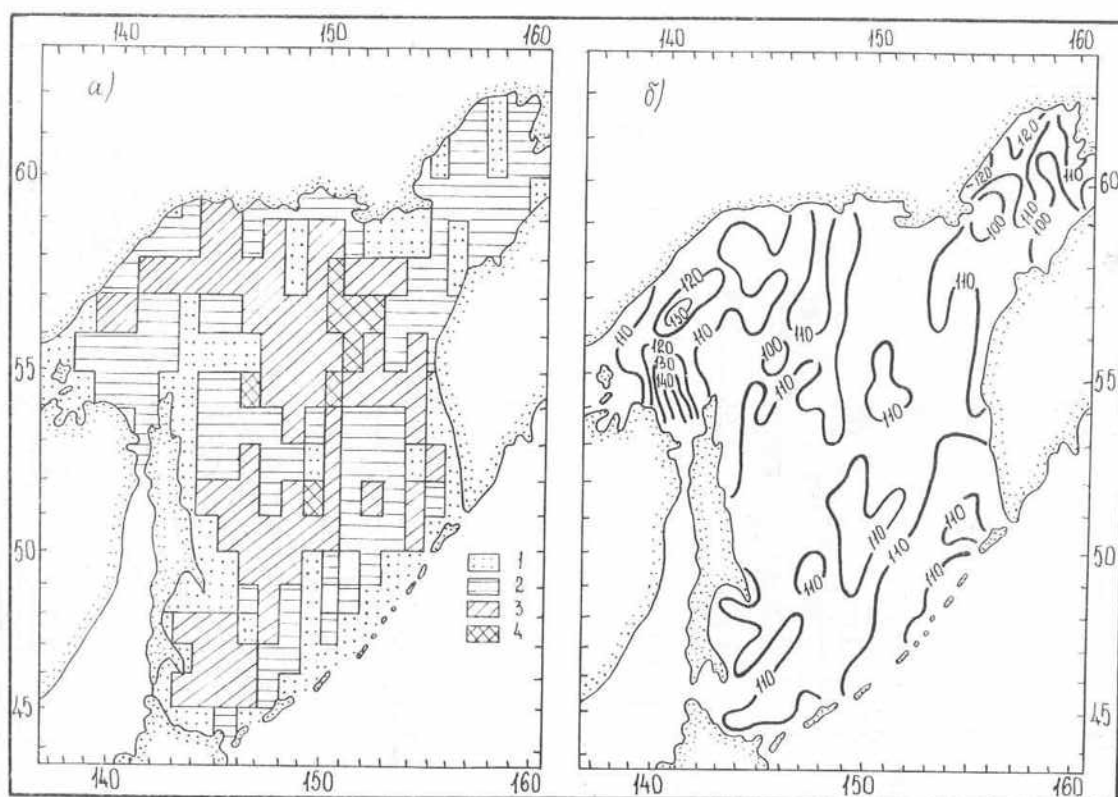


Рис. 4.16. Глубина (м) залегания слоя подповерхностного максимума (а) и относительное содержание кислорода (%) в нем (б) летом.
1 — 0; 2 — 10; 3 — 20; 4 — 30 м.

ностных максимумов растворенного кислорода на поверхность связано с вертикальным перемешиванием вод. На остальной части моря появление их на поверхности моря, а также максимальные заглубления в отдельных локальных районах определяются недостаточным количеством наблюдений.

В летнее время происходит заглубление слоя подповерхностного максимума относительного содержания растворенного кислорода (рис. 4.16 а). Однако так же, как и весной, он отсутствует в динамически активных районах моря.

Отсутствие в летнее время подповерхностного максимума относительного содержания растворенного кислорода на шельфе о. Сахалин, вероятно, связано с рядом причин. Одной из них является сильное распреснение поверхностных вод, приводящее к возрастанию поглощения кислорода, другой — значительный прогрев верхнего тонкого квазиоднородного слоя, в котором на мелководье возрастает вертикальный обмен за счет интенсификации приливных и неперидических течений.

На остальной преобладающей части исследуемой акватории летом глубины залегания максимума растворенного кислорода, как правило, равны

интенсивности фотосинтеза и постепенным разрушением этого слоя в результате турбулентного обмена на фоне приливных и неперидических течений, а также волнения. Поэтому относительное содержание кислорода, как правило, не превышает 108—115 %.

Пониженные значения относительного содержания растворенного кислорода (до 100—150 %) в динамически активных районах моря объясняются мощным вертикальным и боковым приливным перемешиванием.

Над банкой Кашеварова, где отмечается постоянный подъем глубинных более холодных и обедненных кислородом вод, относительное содержание растворенного кислорода летом не превышает 97—103 % (рис. 4.16 б).

Наиболее вероятной причиной образования максимума относительного содержания растворенного кислорода в подповерхностном слое северо-западной части Охотского моря, достигающего в летнее время 130—150 % (рис. 4.16 б), является более позднее исчезновение здесь ледяного покрова и соответственно смещение на летнее время развития фитопланктона. В этом районе также сказывается и менее интенсивное вертикальное перемешивание,

следствием которого является повышенный прогрев только тонкого поверхностного слоя.

Подповерхностный максимум абсолютного содержания растворенного кислорода летом отсутствует только в районе Курильских проливов, к востоку от Шантарских островов, к югу от п-овов Кони и Пьягина и в Пенжинской губе, что связано в этих районах с интенсивным вертикальным и боковым приливным перемешиванием вод.

здесь с распространением трансформированных в Курильских проливах тихоокеанских вод, которые имеют в верхнем слое вод более низкое абсолютное содержание кислорода.

На горизонте 50 м зимой основные закономерности распределения концентраций растворенного кислорода на большей части исследуемой акватории не отличаются от распределения его на поверхности (рис. 4.18 а и 4.10 а). Это в основном

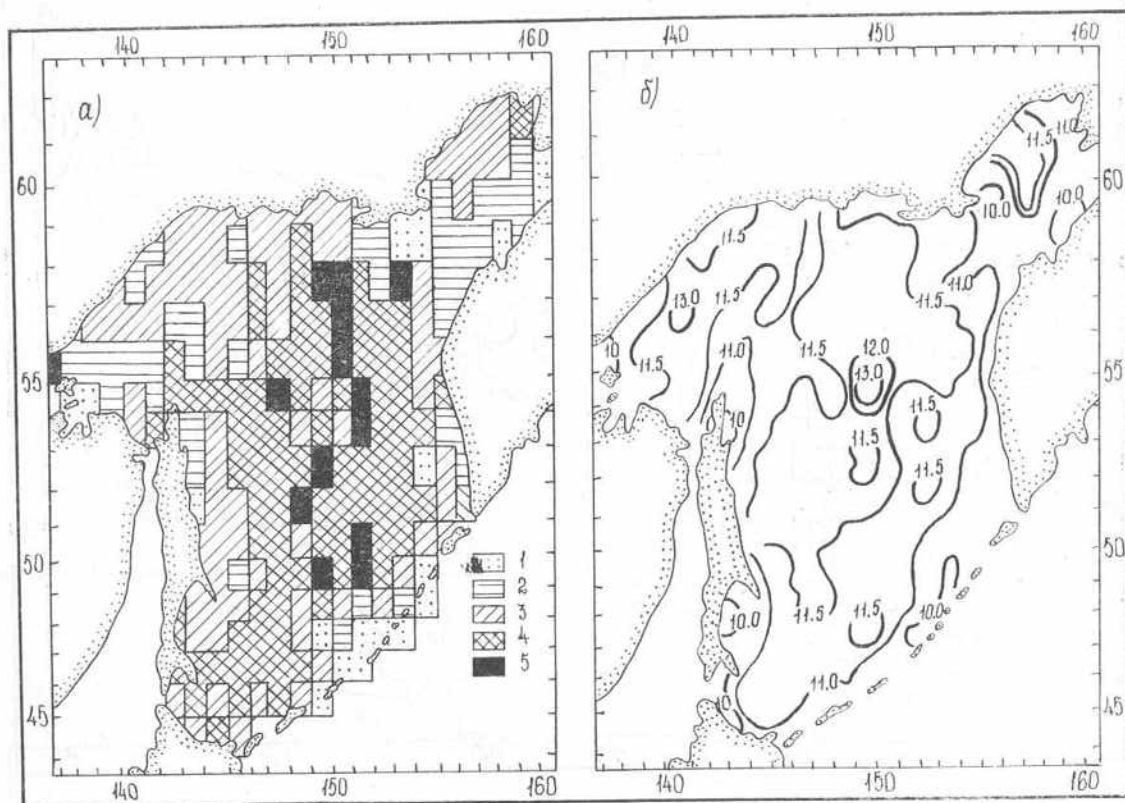


Рис. 4.17. Глубина (м) залегания слоя подповерхностного максимума (а) и абсолютное содержание кислорода (мг/л) в нем (б) летом.
1 — 0; 2 — 10; 3 — 20; 4 — 30; 5 — 50—75 м.

На преобладающей части моря слой подповерхностного максимума абсолютного содержания кислорода располагается летом между горизонтами 10 и 30 м. Причем наименьшие глубины его залегания (10—20 м) отмечаются в северо-западной части моря, в зал. Шелихова и на обширной акватории у о. Сахалин, подверженной распресняющему воздействию материкового стока. В первых районах это связано с циклонической циркуляцией вод, препятствующей вертикальному перемешиванию поверхностных и нижележащих слоев. Распреснение вод у берегов о. Сахалин создает резкий слой скачка плотности, который препятствует вертикальному обмену.

Распределение абсолютного подповерхностного максимума растворенного кислорода летом (рис. 4.17 б) указывает на то, что в динамически активных районах оно не превышает 10,0—10,4 мг/л. У берегов о. Сахалин низкие значения (менее 10,0 мг/л) связаны с относительно высоким прогревом вод в поверхностном слое.

На преобладающей части Охотского моря летние значения в этом слое изменяются от 11,4 до 12,1 мг/л. Причем в южной и восточной частях исследуемой акватории они ниже, что связано

с процессами зимней термической конвекции. Так как источник поступления кислорода в водную толщу находится на поверхности моря, то его значения в большинстве районов ниже поверхностных на 0,1—0,4 мг/л. Наибольшие различия с поверхностью (до 1,4 мг/л) наблюдаются в зимнее время на шельфе Камчатки, что свидетельствует о меньшей вертикальной протяженности верхнего квазиоднородного слоя.

Весной на горизонте 50 м пространственные особенности и причинно-следственные закономерности распределения растворенного кислорода на акватории Охотского моря не отличаются от его распределения в поверхностном слое. В то же время содержание кислорода, как правило, ниже на 0,7—1,4 мг/л. Исключением является только район Курильской гряды и локальная область на входе в зал. Шелихова, где интенсивные динамические процессы уменьшают различия между содержанием кислорода в поверхностном слое и на горизонте 50 м в весеннее время до 0,3—0,4 мг/л. Максимальные различия выявлены в прибрежных районах северной части моря, где содержание растворенного кислорода на горизонте 50 м в это время ниже содержания кислорода в поверхностном слое на

2,1—2,8 мг/л, что обусловлено высокой концентрацией биомассы фитопланктона в поверхностном слое (рис. 4.18 б).

Летом выделяются наибольшие различия в пространственном распределении абсолютного содержания растворенного кислорода на горизонте 50 м

(когда температура поверхностных вод выше нижележащих) приводит к увеличению температуры подповерхностных слоев. Снижение содержания кислорода обусловлено также биохимическим потреблением его в прибрежной зоне, где биологическая продуктивность вод оказывается выше.

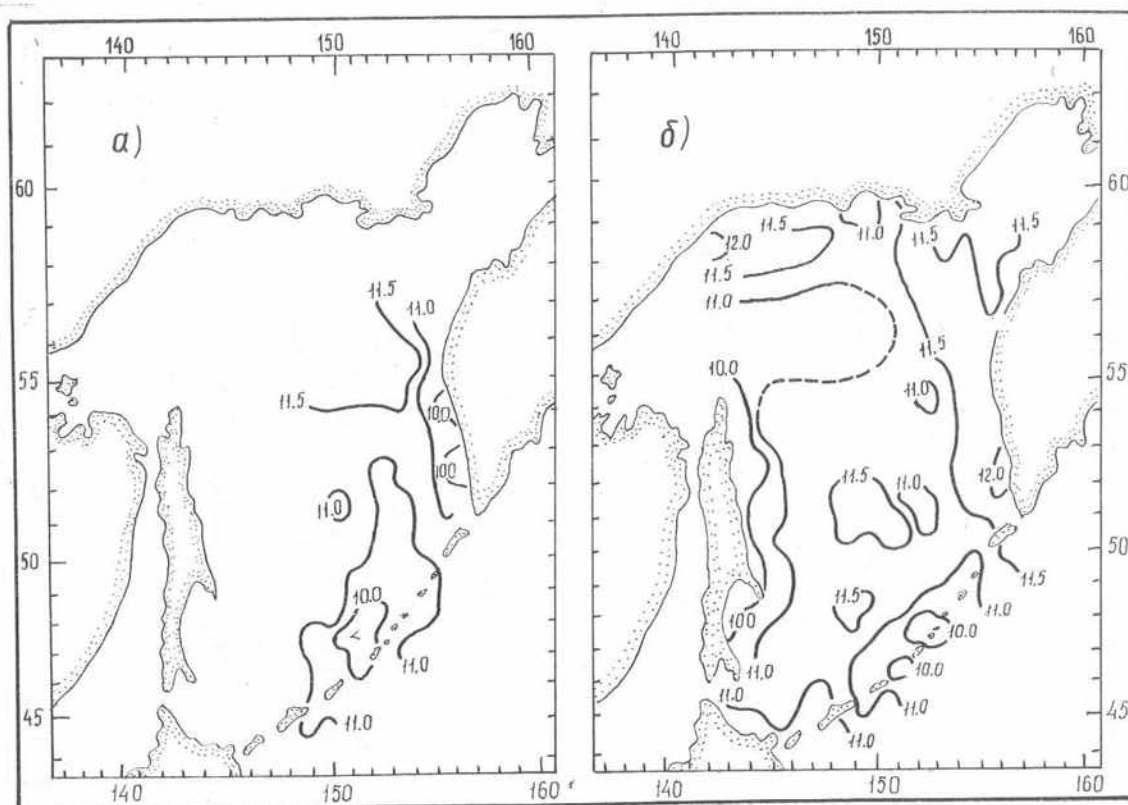


Рис. 4.18. Пространственное распределение абсолютного содержания кислорода (мг/л) на горизонте 50 м зимой (а) и весной (б).

по сравнению с поверхностным слоем (рис. 4.19 а и 4.11 а). Сложные динамические процессы, происходящие в Курильских проливах, в зал. Шелихова и в районе Шантарских островов, формируют здесь летом аномально низкие концентрации кислорода, которые не превышают 9,0—9,7 мг/л.

Область низких концентраций абсолютного содержания растворенного кислорода (до 9,1—9,7 мг/л), располагающаяся к северо-востоку от Шантарских островов, образована вследствие подъема вод с низким содержанием кислорода в системе циклонической циркуляции вод северо-западной части моря.

Повышенное содержание кислорода в центральной части моря (эту область можно условно ограничить изооксигеной 11,0 мг/л) является следствием процесса фотосинтеза в вышележащих слоях, от которых затем посредством вертикального обмена, происходящего в результате ветрового волнения, периодических и непериодических движений вод, кислород передается в нижележащие слои.

Осенью по сравнению с летним периодом на горизонте 50 м наблюдается повсеместное понижение содержания кислорода на 0,4—0,9 мг/л, что особенно ярко проявляется на периферии моря (рис. 4.19 б). Это в первую очередь связано с термической конвекцией, которая на первом этапе

На горизонте 100 м особенности пространственного распределения растворенного кислорода в течение всего года аналогичны его распределению на горизонте 50 м, но значения его ниже на 0,4—0,9 мг/л. Только весной к востоку от о. Сахалин образуется область аномально низких значений содержания кислорода (до 9,0—9,4 мг/л), возникновение которой связано с подъемом глубинных обедненных кислородом вод в системе циклонической циркуляции.

В проливах Курильской гряды и в прилегающих к ним водах южной глубоководной котловины, а также в северной мелководной части моря можно однозначно оценить характер внутригодовой изменчивости содержания растворенного кислорода на горизонте 100 м. В этих районах моря максимум содержания кислорода наблюдается в зимний период года, а затем идет постепенное (включая и осенний период) уменьшение его значений, что особенно заметно в районе проливов Курильской гряды, где содержание кислорода понижается на 0,7—1,4 мг/л. Отмеченная закономерность может быть обоснована тем, что на горизонт 100 м в Охотском море поступление кислорода происходит главным образом в результате осенне-зимней конвекции, эффект которой еще более увеличивается в динамически активных районах. Затем в течение всего теплого периода года и на начальной

стадии осенней термической конвекции идет только потребление кислорода, что и приводит к отмеченным выше закономерностям.

На горизонте 200 м по сравнению с вышележащими содержание растворенного кислорода резко уменьшается и в течение всего года изменяется на

вах уменьшается вертикальная устойчивость вод, заполняющих южную глубоководную котловину. Поэтому интенсивность нисходящих движений в системе антициклонической циркуляции вод оказывается достаточной, чтобы на горизонте 200 м отражалось весеннее перенасыщение кислородом подпо-

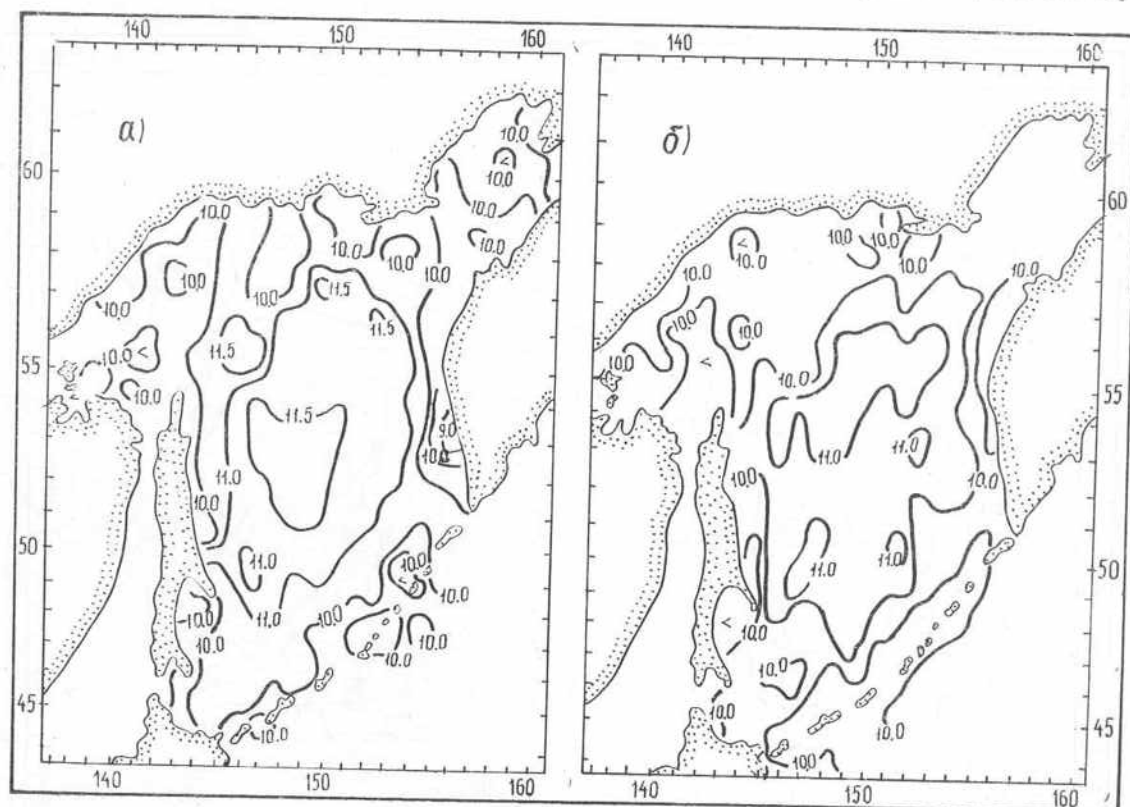


Рис. 4.19. Пространственное распределение абсолютного содержания кислорода (мг/л) на горизонте 50 м летом (а) и осенью (б).

всей исследуемой акватории от 5,7 до 8,6—9,3 мг/л. Причем максимальные значения кислорода отмечаются в южной и восточной частях Охотского моря, где распространяются трансформированные тихоокеанские воды.

В юго-восточной части моря, за исключением проливов Курильской гряды и зоны Камчатского течения, мы не можем достоверно выделить особенности внутригодовой изменчивости полей растворенного кислорода в водах Охотского моря на горизонте 200 м, так как нижняя граница деятельного слоя (рис. 4.3а) располагается на большей части исследуемой акватории выше горизонта 200 м.

Вблизи северных проливов Курильской гряды внутригодовой ход содержания растворенного кислорода на горизонте 200 м аналогичен распределению содержания кислорода на горизонте 100 м, т. е. максимум выделяется здесь зимой (8,6—9,3 мг/л), а минимум — осенью (7,1—7,9 мг/л).

В водах, прилегающих к островам южной части гряды, характер годового хода содержания растворенного кислорода на горизонте 200 м несколько иной. Максимум содержания кислорода здесь отмечается весной (8,3—8,7 мг/л). Минимальные концентрации проявляются в осенне-зимний период (около 7,9 мг/л). Такое распределение значений в течение года происходит в связи с тем, что вследствие вертикального перемешивания вод в проли-

вах уменьшается вертикальная устойчивость вод, возникающее в результате фотосинтеза.

На горизонтах 300 и 500 м (рис. 4.20) происходит дальнейшее уменьшение абсолютного содержания растворенного кислорода. Особенности его пространственного распределения на данных горизонтах полностью определяются динамическими процессами, происходящими в толще вод. Так, образование области пониженных значений в северо-восточной части моря на горизонте 300 м (рис. 4.20а) связано с подъемом глубинных вод, вызванным разделением здесь Камчатского течения на два потока, один из которых следует в зал. Шелихова, а другой образует северо-восточную периферию циклонического круговорота вод в северной части моря.

Пониженные концентрации кислорода в центральной части моря на горизонтах 300 и 500 м (см. рис. 4.20) являются следствием подъема глубинных вод в системе циклонического круговорота, образованного Восточно-Сахалинским и Камчатским течениями.

Максимальное содержание кислорода на данных горизонтах в южной и юго-восточной частях моря является продуктом адвекции тихоокеанских вод, а также вертикального обмена с вышележащими и более обогащенными кислородом водами, который интенсивно происходит в проливах Курильской гряды.

Главная особенность пространственного распределения абсолютного содержания растворенного кислорода на горизонтах 1500 и 2000 м — это более высокие его концентрации в тихоокеанских водах,

поступающих через глубоководные проливы Курильской гряды. По мере распространения этих вод на акватории моря концентрации кислорода уменьшаются (рис. 4.21).

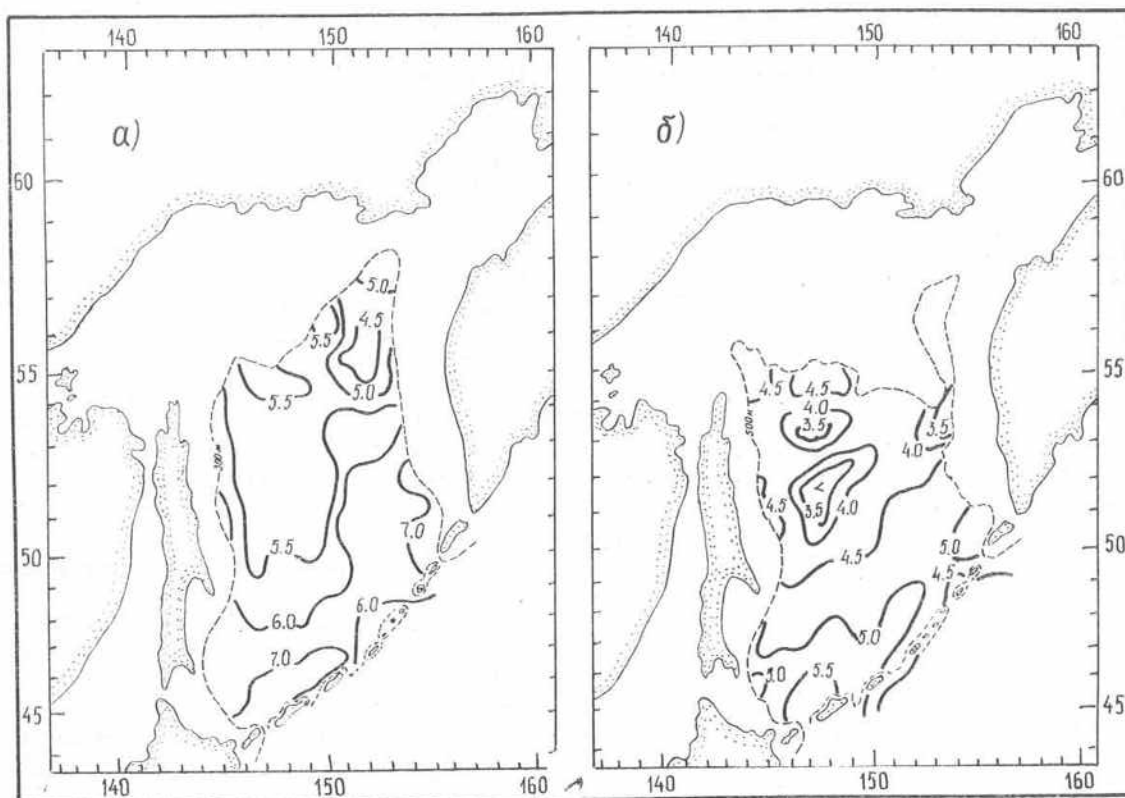


Рис. 4.20. Пространственное распределение абсолютного содержания кислорода (мг/л) на горизонтах 300 (а) и 500 м (б).

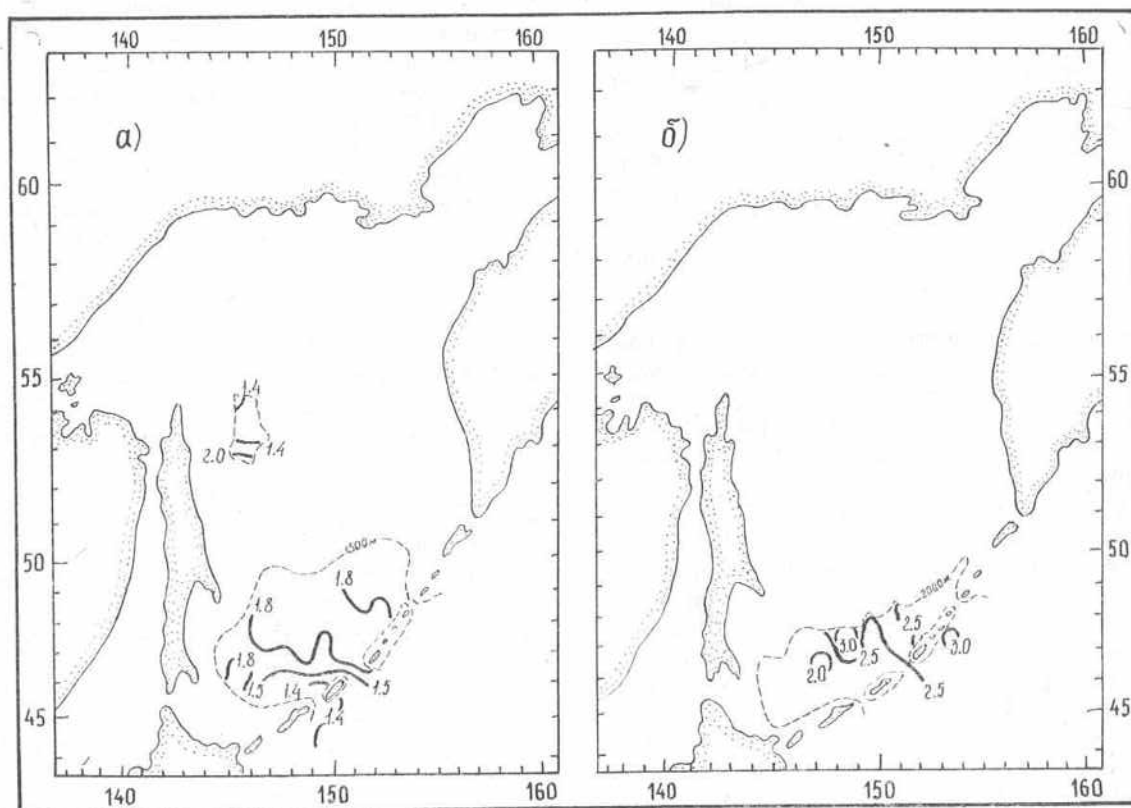


Рис. 4.21. Пространственное распределение абсолютного содержания кислорода (мг/л) на горизонтах 1500 (а) и 2000 м (б).

5. ЭЛЕМЕНТЫ КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ ВОД

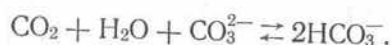
В химии вод морей и океанов карбонатная система играет важную роль в таких основных процессах, как:

- взаимодействие газов на границе атмосфера — океан (поглощение углекислоты);
- фотосинтез и разложение органического вещества;

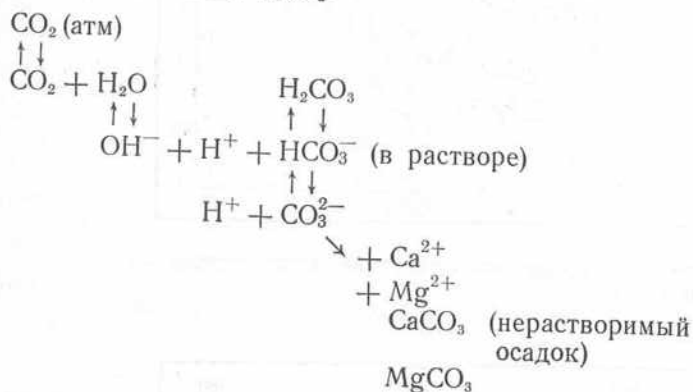
- осаждение солей в виде нерастворимых карбонатных осадков.

Свойство буферности морской воды, которое в основном зависит от карбонатной системы, играет также большую роль в ходе физико-химических процессов, протекающих в морской среде.

Степень буферности морской воды при поглощении CO_2 из атмосферы определяется равновесием реакции



Под карбонатной системой обычно понимается ряд последовательных реакций, которые начинаются с растворения углекислоты в воде и заканчиваются выпадением нерастворимых карбонатов кальция и магния [2, 5]:



Наиболее активным компонентом карбонатной системы является углекислота (H_2CO_3). Содержание в морской воде свободной углекислоты обычно не превышает 2,5 мг/л. Средняя концентрация CO_2 в морской воде равна 0,7 мг/л, т. е. на порядок ниже концентрации кислорода.

Сумма анионов HCO_3^- и CO_3^{2-} слабой угольной кислоты карбонатной системы определяет карбонатную щелочность, которая составляет около 95 % общей щелочности. Общую щелочность морской воды дополняют борная, фосфорная и кремниевая кислоты. Отрицательный логарифм активности свободных ионов водорода (H^+) характеризует кислотные условия среды, или pH (водородный показатель) [2, 39].

Поскольку гидрокарбонатные и боратные ионы относятся к компонентам основного солевого состава, то изменение общей щелочности ($\text{Alk}_{\text{общ}}$) зависит от солёности морской воды и отражает процессы, меняющие состав воды: биологическое потребление или растворение карбоната кальция, поступление материковых вод с иным соотношением главных ионов, образование и таяние льда.

Основным фактором, от которого зависит состояние карбонатной системы, является двуокись углерода (CO_2). Выделение двуокиси углерода в результате разложения органического вещества, поглощение ее из атмосферы приводят к пониже-

нию pH, т. е. увеличению кислотности морской воды. Напротив, поглощение CO_2 в процессе фотосинтеза и выделение CO_2 в атмосферу, например при повышении температуры воды, приводит к увеличению pH и уменьшению кислотности среды. В результате процессов дыхания морских организмов, разложения органического вещества, усиления диссоциации угольной кислоты происходит накопление двуокиси углерода, что приводит в свою очередь к понижению pH [5].

Особенности пространственного распределения pH и внутригодовые изменения количественных характеристик водородного показателя не только зависят от степени активности биологических и химических процессов в различных районах и на различных глубинах моря, но и определяются сезонной изменчивостью этих процессов, гидрологических условий, в частности горизонтальными и вертикальными движениями водных масс, колебаниями температуры воды и т. д.

5.1. Вертикальное распределение pH

Основные закономерности изменения pH с глубиной в Охотском море аналогичны изменениям pH северной части Тихого океана, для которого характерным является наличие максимума pH (8,3—8,4) на поверхности и минимума pH (7,6—7,7) в его промежуточных водах на горизонтах 1200—1500 м.

Наибольшие значения водородного показателя (8,1—8,4) обнаруживаются в Охотском море в его поверхностном слое. С глубиной значения pH повсеместно уменьшаются, достигая минимума (7,5—7,8) на горизонтах 1000—1200 м (рис. 5.1). Наибольшие изменения pH, иногда до 0,5, наблюдаются в слое 20—50 м.

В Охотском море выделяются два основных типа вертикального распределения pH с глубиной:

- распределение максимальных значений pH на поверхности моря и минимальных у дна — в пределах всей шельфовой зоны и в центральных районах моря с глубинами, не превышающими 1000—1500 м;

- распределение максимальных значений pH на поверхности и минимальных на промежуточных горизонтах 1000—1200 м при незначительном повышении значений pH (до 7,8—8,0) ко дну — в южной части моря с глубинами более 1500 м.

Характерный промежуточный минимум pH (7,6—7,7) приурочен к ядру теплого промежуточного слоя с минимальным содержанием растворенного кислорода. В результате увеличения содержания углекислоты, происходящего за счет процессов разложения органического вещества, на глубинах 1000—1200 м наблюдается уменьшение pH. Влияние тихоокеанских вод с уже сформировавшимся типом вертикальной структуры сказывается в южной части моря, прилегающей к проливам Курильской островной дуги, где минимум pH располагается на глубине около 1500 м (рис. 5.2).

Локально минимальные значения водородного показателя (7,6—7,7) обнаруживаются на глубине 1500 м в районе, который расположен на меридиане 146° в. восточнее м. Елизаветы и приуро-

чен к впадине Дерюгина (см. рис. 5.2). Его формирование, по-видимому, обусловлено особенностями рельефа дна данного района, благодаря которым впадина Дерюгина обособлена от глубоководной Курильской котловины. В результате ограниченного водообмена происходит накопление в придонных водах впадины углекислоты за счет интенсивного разложения органического вещества.

водной Курильской котловины. В результате ограниченного водообмена происходит накопление в придонных водах впадины углекислоты за счет интенсивного разложения органического вещества.

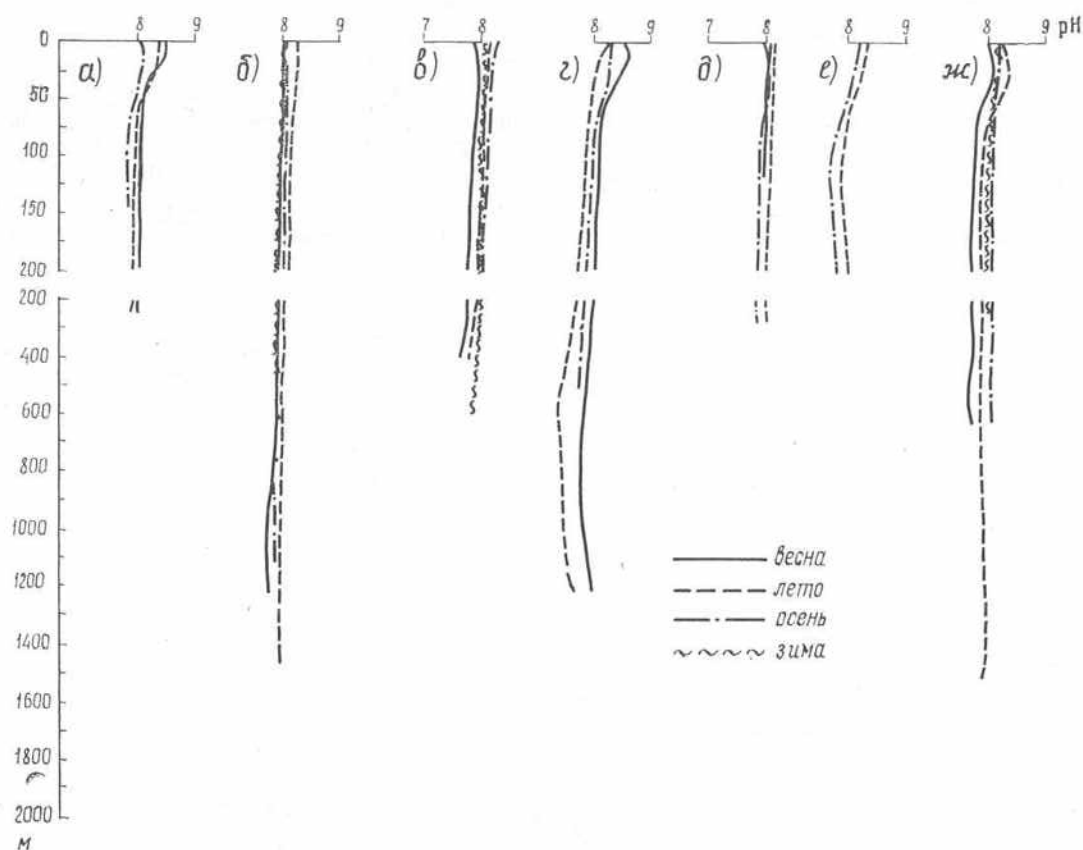


Рис. 5.1. Вертикальное распределение pH в южной (а—в) и северной (г—ж) частях Охотского моря.

а — кв. 48; б — кв. 93; в — кв. 150; г — кв. 91; д — кв. 206; е — кв. 63; ж — кв. 132.

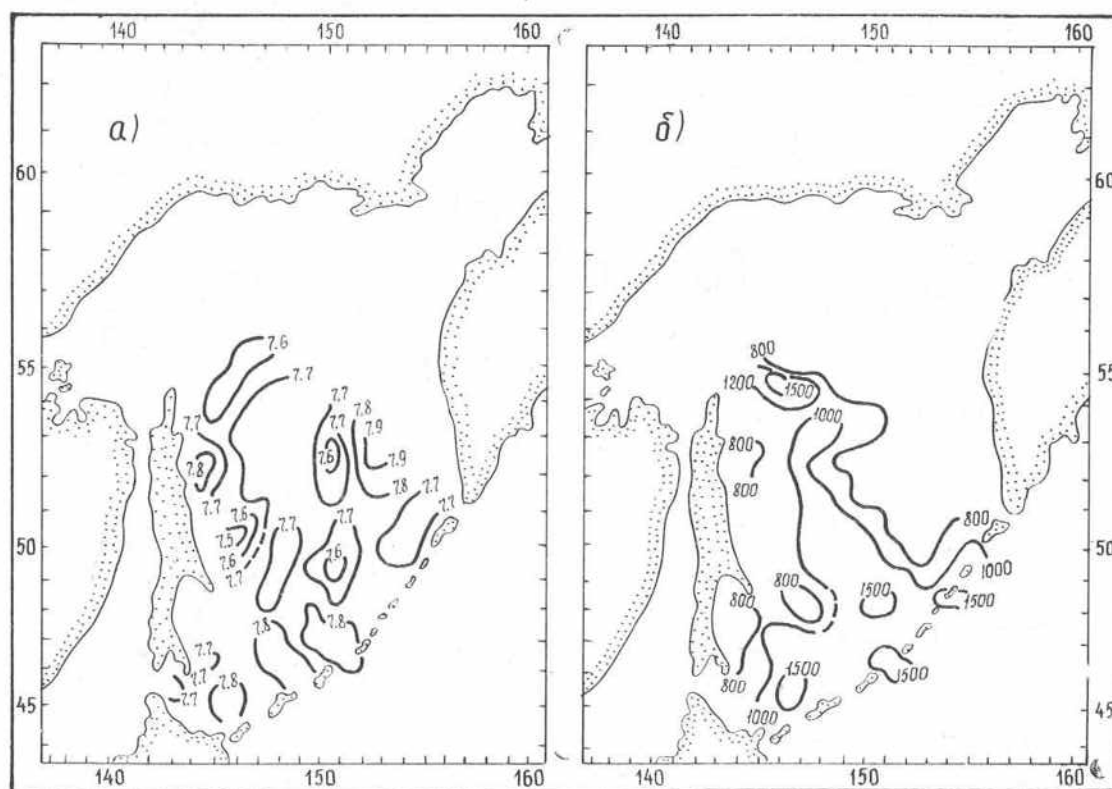


Рис. 5.2. Распределение pH (а) и глубина (м) залегания слоя его минимума (б).

мен тибетсү идроканни тескни понкарагнен монго.

причинами, находится в пределах 0,01—0,10 мг/л в минуту для кислорода и 0,01—0,02 для рН, а за счет фотосинтеза и деструктивных процессов даже в высокопродуктивных районах она на 3—4 порядка ниже.

На многосуточных станциях, выполненных летом 1983 г., наибольшие суточные колебания рН (от 8,55 до 7,95) отмечаются в поверхностном слое до горизонта 50 м, причем амплитуда колебаний на многосуточной станции у входа в зал. Шелихова на 0,45—0,25 выше, чем на станции в районе Одопту (рис. 5.3). Весьма значительная амплитуда колебаний рН в зал. Шелихова, по-видимому, в большей степени объясняется приливными движе-

ниями водных масс. С глубиной суточные изменения уменьшаются только в шельфовой зоне о. Сахалин, оставаясь еще довольно значительными в водах северо-восточной части Охотского моря.

5.3. Внутригодовая изменчивость рН

Внутригодовая изменчивость рН в водах Охотского моря определяется главным образом изменениями в содержании двуокси углерода CO_2 . Понижение температуры воды в зимний период и уменьшение потребления углекислоты за счет ослабления процессов фотосинтеза приводят к увеличению содержания CO_2 в поверхностных водах,

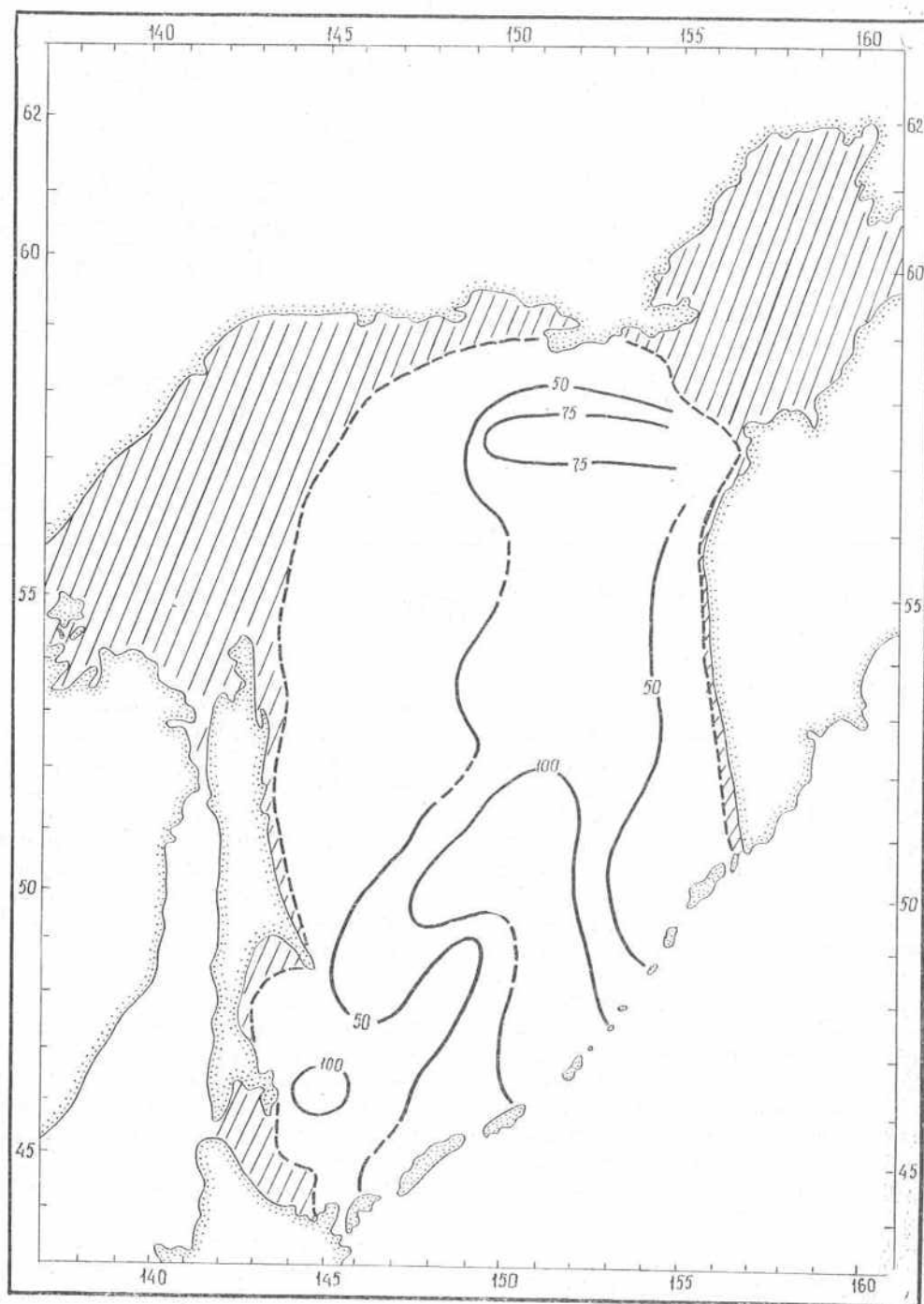


Рис. 5.4. Нижняя граница (м) сезонных изменений рН (в заштрихованной области она достигает дна).

т. е. к понижению рН. В свою очередь весной и летом, когда температура воды на поверхности моря существенно повышается, а процессы фотосинтеза имеют максимальное развитие, концентрация CO_2 уменьшается, что приводит к увеличению рН [2, 21].

В большинстве случаев в поверхностном слое моря средние сезонные значения рН в зимний пе-

именно в этом районе проявляется влияние тихоокеанских вод, поступающих через проливы Курильской островной дуги, на гидрологический и гидрохимический режим Охотского моря.

В деятельном слое моря амплитуды внутригодовой изменчивости рН (определенные в каждом квадрате осреднения и на каждом горизонте уменьшенные вдвое разности между максимальными и

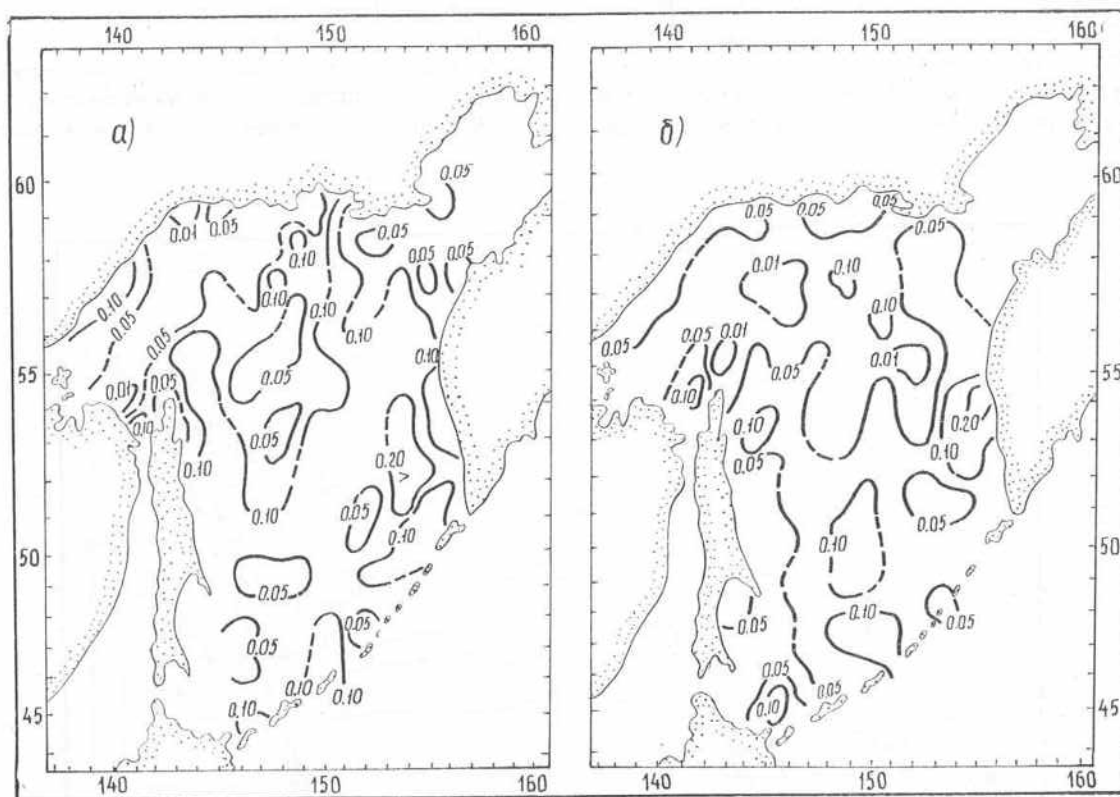


Рис. 5.5. Распределение амплитуд $(\text{pH}_{\text{max}} - \text{pH}_{\text{min}})/2$ внутригодовых изменений рН на поверхности (а) и на горизонте 50 м (б).

риод ниже на 0,3—0,5 весенних или летних значений рН.

Весной и летом, когда на большей части акватории Охотского моря получают интенсивное развитие процессы фотосинтеза, сопровождающиеся потреблением двуокиси углерода, монотонный характер распределения рН с глубиной нарушается. В этот период обычно на горизонте 10 м аналогично подповерхностному максимуму кислорода появляется максимум рН, превышающий значения водородного показателя на поверхности моря на 0,1—0,2.

Анализ кривых вертикального распределения рН в каждом из квадратов в течение года показал, что сезонные изменения рН практически не проявляются глубже нижней границы деятельного слоя, которая в Охотском море находится на глубине 100 м. Наибольшие глубины, где проявляются внутригодовые изменения рН, расположены в южной и центральной частях моря. Область с наибольшей глубиной залегания деятельного слоя, достигающей 75—100 м, вытянута в направлении от прол. Буссоль к п-овам Кони и Пьягина (рис. 5.4). Географическое положение указанной области с максимальными глубинами сезонной изменчивости рН не является случайным, поскольку

минимальными значениями рН в течение года) на значительной части акватории Охотского моря не превышают 0,10. Локальные участки акватории с амплитудами внутригодовых колебаний рН более 0,10 расположены у восточного побережья о. Сахалин и западного побережья п-ова Камчатка, а также в южной части моря, в водах, омывающих Курильские острова (рис. 5.5).

На поверхности моря область с минимальными значениями амплитуд (менее 0,05) расположена в центральной глубоководной части моря и распространяется также практически на всю северную часть шельфовой зоны. На горизонте 50 м значения амплитуд повсеместно уменьшаются более чем в два раза, сохраняя основные особенности поверхностного распределения.

Таким образом, распределение областей с минимальными и максимальными значениями амплитуд внутригодовой изменчивости рН свидетельствует о неоднородности распределения внутригодовых изменений в содержании двуокиси углерода в водах Охотского моря, которые могут быть вызваны не только неравномерностью развития процессов фотосинтеза в различных районах моря, но и изменениями, связанными с гидродинамической активностью водных масс.

5.4. Особенности пространственно-временного распределения рН

В соответствии с существующими в Охотском море водными массами, формирующими вертикальную структуру вод, основные особенности пространственного распределения рН были рассмотрены отдельно в каждом слое.

Зимой (январь—март), когда поверхностный и холодный промежуточные слои представляют со-

теза наблюдаются интенсивное потребление двуокиси углерода и соответствующее увеличение рН.

В северной и северо-западной частях моря значения водородного показателя так же, как и в водах, омывающих Курильские острова, менее 8,2.

Весной в прибрежных водах п-ова Камчатка, о. Сахалин и северной части Охотского моря рН достигает своих максимальных значений 8,4—8,5.

Летом (июль—сентябрь) распределение рН по сравнению с весенним периодом более однородно,

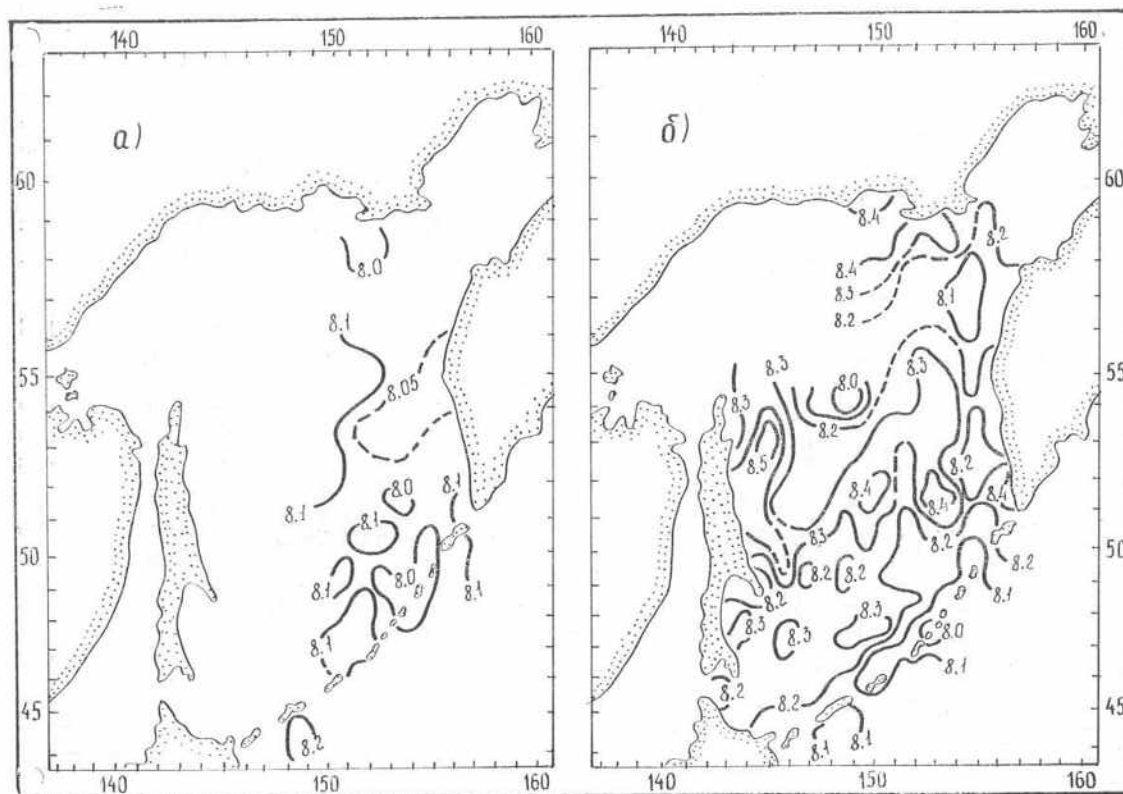


Рис. 5.6. Распределение рН на поверхности моря зимой (а) и весной (б).

бой единую водную массу, распределение рН носит сравнительно однородный характер. Значения рН достигают на поверхности моря 8,0—8,1, при этом наибольшие их значения (8,1) наблюдаются в центральной части моря (рис. 5.6 а).

Весной (апрель—июнь) распределение рН в поверхностном слое имеет более сложный характер, чем в зимний период. В результате весеннего прогрева концентрации CO_2 в поверхностных водах моря уменьшаются, что приводит к повсеместному увеличению рН до 8,2—8,5 (рис. 5.6 б).

По характеру распределения рН на акватории моря весной можно выделить три основных района: район Курильских островов, центральную область и северо-западную часть моря, расположенную севернее широты м. Елизаветы.

В водах, омывающих Курильские острова, рН менее 8,2. Минимальные значения (равные 8,0) наблюдаются в районе мелководных проливов средней части Курильской гряды. В центральной глубоководной части моря рН составляет более 8,2. Образование области повышенных значений (8,2—8,5), по всей вероятности, связано с формированием в этом районе моря активной эвфотической зоны, где благодаря весенним процессам фотосин-

теза общие закономерности его пространственного распределения сохраняются (рис. 5.6 б и 5.7 а). Так же, как и весной, исследуемую акваторию можно разделить на три основных района.

В северо-западной части моря рН менее 8,3. Подъем холодных промежуточных вод в районе банки Кашеварова с повышенным содержанием CO_2 способствует формированию в этом районе очага со значениями рН менее 8,1.

В центральной части моря рН достигает 8,3—8,4. При этом область с максимальными значениями рН (более 8,4) сохраняется в восточной половине моря, прилегающей к п-ову Камчатка (от южной его оконечности до входа в зал. Шелихова).

В районе, прилегающем к Курильским островам, и на входе в зал. Шелихова значения рН уменьшаются до 8,0—8,2, что обусловлено интенсивным приливным перемешиванием поверхностных вод с нижележащими водными массами, имеющими повышенное содержание двуокиси углерода.

Осенью (октябрь—декабрь) уменьшение температуры воды приводит к увеличению растворимости двуокиси углерода. Поэтому на акватории

моря наблюдается повсеместное уменьшение рН на 0,1—0,3. Высокие значения водородного показателя в этот период (8,2—8,3) наблюдаются в прибрежных и шельфовых водах северной части моря, а на остальной акватории общий фон значений рН понижен и составляет 7,9—8,1 (рис. 5.7 б).

Холодный промежуточный слой (ХПС) расположен непосредственно под поверхностной водной массой. Его ядро залегает в слое вод 50—100 м.

Выявленные особенности пространственного распределения рН весной в пределах ХПС с минимальными значениями в северо-западной части моря, по-видимому, связаны с остаточным эффектом осенне-зимнего охлаждения и процессами насыщения прибрежных и шельфовых вод двуокисью углерода в зимний период.

Летом в пространственном распределении характеристик водородного показателя в ХПС про-

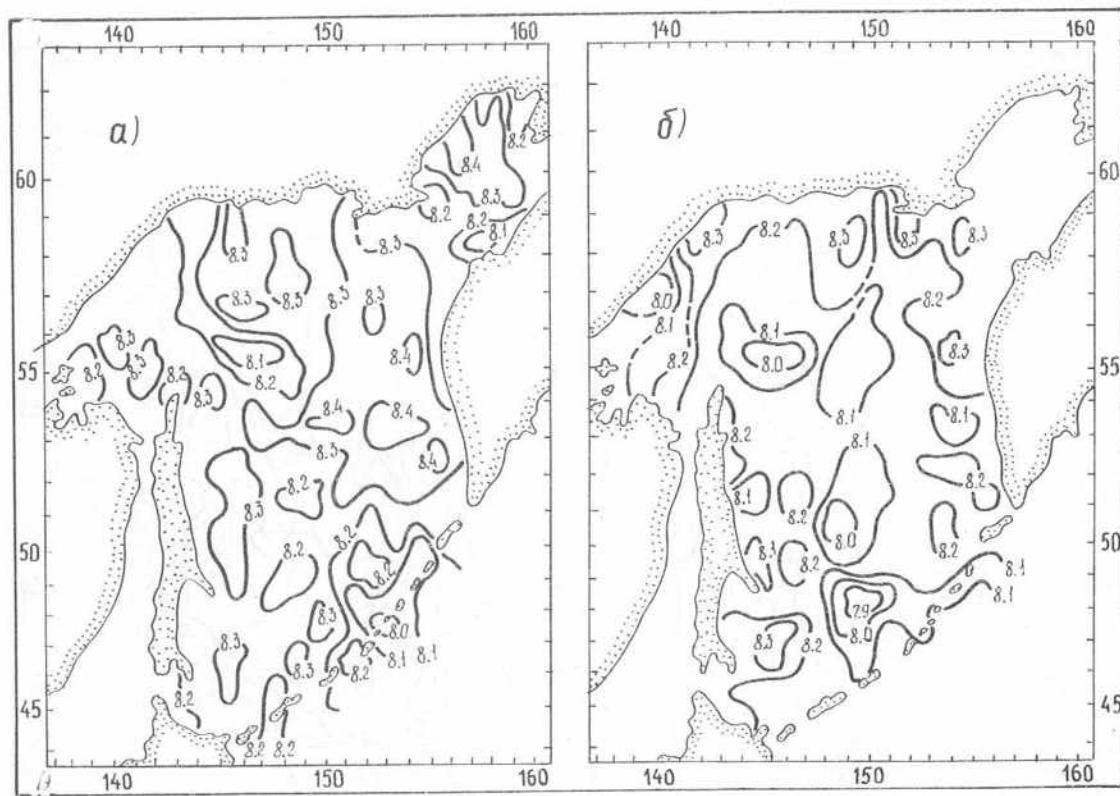


Рис. 5.7. Распределение рН на поверхности моря летом (а) и осенью (б).

Зимой распределение рН в ХПС на горизонтах 50 и 100 м аналогично поверхностному слою. На горизонте 50 м значения рН изменяются в пределах 8,0—8,1, на горизонте 100 м — 7,9—8,1.

По сравнению с зимним периодом весной общий фон значений рН в ХПС на горизонтах 50 и 100 м несколько повышается и составляет соответственно 8,0—8,2 и 8,0—8,1. Пространственное распределение значений водородного показателя на этих горизонтах существенно отличается от распределения на поверхности моря (рис. 5.6 б, 5.8 б).

Если в поверхностном слое максимальные значения рН наблюдались в прибрежных водах о. Сахалин и п-ова Камчатка, то в ХПС, напротив, в указанных районах значения рН не превышают 8,1 на горизонте 50 м и 8,0 на горизонте 100 м. Область с максимальными значениями рН (8,1—8,2 и 8,0—8,1) на горизонтах 50 и 100 м охватывает практически всю центральную глубоководную часть моря, расположенную к югу от 54° с.ш.

В северо-западной части моря на горизонте 50 м рН не превышает 8,0—8,1, а на 100 м — 7,9—8,0.

В районе мелководных проливов средней части Курильской гряды на горизонтах 50 и 100 м значения рН минимальны, как и на поверхности моря.

слеживаются следующие основные закономерности.

На основной части акватории Охотского моря, расположенной севернее 51° с.ш., выделяются две области, в которых закономерности распределения рН существенно отличаются друг от друга (рис. 5.9 а). Если в восточном секторе, расположенном между 150° в.д. и побережьем п-ова Камчатка, значения рН на горизонте 50 м превышают 8,1 и соответственно 8,0 на горизонте 100 м, то в западном секторе, расположенном к западу от 150° в.д., значения рН не превышают 8,1 и 8,0 на горизонтах 50 и 100 м соответственно.

У восточного побережья о. Сахалин в пространственном распределении рН существенную роль имеет Восточно-Сахалинское течение, переносящее на юг переохлажденные воды с повышенным содержанием двуокси углерода. Как следует из анализа конкретной океанографической съемки (рис. 5.10), зона с пониженными значениями рН (менее 8,0) непосредственно приурочена к зоне действия Восточно-Сахалинского течения и прослеживается вдоль внешней кромки шельфа от м. Елизаветы до м. Терпения. Ширина этой зоны не превышает 30 миль, а ее ось с экстремальными значениями рН расположена на расстоянии порядка 15—20 миль от береговой линии и совпадает с зоной минимального содержания кислорода. К югу

от Набильского залива она почти вплотную примыкает к побережью о. Сахалин.

В южной части моря прослеживаются две широтные области: одна — между 48 и 50° с. ш., с пониженными значениями рН (8,0—8,1 и 7,9—8,0 на горизонтах 50 и 100 м соответственно), другая —

с повышенными значениями рН (8,1—8,2 и 8,0—8,1 на горизонтах 50 и 100 м соответственно), расположенная между островами Сахалин, Хоккайдо и Южными Курилами (рис. 5.9 а).

Осенью прослеживаются два основных района, где значения рН отличаются друг от друга. Зона

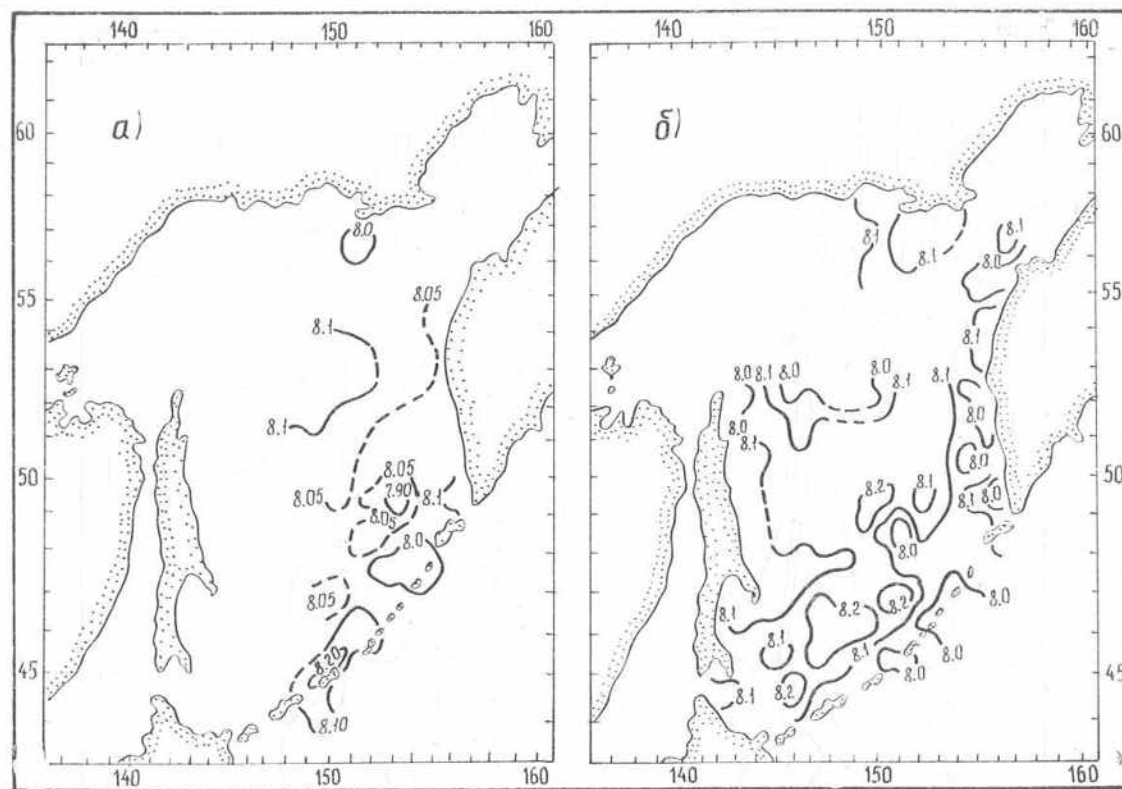


Рис. 5.8. Распределение рН на горизонте 50 м зимой (а) и весной (б).

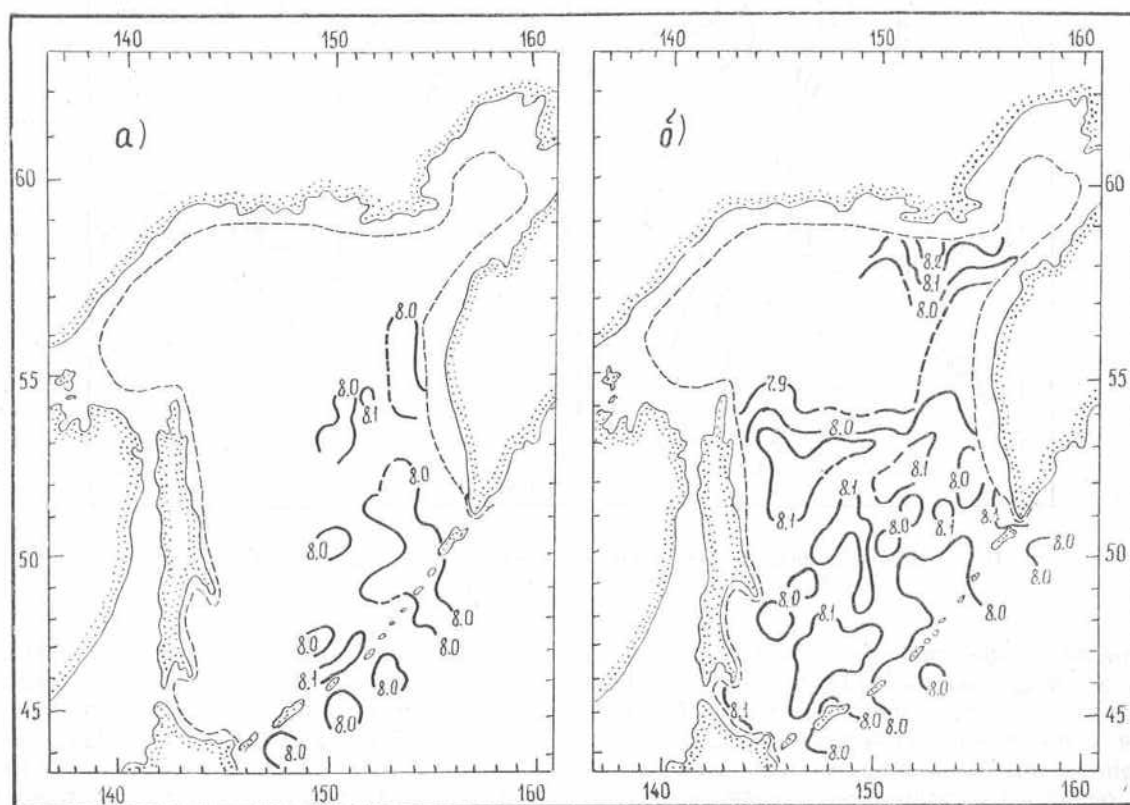


Рис. 5.9. Распределение рН на горизонте 100 м зимой (а) и весной (б).

раздела между районами проходит ориентировочно по линии, соединяющей заливы Терпения и Шелихова. В северо-западном секторе значения рН не превышают 8,1 на горизонте 50 м и 8,0 на горизонте 100 м, в юго-восточной части моря они оказываются выше (рис. 5.9 б).

химических характеристик происходило под влиянием гидролого-гидрохимических процессов, характерных для зимнего периода и происходящих подо льдом в шельфовых водах северной части Охотского моря. Эти процессы способствуют накоплению двуокси углерода.

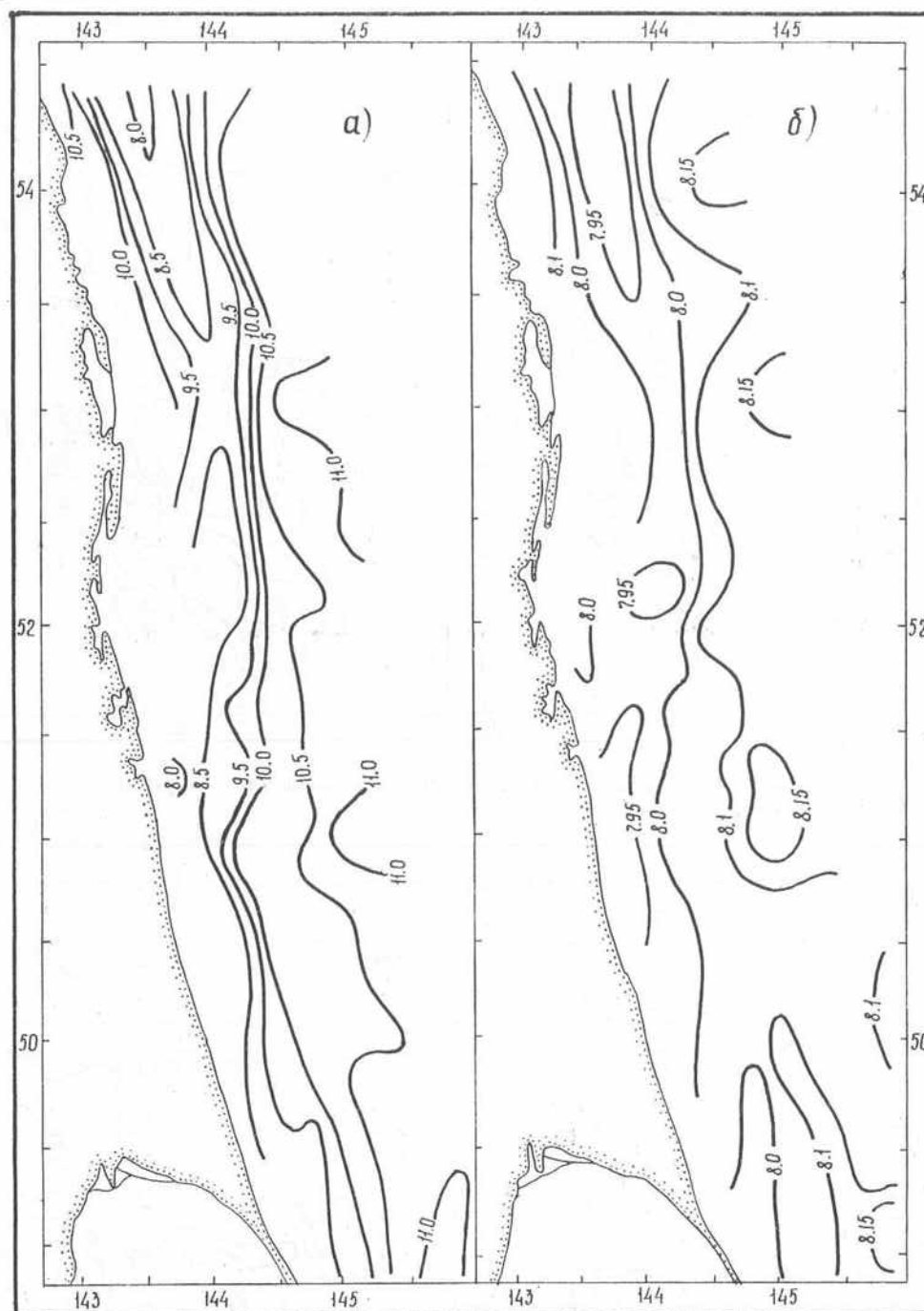


Рис. 5.10. Распределение содержания растворенного кислорода (мг/л) (а) и рН (б) на горизонте 50 м в сентябре 1987 г.

Таким образом, существенной особенностью пространственного распределения рН в водах ХПС является наличие в северо-западной части Охотского моря и у восточного побережья о. Сахалин области с пониженными значениями рН. Это свидетельствует о том, что холодные промежуточные воды в этом районе по своему происхождению являются «зимними», т. е. формирование их гидро-

Основные закономерности пространственного распределения рН в пределах теплого промежуточного слоя четко прослеживаются на горизонтах 500, 1000 и 1500 м (рис. 5.11). На пространственное распределение рН в этом слое основное влияние оказывает адвекция тихоокеанских вод, поступающих в пределы Охотского моря через глубоководные проливы Буссоль и Крузенштерна.

Особенность пространственного распределения рН в теплом промежуточном слое заключается в том, что тихоокеанские воды, менее насыщенные CO_2 , формируют в водах проливов Курильских островов и акватории моря, прилегающей к ним, зону с повышенными значениями рН (7,8—7,9) по сравнению с водами открытых районов моря, где рН достигает 7,6—7,8.

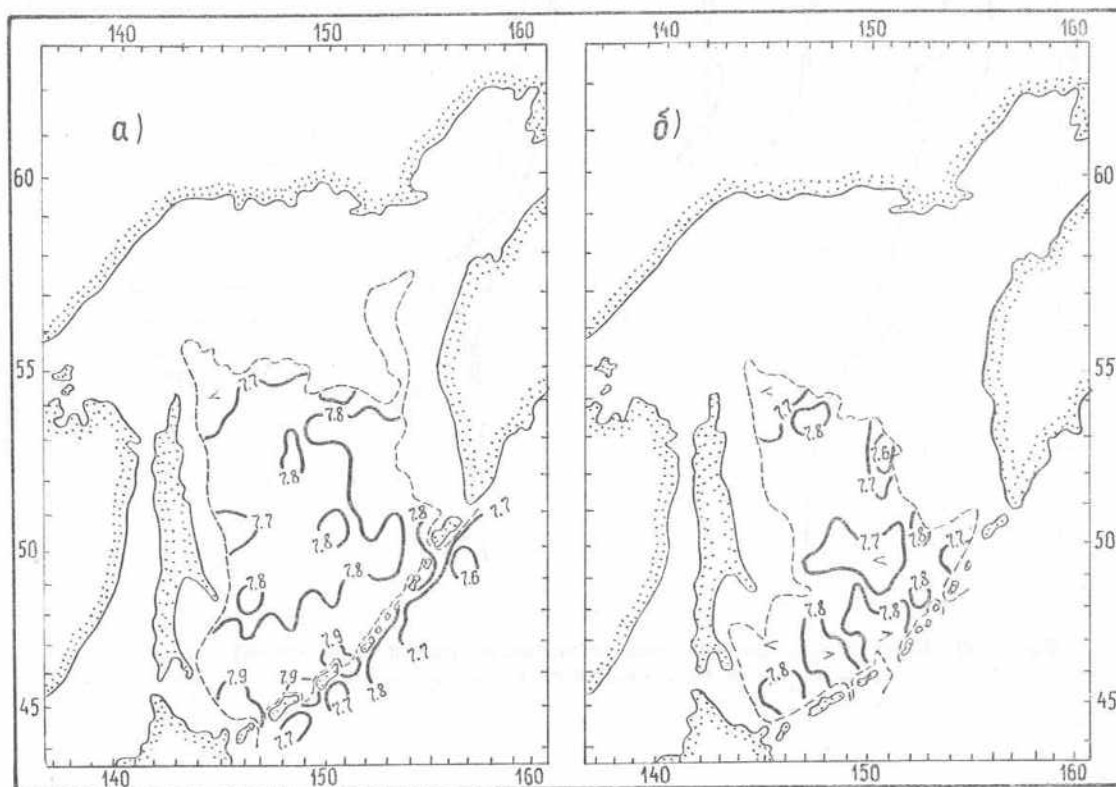


Рис. 5.11. Распределение рН на горизонтах 500 (а) и 1000 м (б).

Значения рН в пределах глубинной водной массы, заполняющей глубоководную Курильскую котловину, незначительно повышаются по сравнению с теплым промежуточным слоем, достигая на глубинах 2000 м 7,9—8,0.

5.5. Вертикальное распределение щелочности

В водах Охотского моря увеличению щелочности способствуют поступление карбонатов с речным стоком, увеличение солености, подъем глубинных вод в районах апвеллинга, поступление тихоокеанских вод с повышенной насыщенностью карбонатом кальция и CO_2 и фотосинтез. Изменение щелочности в сторону уменьшения ее значений определяется процессами, способствующими выделению CaCO_3 из раствора: хемогенным осаждением карбоната кальция на прогретых мелководных участках, накоплением и выпадением карбонатов из рассола в ячейках льда при ледообразовании, уменьшением растворимости карбонатов при уменьшении солености, потреблением карбонатов в поверхностном слое моря планктоном в период интенсивного развития процессов фотосинтеза [2, 21].

Сочетание многообразных факторов создает неоднородное распределение значений насыщенности двуокиси углерода и карбоната кальция на различных глубинах. В Охотском море существенное

влияние на вертикальное распределение щелочности оказывают биохимические процессы.

Вблизи нижней границы поверхностного слоя моря, отделенного в весенне-летний период от промежуточных вод резко развитым слоем скачка плотности, разложение органического вещества приводит к увеличению CO_2 , уменьшению рН и увеличению щелочности.

В промежуточных водах моря, несмотря на то, что процесс разложения органического вещества по сравнению с поверхностным слоем происходит с меньшей интенсивностью, а образующаяся углекислота расходуется на растворение карбоната кальция, значения щелочности продолжают увеличиваться.

Общие закономерности изменения щелочности с глубиной имеют противоположную зависимость в сравнении с рН. Если для вертикальной стратификации рН характерным является наличие максимума в поверхностном слое и минимума в теплом промежуточном, то для щелочности, напротив, характерным является наличие минимума в поверхностном слое моря (2,0—2,1 ммоль/л) и максимума (2,4—2,6 ммоль/л) вблизи ядра теплого промежуточного слоя на глубинах 900—1200 м. Наибольшие изменения щелочности (Δk) с глубиной, иногда до 0,3—0,4 ммоль/л, наблюдаются в поверхностном слое моря (0—30, 0—50 м). Далее с глубиной значения щелочности, как правило, повсеместно монотонно увеличиваются (рис. 5.12, 5.13).

В Охотском море можно выделить два типа вертикальной стратификации значений щелочности:

— тип, при котором отмечается распределение минимальных значений щелочности на поверхности моря и максимальных — у дна, что является характерным для большей части моря в пределах

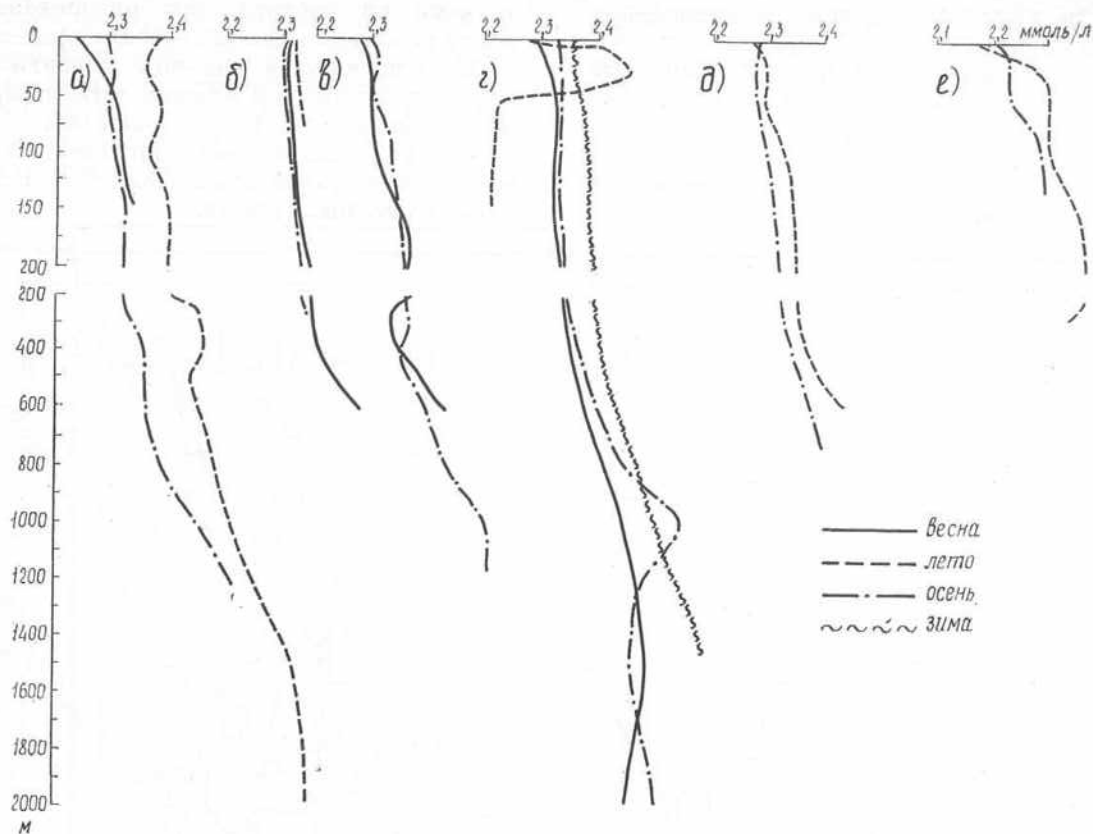


Рис. 5.12. Вертикальное распределение щелочности (ммоль/л) в южной части моря.
а — кв. 52; б — кв. 50; в — кв. 93; г — кв. 136; д — кв. 98; е — кв. 48.

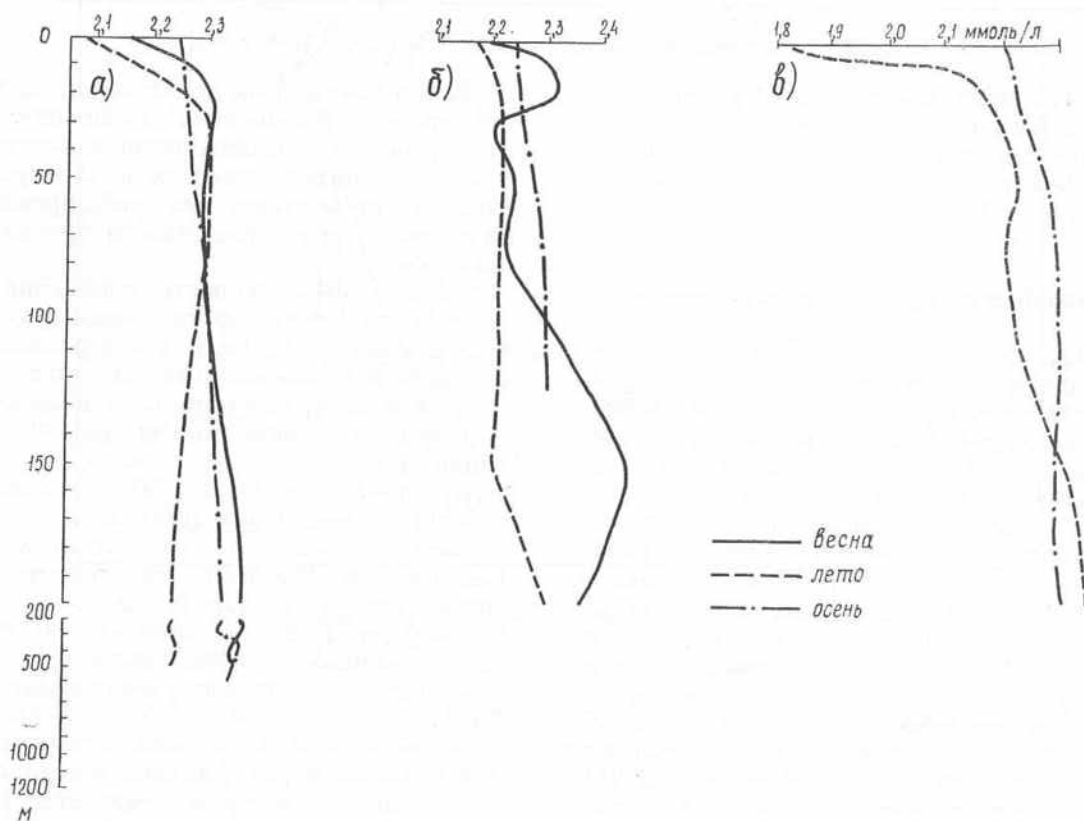


Рис. 5.13. Вертикальное распределение щелочности (ммоль/л) в северной части моря.
а — кв. 91; б — кв. 216; в — кв. 63.

всей шельфовой зоны и в районах с глубинами, не превышающими 500 м;

— тип, при котором отмечается распределение минимальных значений щелочности на поверхности и максимальных на промежуточных горизонтах 1000—1200 м, что оказывается характерным для глубоководной Курильской котловины. В ней с увеличением глубины после слоя с максимальными значениями щелочности она либо незначительно

тельной части акватории моря составляют 0,05—0,10 ммоль/л (рис. 5.14 а). Области с наибольшими амплитудами, превышающими 0,10 ммоль/л, расположены у северного и северо-восточного побережий о. Сахалин, в прибрежных водах вблизи Охотска и зал. Терпения. Это свидетельствует о том, что районы с наибольшей сезонной изменчивостью щелочности приурочены к прибрежным и шельфовым водам, где сказывается существенное

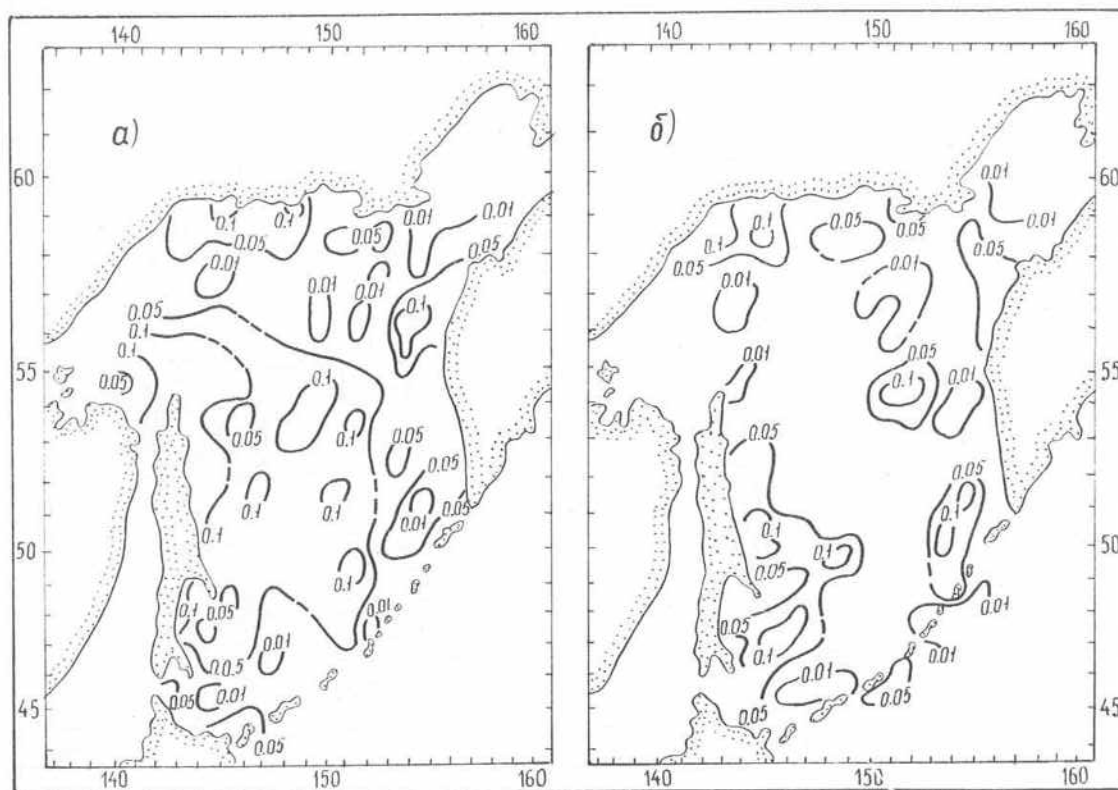


Рис. 5.14. Распределение амплитуд $(Alk_{\max} - Alk_{\min})/2$ внутригодовых изменений щелочности (ммоль/л) на поверхности моря (а) и на горизонте 50 м (б).

возрастает, либо остается практически без изменений.

В отдельных случаях наблюдаются сложные кривые вертикального распределения Alk с наличием нескольких промежуточных, обычно слабо выраженных, максимумов и минимумов (рис. 5.12 б, 5.13 а, б, г). Сложные случаи вертикальной стратификации Alk , как правило, приурочены к районам, подверженным сильному приливному воздействию (проливы Курильских островов и зал. Шелихова).

5.6. Внутригодовая изменчивость щелочности

Внутригодовая изменчивость щелочности в водах Охотского моря, как и других гидрохимических показателей, наблюдается в его деятельном слое. Наиболее существенные сезонные изменения происходят в поверхностном слое моря за счет внутригодовой изменчивости в содержании двуокиси углерода, карбоната кальция, солености воды, поступления атмосферных и материковых вод, биохимических процессов фотосинтеза и разложения органического вещества.

На поверхности моря амплитуды, отражающие внутригодовые изменения щелочности, на значи-

тельное влияние речного стока и осенне-зимних процессов, связанных с образованием и таянием ледяного покрова.

В водах, омывающих острова Курильской гряды, сезонные изменения щелочности испытывают наименьшие колебания и не превышают 0,05 ммоль/л. В водах ХПС (на горизонте 50 м) амплитуды внутригодовой изменчивости в Alk уменьшаются более чем в два раза. На большей части акватории Охотского моря, преимущественно в его центральных и открытых районах, значения амплитуд щелочности не превышают 0,05 ммоль/л (рис. 5.14 б).

Области с амплитудами щелочности, достигающими 0,10 ммоль/л на горизонте 50 м, сохраняются локально вблизи восточного побережья о. Сахалин и Тауйской губы.

5.7. Особенности пространственно-временного распределения щелочности

Зимой наибольшие значения щелочности на поверхности (2,30—2,40 ммоль/л) наблюдаются в проливах Курильской гряды и прилегающих к ним акваториях, где значительное влияние на гидрохимический режим оказывает адвекция тихооке-

анских вод (рис. 5.15 а). В направлении к северу от Курильских островов, в центральных открытых районах моря, значения щелочности уменьшаются до 2,05—2,10 ммоль/л.

С началом весеннего прогрева и по мере освобождения поверхности моря от ледяного покрова в поверхностном слое моря интенсифицируется хи-

Отмеченные общие закономерности пространственного распределения щелочности, которые сохраняются в течение года, свидетельствуют о том, что в поверхностном слое моря действие основных факторов, участвующих в формировании карбонатной системы в тех или иных районах моря, не претерпевает существенных изменений.

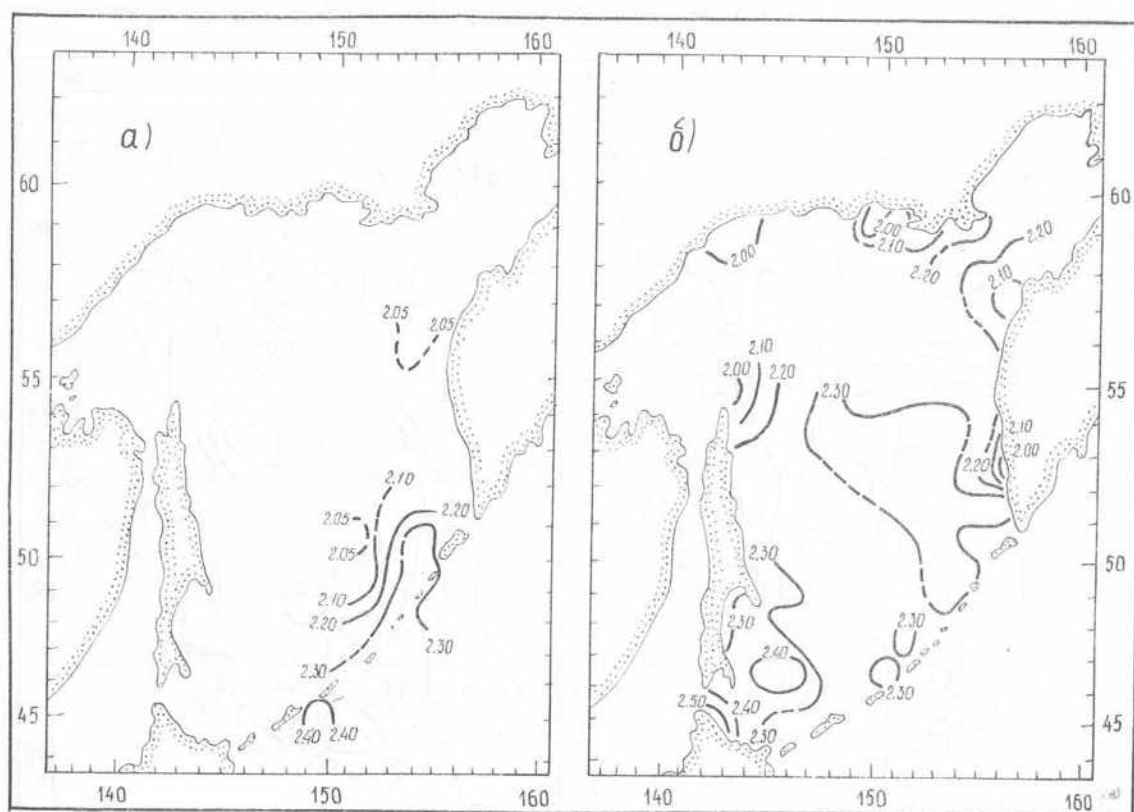


Рис. 5.15. Распределение щелочности (ммоль/л) на поверхности зимой (а) и весной (б).

мический обмен с атмосферой и развиваются биохимические процессы, способствующие интенсивному поглощению двуокси углерода. Процесс фотосинтеза приводит к тому, что парциальное давление CO_2 на поверхности становится меньше, чем в приводном слое атмосферы, и развивается процесс инвазии — поглощение поверхностью моря двуокси углерода [2].

Гидрохимические и биохимические процессы, развивающиеся в прибрежной зоне моря, несмотря на увеличение пресноводного стока и поступление карбоната кальция, способствуют понижению щелочности морской воды. Факторы, влияющие на равновесие карбонатной системы в Охотском море, формируют пространственную изменчивость щелочности. Основная отличительная особенность распределения щелочности заключается в том, что практически в течение всего года наблюдается уменьшение щелочности в направлении от центральных районов моря к побережью (рис. 5.15 б, 5.16). Наибольшие значения щелочности (2,30—2,40 ммоль/л) наблюдаются в открытых районах моря, вблизи островов Курильской гряды и в крайней южной части моря (Сахалино-Хоккайдском районе). Наименьшие значения (2,00—2,20 ммоль/л) приурочены к прибрежным зонам п-ова Камчатка, о. Сахалин, Сахалинского залива, Тауйской губы, Шантарских островов и Охотска.

Весной в районе о. Хоккайдо и южной оконечности о. Сахалин, где проявляется влияние адвекции теплых вод из Японского моря, значения щелочности максимальны и достигают 2,30—2,50 ммоль/л (рис. 5.15 б). В центральной части моря распространяются воды со значениями щелочности 2,30—2,35 ммоль/л. На остальной части ее значения изменяются в пределах 2,20—2,30 ммоль/л, а в прибрежных районах — 2,00—2,20 ммоль/л.

Летом, когда речной сток максимально развит, в поверхностном слое наблюдаются наибольшие горизонтальные градиенты щелочности, которые формируются за счет существенно пониженных значений щелочности в прибрежных водах моря. Минимальные значения щелочности (1,40—1,80 ммоль/л) наблюдаются в Сахалинском заливе и в водах шельфовой зоны северного побережья о. Сахалин. Вдоль северного побережья Охотского моря, п-ова Камчатка и в районе Шантарских островов распространяются воды со значениями щелочности 2,00—2,10 ммоль/л. В открытых глубоководных районах моря щелочность возрастает до 2,30—2,40 ммоль/л (рис. 5.16 а).

Осенние гидрологические процессы, развивающиеся в поверхностном слое, способствуют понижению щелочности на значительной акватории моря до 2,25—2,30 ммоль/л. В то же время в прибрежных водах о. Сахалин, п-ова Камчатка

уменьшение речного стока, понижение температуры и повышение солености с одновременным затуханием биохимических процессов, связанных с потреблением CO_2 и карбоната кальция, вызывают повышение значений щелочности по сравнению с летним периодом до 2,15—2,25 ммоль/л. Максимальные значения щелочности в этот период наблюдаются в юго-западной части моря (2,30—2,35 ммоль/л) и в водах, омывающих Курильские острова (2,30—2,32 ммоль/л).

Зимой определения щелочности производились преимущественно в проливах Курильских островов и их значения в пределах ХПС изменялись незначительно (2,30—2,40 ммоль/л) (рис. 5.17 а).

Весной небольшая локальная область с максимальными значениями щелочности (2,40—2,50 ммоль/л) располагается к востоку от м. Анива. В открытых водах, прилегающих к Курильским островам, общий фон также несколько повышен (2,30—2,35 ммоль/л) относительно других районов

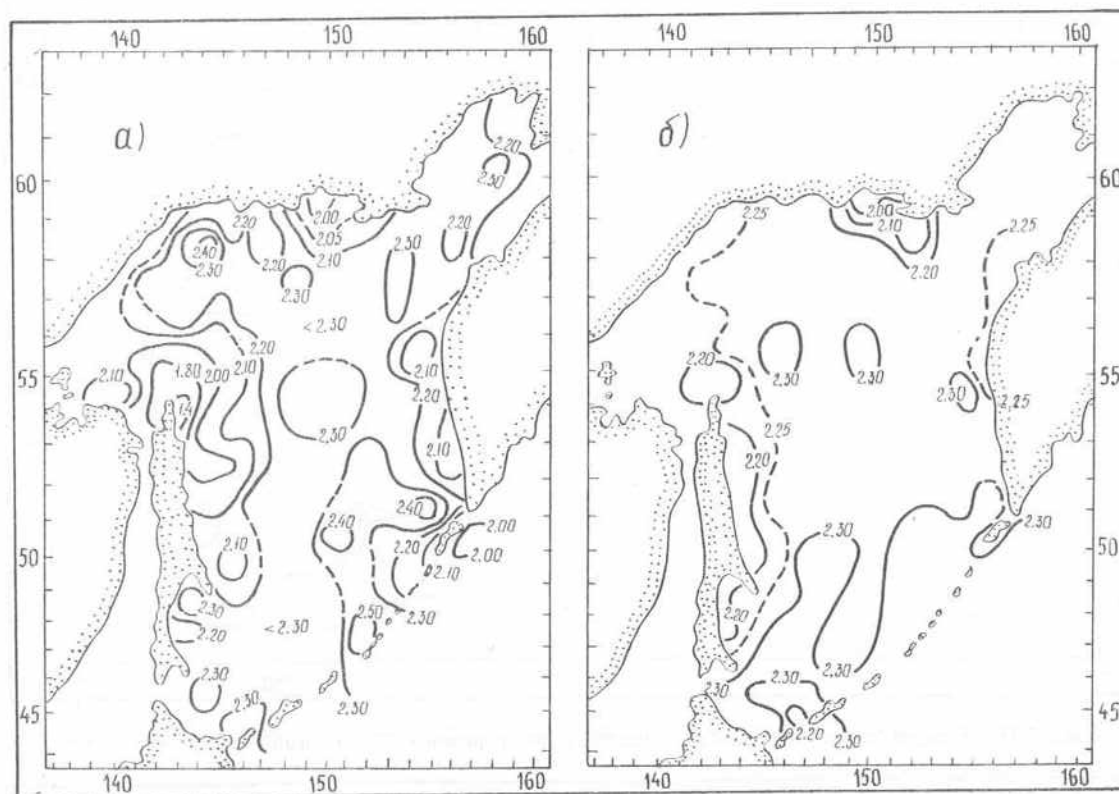


Рис. 5.16. Распределение щелочности (ммоль/л) на поверхности летом (а) и осенью (б).

Отмеченные основные закономерности распределения щелочности в поверхностном слое моря в первом приближении соответствуют структурным особенностям сезонных полей солености. Так, например, область максимальных значений солености в зимний период, расположенная в районе Курильских островов, соответствует области наибольших значений щелочности. Воды прибрежной и шельфовой зон моря с минимальными значениями солености (26,0—30,0‰) в весенне-летний период имеют и минимальные значения щелочности.

В пределах ХПС особенности распределения значений щелочности сохраняют основные закономерности ее распределения в поверхностном слое. Так же как и в поверхностном слое, в ХПС минимальные значения Alk наблюдаются в водах шельфовой зоны и достигают 2,10—2,20, 2,15—2,28 и 2,20—2,30 ммоль/л на горизонтах 50, 100 и 200 м соответственно. Таким образом, основные закономерности уменьшения щелочности в направлении из открытых районов моря к побережью сохраняются (рис. 5.17, 5.18). В водах, омывающих Курильские острова, о. Хоккайдо, а также в центральной части моря между о. Сахалин и п-овом Камчатка значения щелочности возрастают до 2,30—2,50 ммоль/л.

моря, где значения щелочности не превышают 2,20—2,30 ммоль/л (рис. 5.17 б).

Летом в водах шельфовой зоны наблюдаются минимальные значения щелочности (2,15—2,25 ммоль/л на горизонте 50 и 100 м и 2,20—2,30 ммоль/л на горизонте 200 м). В открытых глубоководных районах моря щелочность возрастает до 2,30—2,50 ммоль/л (рис. 5.18 а).

Осенью пространственные различия в распределении щелочности в связи с уменьшением речного стока и затуханием процессов фотосинтеза более сглажены по сравнению с летним периодом. Щелочность здесь изменяется в пределах 2,26—2,34 ммоль/л на горизонтах 50, 100 и 200 м. Область с повышенными значениями Alk , превышающими 2,30 ммоль/л, располагается вдоль Курильских островов, с максимальными значениями, до 2,36 ммоль/л,—в водах самих проливов (рис. 5.18 б).

В водах шельфовой зоны северной части моря, у восточного побережья о. Сахалин и п-ова Камчатка значения щелочности в этот период однородны (около 2,30 ммоль/л).

В шельфовой зоне к югу от Охотска от поверхности моря до дна (100 м) прослеживается локаль-

ная область с повышенными (до 2,30—2,35 ммоль/л) значениями щелочности.

В отличие от поверхностного слоя, в ХПС не прослеживается прямая связь между структурными особенностями полей солёности и щелочности. Наиболее существенно данные различия про-

являются в северо-западной части моря и у восточного побережья о. Сахалин. В ХПС наблюдается обратная зависимость: пониженному фону щелочности соответствует повышенный фон солёности. Подобная зависимость может быть обусловлена сохранением в ХПС в северо-западной части моря

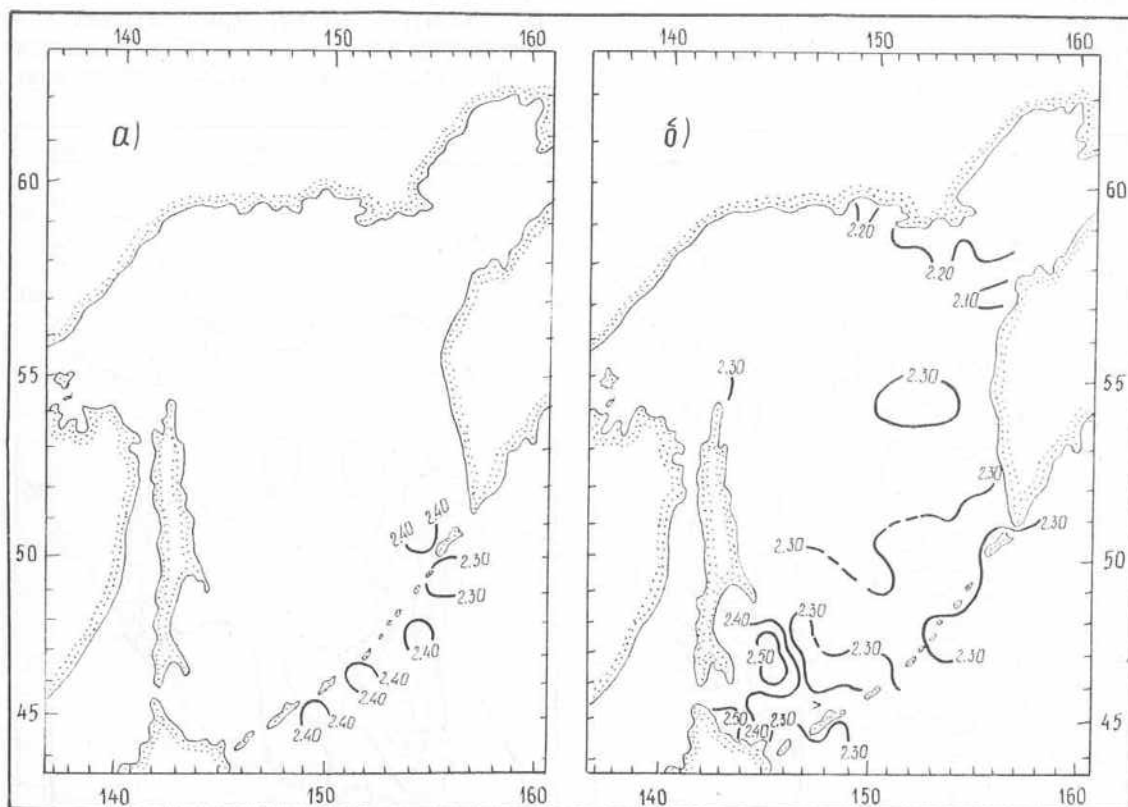


Рис. 5.17. Распределение щелочности (ммоль/л) на горизонте 50 м зимой (а) и весной (б).

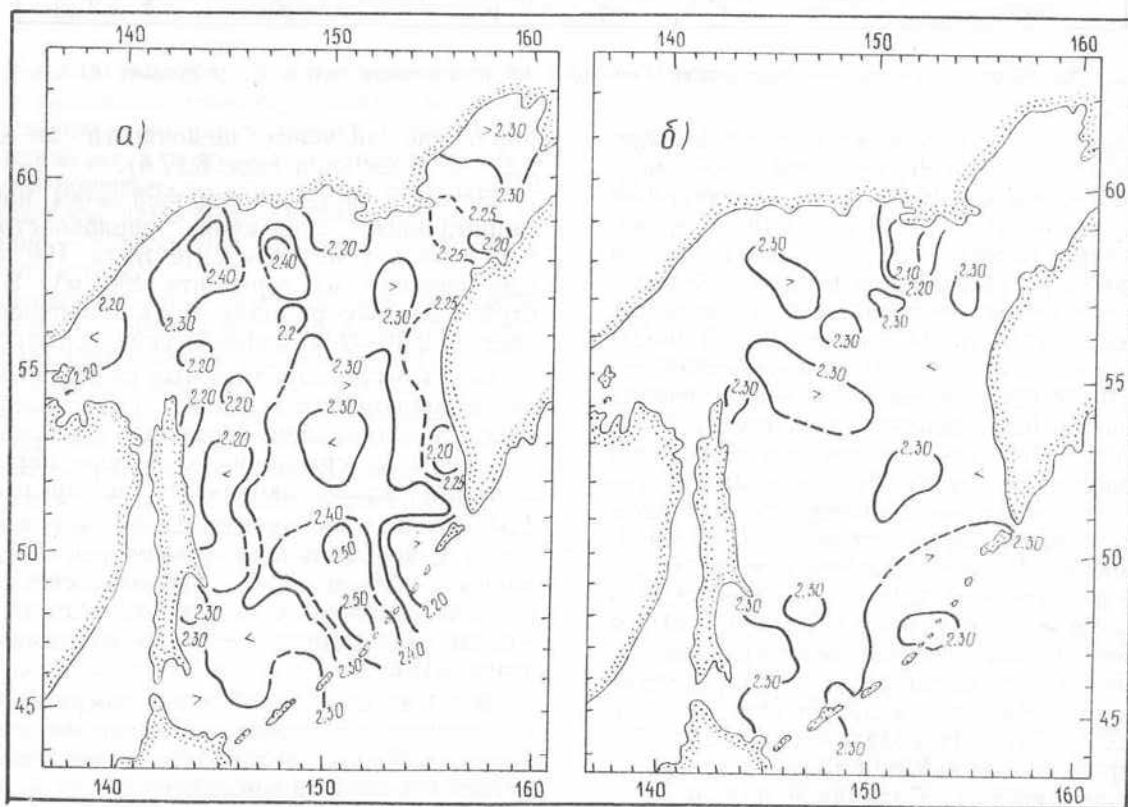


Рис. 5.18. Распределение щелочности (ммоль/л) на горизонте 50 м летом (а) и осенью (б).

эффекта зимнего охлаждения, которое приводит к тому, что в процессе образования ледяного покрова, с одной стороны, происходит вымывание хлоридов и осолонение вод, с другой — выпадение карбонатов из рассола в ячейках льда и понижение щелочности подледной воды [2]. Поэтому воды

ХПС, в которых сформировались в осенне-зимний период в северных и северо-западных районах моря отмеченные аномалии щелочности, под влиянием особенностей общей циркуляции распространяются вдоль восточного побережья о. Сахалин.

Особенности пространственного распределения

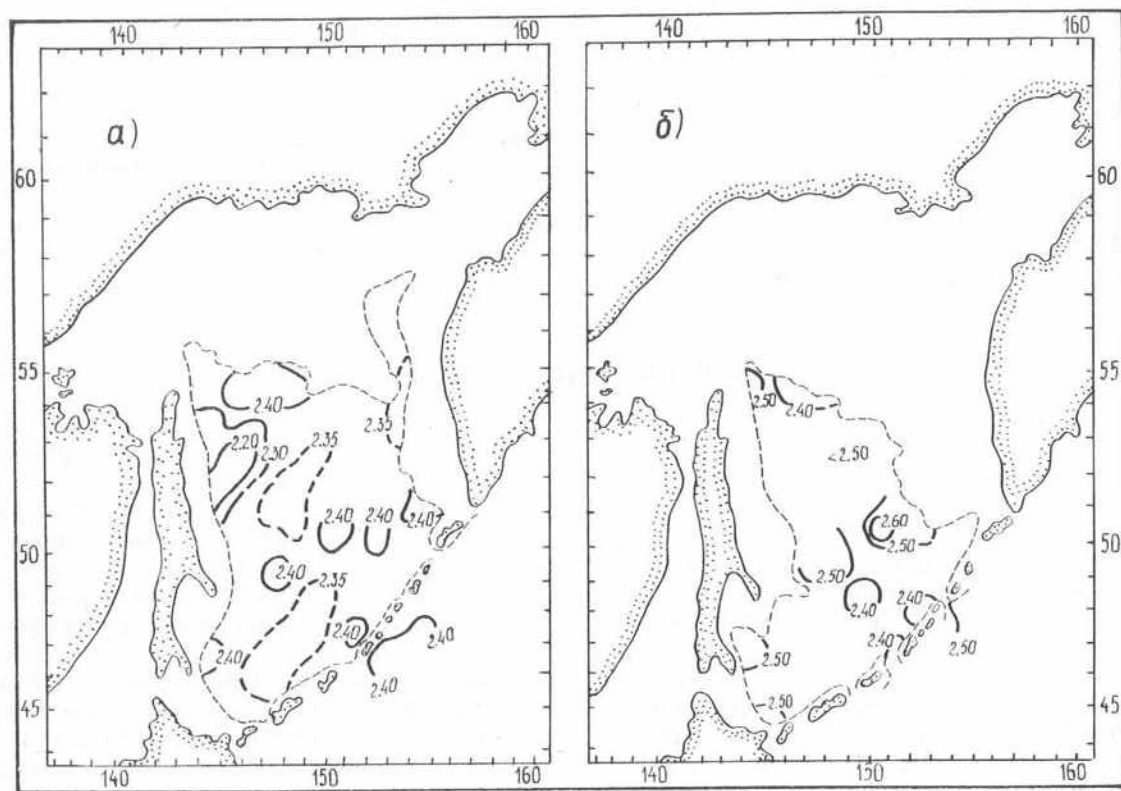


Рис. 5.19. Распределение щелочности (ммоль/л) на горизонтах 500 (а) и 1000 м (б).

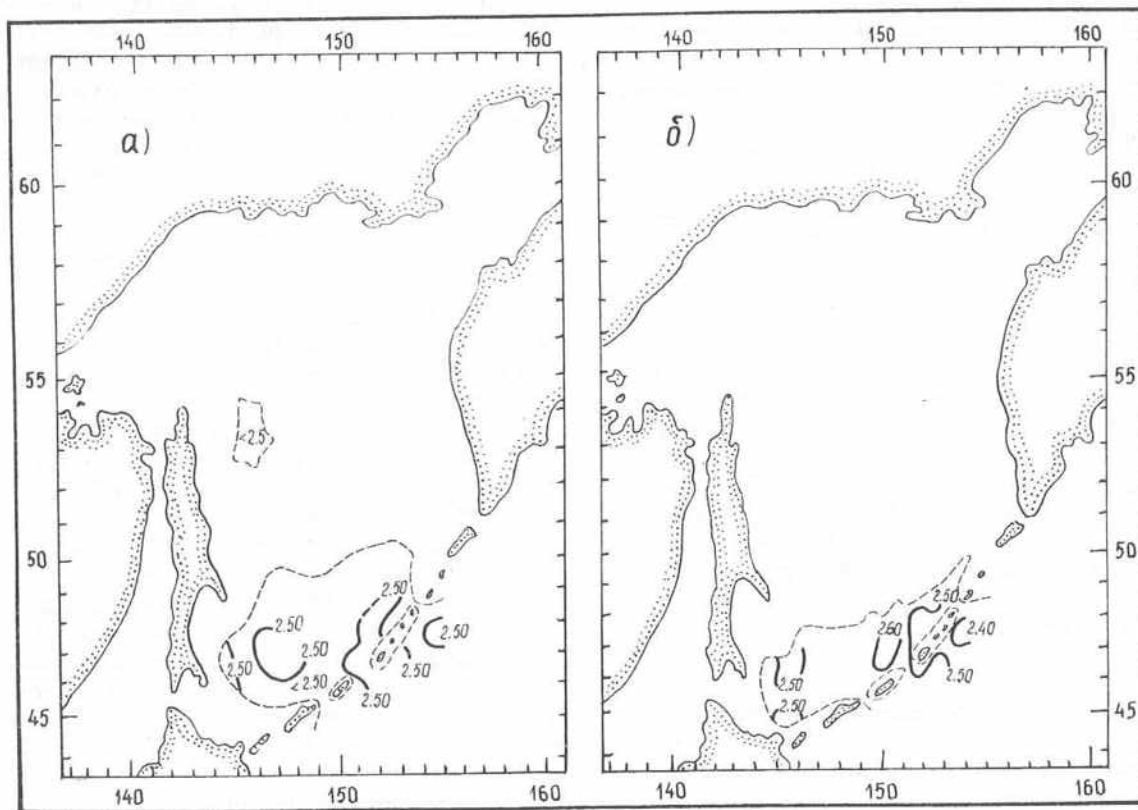


Рис. 5.20. Распределение щелочности (ммоль/л) на горизонтах 1500 (а) и 2000 м (б).

щелочности в теплом промежуточном слое по сравнению с вышележащими слоями претерпевают существенные изменения.

Эти изменения определяются тем, что если в поверхностном и холодном промежуточном слоях щелочность уменьшалась в направлении из центральных районов к побережью, то в теплом промежуточном слое (слое кислородного минимума) значения щелочности, напротив, увеличиваются в направлении к материковому склону. Промежуточные воды, заполняющие Курильскую глубоководную котловину, имеют пониженную щелочность (на 0,05 ммоль/л) по сравнению с водами материкового склона. Щелочность здесь изменяется в пределах 2,35—2,50 ммоль/л на горизонтах 500, 1000, 1500 м (рис. 5.19, 5.20 а).

Особенности пространственного распределения

щелочности в теплом промежуточном слое в целом соответствуют закономерностям распределения солености на этих горизонтах. Так, например, на горизонте 1000 м поле солености со значениями 34,20‰ расположено в пределах Курильской котловины. К северу от нее соленость возрастает до 34,40‰. Таким образом, в пределах теплого промежуточного слоя сохраняется зависимость, когда изменениям щелочности соответствуют изменения солености.

В пределах придонной водной массы происходят незначительные пространственные изменения щелочности (рис. 5.20 б). Ограниченное количество наблюдений и пространственный масштаб осреднения позволяют оценить только пределы изменений, которые на горизонте 2000 м составляют 2,40—2,60 ммоль/л.

6. РЕЖИМ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Биогенными веществами считают все химические элементы, которые входят в состав органических соединений и требуются живым организмам для обеспечения процессов метаболизма: Н, О, С, N, P, Si, Ca, K, Fe и др. Морская вода содержит в достаточных количествах большинство из вышеперечисленных компонентов. Наиболее важными из них являются соединения азота, фосфора, кремния.

Фосфор встречается во всех клеточных образованиях и регулирует их важнейшие жизненные процессы: фотосинтез, дыхание и обмен веществ [8]. Характер распределения фосфатов в толще вод моря, оценка их количественного содержания, биохимические процессы потребления и регенерации фосфора имеют большое значение при определении продуктивности морей и океанов.

Биологическая роль кремния в морской воде определяется тем, что он (наряду с кальцием и магнием) входит в состав скелетных образований широко распространенных морских организмов: створок диатомовых, игл радиоляриевых, спикул кремневых губок. Главным источником поступления кремния в океан служит материковый сток, и поэтому нахождение кремния (в форме истинно растворенной кремнекислоты) в больших количествах может служить показателем распространения речных струй в морской воде.

Соединения азота в морской воде являются наиболее сложными по сравнению с другими элементами вследствие существования различных форм валентности, а также многообразия его органических соединений. Изучение закономерностей пространственно-временного распределения основных биогенных веществ важно не только для исследования биохимических процессов моря, но также и для решения ряда задач физической океанологии, к которым относятся генезис водных масс, процессы перемешивания и адвективный перенос вод.

6.1. Вертикальное распределение фосфатов

Фосфор является одним из основных биогенных элементов, лимитирующих развитие фитопланктона в море. Распределение его в морской воде определяется сложным воздействием биохимических

(в основном синтез и деструкция фитопланктона) и динамических процессов.

В Охотском море при анализе вертикального распределения фосфатов выделяется три слоя: поверхностный, промежуточный и глубоководный [30].

Поверхностный слой характеризуется значительной сезонной изменчивостью содержания фосфатов.

Зимой он представляет собой слой конвективного перемешивания с однородным или равномерно возрастающим с глубиной содержанием фосфатов. Мощность поверхностного слоя составляет 150—200 м, а концентрация неорганического фосфора изменяется в нем от 50—70 мкг/л на поверхности до 60—90 мкг/л на нижней границе (рис. 6.1, 6.2).

Весной вследствие активного фотосинтеза уровень концентрации фосфатов в поверхностном слое не превышает 50 % зимнего содержания. В этот же период в Охотском море формируются два подповерхностных слоя: подповерхностный максимум и подповерхностный минимум фосфатов. Глубина залегания подповерхностного минимума совпадает с расположением подповерхностного максимума содержания кислорода.

Образование этих двух подповерхностных слоев, вероятно, обусловлено следующими обстоятельствами. По мере освобождения моря ото льда начинается развитие фитопланктона. Толщина слоя фотосинтеза ограничена компенсационной поверхностью, и в начальный период интенсивность фотосинтеза в верхнем 20-метровом слое практически одинакова. Вследствие этого биогенные элементы во всем эвфотическом слое потребляются в равной степени. Одновременно начинается формирование сезонного пикноклина, затрудняющего вертикальный обмен между слоями. В связи с этим отмершие клетки фитопланктона задерживаются на верхней границе сезонного пикноклина, где происходит дальнейшая регенерация фосфорсодержащего материала, и уровень концентрации фосфатов возрастает. В то же время в самом слое пикноклина и под ним концентрация фосфатов остается достаточно высокой.

В северной части моря из-за более позднего прогрева вод формирование подповерхностного минимума фосфатов смещается на летний период.

Осенью в подповерхностном слое характер распределения фосфатов близок к зимнему, однако концентрация их несколько понижена за счет вертикального обмена поверхностных обедненных фосфатами вод с нижележащими слоями.

Глубже поверхностного слоя располагается промежуточный слой. Мощность промежуточного

слоя достигает 1500 м, и он занимает толщу воды от 150—200 до 1700 м. Для верхней части промежуточного слоя характерно резкое увеличение содержания фосфатов с глубиной. Вертикальные градиенты содержания фосфатов здесь нередко достигают 0,5 мкг/л на метр. Нижней границей промежуточного слоя является глубина залегания про-

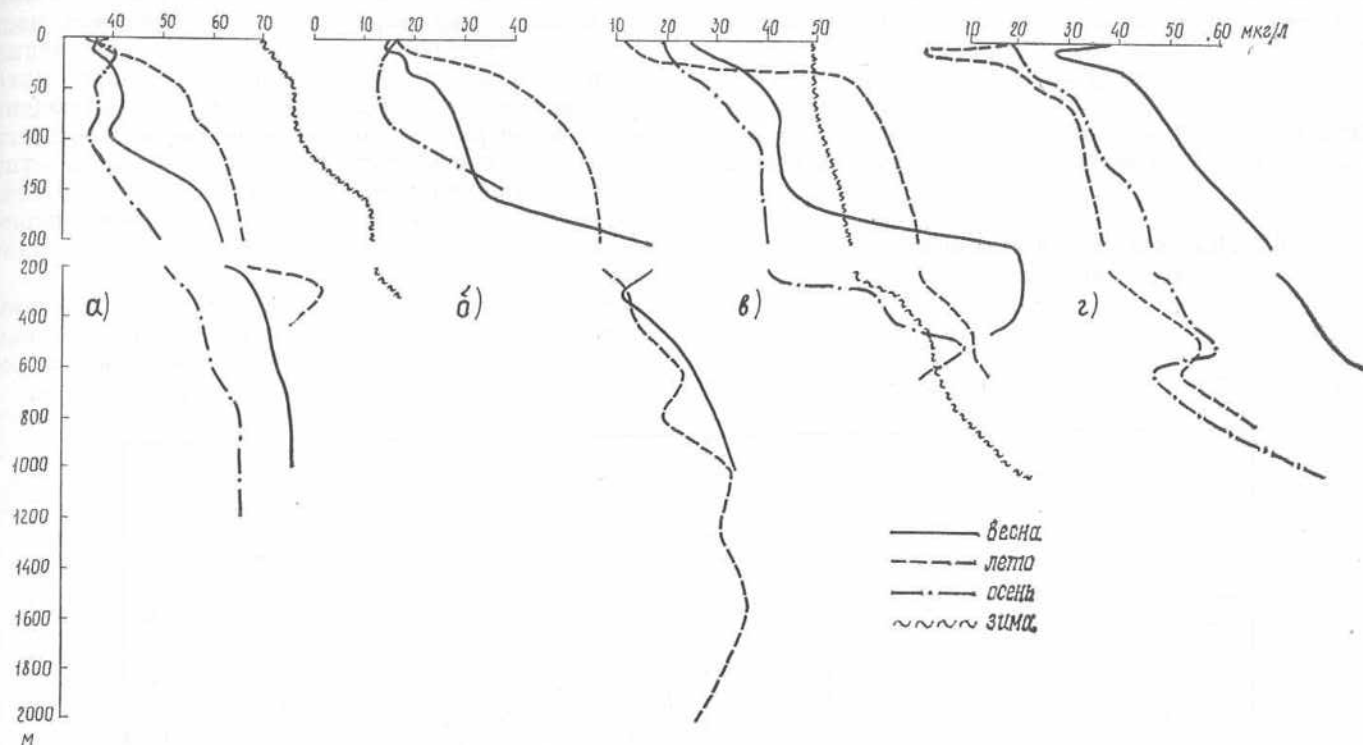


Рис. 6.1. Вертикальное распределение фосфатов (мкг/л) в южной части Охотского моря

а — кв. 93; б — кв. 52; в — кв. 159; г — кв. 108.

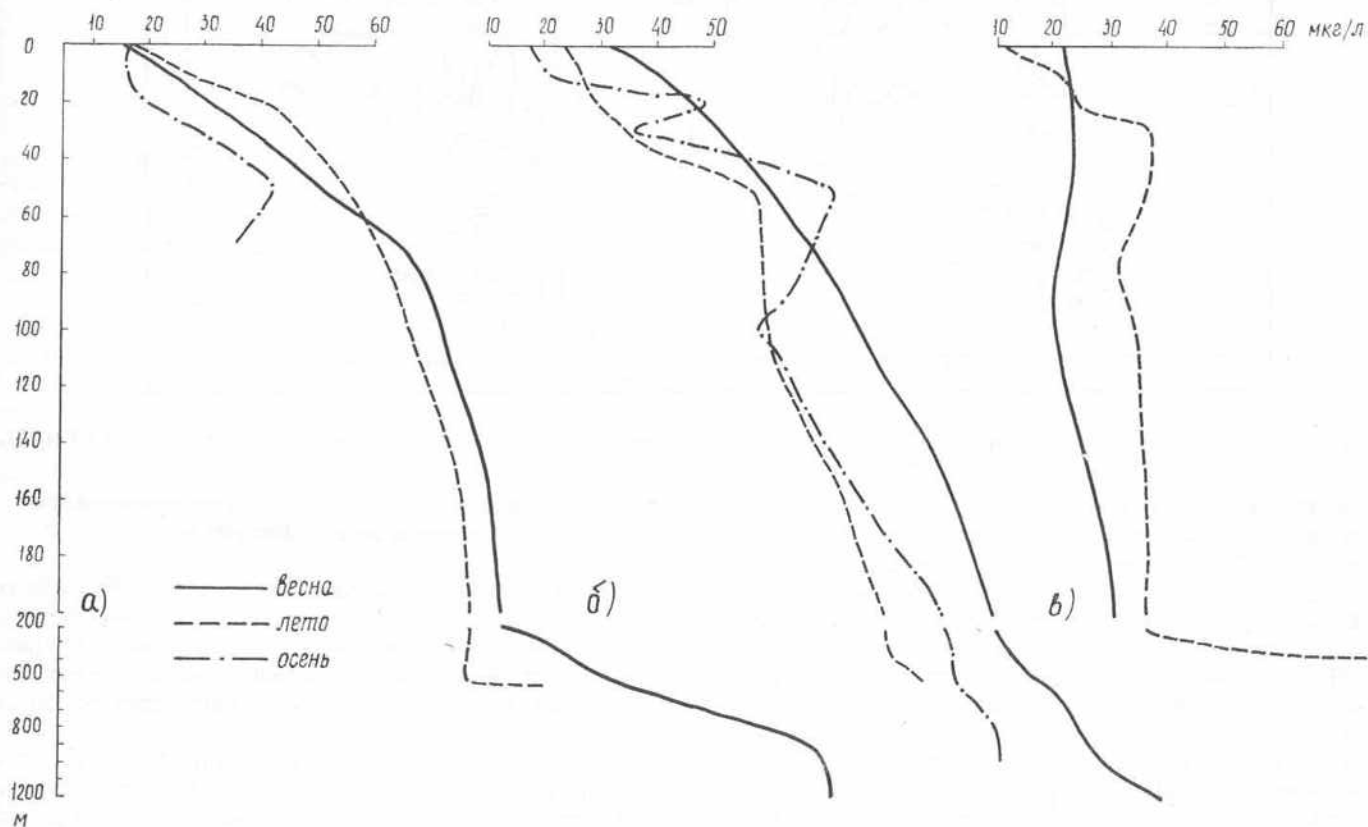


Рис. 6.2. Вертикальное распределение фосфатов (мкг/л) в северной части Охотского моря.

а — кв. 91; б — кв. 121; в — кв. 206.

межучеточного максимума фосфатов. Уровень концентрации фосфатов здесь достигает 80—140 мкг/л. Внутригодовая изменчивость фосфатов в этом слое невелика и зависит главным образом от водообмена моря с Тихим океаном через Курильские проливы. Ниже глубинного максимума фосфатов располагается слой, для которого характерны незначительные изменения концентрации фосфатов с глубиной. На большей части южной половины Охотского моря либо отмечается некоторое уменьшение содержания неорганического фосфора с глубиной, либо концентрации фосфатов остаются неизменными. В целом вертикальная изменчивость фосфатов в глубинном слое не превышает 40 мкг/л.

6.2. Внутригодовая изменчивость содержания фосфатов

Как отмечалось выше, наиболее значительная внутригодовая изменчивость обнаруживается в верхнем 150—200-метровом слое, а с увеличе-

ния тихоокеанских вод вызывает соответствующие изменения содержания фосфатов в промежуточном слое Охотского моря.

Наибольшие амплитуды внутригодовой изменчивости фосфатов на поверхности (рис. 6.3 а) отмечаются в юго-восточной части Охотского моря, а наименьшие — в северо-западной. На горизонте 50 м (рис. 6.3 б) характер распределения амплитуд существенно меняется: в юго-восточной части моря сезонные изменения фосфатов не превышают 20 мкг/л, а в северо-западной достигают 40 мкг/л. По-видимому, в связи с отсутствием наблюдений зимой в северной половине моря амплитуды в этом районе на поверхности моря оказываются существенно заниженными. В то же время содержание фосфатов на горизонте 50 м в весенний период в определенной мере отражает зимнее состояние вод.

В юго-восточной части отмечается интенсивный вертикальный обмен вод, и поступление биогенных элементов в поверхностные слои оказывается соизмеримым с их потреблением при фотосинтезе.

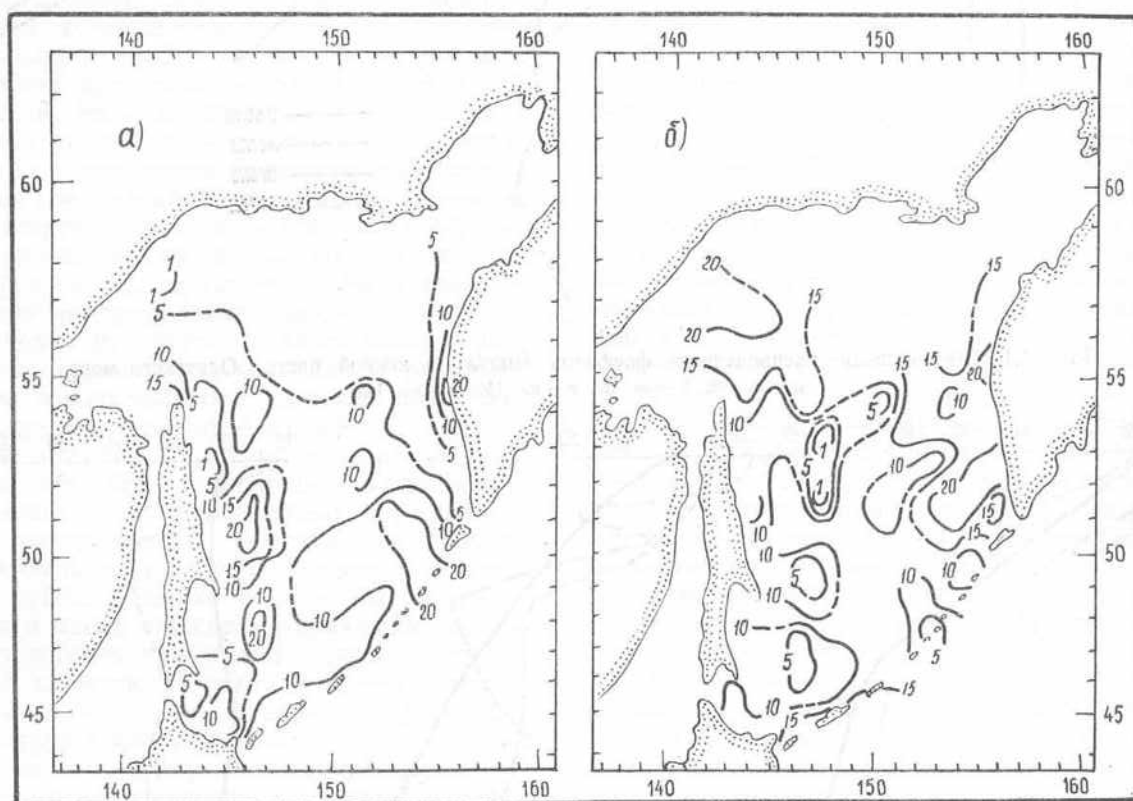


Рис. 6.3. Амплитуды $(PO_4^{\max} - PO_4^{\min})/2$ внутригодовой изменчивости фосфатов (мкг/л) на горизонтах 0 (а) и 50 м (б).

нием глубины амплитуды колебаний уменьшаются. Летом содержание фосфатов снижается, что обусловлено синтезом фитопланктона, а осенью, когда на большей части акватории моря доминируют процессы регенерации фитопланктона, содержание фосфатов становится близким к зимнему содержанию. На нижней границе деятельного слоя внутригодовые изменения фосфатов незначительны.

Глубже 150—200 м влияние биохимических процессов менее заметно, и внутригодовые изменения обусловлены главным образом динамикой вод. Воды Охотского моря генетически связаны с водами прилегающей части Тихого океана [8, 19], и поэтому уменьшение или увеличение поступле-

6.3. Особенности пространственно-временного распределения фосфатов

Зимой лишь юго-восточная часть Охотского моря свободна от льда и заполнена трансформированными тихоокеанскими водами. Поэтому распределение фосфатов на поверхности достаточно однородно, и их концентрация изменяется от 40 до 60 мкг/л (рис. 6.4 а).

Весной по мере увеличения притока солнечной радиации и разрушения ледяного покрова отмечается интенсивное цветение фитопланктона. В связи с этим на акватории Охотского моря происходит значительное уменьшение концентрации неоргани-

ческого фосфора, которая в северной части моря достигает аналитического нуля (рис. 6.4 б).

Наиболее высокие концентрации фосфатов отмечаются в струе Камчатского течения вблизи Курильских островов. Здесь их содержание остается близким к зимнему и составляет 50—60 мкг/л. Очевидно, что интенсивный вертикальный обмен поверхностных и глубинных вод в районе Курильских проливов (при проникновении тихоокеанских

мальные концентрации неорганического фосфора наблюдаются в областях циклонических круговоротов (например, в северо-западной части моря и к востоку от о. Сахалин), где отмечается уменьшение поверхностного квазиоднородного слоя. Здесь концентрации фосфатов на поверхности не превышают 5—10 мкг/л (рис. 6.5 а).

В динамически активных районах моря содержание фосфатов в поверхностном слое максималь-

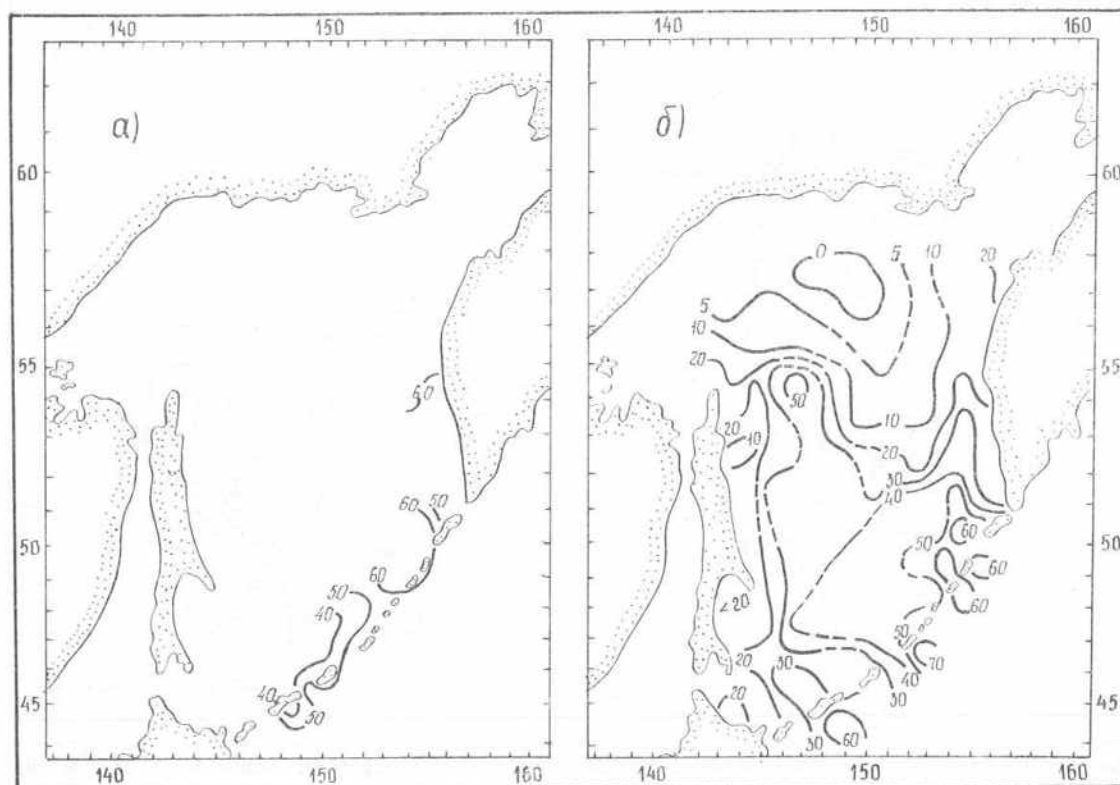


Рис. 6.4. Пространственное распределение фосфатов (мкг/л) на поверхности зимой (а) и весной (б).

вод в Охотское море) приводит к обогащению биогенными веществами поверхностного слоя. Причем скорость поступления их в фотический слой соизмерима с интенсивностью их потребления вследствие фотосинтеза.

Повышенное содержание фосфатов (до 50 мкг/л) отмечается также в районе банки Кашеварова вследствие подъема глубинных вод.

В целом в поверхностном слое весной характерно зональное распределение фосфатов с равномерным понижением концентрации в северном направлении от 50—60 мкг/л у Курильских островов до аналитического нуля.

Вместе с этим следует отметить и более высокие концентрации неорганического фосфора у западной Камчатки по сравнению с восточным Сахалином (рис. 6.4 б). Такое распределение фосфатов на поверхности может быть объяснено в основном адвекцией тихоокеанских вод у берегов Камчатки, а также ограниченным влиянием материкового стока в этом районе.

Летом происходит интенсификация биохимических процессов, и характер распределения фосфатов на поверхности приобретает вид «пятнистого» поля с чередованием локальных областей повышенного и пониженного его содержания. Мини-

но (до 20—32 мкг/л), что связано с интенсивным вертикальным обменом поверхностных и нижележащих вод. Высокие значения фосфатов (до 30—32 мкг/л) обнаруживаются над банкой Кашеварова, где в течение всего года происходит подъем глубинных вод.

Осенью на большей части Охотского моря фотосинтез ослабевает, а концентрация фосфатов возрастает и составляет, как правило, больше 20 мкг/л. Однако в центральной части моря их содержание, как и в летнее время, остается аномально низким (рис. 6.5 б).

На горизонте 50 м особенности пространственного распределения фосфатов остаются прежними, однако значения их несколько выше, чем на поверхности (рис. 6.4—6.7). Лишь зимой содержание фосфатов соизмеримо с поверхностным и составляет 50—70 мкг/л. Незначительное вертикальное изменение содержания фосфатов зимой свидетельствует об интенсивном конвективном перемешивании, вследствие которого происходит обогащение биогенными веществами поверхностного слоя.

Весной пространственное распределение фосфатов на горизонте 50 м определяется в значительной степени динамическими процессами, что подтверждается конфигурацией изолиний фосфатов на

этом горизонте. Повышенная концентрация фосфатов (до 70 мкг/л) отмечается в начале Камчатского течения. По мере продвижения трансформированных вод на север содержание фосфатов уменьшается до 20—30 мкг/л. В целом в Охотском море весной можно выделить три области высоких концентраций фосфатов: северо-восточное побережье

о. Сахалин, юго-западное побережье п-ова Камчатка и мористая часть зал. Терпения, где содержание фосфатов выше 40 мкг/л (рис. 6.6 б).

Летом распределение фосфатов на горизонте 50 м носит «пятнистый» характер, как и на поверхности. Однако изменчивость абсолютных значений здесь меньше, чем на поверхности, а значе-

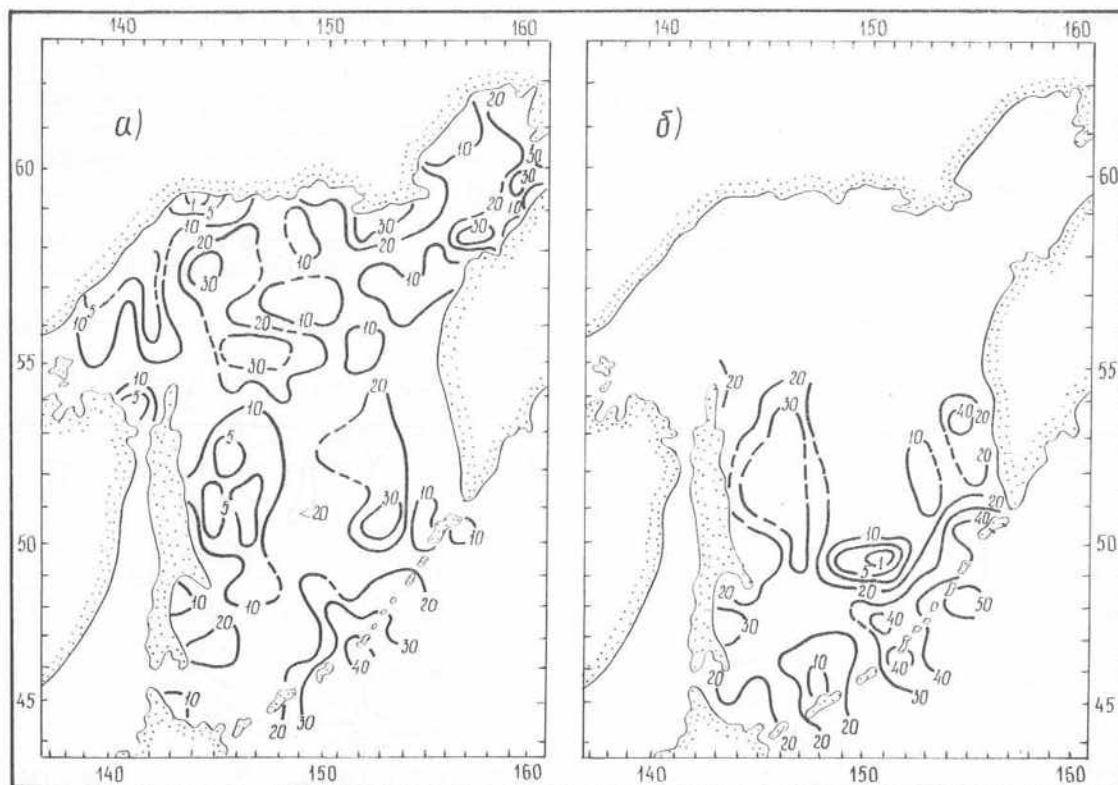


Рис. 6.5. Пространственное распределение фосфатов (мкг/л) на поверхности летом (а) и осенью (б).

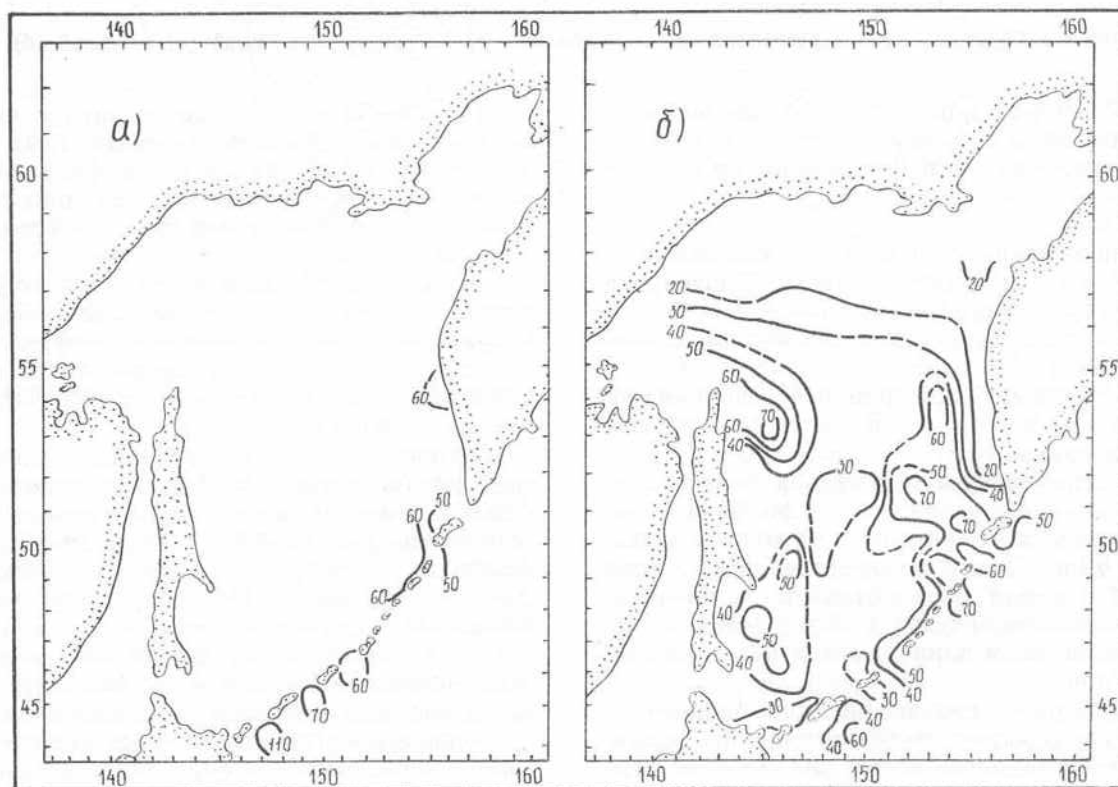


Рис. 6.6. Пространственное распределение фосфатов (мкг/л) на горизонте 50 м зимой (а) и весной (б).

ния на большей части акватории моря составляют от 40 до 80 мкг/л (рис. 6.7а). На горизонте 50 м выделяется лишь одна область низких концентраций фосфатов (менее 30 мкг/л), расположенная над впадиной ТИНРО и обусловленная наличием здесь квазистационарного антициклонического круговорота. Высокое содержание фосфатов на этом горизонте отмечается в северо-западной части

жения к берегам западной Камчатки он понижается до 20—40 мкг/л. В районе северных Курильских островов концентрации фосфатов достигают 60—65 мкг/л. Такое перераспределение фосфатов на исследуемой акватории может быть обусловлено следующими обстоятельствами. По мере весеннего прогрева создается резкое разграничение между прогретым поверхностным и холодным промежу-

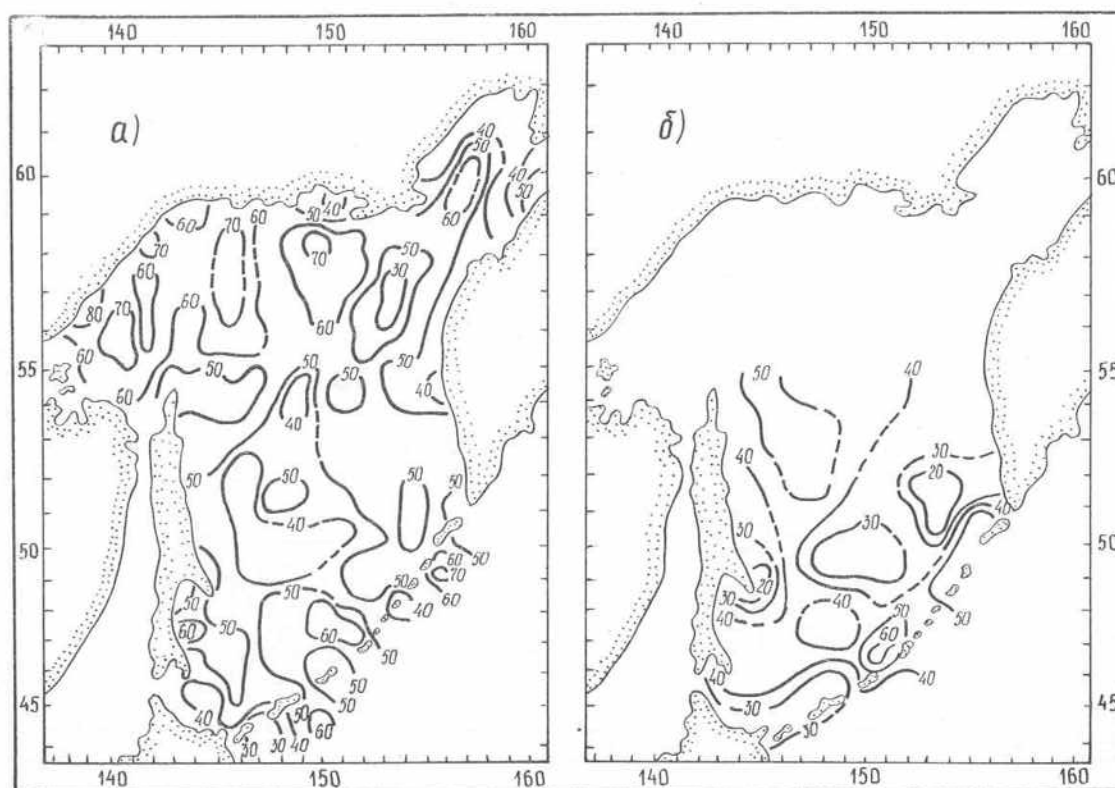


Рис. 6.7. Пространственное распределение фосфатов (мкг/л) на горизонте 50 м летом (а) и осенью (б).

Охотского моря, где оно достигает 70—80 мкг/л. Такие высокие концентрации фосфатов отмечаются в придонном слое и обусловлены следующими причинами. В северо-западной части моря очень тонкий прогретый и распресненный поверхностный слой. Толщина его не более 5—15 м. Весной и летом в нем происходит интенсивное потребление фосфатов фитопланктоном. Хорошо выраженный пикноклин препятствует обмену с нижележащими слоями, обогащенными фосфатами. Более того, характер течений в этом районе моря указывает на поступление сюда вод из северо-восточной части моря, которые имеют более высокие значения плотности, чем поверхностные распресненные воды рассматриваемого района, что также препятствует поступлению фосфатов из промежуточного слоя к поверхности.

Осенью наблюдения проводятся лишь в южной части Охотского моря. Распределение фосфатов на горизонте 50 м носит «пятнистый» характер. Содержание фосфатов изменяется от 20 до 50 мкг/л (рис. 6.1б).

На горизонте 100 м зимой содержание фосфатов составляет 50—80 мкг/л.

Весной более высокие концентрации фосфатов отмечаются у восточного Сахалина, где уровень их содержания не ниже 50 мкг/л, а по мере прибли-

жения к берегам западной Камчатки он понижается до 20—40 мкг/л. В районе северных Курильских островов концентрации фосфатов достигают 60—65 мкг/л. Такое перераспределение фосфатов на исследуемой акватории может быть обусловлено следующими обстоятельствами. По мере весеннего прогрева создается резкое разграничение между прогретым поверхностным и холодным промежу-

точным (ХПС) слоями. Обмен между ними сильно затруднен. В восточной части Охотского моря, где ХПС выражен не так ярко, что связано с проникновением тихоокеанских вод, вертикальный обмен (особенно на западной периферии Камчатского течения) происходит в течение всего года. Это в свою очередь приводит к увеличению потребления фосфатов в деятельном слое.

Летом концентрации фосфатов на горизонте 100 м изменяются от 40 до 80 мкг/л, а пространственное распределение здесь аналогично вышележащим горизонтам (рис. 6.5а, 6.7а). Минимальное содержание фосфатов отмечается в районе антициклонического круговорота над впадиной ТИНРО, а также в зоне смешения распресненных вод Восточно-Сахалинского течения с тихоокеанскими (к востоку от м. Терпения).

Осенью на горизонте 100 м содержание фосфатов изменяется в основном от 50 до 60 мкг/л. Наблюдаемые области с низким содержанием фосфатов (менее 25 мкг/л) к востоку от м. Терпения и к северу от Четвертого Курильского пролива связаны с динамическими причинами.

В восточной части моря область пониженных значений фосфатов (менее 20 мкг/л) образуется за счет опускания вод в антициклоническом круговороте. К востоку от м. Терпения, где происходит

конвергенция распресненных вод Восточно-Сахалинского течения с тихоокеанскими, значения понижаются до 17—20 мкг/л.

Характер распределения фосфатов в промежуточном слое представляет большой интерес, так как концентрация фосфатов в воде этого слоя и глубина его залегания во многом определяют поступ-

ление фосфатов в поверхностный слой. Сезонные изменения здесь незначительны, и карты пространственного распределения фосфатов на горизонтах 500 и 1000 м (рис. 6.8) отражают основные особенности схемы течений в глубоководной части Охотского моря. Концентрации фосфатов на глубине 500 и 1000 м составляют 60—100 мкг/л.

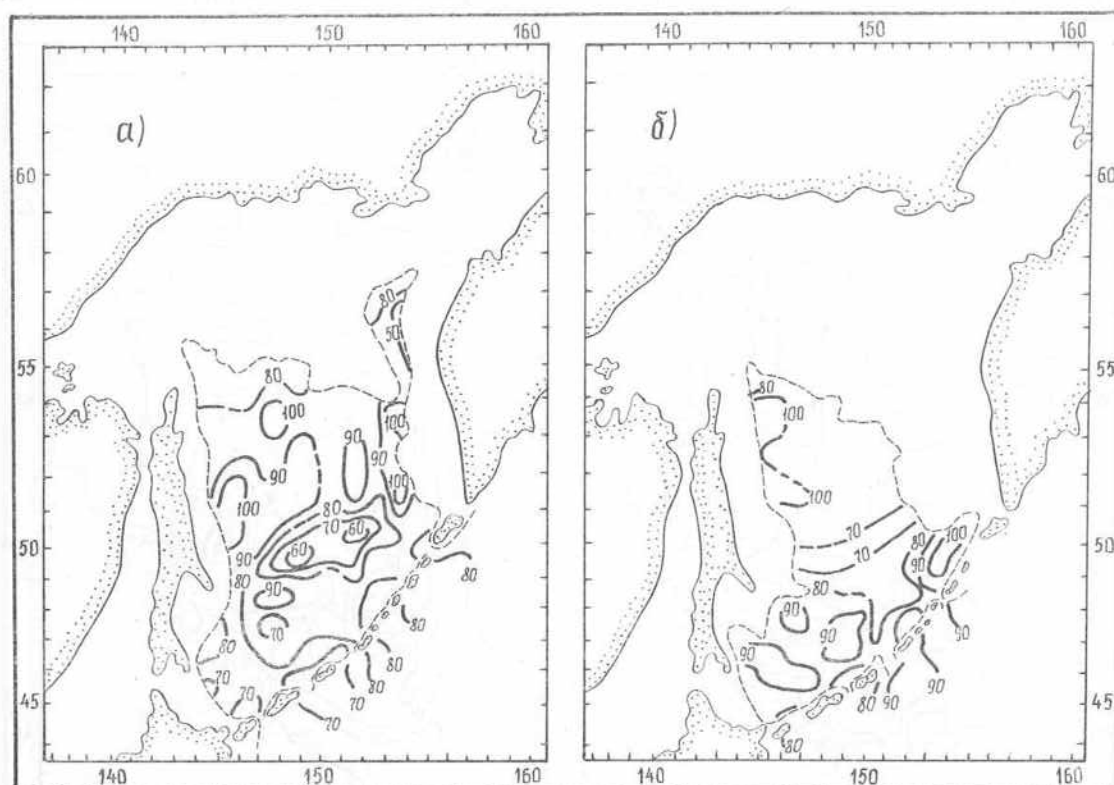


Рис. 6.8. Пространственное распределение фосфатов (мкг/л) на горизонтах 500 (а) и 1000 м (б).

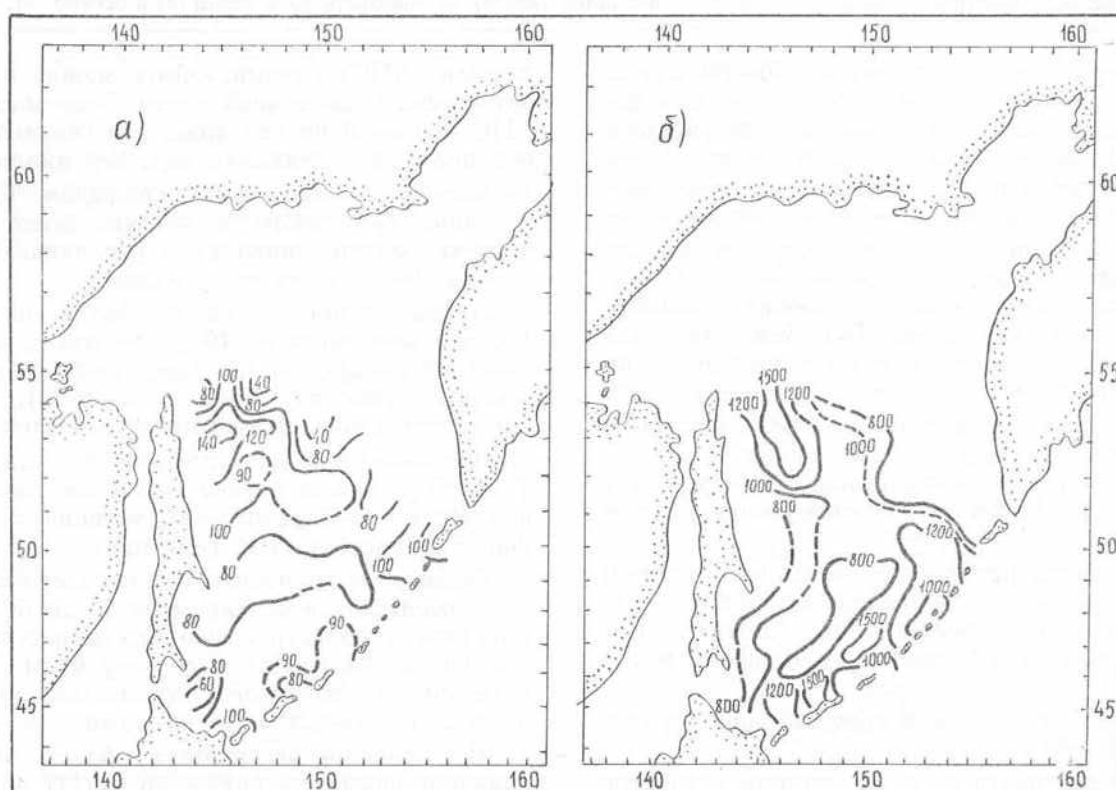


Рис. 6.9. Значения глубинного максимума фосфатов (мкг/л) (а) и глубина (м) его залегания (б).

Границей между промежуточным и глубинным слоями вод на исследуемой акватории можно считать горизонт залегания промежуточного максимума фосфатов, который располагается на глубинах 800—1500 м (рис. 6.9). Ближе всего к поверхности он расположен на восточной и западной перифериях глубоководной части моря. Здесь концентрация фосфатов составляет 80 мкг/л. На горизонте 1500 м над впадиной Дерюгина наблюда-

наличием поверхностного, промежуточного и глубинного слоев.

Мощность поверхностного слоя составляет 150—200 м, и в нем обнаружены наиболее существенные сезонные изменения. Максимальное содержание кремния на исследуемой акватории отмечается зимой, причем распределение кремнекислоты в поверхностном слое практически однородно вследствие конвективного перемешивания. Его содержа-

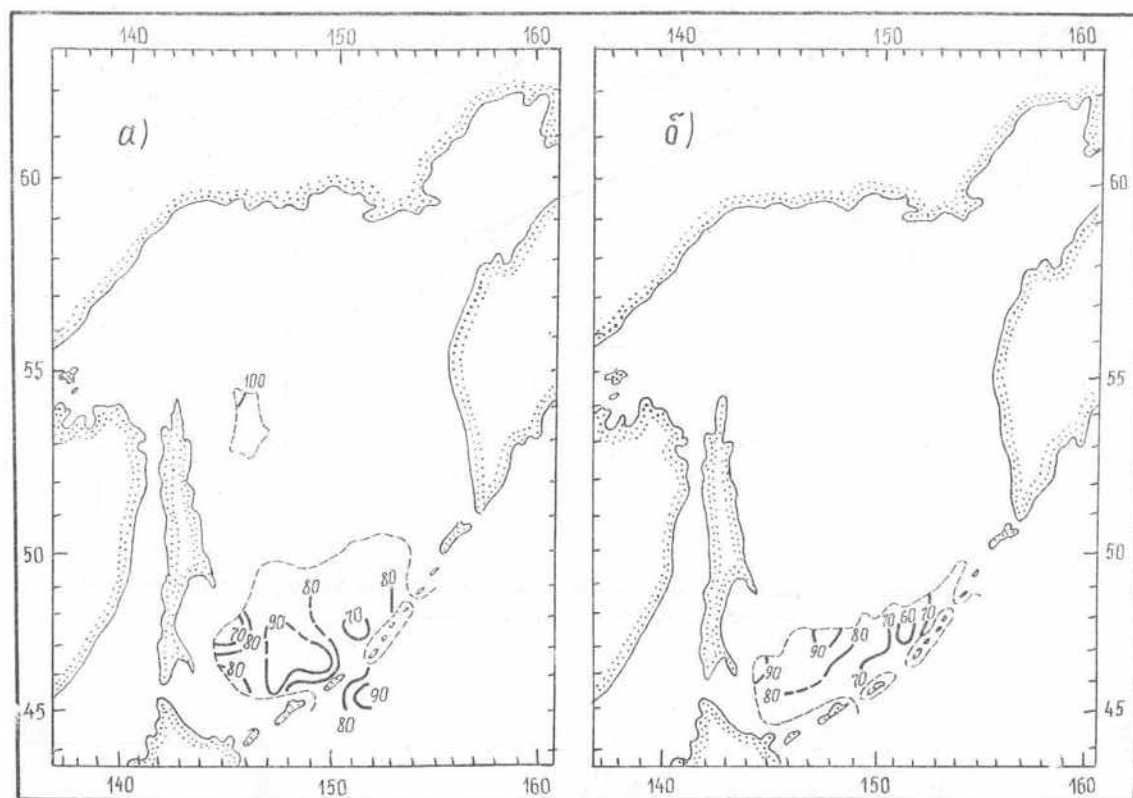


Рис. 6.10. Пространственное распределение фосфатов (мкг/л) на горизонтах 1500 (а) и 2000 м (б).

ются максимальные концентрации фосфатов промежуточного слоя, достигающие 140 мкг/л.

Содержание фосфатов в глубинном слое несколько понижается, однако изменения здесь с глубиной не превышают ± 10 мкг/л. Так, на горизонте 1500 м концентрации фосфатов составляют 70—90 мкг/л, а на горизонте 2000 м в отдельных случаях достигают 60 мкг/л. В целом же распределение фосфатов на горизонтах 1500 и 2000 м отражает вихревую структуру поля течений и опускание вод после перехода через Курильские проливы. Поэтому наблюдается увеличение концентраций по мере распространения тихоокеанских вод по акватории моря (рис. 6.10).

6.4. Вертикальное распределение кремния

Роль кремния сильно возрастает в тех районах, где доминируют диатомовые водоросли, которым кремний необходим для строительства их скелетов [34, 40]. Охотское море относится к такому водоему, где диатомовые водоросли получили большое развитие. Вертикальное распределение кремнекислоты во многом оказывается сходным с распределением фосфатов и так же характеризуется

ные здесь составляет 1000—1500 мкг/л на верхней и 1200—1700 мкг/л на нижней границе (рис. 6.11, 6.12).

Летом содержание кремнекислоты в поверхностном слое сильно уменьшается и становится менее 500 мкг/л, а в отдельных случаях близко к аналитическому нулю.

В период интенсивной вегетации фитопланктона в Охотском море формируется подповерхностный слой минимальных значений кремнекислоты. Причины его возникновения связаны с теми же факторами, вследствие которых формируются аналогичные слои в распределении фосфатов. Глубина расположения подповерхностного минимума кремния совпадает с глубиной расположения слоя подповерхностного максимума содержания кислорода.

Осенью вертикальное распределение кремния в поверхностном слое становится более однородным (рис. 6.11, 6.12).

Глубже поверхностного слоя располагается промежуточный, для которого характерны высокие значения вертикальных градиентов кремния, особенно в верхней его части. Здесь градиенты нередко превышают 5 мкг/л на метр.

На нижней границе промежуточного слоя концентрация кремнекислоты принимает максималь-

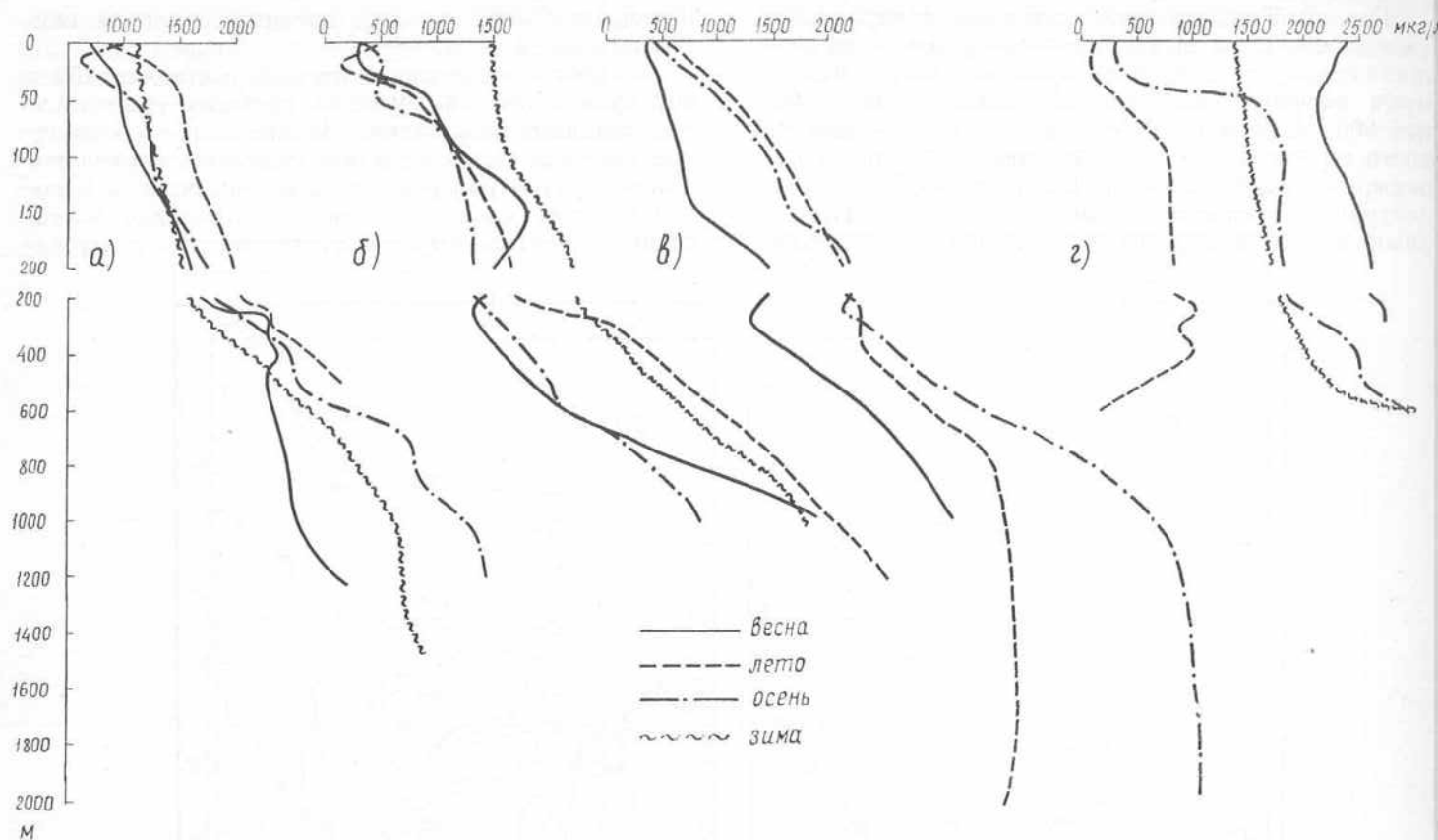


Рис. 6.11. Вертикальное распределение кремнекислоты (мкг/л) в южной части Охотского моря.
а — кв. 33; б — кв. 108; в — кв. 52; г — кв. 150.

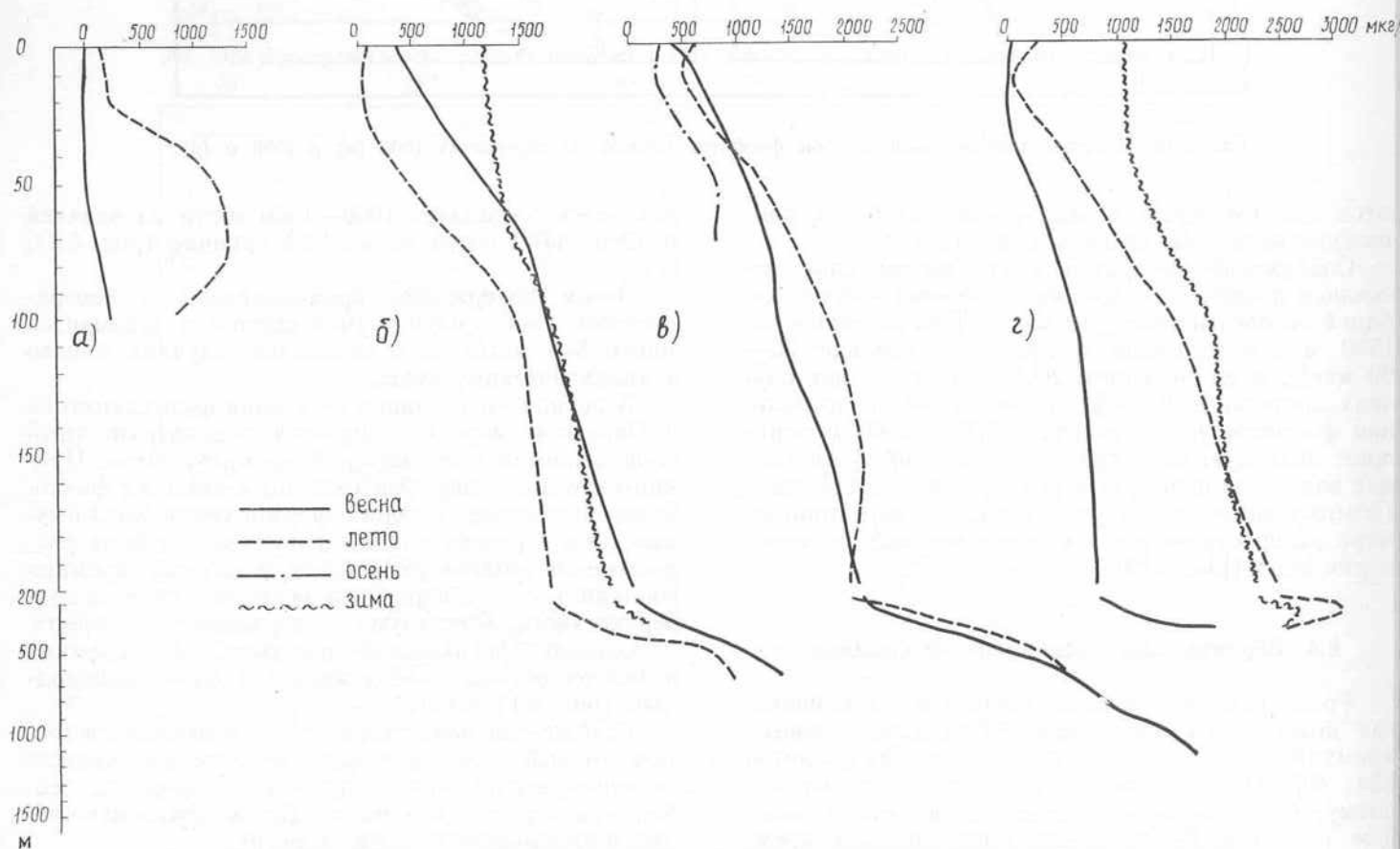


Рис. 6.12. Вертикальное распределение кремнекислоты (мкг/л) в северной части Охотского моря.
а — кв. 65; б — кв. 83; в — кв. 91; г — кв. 152.

ные значения, образуя основной глубинный максимум кремния. Концентрация кремнекислоты здесь составляет 4000—6000 мкг/л. Глубина залегания нижней границы промежуточного слоя существенно изменяется на акватории моря. В районе свала глубин она составляет 800—1200 м, а в глубоководной части моря — 1500—2500 м.

Далее располагается глубинный слой, в котором содержание кремнекислоты уменьшается.

Такой характер вертикального распределения кремния может быть объяснен следующим. При

зоне сопровождается интенсивным потреблением растворенного кремния. Взаимодействие этих двух факторов нивелирует противоположные процессы, и внутригодовая амплитуда изменения кремния в поверхностном слое здесь не превышает 100 мкг/л (рис. 6.13 а).

В открытой части моря амплитуда внутригодовой изменчивости кремния достигает 500 мкг/л, причем наиболее высока она в струе Камчатского течения на 52—53° с.ш. Очевидно, что при проникновении тихоокеанских вод в Охотском море

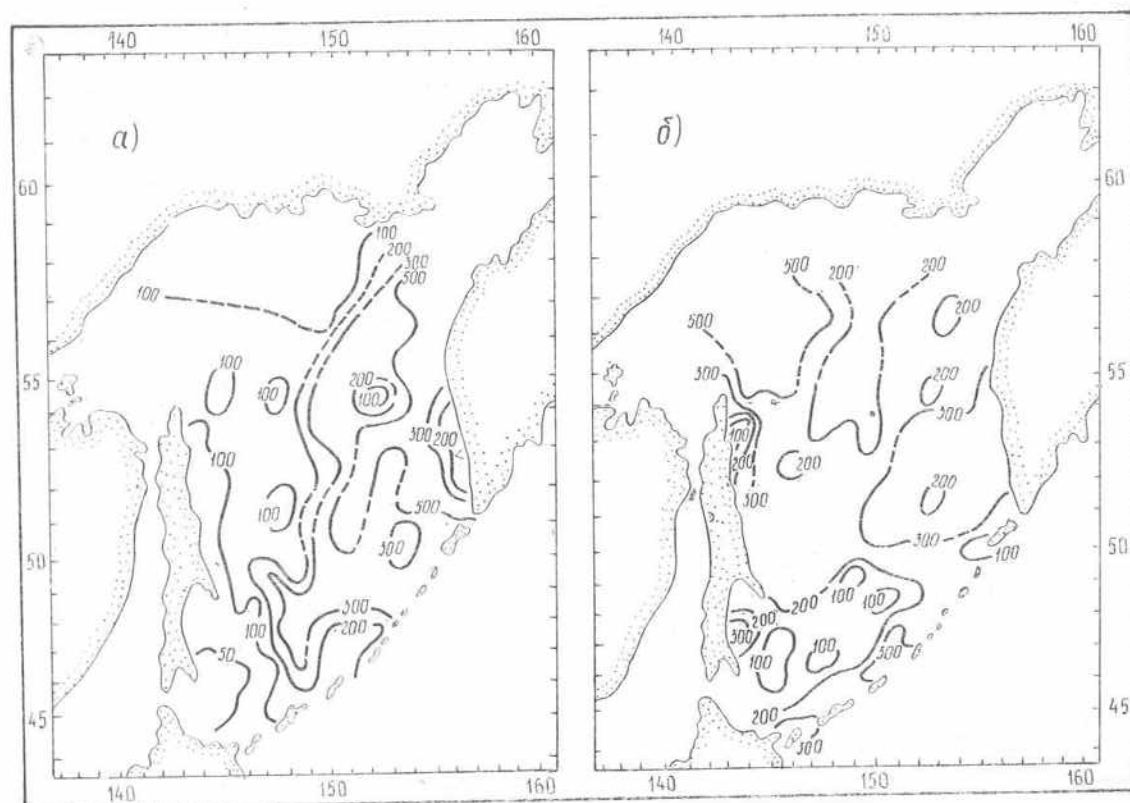


Рис. 6.13. Амплитуды $(\text{SiO}_2_{\text{max}} - \text{SiO}_2_{\text{min}})/2$ внутригодовой изменчивости кремнекислоты (мкг/л) на горизонтах 0 (а) и 50 м (б).

низких значениях температуры, которые наблюдаются в промежуточном слое, регенерация кремния не может завершиться в верхнем 200—300-метровом слое, а продолжается с глубиной до горизонта 800—1000 м. Другим фактором, обуславливающим наличие промежуточного максимума кремния, является поступление в море промежуточных тихоокеанских вод, в которых на горизонтах 1000—1500 м отмечается максимум кремнекислоты.

6.5. Внутригодовая изменчивость содержания кремния

Внутригодовая изменчивость содержания кремния в Охотском море зависит от сложного взаимодействия динамических и биохимических процессов: в прибрежной части — от изменчивости материкового стока в течение года, в открытой части моря — от изменчивости течений.

Увеличение материкового стока летом приводит к обогащению кремнекислотой поверхностного слоя вод в прибрежных районах. В то же время активная вегетация диатомовых водорослей в этой

в районе Курильских проливов происходит интенсивное вертикальное перемешивание вод, которое и приводит к увеличению содержания кремния в поверхностных слоях. По мере продвижения этих вод на север происходит потребление растворенного кремния фитопланктоном, а поступление свежих, богатых кремнием промежуточных вод в фотический слой из-за сформировавшегося пикноклина затруднительно.

С глубиной характер внутригодовой изменчивости кремнекислоты существенно изменяется. Максимальные амплитуды на горизонте 50 м отмечаются в северо-западной части Охотского моря, а минимальные — в юго-восточной, где происходит интенсивный вертикальный обмен в течение всего года (рис. 6.13 б).

6.6. Особенности пространственно-временного распределения кремния

Распределение кремнекислоты в поверхностном слое определяется жизнедеятельностью кремниевых организмов, глубиной проникновения вер-

тикальной конвекции, горизонтальным и вертикальным переносом вод.

Зимой содержание кремнекислоты в поверхностном слое достаточно однородно и составляет 1200—1500 мкг/л (рис. 6.14 а). Вместе с тем имеются две области с характерным минимумом содержания кремнекислоты, где уровень ее концентрации менее 1000 мкг/л. Эти области свободны ото льда в течение всего года, и, видимо, зимой здесь происходит ограниченный фотосинтез и ме-

океанских вод. Здесь концентрации кремнекислоты на поверхности весной превышают 1500 мкг/л (рис. 6.14 б).

Летом распределение кремнекислоты на поверхности существенно меняется и приобретает «пятнистый» характер. В целом содержание растворенного кремния на поверхности Охотского моря летом изменяется от 50 до 500—800 мкг/л (рис. 6.15 а). Такой характер распределения и низкие концентрации кремнекислоты в поверхно-

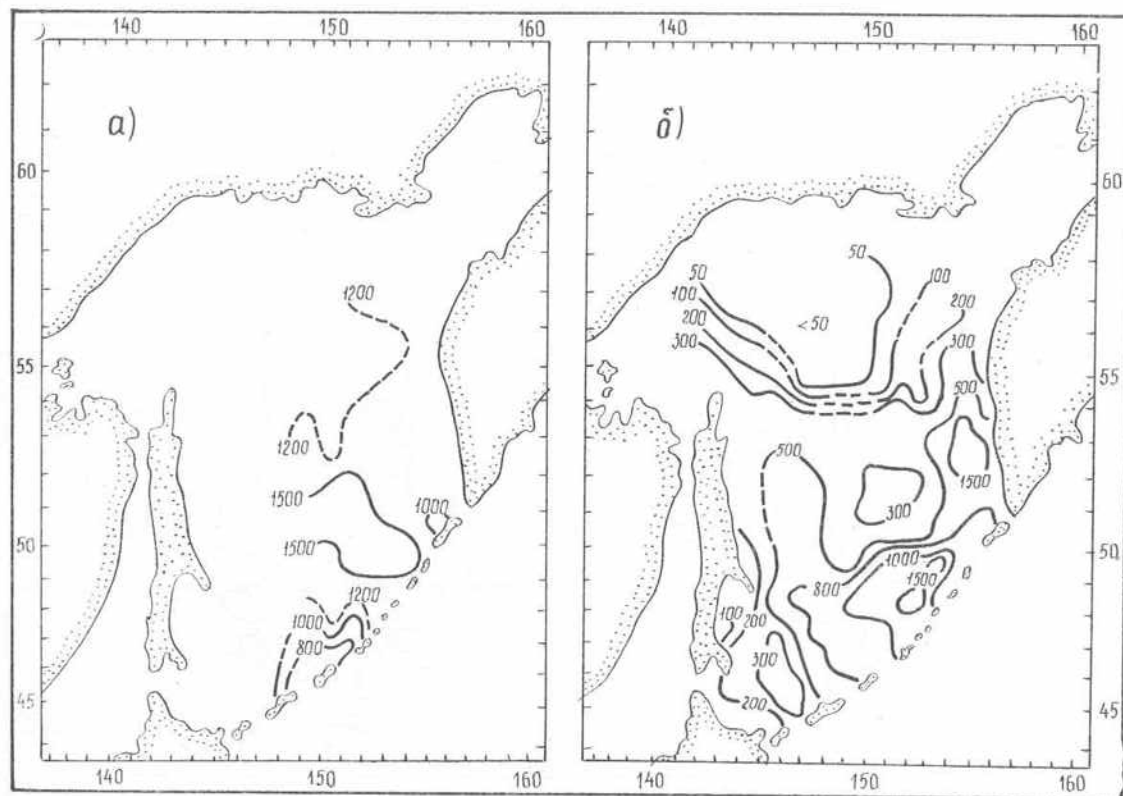


Рис. 6.14. Пространственное распределение кремнекислоты (мкг/л) на поверхности зимой (а) и весной (б).

нее интенсивный вертикальный обмен над глубоководными проливами в течение всего года.

Весной в поверхностном слое пространственное распределение растворенного кремния становится более сложным. Концентрация кремнекислоты изменяется от аналитического нуля до 1500 мкг/л. Область низких значений кремнекислоты в поверхностном слое отмечается над североохотоморским шельфом (рис. 6.14 б). Над свалом глубин в северной части Охотского моря отчетливо выделяется фронтальная зона. По всей видимости, она сформирована в результате смешения североохотоморских и трансформированных тихоокеанских вод. Подобное распределение кремния подтверждает полученную по диагностическим расчетам циклоническую систему циркуляции вод в северной мелководной части Охотского моря.

Максимальные концентрации встречаются в районе мелководных проливов средней части Курильской гряды, где наибольший вертикальный обмен и уровень концентрации кремнекислоты на поверхности достигает 1500 мкг/л.

Другой район, где отмечается аномально высокое содержание кремнекислоты, расположен у западной Камчатки и обусловлен адвекцией тихо-

стым слое свидетельствуют об интенсификации цветения диатомового фитопланктона.

В районах интенсивного вертикального перемешивания вод и в зоне распространения тихоокеанских вод содержание кремнекислоты остается достаточно высоким и превышает 500 мкг/л (в районе Курильских островов — 800 мкг/л).

Осенью распределение кремнекислоты на поверхности становится более однородным и изменяется, как правило, от 100 до 300 мкг/л с максимальным содержанием у островов северной части Курильской гряды, где значения на поверхности превышают 1500 мкг/л (рис. 6.15 б).

Повышенное содержание растворенного кремния на поверхности в течение всего года отмечается в районе распространения вод Амура. Таким образом, основным поставщиком растворенного кремния в Охотском море являются воды северо-западной части Тихого океана и Амура.

В других районах влияние материкового стока менее заметно, причем на большей части прибрежной зоны содержание кремнекислоты ниже, чем в мористых районах.

В зимне-весенний период характер распределе-

ния кремнекислоты в поверхностном слое с глубиной существенно не изменяется, а зимой остается постоянным и уровень ее концентрации (рис. 6.16, 6.17).

Летом в подповерхностном слое моря сказывается влияние материкового стока. Так, на северном

побережье содержание кремнекислоты возрастает до 300 мкг/л, в районе стока Амура — до 2000 мкг/л, а у Сахалина и западной Камчатки — до 1000 мкг/л. В то же время в центральной части моря уровень концентрации растворенного кремния не превышает 200—500 мкг/л (рис. 6.17 а).

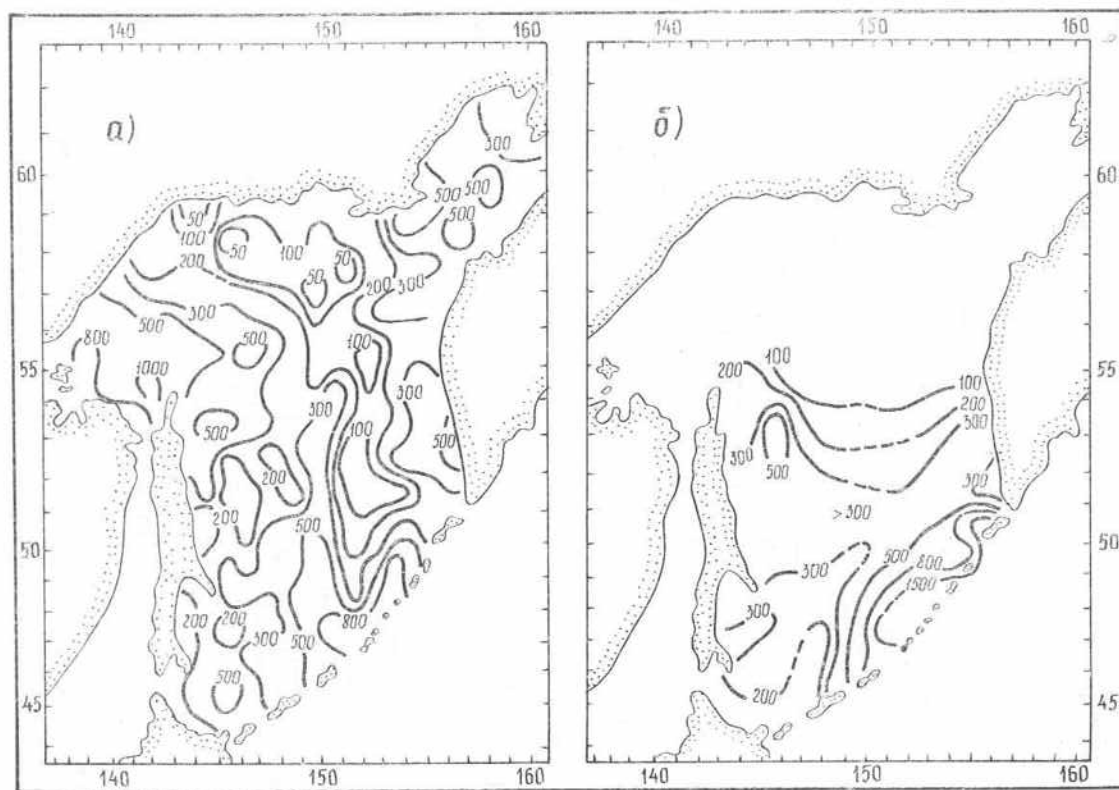


Рис. 6.15. Пространственное распределение кремнекислоты (мкг/л) на поверхности летом (а) и осенью (б).

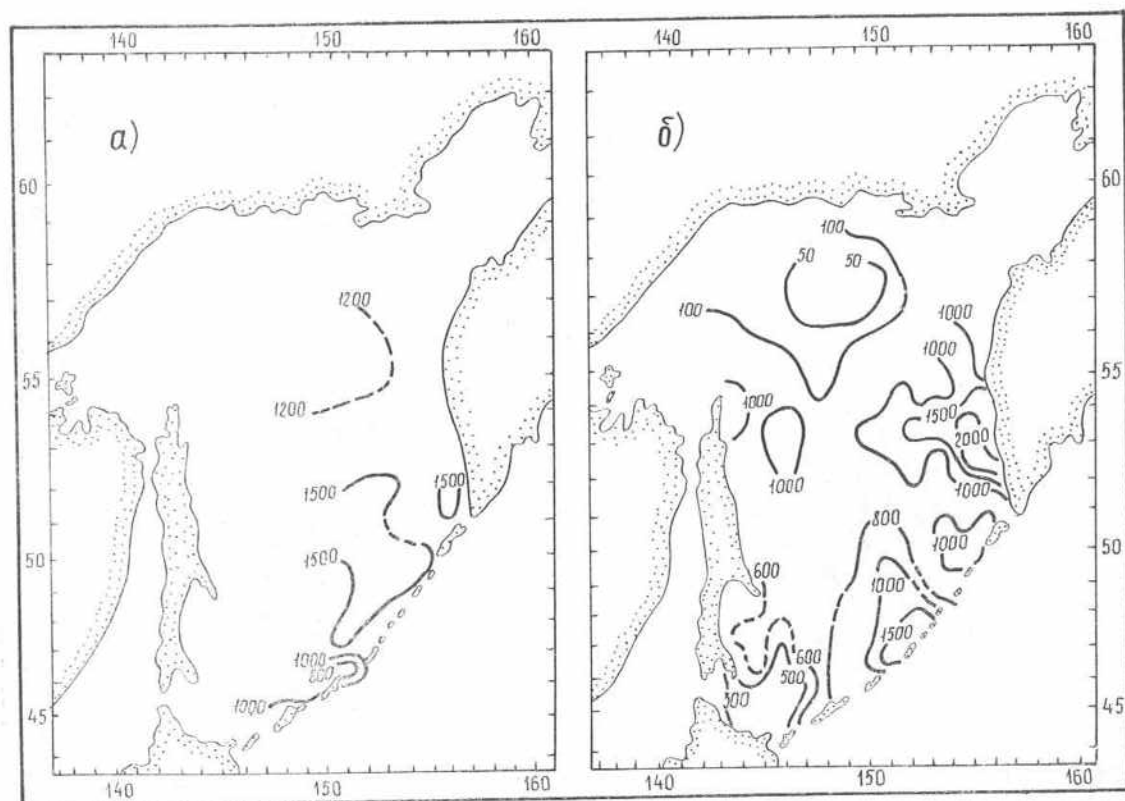


Рис. 6.16. Пространственное распределение кремнекислоты (мкг/л) на горизонте 50 м зимой (а) и весной (б).

Осенью происходит уменьшение материкового стока, и концентрация растворенного кремния на горизонте 50 м в центральной части моря уменьшается до 100—500 мкг/л и имеет тенденцию к зональному распределению (рис. 6.17 б). В районе Курильских островов и на прилегающих к ним

акваториях концентрация кремнекислоты превышает 1000—1500 мкг/л.

Во всем деятельном слое характер распределения кремнекислоты одинаков. С глубиной изменяется лишь уровень ее концентрации. Поэтому на горизонте 200 м содержание кремнекислоты пре-

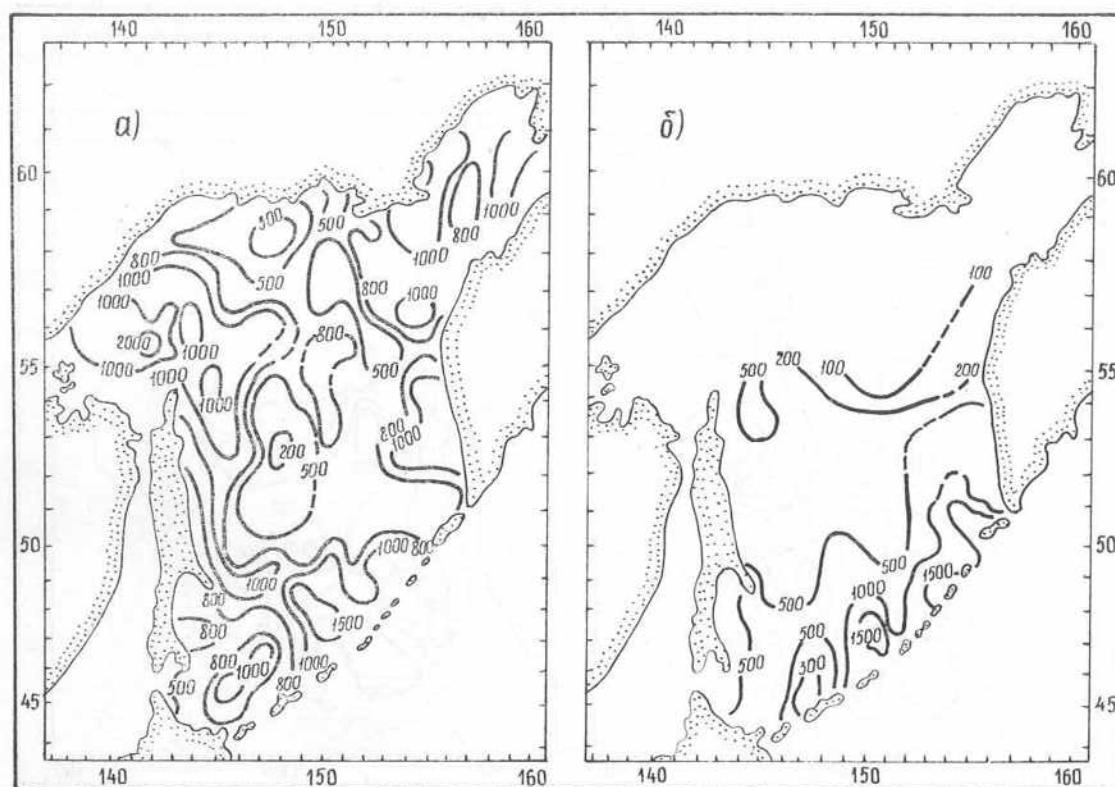


Рис. 6.17. Пространственное распределение кремнекислоты (мкг/л) на горизонте 50 м летом (а) и осенью (б).

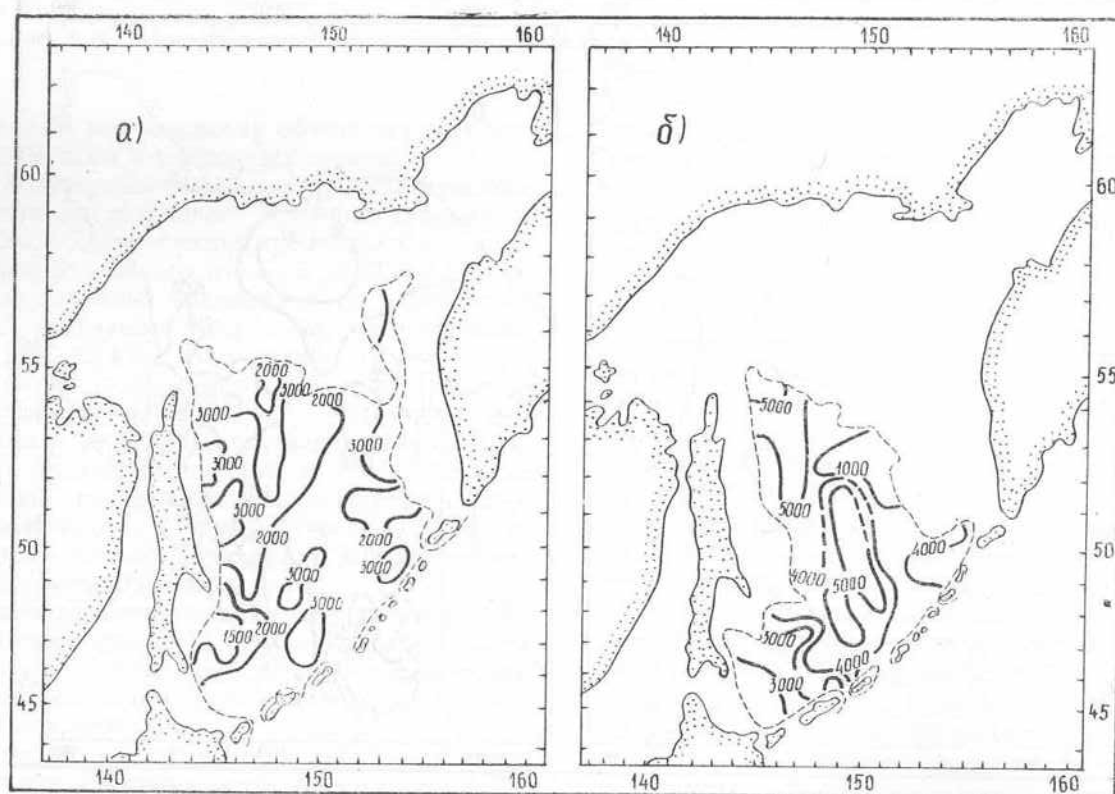


Рис. 6.18. Пространственное распределение кремнекислоты (мкг/л) на горизонтах 500 (а) и 1000 м (б).

вышает 800—1500 мкг/л.

Промежуточный слой характеризуется резким возрастанием концентраций кремния с глубиной (рис. 6.18, 6.19 а). В большинстве районов Охотского моря сезонная изменчивость содержания

кремния невелика. Как правило, значительная сезонная изменчивость в промежуточном слое наблюдается только в районе Курильских проливов и обусловлена водообменом.

На горизонте 500 м содержание растворенного

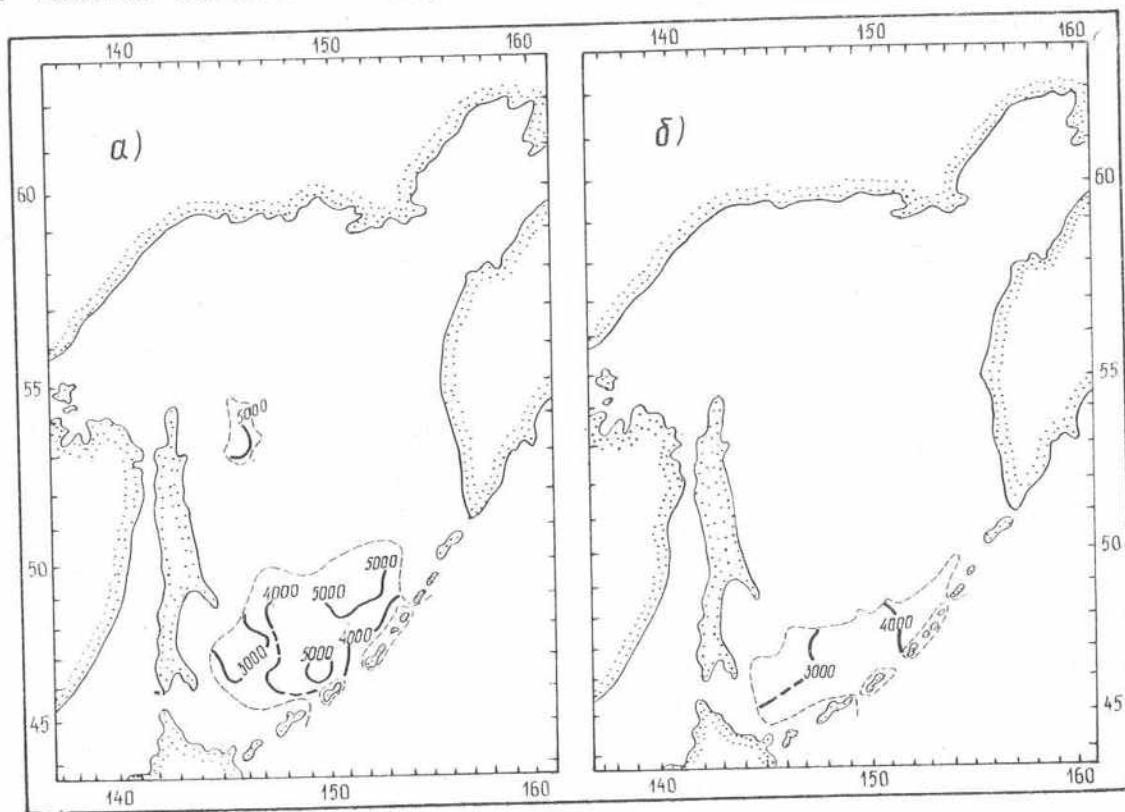


Рис. 6.19. Пространственное распределение кремниевой кислоты (мкг/л) на горизонтах 1500 (а) и 2000 м (б).

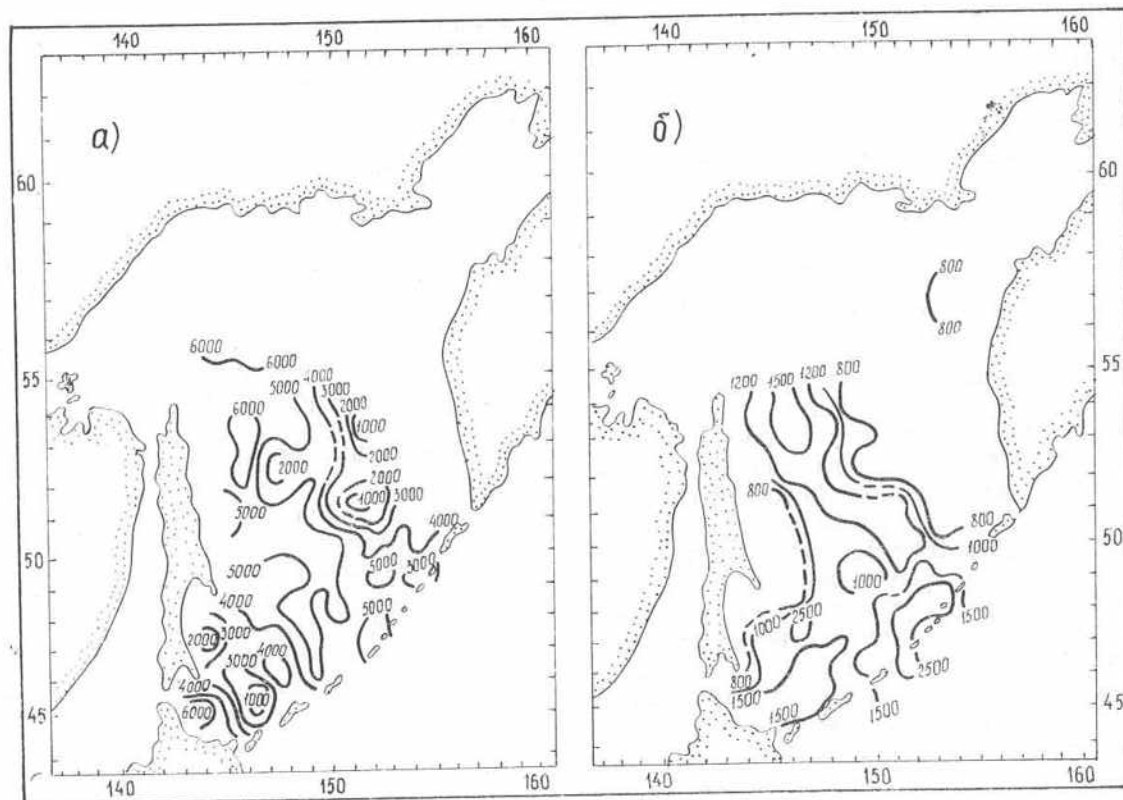


Рис. 6.20. Значения глубинного максимума кремниевой кислоты (мкг/л) (а) и глубина (м) его залегания (б).

кремния повсеместно выше 2000 мкг/л, а на горизонте 1000 м достигает 5000 мкг/л (рис. 6.18).

Нижняя граница промежуточного слоя расположена ближе к поверхности у западной Камчатки и восточного Сахалина. В центральной части моря глубинный максимум силикатов расположен на горизонтах 1000—1500 м, а максимальные их концентрации достигают 6000 мкг/л (рис. 6.20). В целом нижняя граница промежуточного слоя кремния расположена значительно глубже, чем у фосфатов (рис. 6.2, 6.20).

В глубинном слое содержание кремнекислоты несколько снижается и на горизонте 2000 м составляет 3000—4000 мкг/л (рис. 6.19б). При этом максимальные его значения наблюдаются в районе залива тихоокеанских вод.

6.7. Вертикальное распределение нитритов

Присутствующий в морской воде несвязанный азот отличается высокой химической инертностью, другими словами, процесс растворения его не осложняется никакими химическими реакциями и не зависит от биологических явлений. Казалось, следовало бы ожидать, что концентрация азота в морях должна оставаться относительно неизменной. Однако Рейкестро и Эммель [45] установили, что морская вода оказывается пересыщенной азотом в среднем на 3 %. Одна из возможных причин, вызывающих изменение содержания азота в морской среде, состоит в том, что азот может накапливаться и выделяться организмами. Не менее важным фактором его перенасыщения является высокое атмосферное давление в период растворения газа из атмосферы и понижение температуры воды.

Связанный азот присутствует в морской воде в неорганических и органических формах, и поэтому превращение его является сложным и многоступенчатым процессом, в котором, помимо фито- и зоопланктона, значительную роль играют микроорганизмы. Совместное воздействие биофакторов и физико-химических условий среды является главным регулятором взаимопревращений азота в морской среде.

Неорганические соединения азота в морях и океанах представлены аммонийными (NH_4^+), нитритными (NO_2^-) и нитратными (NO_3^-) ионами, имеющими единый генетический источник. Согласно данным [2, 5], ежегодно в морскую воду вместе с подземными, речными стоками и атмосферными осадками поступает $0,1 \cdot 10^9$ т/год связанного азота, а фитопланктон извлекает при фотосинтезе $7,7 \times 10^9$ т/год. Следовательно, основные потребности живых организмов обеспечиваются внутренним круговоротом азота в морской толще.

Нитритный азот образуется в результате окисления солей аммония и является промежуточным продуктом в процессе нитрификации. Нитритный ион очень неустойчив и под воздействием морских бактерий переходит в нитратную форму — конечный продукт окисления азота в морской среде. Процессы нитрификации протекают только в аэробных условиях.

При интенсивном фотосинтезе неорганический азот может быть полностью ассимилирован. Об-

ратный переход азота из сложных органических соединений в результате регенерации происходит во всей толще морской воды. Одна из стадий (прямая регенерация) начинается непосредственно в слое фотосинтеза, другая (непрямая регенерация) обусловлена распадом органического детрита в глубинных слоях. Первый неорганический продукт органического азота — NH_4^+ — может непосредственно усваиваться растениями или в процессе нитрификации под действием бактерий окисляться до конечного продукта — нитратов. Окисление происходит в две стадии [2]:



Вследствие чрезвычайной динамичности нитритной стадии существования азота определение нитритов в морской воде играет важную роль, так как они служат индикатором окислительно-восстановительных процессов, протекающих в морях и океанах. Как промежуточный продукт окисления и (реже) восстановления нитритный азот присутствует в морской среде в весьма ограниченных количествах, редко превышающих 20 мкг/л. рядом исследователей отмечается чрезвычайная пространственно-временная изменчивость содержания нитритного азота в морской воде.

Вертикальное распределение нитритного азота довольно сложное. Наиболее характерной чертой режима нитритов в море является чередование экстремумов, обуславливающих существование двух максимумов в теплое время года. Первый — подповерхностный максимум в зоне наибольшей плотностной стратификации, который может достигать больших значений (до 28 мкг/л в высокопродуктивных районах и не превышает 1—2 мкг/л в малопродуктивных районах). С. В. Бруевич [7], О. А. Алекин [2], В. А. Иваненко [5] считают, что первый максимум располагается на горизонтах 25—100 м и появление его под слоем скачка плотности связано с накоплением отмерших планктонных организмов на границе раздела вод различной плотности и минерализации органического вещества. На этих же горизонтах наблюдается резкое понижение концентрации растворенного кислорода, который расходуется на окисление органического вещества. Нитриты, будучи соединениями нестойкими, с увеличением глубины исчезают, окисляясь в придонных слоях до конечного продукта — нитратов. Однако в отдельных районах морей и океанов, где содержание кислорода на горизонтах 150—300 м уже начинает резко уменьшаться и составляет менее 0,28 мг/л, наблюдается второй (глубинный) максимум нитритного азота с концентрациями гораздо большими (до 100 мкг/л), чем в первом подповерхностном максимуме. Некоторые авторы [5, 26, 27] считают, что существование второго максимума на данных глубинах можно объяснить процессом, в котором идет восстановление нитратов, т. е. в условиях дефицита кислорода появление второго максимума NO_2^- происходит за счет процесса денитрификации с участием денитрифицирующих бактерий. Они используют кислород нитратных ионов (NO_3^-), восстанавливая их сначала до нитритных ионов и далее — до аммиака.

Анализ кривых вертикального распределения нитритного азота (рис. 6.21) указывает на большую изменчивость его в водной толще Охотского моря. На всей исследуемой акватории в поверхностном слое содержание нитритного азота незначительно (до 1,0—1,5 мкг/л). Только в наиболее динамически активных районах (рис. 6.21 а, в — проливы Курильской гряды) они отмечаются на

мере продвижения в центральную и северную части глубина залегания максимальных концентраций нитритов увеличивается до 50 м. Возрастают также и сами концентрации (до 5—6 мкг/л). Появление подповерхностного максимума нитритного азота на горизонтах до 50 м совпадает с глубиной залегания нижней границы слоя скачка плотности морской воды. Полученные результаты не

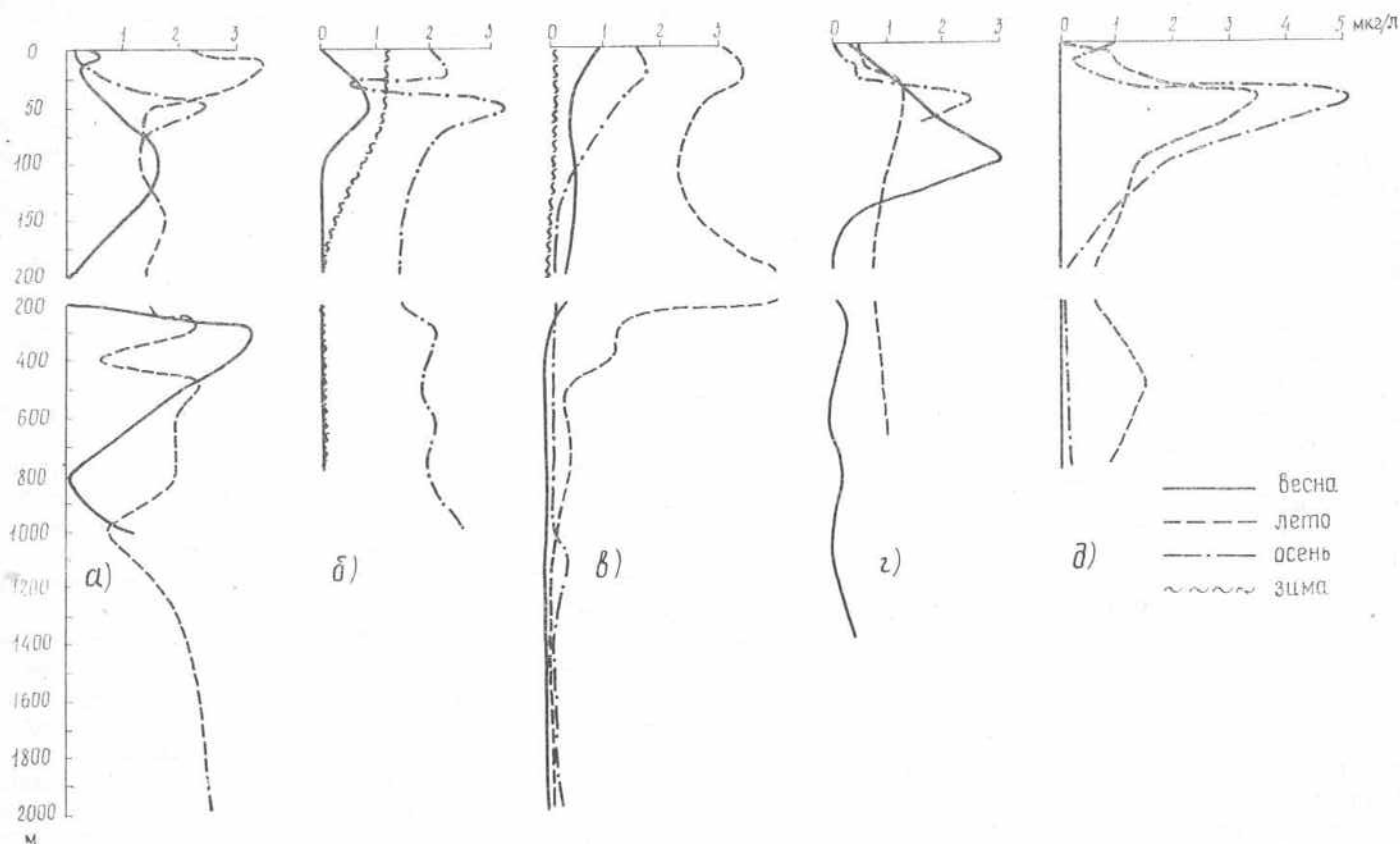


Рис. 6.21. Вертикальное распределение нитритов (мкг/л) в южной (а—в) и северной (z, д) частях моря.
а — кв. 52; б — кв. 108; в — кв. 136; z — кв. 91; д — кв. 112.

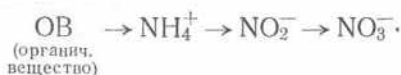
поверхности в количествах 2—4 мкг/л. Это связано с тем, что в результате интенсивного приливного вертикального обмена происходит смешение поверхностных (обедненных нитритами) вод с водами нижележащих горизонтов с повышенными концентрациями нитритов. Очевидно, малое содержание нитритов в поверхностном слое объясняется тем, что верхний квазиоднородный слой Охотского моря в теплое время года довольно хорошо насыщен кислородом и прогрет, что способствует быстрому окислению нитритов. С другой стороны, почти полное исчезновение нитритов в холодное время связано с образованием гомогенного однородного по температуре и биогенным веществам слоя и затуханием процессов развития фитопланктона. Более низкое содержание нитритов в холодное время можно объяснить тем, что в теплый период не исключается окисление аммонийного азота на поверхности под воздействием ультрафиолетовых лучей.

Далее на горизонтах максимального фотосинтеза и несколько глубже в Охотском море отмечается значительное увеличение концентрации нитритного азота (рис. 6.21). Максимальные значения NO_2 отмечаются в южной части моря (район Курильских проливов) на горизонте 10 м, а по

противоречат данным обобщающих работ [2, 5, 7, 10, 44], из которых следует, что в морях и океанах наиболее характерная черта распределения нитритного азота — появление максимума в теплое время на горизонтах 25—100 м, а в Тихом океане — на горизонте 50 м. Причем максимум зависит от ряда причин, в том числе от развития планктона, скорости распада органического вещества и скорости процессов нитрификации. Учитывая то, что Охотское море является одним из высокопродуктивных районов Мирового океана, максимальные концентрации нитритов в фотической зоне вполне объяснимы. В этом слое наиболее интенсивно протекают процессы прямой регенерации, когда под воздействием бактерий и ферментов, выделяемых живыми организмами, продукты их жизнедеятельности быстро минерализуются, переходя в неорганические формы (NH_4^+), и в дальнейшем (при избытке кислорода) окисляются в процессе нитрификации. Ранее отмечалось (гл. 3), что на этих же горизонтах располагается и подповерхностный максимум растворенного кислорода. Причем в южной части, прилегающей к островам Курильской гряды, этот процесс вследствие интенсивного вертикального перемешивания (по сравнению с открытой частью моря) начинается почти в самом верхнем слое,

а в открытых и северных районах максимум NO_2^- оказывается на тех же глубинах, где отмечаются максимальные концентрации растворенного кислорода в фотическом слое. Увеличение концентрации нитритов в северной части моря связано с повышенными концентрациями фитопланктона в шельфовой зоне [29] и отчасти с адвекцией загрязненных вод материкового стока.

На нижней границе поверхностной структурной зоны наблюдается, как правило, резкое уменьшение концентрации нитритов вплоть до полного их исчезновения. Вероятнее всего, это связано с тем, что наряду с затуханием фотосинтеза процесс нитрификации, начатый в фотической зоне, не прекращается и ниже. Так как нитритные ионы очень неустойчивы, то под воздействием бактерий (*Nitrobacter* Win) и при еще достаточном количестве кислорода в этом слое Охотского моря идет дальнейшее окисление их до нитратов. Таким образом, полученные нами результаты, а также разработки предыдущих исследователей в Охотском море [10] и в других морях и океанах [2, 5, 26] свидетельствуют о том, что в верхнем деятельном слое моря преобладают процессы деструкции азотсодержащего органического вещества и нитрификации ее продуктов. Максимум нитритов имеет окислительное происхождение, а процесс минерализации идет по обычной схеме:



В промежуточной структурной зоне общей тенденцией распределения нитритного азота является уменьшение его концентрации начиная с нижней границы поверхностного (деятельного) слоя. Этот слой распространяется до зоны кислородного дефицита, где содержание нитритов становится незначительным. Однако на акватории Охотского моря, как и в других регионах Мирового океана, на горизонтах 150—400 м отмечается более или менее отчетливо выраженный второй максимум содержания нитритов, что особенно заметно проявляется в наиболее динамически активных районах (рис. 6.21, а, в). Величина этого промежуточного максимума нитритного азота (NO_2^-) оказывается равной или несколько выше подповерхностного. По мере удаления от динамически активных районов (в соответствии со схемой движения вод в море) данный максимум проявляется в меньшей степени или совсем размыт (рис. 6.21 б, г, д).

Появление промежуточного максимума в Охотском море объяснить довольно сложно. Вероятнее всего, в районах, прилегающих к Курильским островам, и в самих проливах образование промежуточного максимума нитритного азота связано интенсивным водообменом с Тихим океаном, в котором, по данным э/с «Витязь», был обнаружен промежуточный максимум нитритов более 100 мкг/л [44]. В динамически активных районах (например, Курильские проливы) на образование промежуточного максимума оказывает свое влияние также и интенсивный вертикальный обмен, который приводит к тому, что повышенное содержание нитритов из фотической зоны передается сложным образом на нижележащие горизонты. Одним из факторов, в какой-то степени объясняющим появление макси-

мума нитритов, является резкое уменьшение в промежуточном слое содержания кислорода. Вертикальные его градиенты на акватории моря зависят от продуктивности отдельных областей исследуемого региона. Следует отметить, что роль данного фактора (по сравнению с вышеперечисленными) в формировании промежуточного максимума минимальна. Неодинаковый вклад перечисленных факторов в формирование промежуточного максимума содержания нитритов приводит к сложному распределению их на акватории Охотского моря.

В глубинных и придонных слоях моря концентрации нитритного азота падают, как правило, до аналитического нуля. Наблюдающееся увеличение значений в южной части моря (рис. 6.21 а), возможно, связано со сложной динамикой вод в этом районе.

6.8. Внутригодовая изменчивость содержания нитритов

Нитритный азот подобно фосфору и кремнию обнаруживает значительную внутригодовую изменчивость, которая отражает снижение или увеличение биологических и биохимических процессов, протекающих в морях и океанах. Интенсивность этих процессов в значительной мере зависит от динамики вод, которая подвержена сезонным изменениям.

Весной развитие фитопланктона значительно уменьшает содержание нитритов. В теплое время в зависимости от биопродуктивности конкретного региона концентрации нитритного азота могут либо увеличиваться за счет минерализации органического вещества и вертикального обмена, либо уменьшаться в процессе денитрификации или возможного перехода органического азота с детритом в иловые толщи морской воды. В открытых районах морей и океанов действует термодинамическая тенденция к превращению всех форм связанного азота в конечный продукт окисления — нитраты, поэтому в промежуточных и глубинных слоях концентрации нитритного азота практически равны аналитическому нулю. Сведений о короткопериодной изменчивости нитритов в зависимости от динамических и биохимических процессов в Охотском море нет. В некоторой степени этот процесс был затронут В. А. Коновым, который по данным э/с «Витязь» построил графики вертикального распределения нитритного азота в течение суток и сделал заключение, что суточные изменения концентрации нитритов не имеют периодического характера [44].

На подавляющей части исследуемой акватории Охотского моря в поверхностном слое в холодное время нитриты практически отсутствуют либо содержатся в незначительных количествах (0,0—1,2 мкг/л). В это время из-за недостатка света масса первичной продукции уменьшается. Образование гомогенного слоя создает условия для свободного обмена гидрохимическими характеристиками поверхностных и нижележащих слоев. К тому же довольно значительная насыщенность вод Охотского моря кислородом приводит к полному окислению нитритных ионов уже в поверхностном слое.

В весенний период развитие фитопланктона уменьшает концентрации нитритного азота на по-

верхности до очень низкого уровня (0,5—1,0 мкг/л) (рис. 6.21).

Появление нитритов в значительных количествах в теплое время года (особенно в фотической зоне — 1,5—9,5 мкг/л, рис. 6.21) объясняется двумя факторами. Во-первых, в связи с общим прогревом водных масс возрастают скорости разложения органического вещества и при избытке кислорода (летний подповерхностный максимум) интенсифи-

вые изменения нитритов могут достигать 6,0 мкг/л [9]. Процессы вертикального обмена в проливах Курильской гряды приводят к некоторому уменьшению внутригодовых изменений нитритов, поэтому их значения на поверхности здесь не превышают 1,5—2,0 мкг/л (рис. 6.22 а).

С глубиной характер распределения амплитуд на исследуемой акватории моря изменяется незначительно. Происходит увеличение амплитуд внут-

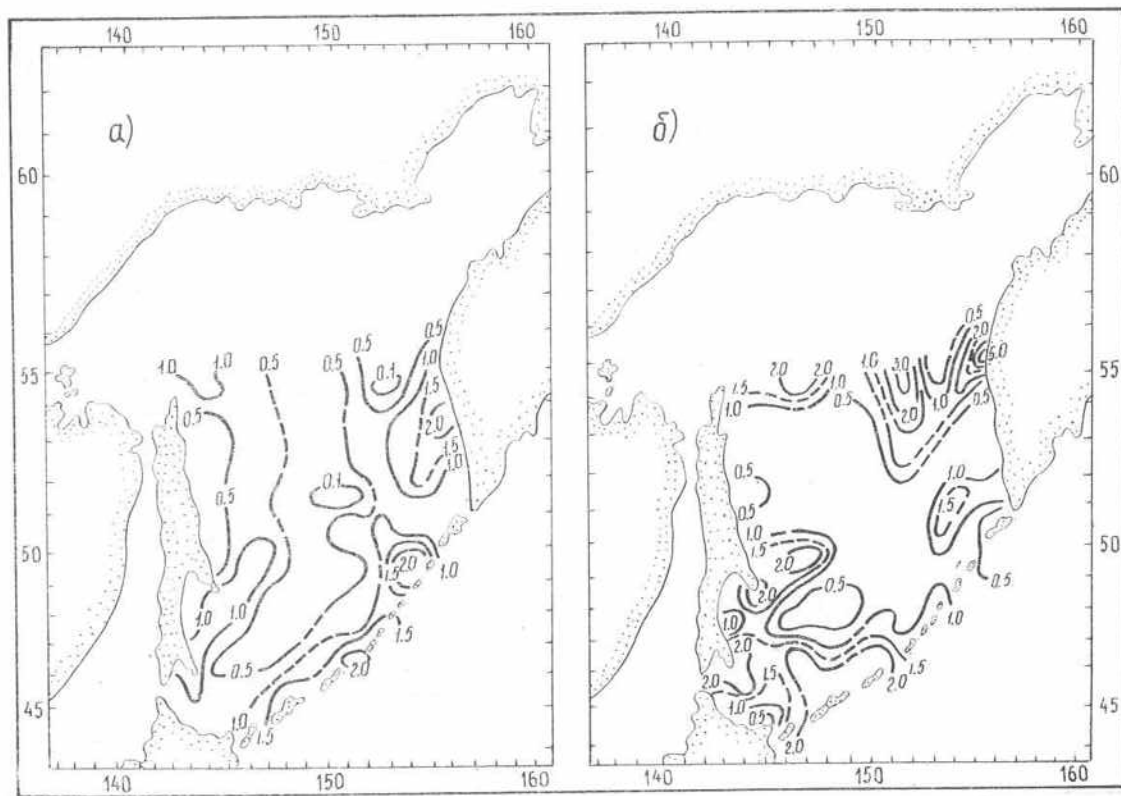


Рис. 6.22. Амплитуда $(\text{NO}_2_{\text{max}} - \text{NO}_2_{\text{min}})/2$ внутригодовой изменчивости нитритов на горизонтах 0 (а) и 50 м (б).

цируются процессы нитрификации. Во-вторых, максимальные значения нитритного азота обнаруживаются в прибрежных и шельфовых водах, что не исключает их загрязненность промышленными и бытовыми стоками. Одним из компонентов этих сбросов является значительное количество NH_4^+ .

Одной из основных величин, характеризующих внутригодовую изменчивость нитритов, является амплитуда ее внутригодовых колебаний (определение ее аналогично определению амплитуды колебаний растворенного кислорода в гл. 3). На поверхности Охотского моря значения амплитуд заключены в пределах 0,1—2,0 мкг/л. Минимальные амплитуды внутригодовых колебаний нитритов наблюдаются в центральной части моря (0,1—0,5 мкг/л, рис. 6.22 а). По мере приближения к берегам о. Сахалин и п-ова Камчатка их значения увеличиваются, что связано с внутригодовой изменчивостью биопродуктивности вод. Вблизи берегов о. Сахалин и п-ова Камчатка отмечаются максимальные концентрации биомассы фито- и зоопланктона [29].

Высокие значения амплитуд в районе проливов Курильской гряды можно объяснить адвекцией тихоокеанских вод. В подповерхностном слое Тихого океана вблизи Курильской гряды внутригодо-

риговых колебаний нитритного азота на горизонте 50 м только у северной и южной оконечности о. Сахалин (до 1,5—2,0 мкг/л). Также возрастают их значения и у западного побережья Камчатки (до 3,0—5,0 мкг/л), что связано с интенсивностью окислительных процессов в тихоокеанских трансформированных водах.

6.9. Особенности пространственно-временного распределения нитритов

Пространственно-временное распределение нитритного азота определяется биохимическими процессами, идущими при синтезе и деструкции органического вещества. В то же время наличие многослойной структуры вод в Охотском море, которая подвержена различным динамическим воздействиям (подъемы и опускания вод, зоны сильных течений и районы, характеризующиеся малой подвижностью), позволяет считать, что пространственное распределение нитритов формируется под сложным влиянием всех вышеперечисленных факторов.

В соответствии с существующими структурными зонами рассмотрим отдельно в каждом слое

пространственно-временные особенности нитритного азота.

В поверхностном слое зимой концентрации нитритов довольно однородно распределены на всей исследуемой акватории. В весенний период в связи с началом прогрева поверхностных вод и начинающимся формированием слоя с большими вертикальными градиентами плотности нарушается обмен с нижележащими слоями. Поэтому картина

Аналогичное содержание нитритного азота в зимний период отмечается и на нижележащих горизонтах до 100 м (рис. 6.23 а, 6.25 а). Такая однородность в распределении нитритов связана с формированием поверхностной структурной зоны, которая зимой представляет собой единую водную массу с гомогенным распределением гидролого-гидрохимических характеристик. К тому же окислительные процессы в это время года практически

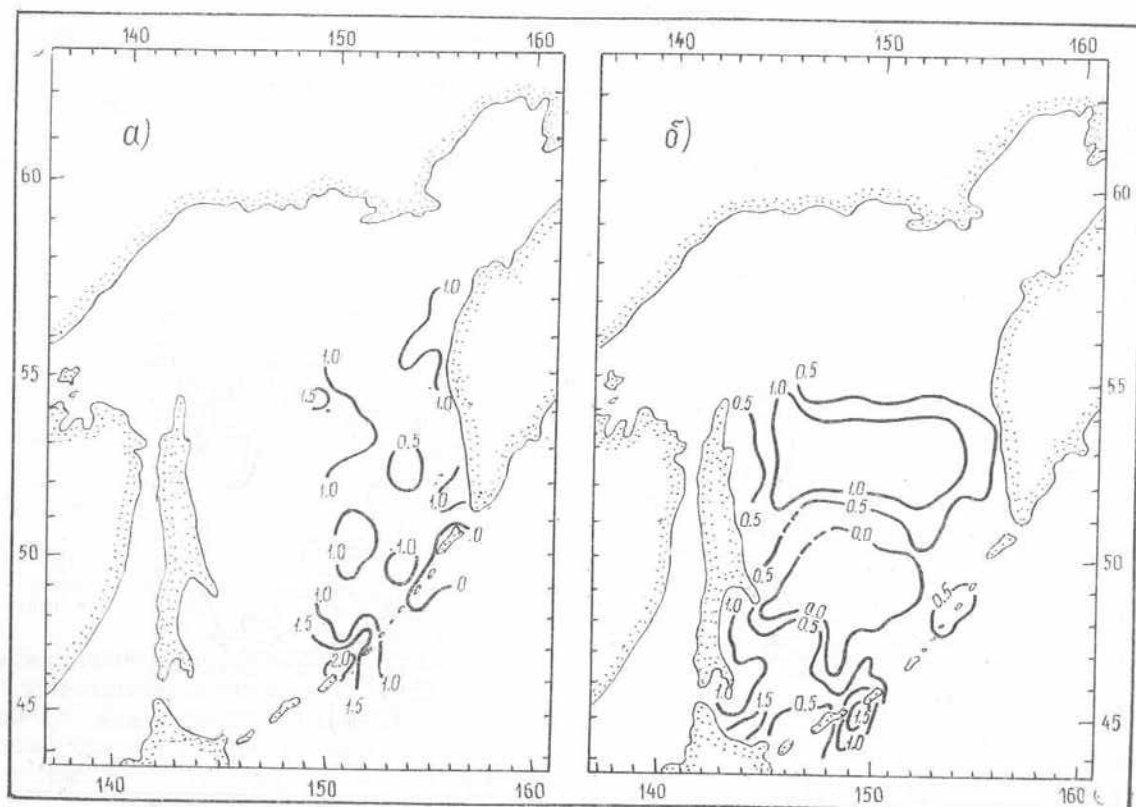


Рис. 6.23. Пространственное распределение нитритов (мкг/л) на поверхности зимой (а) и весной (б).

распределения нитритов несколько нарушается. Летом в связи с возрастанием температуры поверхностного слоя и усилением процессов разложения органического вещества происходит увеличение концентрации нитритного азота, что особенно заметно в прибрежных и шельфовых водах. С началом развития осенне-зимней конвекции и в связи с затуханием процессов фотосинтеза содержание нитритов в отдельных районах или уменьшается, или остается равным летнему. Общие черты изменчивости концентраций нитритного азота в слое 0—100 м характерны для всего моря, но конкретные значения и время достижения максимума и минимума варьируют в зависимости от районов (рис. 6.23—6.26).

Содержание нитритов в холодное время на поверхности (рис. 6.23 а) не превышает 1,0—1,5 мкг/л. Минимальные значения (0,0—0,5 мкг/л) отмечаются в проливах северных Курильских островов. Увеличение концентраций нитритов до 1,5—2,0 мкг/л в районе проливов средней части Курильской гряды можно объяснить адвекцией тихоокеанских вод, у которых в подповерхностном слое отмечается максимум значений. Повышенная интенсивность вертикального обмена в мелководных проливах приводит к образованию максимальных значений содержания нитритов на поверхности.

отсутствуют, а разложение органических остатков полностью завершилось.

Весной на характер пространственного распределения нитритов на поверхности моря накладывают свой отпечаток биохимические процессы. Отсутствие нитритов отмечается в южной части моря (рис. 6.23 б) и приурочено к району максимального относительного содержания кислорода в это время. Наряду с повышением температуры воды это в большей степени связано с жизнедеятельностью фитопланктона. Как следует из работ [7, 9], в поверхностном слое фитопланктон ассимилирует нитритный азот. Поэтому очень часто здесь наблюдается отсутствие нитритов, за исключением тонкого слоя, расположенного около скачка плотности.

К северу от этой области наблюдается обширная зона с повышенными (до 1,0—1,2 мкг/л) концентрациями нитритов, содержание которых здесь аналогично зимнему. Это, наиболее вероятно, связано с особенностями циркуляции вод. Циклоническая циркуляция, наблюдаемая здесь, приводит к подъему подповерхностных вод, содержание нитритов в которых не отличается от зимнего (рис. 6.23).

В южной части моря весной отмечается максимум содержания нитритов (до 1,0—1,7 мкг/л), что

связано с поступлением в этот район тихоокеанских вод (проникающих через Курильские проливы и переносимых течением Сойя), в которых значения на поверхности возрастают вследствие интенсивного вертикального обмена в Курильских проливах. Немаловажное значение имеет и подъем

подповерхностных вод в локальном циклоническом круговороте, образуемом течением Сойя при движении его вдоль северного побережья о. Хоккайдо.

На остальной части моря (особенно в прибрежных районах шельфа о. Сахалин и п-ова Камчатка) весной концентрации нитритов не превышают

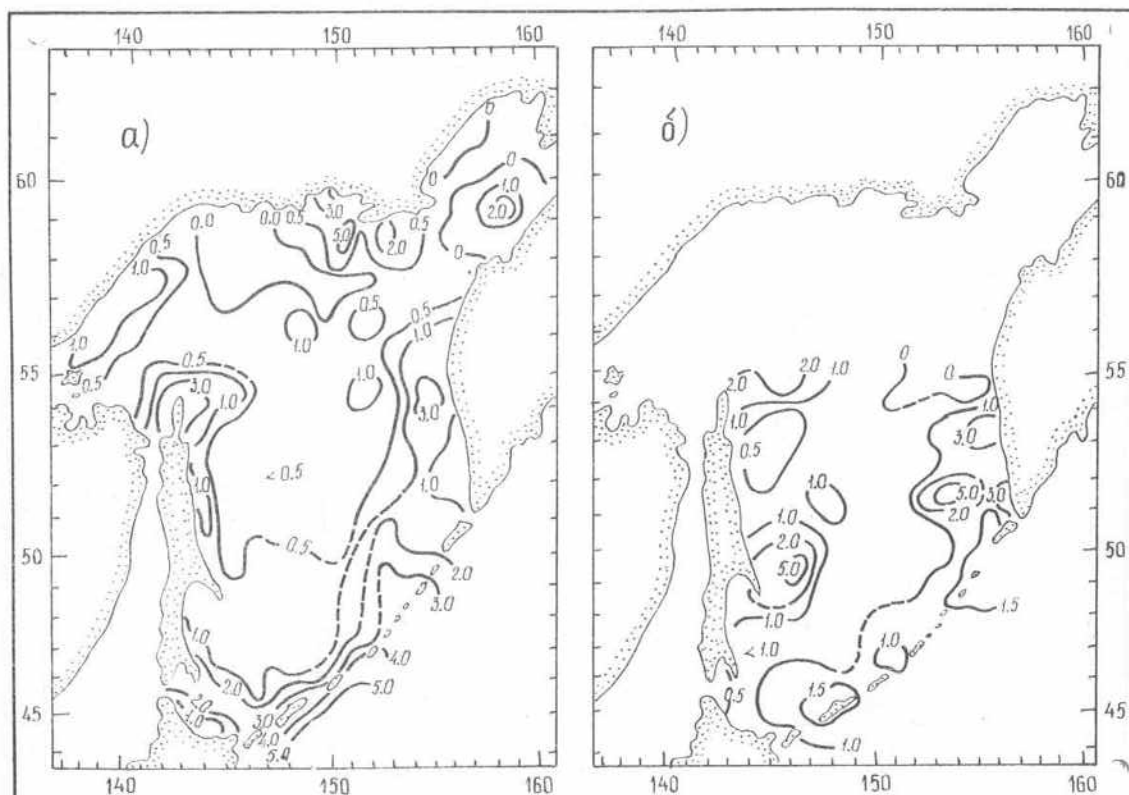


Рис. 6.24. Пространственное распределение нитритов ($\mu\text{г/л}$) на поверхности летом (а) и осенью (б).

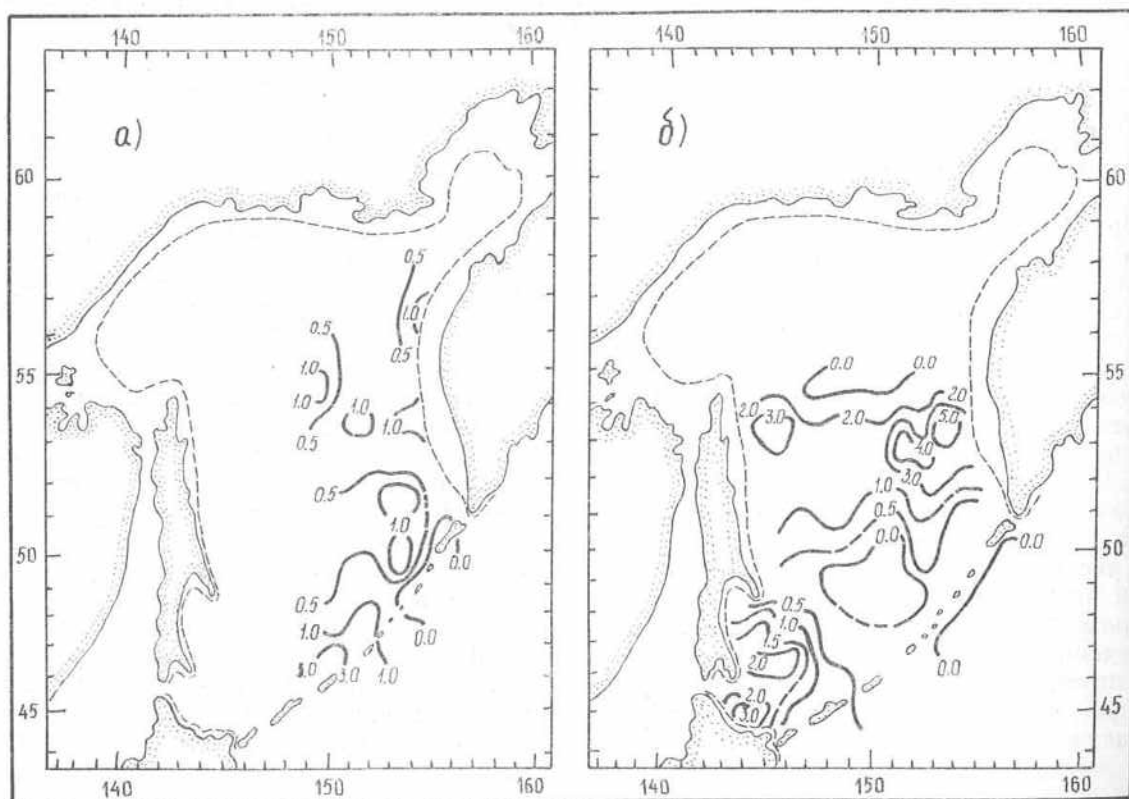


Рис. 6.25. Пространственное распределение нитритов ($\mu\text{г/л}$) на горизонте 100 м зимой (а) и весной (б).

0,5 мкг/л (рис. 6.23 б), что объясняется повышенной биопродуктивностью данных районов.

На горизонте 100 м весной нитриты отсутствуют над южной глубоководной котловиной, где вследствие антициклонической циркуляции вод, а также конвергенции трансформированных тихоокеанских и вод Восточно-Сахалинского течения происходит

роль фотосинтетической деятельности фитопланктона уменьшается и начинают преобладать процессы деструкции азотсодержащего органического вещества. Наиболее высокие концентрации нитритов приурочены к шельфовым районам моря, где в теплый период года концентрации фитопланктона максимальны [29], кроме того, наиболее вы-

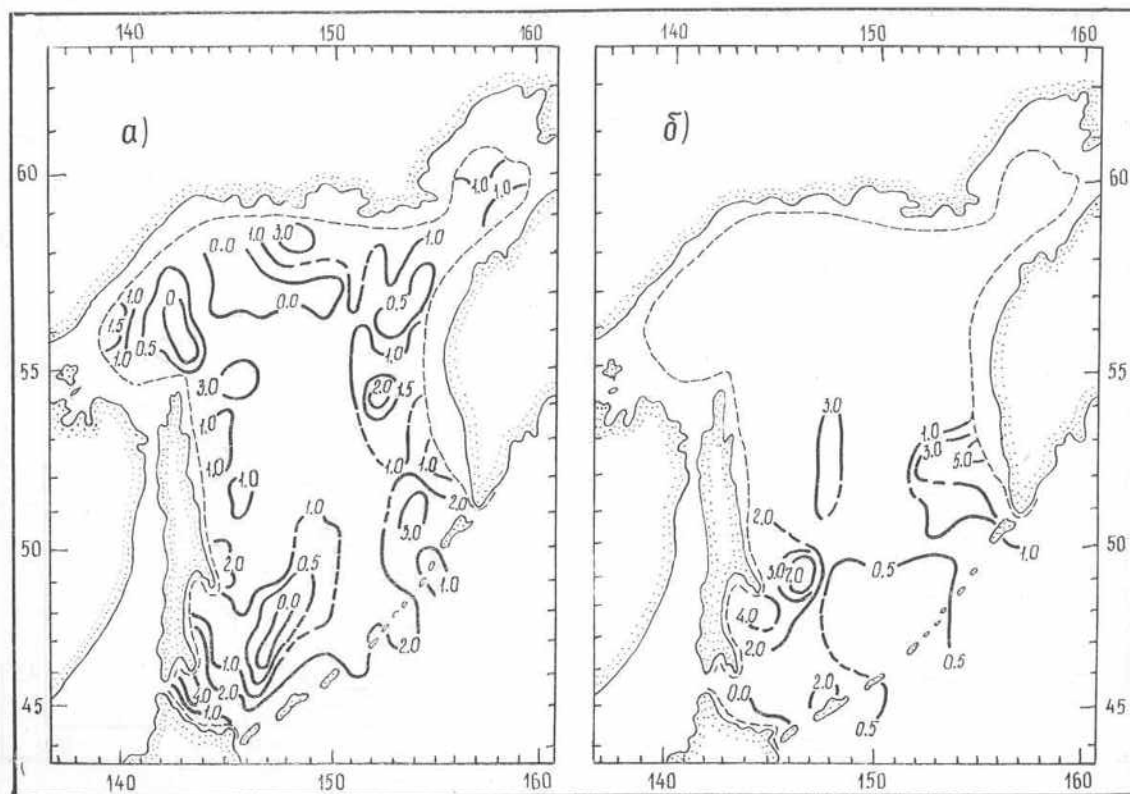


Рис. 6.26. Пространственное распределение нитритов (мкг/л) на горизонте 100 м летом (а) и осенью (б).

опускание поверхностных вод, в которых нитриты отсутствуют (рис. 6.23 б).

Низкие значения (до 0,5 мкг/л) на горизонте 100 м приурочены к районам поступления в море трансформированных в проливах тихоокеанских вод, в которых пониженные концентрации нитритов образуются за счет вертикального обмена с нижележащими водами.

В других районах моря распределение нитритов на горизонте 100 м более сложное, чем на поверхности, и зависит от динамических и биохимических процессов. Так, вблизи берегов п-ова Камчатка за счет максимальной биомассы фитопланктона [29] образуется подповерхностный максимум нитритов. Антициклоническая циркуляция вод в этом районе приводит к опусканию подповерхностных вод, богатых нитритами, на нижележащие горизонты (рис. 6.25 б).

В южной части моря, где имеет место конвергенция трансформированных тихоокеанских вод с водами течений Соёя и Восточно-Сахалинского, происходит опускание подповерхностных обогащенных нитритами вод, что и приводит также к увеличению содержания нитритов и их сложному распределению на горизонте 100 м (рис. 6.25 б).

Летом на поверхности моря (рис. 6.23 б, 6.24 а) повсеместно отмечается увеличение содержания нитритов. Вероятнее всего, это связано с тем, что

сок выброс загрязняющих веществ с материковым стоком. Особенно это заметно вблизи северной оконечности о. Сахалин, а также в Тауйской губе и в прилегающих к ней районах моря (рис. 6.24 а).

Существует другая причина повышенного содержания нитритов у берегов островов Курильской гряды. Поступление в море тихоокеанских вод, имеющих подповерхностный максимум нитритов [44], и интенсивный вертикальный обмен в проливах приводят к появлению повышенных значений на поверхности в этом районе (рис. 6.24 а).

Довольно отчетливо сказывается влияние циркуляции вод на содержание нитритов в поверхностных слоях зал. Шелихова. Здесь циклоническое движение вод приводит к повышению концентраций нитритов в центре этого круговорота. Аналогичная, но менее яркая картина распределения нитритов наблюдается и к северу от Шантарских островов (рис. 6.24 а).

На горизонте 100 м (рис. 6.26 а) особенности распределения нитритов в летнее время полностью соответствуют поверхностному и являются следствием биохимических и динамических процессов в море, отмеченных выше при анализе карт распределения нитритов на поверхности исследуемой акватории.

Осенью на поверхности моря (рис. 6.24 б) пространственное распределение нитритов не отлича-

ется от летнего (рис. 6.24 а). Минимум значений также наблюдается в центральной части моря, а наиболее высокие значения приурочены к шельфовым зонам. Уменьшение содержания отмечается только в районе проливов Курильской гряды, что может свидетельствовать о снижении окислитель-

ных биохимических процессов в деятельном слое тихоокеанских вод.

На горизонте 100 м осенью характер распределения нитритов в центральной части моря не отличается от поверхностного (рис. 6.24 б, 6.26 б). Образование локальных областей с повышенным со-

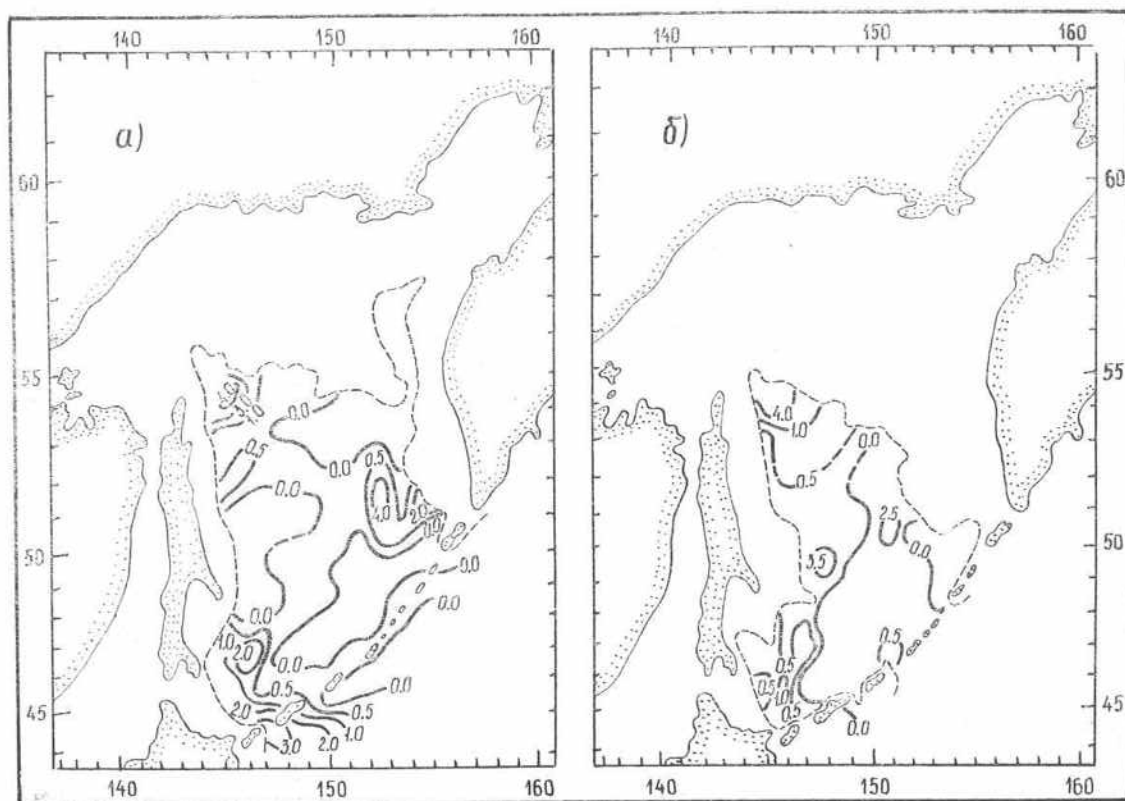


Рис. 6.27. Пространственное распределение нитритов (мкг/л) на горизонтах 500 (а) и 1000 м (б).

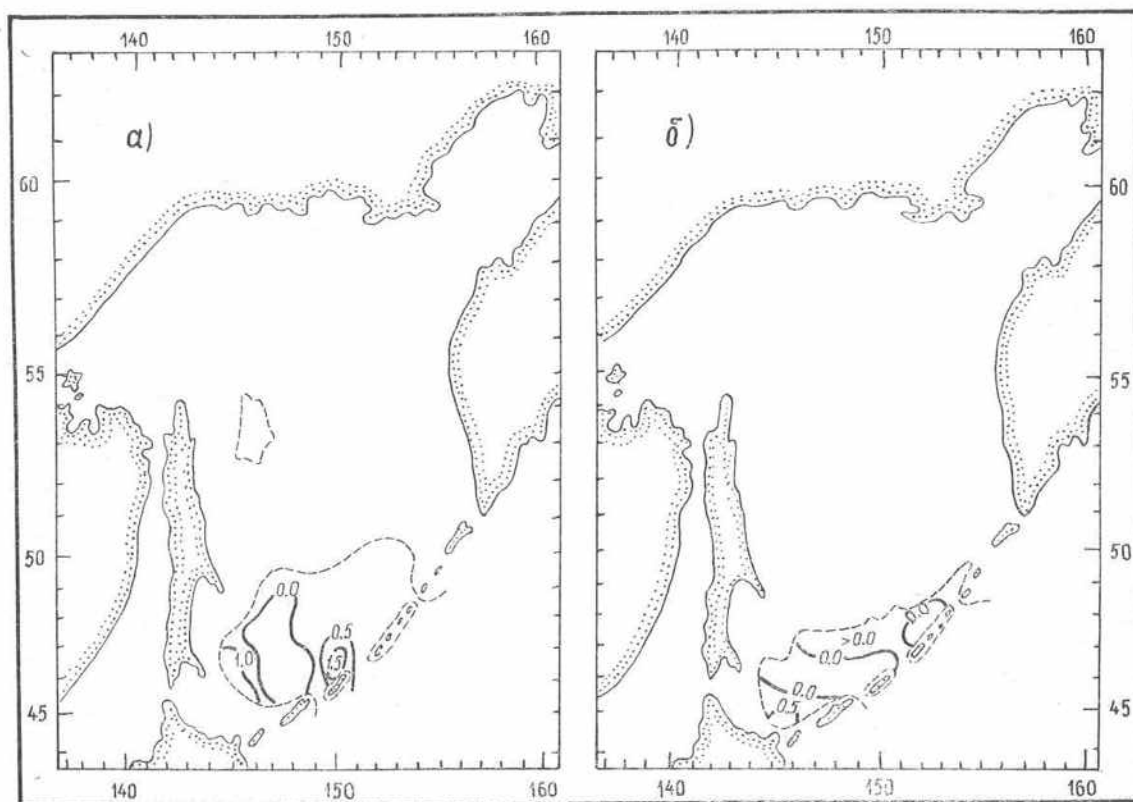


Рис. 6.28. Пространственное распределение нитритов (мкг/л) на горизонтах 1500 (а) и 2000 м (б).

держанием нитритов к востоку от м. Терпения и у южной оконечности п-ова Камчатка связано с динамическими причинами. В первом из них — это конвергенция потоков Восточно-Сахалинского течения и западной периферии антициклонической циркуляции вод над южной глубоководной котловиной, а во втором — опускание поверхностных и подповерхностных вод с высоким содержанием нитритов в антициклоническом круговороте.

Небольшие значения (0,4—0,7 мкг/л) осенью в районе Курильской гряды и над большей частью южной глубоководной котловины на горизонте 100 м (рис. 6.26 б) связаны, вероятно, с более низкой (по сравнению с Охотским морем) продуктивностью тихоокеанских вод. Поэтому вертикальное перемешивание поверхностных и нижележащих слоев тихоокеанских вод в проливах приводит здесь к уменьшению содержания нитритов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе дан анализ гидрохимического режима Охотского моря на основе всех гидролого-гидрохимических исследований.

В результате исследования подтверждается сходство основного солевого состава (ОСС) вод Охотского моря с соевым составом вод Тихого океана.

Соотношение между концентрацией отдельных элементов ОСС и их общей суммой практически подтверждает постоянство солевого состава в различных районах моря на поверхности и по всей водной толще.

Общей закономерностью вертикального распределения почти всех элементов ОСС является увеличение их с глубиной.

Наиболее характерными показателями гидрохимических процессов, происходящих в море, оказываются кислород, водородный показатель, щелочность и биогенные вещества.

Все имеющиеся к настоящему времени материалы гидрохимических наблюдений, их распределение в пространстве и во времени (отражающее весь спектр происходящих явлений), а также особенности гидрометеорологического режима показывают, что толщу вод Охотского моря можно разбить на несколько слоев в зависимости от интенсивности происходящих в них термодинамических, химических и биохимических процессов.

Деятельный слой моря, в котором проявляются сезонные изменения гидрохимических параметров, характеризуется наибольшей активностью происходящих процессов. До придонных горизонтов этот слой распространяется только на периферийных участках шельфа исследуемой акватории. По мере продвижения в открытые районы моря его нижняя граница заглубляется до 150 м, а в районе Курильских проливов, где происходит интенсивный обмен характеристиками, нижняя граница деятельного слоя располагается на горизонтах 200—250 м.

Поверхностная зона наиболее насыщена кислородом. В теплый период года здесь отмечается интенсивное развитие фитопланктона, приводящее к перенасыщению вод моря кислородом. Весной и летом на преобладающей части исследуемой аква-

В промежуточных водах (рис. 6.27) концентрации нитритов остаются достаточно высокими. Однако на преобладающей части исследуемой акватории происходит уменьшение значений с ростом глубины. Между тем особенности пространственного распределения нитратов аналогичны поверхностному слою. Наиболее вероятной причиной этого является высокая биологическая продуктивность (особенно в шельфовых районах) Охотского моря. Накладывает свой отпечаток и увеличение в этом слое температуры воды с глубиной. Поэтому окислительные процессы здесь сохраняют повышенную активность.

В глубинных и придонных водах исследуемой акватории (рис. 6.28) содержание нитритов резко уменьшается. На большей части моря на горизонте 1500 м оно не превышает 0,5—1,0 мкг/л, а на 2000 м — не выше 0,5 мкг/л.

Второй образуется подповерхностный максимум кислорода (до 14,5 мг/л). В динамически активных районах моря (Курильские проливы, район Шантарских островов, вход в зал. Шелихова) подповерхностный максимум кислорода лишь слабо проявляется только в летнее время либо совсем не выражен. Горизонт кислородной компенсации отмечается на глубинах 30—70 м с минимальным заглублением на периферии моря.

В поверхностном слое выделяются наибольшие значения водородного показателя (до 8,1—8,4) и минимальные значения щелочности. Содержание нитритов здесь не превышает 1,0—1,5 мкг/л, и только в динамически активных районах моря оно возрастает до 2—4 мкг/л.

Вертикальное распределение кремниевой кислоты и фосфатов в деятельном слое оказывается во многом сходным. Концентрация неорганического фосфора изменяется в нем от 50—70 мкг/л на поверхности до 60—90 мкг/л на нижней границе этого слоя. В весенний период вследствие активного фотосинтеза уровень концентрации фосфатов в поверхностном слое не превышает 50 % зимнего содержания. Весной в Охотском море формируется два подповерхностных слоя: подповерхностного максимума и подповерхностного минимума фосфатов. Глубина подповерхностного минимума совпадает с расположением максимального содержания кислорода.

Максимальное содержание кремния в поверхностном слое отмечается зимой. Концентрация его составляет 1000—1500 мкг/л на верхней границе и 1200—1700 мкг/л на нижней границе деятельного слоя. Летом содержание кремниевой кислоты в этом слое уменьшается до 500 мкг/л, а в отдельных случаях близко к аналитическому нулю. В весенне-летнее время на горизонтах подповерхностного максимума кислорода формируется подповерхностный слой минимальных значений кремния.

В промежуточном слое сезонные изменения гидрохимических параметров практически не прослеживаются. Однако в вертикальном распределении конкретных элементов наблюдаются свои особенности. Нижней границей данной структурной зоны

для рН, щелочности и нитритов является слой минимума кислорода, глубина залегания которого изменяется на акватории моря от 800—1000 до 1200—1500 м. Несколько глубже (до 1500—2500 м) она располагается для кремния и фосфора. В этом же слое происходит постепенное понижение содержания растворенного кислорода.

Слой минимума кислорода в Охотском море выражен достаточно отчетливо. Содержание кислорода здесь уменьшается до 1,1—1,8 мг/л (степень насыщения 12—18 %). Мощность слоя минимального содержания растворенного кислорода составляет 200—500 м. Максимально заглублен этот слой вблизи островов Курильской гряды (до 1200—1500 м), а по мере продвижения в северную часть моря он постепенно выклинивается на горизонты 800—1000 м. В слое кислородного минимума отмечаются минимальные значения рН (до 7,5—7,8) и максимальные значения щелочности (2,50—2,70 ммоль/л).

Распределение концентраций нитритного азота в промежуточной зоне имеет тенденцию к уменьшению. В слое кислородного дефицита содержание нитритов становится незначительным.

В промежуточном слое повсеместно происходит увеличение концентрации кремния и фосфатов. В верхней части этой зоны градиенты наиболее велики и составляют для кремния 5 мкг/л на метр, а для фосфатов нередко достигают 0,5 мкг/л на метр. На нижней границе промежуточного слоя образуется основной глубинный максимум кремния (до 4000—6000 мкг/л). Содержание фосфатов здесь достигает 80—140 мкг/л.

Ниже слоя минимума кислорода располагается глубинная структурная зона, отличительной чертой которой является постепенное возрастание содержания кислорода до 2,5—3,0 мг/л и степени насыщения до 22—27 %. Концентрации нитритного азота, как правило, здесь падают до аналитического нуля.

Содержание кремниевой кислоты в глубинной структурной зоне повсеместно уменьшается, а концентрации фосфатов и значения рН и щелочности с глубиной изменяются мало либо незначительно возрастают.

К настоящему времени крайне недостаточно сведений о короткопериодной изменчивости гидрохимических параметров Охотского моря. Однако можно отметить, что на акватории Охотского моря размах суточных колебаний содержания растворенного кислорода составляет от 0,3—0,6 до 1,4—2,4 мг/л, а в отдельных случаях достигает 4,3—5,7 мг/л. Периоды колебаний близки к приливному.

Имеющиеся единичные данные суточных наблюдений показывают, что наибольшие колебания рН (до 0,6) отмечаются в поверхностном слое 0—50 м.

На основе анализа сезонных значений растворенного кислорода можно вывести ряд закономерностей. Так, максимум концентраций кислорода в поверхностном слое выделяется в вегетационный период.

На поверхности Охотского моря размах внутригодовых изменений содержания растворенного кислорода достигает 1,0—1,4 мг/л и приурочен к северной и западной частям моря. По мере приближения к динамически активным районам моря (Курильские проливы, вход в зал. Шелихова, район

Шантарских островов) внутригодовые изменения уменьшаются.

Значения рН весной и летом в поверхностном слое на 0,3—0,5 больше, чем зимой. Весной и летом в подповерхностном слое (около 10 м) появляется максимум рН, превышающий значения рН на поверхности моря на 0,1—0,2.

Внутригодовая изменчивость содержания нитритов на поверхности моря составляет 0,2—4,0 мкг/л. Минимальные амплитуды наблюдаются в центральной части моря (0,2—1,0 мкг/л).

Наиболее существенные сезонные изменения щелочности происходят в поверхностном слое моря (до 0,10—0,20 ммоль/л). Области с наибольшей внутригодовой изменчивостью расположены у северо-западного и северного побережий о. Сахалин, в прибрежных водах около Охотска и в зал. Терпения. В водах, омывающих острова Курильской гряды, отмечается минимальная изменчивость (до 0,10 ммоль/л).

С ростом глубин внутригодовая изменчивость щелочности уменьшается и на горизонте 50 м составляет не более 50 % аналогичных значений на поверхности.

Внутригодовые изменения содержания кремния на поверхности Охотского моря не превышают 200 мкг/л. В открытой части моря они достигают 1000 мкг/л, причем наиболее высокие значения наблюдаются в водах Камчатского течения. Максимальные значения амплитуд на горизонте 50 м выделены в северо-западной части Охотского моря, а минимальные — в юго-восточной.

Внутригодовая изменчивость фосфатов наиболее значительна в верхнем 150—200-метровом слое, а с увеличением глубины амплитуды внутригодовых колебаний уменьшаются.

Проведенный в настоящей работе анализ гидрохимического состояния вод Охотского моря показал, что в деятельном слое пространственные особенности распределения отдельных элементов в основном зависят от комплекса гидрометеорологических и динамических факторов, а также химических и биохимических процессов. Большое воздействие оказывает и адвекция речных и тихоокеанских вод с дальнейшим их перераспределением по исследуемой акватории.

В промежуточных и глубинных водах моря, где нет влияния процессов, происходящих на границе раздела вода — воздух, на пространственные особенности распределения конкретных параметров доминирующее влияние оказывают адвекция тихоокеанских вод и динамические особенности короткопериодных колебаний и квазистационарных крупномасштабных перемещений вод Охотского моря.

Проведенные исследования позволяют наметить наиболее важные цели дальнейших работ по изучению гидрохимического режима вод Охотского моря.

Для более детального изучения короткопериодной изменчивости и выявления причинно-следственных связей необходимо проводить комплексные целенаправленные наблюдения, которые должны включать также определения спектров колебаний уровня моря, течений и метеорологических характеристик в точках наблюдений. Дискретность регистрации всех параметров должна быть достаточной для выделения основных особенностей, связанных с метеорологическими возмущениями и из-

менчивостью гидрологического и динамического состояния вод моря.

Необходимо также провести серьезные дополнительные исследования (особенно в зимнее время года) для получения более корректных данных

внутригодовой изменчивости гидрохимических параметров Охотского моря. Анализ аномальных явлений гидрохимического состояния вод следует проводить с учетом влияния как естественных, так и антропогенных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К ЧАСТИ I

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеониздат, 1970. — 444 с.
2. Алекин О. А., Ляхин Ю. И. Химия океана. — Л.: Гидрометеониздат, 1984. — 343 с.
3. Белкин И. М. Контроль редактирования океанографических данных (основные принципы)//Тр. ВНИИГМИ — МЦД. — 1984. — Вып. 113. — С. 108—113.
4. Богоявленский А. Н. Химическая характеристика вод района Курило-Камчатской впадины//Тр. ИОАН. — 1955. — Т. 12. — С. 161—175.
5. Бордовский О. К., Иваненко В. Н. Химия океана. Т. 1: Химия вод океана. — М.: Наука, 1979. — 520 с.
6. Бруевич С. В. Методика химической океанографии. — М.: Гидрометеониздат, 1933. — 14 с.
7. Бруевич С. В. Нитриты и нитрификация//Тр. ИОАН. — 1954. — Т. 8. — С. 10—12.
8. Бруевич С. В. Химические исследования ИОАН СССР на дальневосточных морях и прилегающей части Тихого океана//Тр. ИОАН. — 1956. — Т. 17. — С. 125—198.
9. Бруевич С. В. Химия Тихого океана. — М.: Наука, 1966. — 358 с.
10. Бруевич С. В., Богоявленский А. Н., Мокшеская В. В. Гидрохимическая характеристика Охотского моря//Тр. ИОАН. — 1960. — Т. 42. — С. 18—40, 125—198.
11. Булгаков Н. П. Конвекция в океане. — М.: Наука, 1975. — 272 с.
12. Валяшко М. Г. О постоянстве состава воды Мирового океана//Вестник МГУ. Сер. Геология. — 1963. — № 1. — С. 15.
13. Виноградов А. П. Введение в геохимию океанов. — М.: Наука, 1967. — 214 с.
14. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. Т. 1/Пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — С. 147—156.
15. Губенко Н. Д., Ципис Я. Л. К вопросу формирования базы данных информационно-вычислительной системы КОМПАС//Тр. ВНИИГМИ — МЦД. — 1984. — Вып. 113. — С. 54—67.
16. Гусарова А. Н., Иваненков В. Н. Изученность гидрохимических факторов и общие принципы систематизации и обработки материалов//Тихий океан. Т. 3. — М., 1966. — С. 18—56.
17. Дерюгин К. М. Тихоокеанская экспедиция Государственного гидрологического института//Исследования морей СССР. — 1933. — Вып. 19. — С. 5—36.
18. Добровольский А. Д., Владимирцев Ю. Д. Конвективное перемешивание в морях СССР//Вестник МГУ. Сер. География. — 1973. — Вып. 5. — С. 13—19.
19. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. Охотское море. — М.: МГУ, 1982. — С. 157—173, 192.
20. Жуков Л. А. Общая океанология. — Л.: Гидрометеониздат, 1976. — 376 с.
21. Иваненков В. Н. Карбонатная система//Тихий океан. Т. 3. — М., 1966. — С. 57—81.
22. Каплин П. А., Леонтьев О. К. Происхождение и геологическая история Мирового океана//Физическая география Мирового океана. — Л., 1980. — С. 52—89.
23. Киселев И. А. Фитопланктон дальневосточных морей как показатель некоторых особенностей их гидрологического режима//Тр. ГОИН. — 1947. — Вып. 1(13). — С. 189—212.
24. Китайгородский С. А., Миропольский Ю. С. К теории деятельного слоя открытого океана//Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. — 1970. — Т. 6, № 2. — С. 178—188.
25. Ленц Э. Х. Избранные труды. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. — 324 с.
26. Лукашев Ю. Ф. Глубинный максимум нитритов и денитрификация в водах Аравийского моря//Океанология. — 1980. — Т. 20, вып. 2. — С. 252—256.
27. Лукашев Ю. Ф. Динамика окисленных форм азота в промежуточном слое вод Аравийского моря//Химические процессы в океане. — М., 1985. — С. 28—30.
28. Макаров С. О. «Витязь» и Тихий океан. — СПб, 1894. — 337 с.
29. Маркина Н. П., Чернявский В. И. Новые данные о количественном распределении планктона и бентоса в Охотском море//Изв. ТИНРО. — 1984. — Т. 109. — С. 94—99.
30. Мокшеская В. В. О распределении форм фосфора в водах дальневосточных морей//Тр. ИОАН. — 1958. — Т. 62. — С. 16—25.
31. Морозкин К. В. Водные массы Охотского моря. — М.: Наука, 1966. — 68 с.
32. Перескоков А. И. Исключение грубых ошибок при статистической обработке глубоководных гидрологических данных//Тр. ВНИИГМИ — МЦД. — 1984. — Вып. 101. — С. 106—113.
33. Плахин Е. А. Формирование характеристик глубинных вод Средиземного моря в условиях развития конвективного перемешивания//Океанология. — 1971. — Т. 2, вып. 4. — С. 623—628.
34. Раймонт Дж. Планктон и продуктивность океана/Пер. с англ. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 567 с.
35. Ратманов Г. Е. К гидрологии Берингова и Чукотского морей СССР//Исследования морей СССР. — 1937. — Вып. 25. — С. 10—119.
36. Ратманов Г. Е. и др. Распределение гидрохимических элементов в северо-западной части Берингова моря и в Чукотском море//Исследования морей СССР. — 1937. — Вып. 25. — С. 137—174.
37. Руководство по методам химического анализа морских вод/Под ред. С. Г. Орадовского. — Л.: Гидрометеониздат, 1977. — 102 с.
38. Руководство по морским гидрохимическим исследованиям/Под ред. А. К. Блинова. — М.: Гидрометеониздат, 1959. — С. 106, 151, 169, 180.
39. Сапожников В. В. Формирование основного солевого состава морской воды и ее физико-химические свойства//Тихий океан. — М., 1982. — С. 172—240.
40. Сметанин Д. А. Гидрохимия Курило-Камчатской впадины//Тр. ИОАН. — 1959. — Т. 32. — С. 43—46.
41. Смирнов А. И. О глубине деятельного слоя Северной Атлантики//Тр. ЛГМИ. — 1967. — Вып. 24. — С. 99—103.
42. Супранович Т. И., Моторкина Т. С. Гидрологические условия шельфовой зоны морей СССР. Гидрохимия Охотского моря//Тр. ДВНИГМИ. — 1981. — Т. 9, вып. 33. — 172 с.
43. Ушаков П. В. Значение проливов Курильской гряды для кислородного режима Охотского моря//Тр. ГОИН. — 1947. — Вып. 1(13). — С. 175—188.
44. Химия Тихого океана//Тихий океан. Т. 3. — М., 1966. — С. 176—178.
45. Хори Р. Морская химия/Пер. с англ. — М.: Мир, 1972. — С. 154—156, 211—216.
46. Черняховская Е. Н., Пастухова Н. М. Гидрохимия Балтийского моря. — Л.: Гидрометеониздат, 1965. — С. 106—108.
47. Шишкина Л. А. Гидрохимия. — Л.: Гидрометеониздат, 1974. — С. 144, 175, 184.
48. Шунтов В. П. Биологические ресурсы Охотского моря. — М.: Агропромиздат, 1985. — 224 с.
49. Яричин В. Г., Моторкина Т. С. Основные этапы исследований и обеспеченность Охотского моря данными гидрохимических определений//Тр. ДВНИИ. — 1987. — Вып. 36. — С. 36—41.
50. Matukawa H. Investigation of the current, organisms and fishing places of the Okhotsk and Japan Sea off Kingwa-san — Gyogyo Kihon — chosa Hokoku. — 1918. — Т. 6. — Р. 54—129.

ЧАСТЬ II

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

ВВЕДЕНИЕ

Охотское море — высокопродуктивный водоем, имеющий исключительно большое промысловое значение. В 80-х годах средний вылов промысловых объектов здесь находился на уровне 2,4—2,6 млн т. Уловы последних лет в Охотском море соответствуют съему рыбопродукции в объеме 1,4—1,5 т/км². В то же время в некоторых районах моря интенсивность процесса значительно выше. На западно-камчатском шельфе, например, съем рыбопродукции достигал 22 т/км². Эти цифры при сохранении высокой численности массовых промысловых объектов свидетельствуют об уникально большой био- и рыбопродуктивности охотоморских вод.

Основу промысла в 50 и 60-е годы составляли: сельдь, камбалы, лососи, крабы и др. Со второй половины 60-х годов динамику общего вылова и съема рыбопродукции на единицу площади стал определять минтай. В 80-е годы на долю этого вида приходилось до 75 % общего вылова в Охот-

ском море. Возникшие вопросы о возможности дальнейшего увеличения промыслового пресса, сохранения современного уровня вылова при снижении численности минтая, влиянии минтая на другие виды сообществ моря стимулировали исследования по определению биомасс и продуктивности основных элементов экосистемы моря.

В работе представлен биологический баланс моря, описывается современное состояние био- и рыбопродуктивности экосистемы Охотского моря и элементов ее функционирования. Приводятся данные о таких представителях ихтиофауны, как минтай, сельдь, лососи, палтус, камбалы, мойва, лемонема, макрурусы, песчанка, рогатковые. Кроме того, представлены результаты исследований по макрофитам и сведения по крабам. Освещены следующие вопросы: история исследования, биология объекта, промысел и состояние запасов, методы прогнозирования запасов и уловов, взаимоотношение с окружающей средой.

7. БИОЛОГИЧЕСКИЙ БАЛАНС, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИО- И РЫБОПРОДУКТИВНОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ ОХОТСКОГО МОРЯ И ЭЛЕМЕНТЫ ЕЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

В течение весьма длительного периода практического использования биоресурсов Охотского моря объем промысла и состав уловов не оставались постоянными. В первые десятилетия текущего столетия интенсивность промысла большинства объектов в Охотском море была невысокой. Основу уловов составляли лососи, а из чисто морских объектов в сравнительно больших количествах добывались только сельдь и камчатский краб. Такая ситуация сохранялась до середины 50-х годов, т. е. до начала индустриализации рыболовства, после чего промысловое использование биоресурсов увеличилось, в том числе за счет вовлечения в промысловую сферу других объектов. К началу 60-х годов вылов всех объектов промысла в Охотском море достиг почти 1 млн т, после чего он начал увеличиваться более быстрыми темпами. В середине 60-х годов он составил около 1,5 млн т, а в 1975 г. — 2,7 млн т. В начале 60-х годов основу уловов составляли: камбалы, сельдь, крабы, лососи. В это время началось и расширение промысла минтая. Во второй половине 60-х годов уменьшились уловы лососей, камбал и некоторых других объектов, но заметно возрос вылов сельди и особенно минтая (рис. 7.1). К концу 70-х годов в связи с ограничением промысла, вызванным введением 200-мильных экономических зон и снижением запасов некоторых промысловых объектов, вылов резко упал до 1,3—1,5 млн т. К середине 80-х годов вы-

лов вновь возрос (рис. 7.1) и в последние годы стабилизировался на уровне 2,4—2,6 млн т (в пределах зоны СССР — 1,8—2,0 млн т). Рост уловов был связан с увеличением запасов рыб, явившимся результатом регулирования рыболовства и благоприятными условиями воспроизводства ряда промысловых объектов, в первую очередь минтая [292].

Уловы последних лет в Охотском море соответствуют съему рыбопродукции в объеме 1,4—1,5 т/км² (в пределах зоны СССР — 1,2—1,3 т/км²) [294]. Эти цифры говорят о весьма значительной интенсивности промысла, если иметь в виду море в целом. К примеру, съем рыбопродукции в неритических водах северо-западной Атлантики составляет 0,675 т/км², северо-восточной Атлантики — 1,1 т/км², северо-западной части Тихого океана — 1,58—1,9 т/км², северо-восточной части Тихого океана — 0,56 т/км². На более ограниченных по площади участках неритических вод съем рыбопродукции более высокий, в частности в юго-восточной части Тихого океана — 5,5 т/км², у западного побережья Гренландии и в районе зал. Мэн в Северной Атлантике — 3,46—5,35 т/км² [156].

В отдельных районах Охотского моря интенсивность промысла значительно выше. На западно-камчатском шельфе, например, в 70—80-е годы съем рыбопродукции составлял в разные годы от 8 до 22 т/км² [292]. Эти цифры при сохранении в условиях промысла высокой численности массо-

вых промысловых объектов подтверждают известные выводы об уникально большой био- и рыбопродуктивности охотоморских вод.

Как отмечено выше, в 50-е — первой половине 60-х годов основу вылова составляли сельдь, камбалы, лососи, крабы, кальмары и др. Минтай в этот период не выделялся среди других объектов. Со второй половины 60-х годов динамику общего вы-

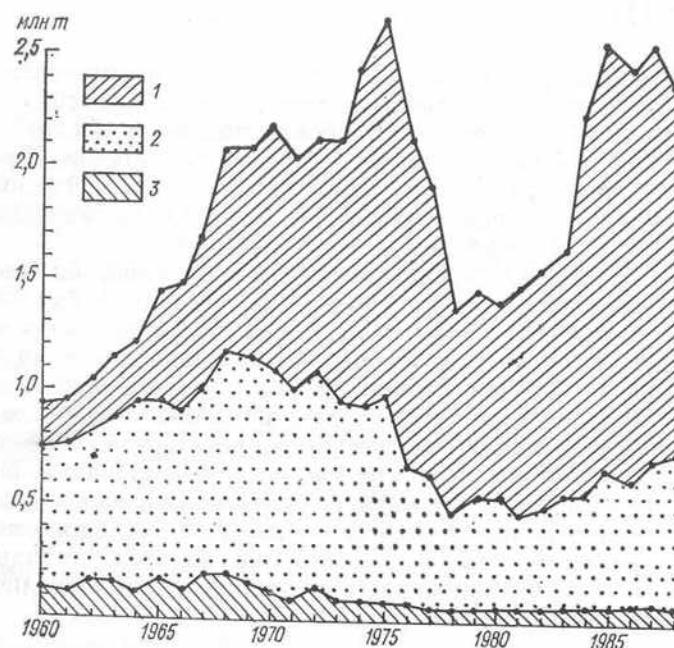


Рис. 7.1. Динамика вылова рыбы и нерыбных объектов (млн т) в Охотском море.
1 — минтай; 2 — прочие рыбы; 3 — нерыбные объекты.

лова и съема рыбопродукции на единицу площади стал определять минтай (рис. 7.1). Именно с увеличением вылова минтая было связано достижение максимального съема рыбопродукции в Охотском море в 70—80-х годах. В 80-е годы на долю этого вида приходилось 63—75 % (в зоне СССР — 74—

83 %) общего вылова в Охотском море. В конце 60-х — первой половине 70-х годов в связи с высоким уровнем численности охотской популяции сельди общий вылов других объектов был значительным. После снижения численности сельди он понизился, но в последние годы сохраняется примерно на уровне 1960 г. (рис. 7.1).

В связи с описанными изменениями в объеме и составе уловов возникают вопросы о возможности дальнейшего увеличения промысловой пресса, сохранения современного уровня вылова при снижении численности минтая, влияния минтая на другие виды сообществ моря, а также о связи роста численности минтая со снижением запасов ряда рыб и нерыбных объектов в 60-е годы. Эти вопросы стимулировали исследования по определению биомасс и продуктивности основных элементов экосистемы моря.

В связи с ограниченностью информации, иногда ее полного отсутствия, особенно по низшим трофическим уровням, при расчетах неизбежными оказались большие допущения, при этом различны у разных авторов, что соответствующим образом сказалось на итоговых оценках (табл. 7.1). По первичной продукции, например, оценки отличаются на порядок. Из табл. 7.1, кроме того, видно, что в разных работах одних и тех же авторов приводятся отличающиеся данные о биомассе и продукции различных групп гидробионтов. Это связано с попытками уточнения первоначальных оценок в связи с появлением новых данных. Например, первая оценка первичной продукции Н. П. Маркиной относится только к сетному фитопланктону, а вторая — к планктону с наннопланктонной фракцией. В большинстве случаев приведенные в табл. 7.1 данные основаны на больших осреднениях и произвольно выбранных P/B (скорость оборота биомассы) и других коэффициентах.

Несмотря на спорность и противоречивость некоторых оценок, характеризующих часть основных параметров биологического баланса Охотского моря (особенно по низшим трофическим уровням), попытки их получения следует признать оправданными. Они, кроме общих представлений и ориентации для дальнейших исследований, дают фактическое подтверждение высокой рыбопродуктивности Охотского моря, которая ранее занижалась. В связи с этим напомним, что все долгосрочные прогнозы о перспективах рыболовства в дальневосточных морях, в том числе в Охотском море, как правило, не оправдывались.

Для оценки динамики продуктивности экосистемы моря в целом и его частей, пищевой обеспеченности и взаимодействия отдельных компонентов системы через потоки вещества и энергии, а тем более для заключений о состоянии экосистемы, будущих перестроек в ней под влиянием промысла и изменяющихся естественных условий, а также для определения путей управления биоресурсами имеющихся осредненных данных недостаточно. Необходимо достоверная информация о количественных параметрах как всех основных компонентов экосистемы, так и слагающих ее популяций. Равным образом, для анализа энергетических потоков необходимы отсутствующие в настоящее время энергетические эквиваленты. Важен при этом и учет бактерий и простейших, которые вместе с фитопланктоном формируют основные пищевые ресурсы

Таблица 7.1

Биомасса и продукция (млн т) основных групп морских организмов (в сырой массе) в Охотском море, по публикациям различных авторов

Группа организмов	Биомасса	Продукция	Источник
Фитопланктон	85,3	14 000	[144]
	256,0	42 300	[134]
		4 250	[104]
		2 100—3 100	[329]
Зоопланктон		2 350	[85]
	164,8	1 549	[144]
	464,4	1 800	[143]
	205,3	2 066	[292]
Зообентос (только шельф)	620,0	2 480	[156]
	250,4	375,8	[144]
	250,4	625	[292]
	206,7	304	[82]
Рыбы	20—22	10—11	[292]
	17—27	—	[143]
	23,4	11,7	[156]
Промысловые беспозвоночные	1,5	0,5	[292]
Млекопитающие	1,7	1,1	[156]
Птицы	0,17	0,33	[292]
	0,006	0,002	[292]

морской среды. При включении в продукционный процесс ранее накопленного органического вещества продукция микрогетеротрофов часто превышает первичную продукцию [223]. К сожалению, по водам Охотского моря даже отрывочная информация, относящаяся к этим группам, отсутствует.

В последние годы в результате осуществления в Охотском море серии гидробиологических и траловых макроотъемов получены дополнительные данные по качественному и количественному составу мезо- и макрозоопланктона, зообентоса, пелагических и донных рыб. Это дает возможность несколько уточнить параметры экосистемы моря, при этом выявить некоторые вопросы ее функционирования.

По-прежнему нет новой информации о первичной продукции Охотского моря. Из приведенных в табл. 7.1 данных только некоторые оценки основаны на непосредственных наблюдениях, и они вполне сопоставимы: 100—150 [7] и 133 гС/(м²×год) [104]. В сыром веществе фитопланктона первичная продукция при этом оценивается соответственно (2,1—3,1)·10⁹ и 4,25·10⁹ т.

Приведенные оценки вряд ли могут быть приняты по следующим соображениям. В. Н. Иваненков и И. В. Землянов [104] исходили из продолжительности вегетации в Охотском море 180 сут и 0,74 гС/(м²·сут), при этом в основу расчетов были положены материалы исследований в начале 50-х годов. По современным представлениям первичная продукция для Мирового океана в среднем оценивается в 0,45 гС/(м²·сут), или 174—263 гС/(м²·год) [40, 155, 156]. Интенсивность первичной продукции Тихого океана по левой части этой вилки сейчас оценивается в 171 гС/(м²·год), а без малопродуктивных центральных пустынных зон — в 238 гС/(м²·год) [13]. Понятно, что Охотское море с его очень высокой биомассой фитопланктона и запасом биогенов, поднимаемых в зону фотосинтеза в результате интенсивной динамики вод, не может иметь более низкие показатели первичной продукции, чем Тихий океан, как в целом, так и без центральных зон. Более того, они должны быть значительно более высокими. Даже по заниженным оценкам В. Н. Иваненкова и И. В. Землянова [104] большая часть площади моря занята эвтрофными и мезотрофными водами.

В связи с отсутствием новых данных для корректировки объемов продуцирования фитопланктона в Охотском море, по-видимому, в первом приближении можно воспользоваться данными по более изученному Берингову морю. Углеродным методом средняя для всего моря продукция фитопланктона определена недавно здесь в 0,63 гС/(м²×сут), или около 90 гС/(м²·год) [123, 272], т. е. несколько ниже, чем приведенные выше оценки по Охотскому морю. Считается, что этот метод занижает продукцию в 2,5—3 раза. В таком случае интенсивность продуцирования составит около 1,6—1,9 гС/(м²·сут), или 225—270 гС/(м²·год). Любопытно, что более высокая интенсивность фотосинтеза в Беринговом море указывалась рядом авторов и в прошлом [101, 317, 327]. Особого упоминания заслуживают данные В. Н. Иваненкова, полученные кислородным методом. Весной этим автором первичная продукция оценена в разных районах в среднем от 1,2 до 9,5, летом — от 1,1 до 3,3,

осенью — от 1,1 до 3,2 гС/(м²·сут), а среднегодовая для всего моря составляет 380 гС/(м²·год). Как и по Охотскому морю, этот автор принимал максимальное время вегетации равным 6 мес (для южных районов моря). Судя по всему, принимаемая продолжительность вегетационного периода несколько занижена. К примеру, в мурманских прибрежных водах (за Полярным кругом) продолжительность продукционного цикла составляет 8—9 мес. В зал. Петра Великого интенсивное цветение диатомовых водорослей начинается в январе, а несколько севернее его — в марте [121, 122]. Учитывая все изложенное, а также известный факт о том, что в прибрежных районах в первичном продуцировании участвуют макрофиты и фитобентос-перифитон, считаем возможным принять объем первичной продукции в Охотском море равным 450 гС/(м²·год). В таком случае для всей площади моря в целом продукция составит 720·10⁹ гС/год. Приняв рекомендуемый переходный коэффициент от углерода к сырой массе равным 21 [156], получим 15,1·10⁹ т/год.

Большая часть продукции создается в весенний период. На этот период относят 45—57 % создаваемой в Беринговом море за вегетационный период всей первичной продукции. Остальная продукция примерно поровну распределяется на летний и осенний периоды. Аналогичная картина и в Охотском море [101, 103, 316]. Однако, учитывая, что в первой половине лета (июнь—июль) еще продолжается довольно мощное цветение диатомовых, принимаем, что на летний период приходится 30 % (4,5·10⁹ т), а на осенний — 20 % (3,0·10⁹ т) первичной продукции.

Основные пищевые ресурсы в морских экосистемах вместе с фитопланктоном формируют микрогетеротрофы, включающие бактерии и микрозоопланктон, в основном простейших. Так образуется детритная цепь, через которую в пищевых цепях используется 60—85 % энергии первичной продукции [223]. Но при оценке значения бактерий в годовом балансе экосистемы в конкретных районах и в океане в целом данные различных авторов заметно расходятся. В одном из наиболее изученных в этом смысле водоемов — в Черном море — продукция бактерий оценивается в 24 % [222] продукции фитопланктона в сыром веществе и 34 % в энергетическом выражении. По М. Е. Виноградову и Э. А. Шушкиной [40], только в 200-метровом слое всего океана продукция бактерий составляет 5 % первичной продукции в сыром веществе и 95 % в энергетическом выражении. Ю. И. Сорокин [221] ранее подчеркивал, что более 60 % бактериальной продукции создается в теплых водах океана между 20° с. ш. и 20° ю. ш. В то же время в построенной этим автором [221] схеме потоков энергии в пелагиали Японского моря в начале лета продукция бактерий равна 75 % продукции фитопланктона. О большой роли бактерий в трансформации вещества и энергии в экосистемах умеренных широт говорят также данные по Баренцеву морю [235]. Зимой, когда нет фотосинтеза, биомасса бактериопланктона на юге моря составляет в среднем 264 мг/м³, а продукция — 53 мг/м³. По данным А. В. Цыбань и М. А. Корсак [272], полученным летом на четырех полигонах в Беринговом море, доля бактериальной продукции достигла 150 % продукции фотосинтеза, но среднее

ее значение оказалось неожиданно невысоким — только 6,2 %.

Продукция бактерий в эпипелагиали океана в среднем составляет в гипертрофных водах 1,13, эвтрофных — 0,52, мезотрофных — 0,39, олиготрофных — 0,61 гС/(м²·сут), или 412, 146, 127 и 206 гС/(м²·год) соответственно, а для океана в целом — 0,5 гС/(м²·сут), или 158 гС/(м²·год) [40]. Примерно 75 % площади Охотского моря занято мезо- и эвтрофными водами [104]. В океане в целом они составляют примерно 64 % [405]. Если для Охотского моря принять показатель бактериальной продукции таким же, как и для океана, то для всей площади моря она составит 800 тыс. т С/год и 253 тыс. т С/год (в сыром веществе соответственно 0,8·10⁹ и 2,53·10⁹ т). Судя по всему, эта оценка занижена, она не учитывает бактерий на дне и в толще воды глубже 200 м.

Ю. И. Сорокин [222], обращая внимание на несколько меньшую долю микрогетеротрофов в суммарном метаболизме экосистемы Черного моря по сравнению с другими сообществами, в частности Японского моря и пелагиали Тихого океана, объяснял это тем, что продукция фитопланктона в Черном море используется зоопланктоном более полно в связи с тем, что в этом водоеме преобладают хорошо усвояемые формы фитопланктона.

Если в целом для Охотского моря принять соотношение продукции фотосинтеза и бактерии средним между показателями Черного моря и Тихим океаном, получим 35 %. В этом случае годовая продукция бактерий составит 5,2·10⁹ т. Так как более интенсивное развитие бактерий приходится на летний и осенний сезоны, по-видимому, возможно на эти сезоны отнести по 30 % бактериальной продукции (1,56·10⁹ т).

Полностью отсутствует по Охотскому морю и конкретная количественная информация о простейших (микрзоопланктоне). Суммарная продукция основных представителей микрзоопланктона — инфузорий и зоофлагеллят — в поверхностных морских водах обычно превышает продукцию мезопланктона в 2—3 раза и более [223]. В Беринговом море летом продукция инфузорий в среднем составляет 1,9 гС/(м²·сут) [142]. В пелагиали Японского моря летом продукция простейших в энергетическом выражении в 2,5 раза меньше продукции фотосинтеза [221]. Но в эпипелагиали Мирового океана в целом в течение года продукция простейших в среднем меньше продукции фитопланктона в 7 раз в сыром веществе, в 5 раз — в энергетическом выражении [40]. Приняв эти соотношения для Охотского моря, получим годовую продукцию простейших 2,1·10⁹ т в сыром веществе или 103·10⁶ т С. Из этого количества на летний сезон отнесем 40 % (0,84·10⁹ т), а на осенний — 20 % (0,42·10⁹ т).

По представителям более высоких трофических уровней экосистемы Охотского моря в 80-е годы, как уже отмечалось выше, был собран весьма объемный новый материал. Именно эта новая информация и позволяет вернуться к уточнению параметров компонентов сообщества экосистемы моря.

Исходными данными при экосистемных расчетах обычно принимается биомасса элементов с использованием коэффициентов P/B (скорость оборота биомассы), U (степень ассимиляции пищи), K_2 (степень использования ассимилированной пищи

на рост). По этим данным возможно рассчитать продукцию органического вещества в экосистеме по известному выражению $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n - A_n$, где P_n — продукция, определяемая как $P_i = C_i B_i$, где B_i — биомасса отдельного элемента сообщества, C_i — удельная продукция, а A — ассимилированная пища, определяемая как $A = P/K^2$ [87].

Для определения обеспеченности пищей необходимо знание суточных рационов (C), определяемых по соотношению $C = A/U$. Далее, зная кормовые ресурсы района того или иного компонента экосистемы и его суточный рацион, можно определить, в какой степени он их использует. При этом применяется показатель сбалансированности или степень выедания (отношение потребленного последующим уровнем количества пищи из предыдущего уровня к продукции последнего). Напомним, что хорошо сбалансированными сообществами являются те, где продукция предыдущего уровня близка к рациону последующего.

При оценке состояния сообщества в смысле сукцессионного развития используется показатель

$$K_{зр} = P_p / \sum_{i=2}^n R_i = P_p / D, \text{ где } P_p \text{ — первичная про-}$$

дукция, D — суммарная деструкция. Если $K_{зр} > 1$, сообщество находится в продукционной фазе развития, если $K_{зр} < 1$ — в деструкционной [40].

Вещество и энергия, созданные продуцентами, распределяются по пелагическому и донному потокам. По ранее сделанным ориентировочным расчетам, через пелагический поток распределяется в Охотском море около 75 % энергии первичной продукции [292]. Как донные, так и пелагические сообщества состоят из большого количества видов, отличающихся экологическими и продукционными характеристиками. При анализе функционирования экосистем учесть специфичность всех, даже массовых видов, в настоящее время невозможно из-за отсутствия соответствующей информации. В такой ситуации целесообразно выделение элементов, включающих животных со сходными размерами и однотипным питанием [40]. Впрочем, этот подход несет в себе идею все тех же трофических уровней.

Применяемые в нашем случае принципы выделения элементов при анализе новых материалов по планктону и бентосу Охотского моря описаны в статьях Е. П. Дулеповой [81]. В частности, первые зоопланктон и зообентос разделяются на нехищный (мирный) и хищный. К элементам, группируемым во второй трофический уровень, в пелагиали (мирный планктон) отнесены фито- и эврифаги различных размеров. Включение последних в этот уровень связано с тем, что в летний и осенний периоды в их рационе в значительном количестве присутствуют водоросли. В питании этих двух групп значительную роль играют также бактерии и простейшие [40, 223].

В последние годы зоопланктон принято подразделять на три группы (фракции), отличающиеся размерами входящих в них планктеров [50]. В первой группе с размерами планктеров менее 1,5 мм основу биомассы в Охотском море составляют *Pseudocalanus minutus* и *Oithona similis*. Кроме того, в отдельных районах массовым бывает присутствие яиц и науплилий эвфаузиид и видов неритического комплекса (*Acartia longicirris*, *Cent-*

ropages abdominalis), а также меропланктона. Вторую группу составляют животные с размерами от 1,5 до 3,5 мм. Основу биомассы (до 70 %) в этой группе составляют неполовозрелые особи *Metridia okhotensis*, *M. pacifica*, *Pseudocalanus minutus*. В некоторых районах до 30—70 % биомассы этой фракции может приходиться на долю копепод *Calanus cristatus* и *C. plumchrus*, науптилий, калитопсис и мелких фурцилий *Thysanoes sarschii*. Зоопланктеры с размерами тела, превышающими 3,5 мм, относятся к третьей группе. По биомассе в ней преобладают копеподы (*C. glacialis*, *C. cristatus*, *M. okhotensis*, *M. pacifica*) и эвфаузииды (*Th. raschii*, *Th. longipes*, *Th. inermis*, *Euphausia pacifica*). Все перечисленные планктеры отнесены ко второму трофическому уровню (нехищный планктон).

К третьему трофическому уровню отнесены хищные планктеры в основном из третьей фракции — сагитты, гипериды и желетелье, при этом биомасса последних определялась по данным траловых съемок. Гипериды, скорее всего, относятся не к настоящим хищникам, а к трупоедам, поедающим мертвых или ослабленных особей, но тем не менее целесообразнее отнести их к третьему трофическому уровню.

Аналогичным образом по трофическим уровням подразделяется и зообентос. Ко второму уровню (нехищный бентос) относятся подвижные и неподвижные сестонофаги, собирающие и безвыборочно заглатывающие грунт детритофаги. Конкретно это корненожки, губки, приапиды, эхиуриды, сипункулиды, мшанки, двустворчатые моллюски, усоногие раки, офиуры, морские ежи, голотурии и оболочники. Именно эти животные формируют основу продукции данных животных.

В хищном бентосе (третий трофический уровень) наиболее многочисленны актинии, полихеты, немуртины, морские звезды и десятиногие ракообразные. К этому же трофическому уровню относятся и большая часть донных рыб. Некоторые из них, например палтусы и крупные керчаки, находятся на следующем, четвертом трофическом уровне.

Новую количественную информацию по мезо- и макропланктону Охотского моря, полученную в результате выполнения четырех крупномасштабных съемок моря в 80-е годы, сопоставлять с более ранними данными трудно. Дело в том, что при обработке новых планктонных сборов вносились поправки на уловистость планктонных сетей, различных для мелких и крупных планктеров [50, 62, 296, 297]. В летние сезоны 1986 и 1988 гг. общая биомасса зоопланктона в эпипелагиали (0—200 м) оценена в 325—410 млн т (из них мирный планктон 282—333 млн т), а в осенние сезоны 1984 и 1985 гг. — 250—325 млн т (из них мирный планктон 171—224 млн т). Для определения продукции по обоим сезонам (июль—август, сентябрь—ноябрь) рассчитывались коэффициенты P/B с учетом состава доминирующих групп и температурных поправок [81]. При осредненном коэффициенте P/B для мирного планктона 3,4—3,9 летом и 1,6—1,7 осенью, а для хищного 2,7—3,6 летом и 0,7—0,8 осенью продукция мезо- и макропланктона в Охотском море составила летом 1985 (1986 г.) — 1581 млн т (1988 г.), из них мирного планктона

964—1303 млн т, а осенью 330 (1984 г.) — 462 (1985 г.) млн т, из них мирного 266—372 млн т.

Так как ни разу не удалось получить данные за оба сезона в течение одного года, воспользуемся средними за летние (июль—август) и осенние (сентябрь—ноябрь) периоды. В таком случае суммарная продукция зоопланктона в слое 0—200 м в Охотском море равна летом 1333 млн т (мирного — 1132 млн т), а осенью — 396 млн т (мирного — 325 млн т), а за шесть летних месяцев — 1729 млн т (мирного — 1457 млн т). За зимние и весенние месяцы аналогичной информации по зоопланктону пока нет. По-видимому, можно допустить, что общая продукция за эти сезоны близка к рассчитанной для осеннего периода. Если принять это, то суммарная годовая продукция всего зоопланктона в эпипелагиали Охотского моря составит 2125 млн т.

По нашим расчетам, в летние и осенние месяцы примерно 800 млн т продукции зоопланктона приходится на глубоководную котловину моря (около 40 % площади моря). Так как в расчетах использовалась только биомасса, характеризующая верхний 200-метровый слой, эти значения следует признать заниженными. Считается, что в слое 200—500 м и в северной части Тихого океана летом находится 50—60 % планктона слоя 0—500 м, а в слое 0—500 м содержится около 65 % общей биомассы зоопланктона [40]. Но в исходные данные наших расчетов вносились поправки, учитывающие значительный недолов планктона на дневных станциях [50], и, таким образом, часть планктона с горизонтов ниже 200 м вошла в полученные оценки. Тем не менее полученное выше значение годовой продукции зоопланктона для всего Охотского моря, по-видимому, может быть увеличено до 3000 млн т. Биомасса бентоса на шельфе Охотского моря недавно оценена в 206,7 млн т, а продукция — в 304 млн т, из них нехищный бентос составляет соответственно 187,5 и 284,2 млн т [82]. Если принять количественное соотношение бентоса на шельфе и на горизонтах ниже 200 м [145], то эти цифры для всего Охотского моря составят 230 и 340 млн т.

Прежним оценкам биомассы и продукции гидробионтов из высших трофических уровней — рыбам и промысловым беспозвоночным — также необходимы корректировки в связи с новыми данными. В начале 80-х годов биомасса рыб Охотского моря оценивалась в 20—22 млн т, а продукция — в 10—11 млн т [292]. Большая часть оценок по рыбам шельфа и эпипелагиали, где сосредоточен основной промысел, была подтверждена последующими исследованиями. Биомасса промыслового вида — минтая — в последние пять лет укладывалась в пределы 10—15 млн т. В связи с массовостью вида именно его изменения численности определяли динамику общей биомассы рыб. В зависимости от соотношения и возраста поколений минтая с разной урожайностью коэффициент P/B этого вида рыб изменялся в эти годы от 0,34 до 0,55.

Сравнительно стабильной оставалась и биомасса донных шельфовых рыб — около 2 млн т (продукция 0,52 млн т, P/B — 0,26), включая наиболее богатый рыбой западно-камчатский шельф [82, 296]. В последнем районе биомасса рыб в 1986—1988 гг. оценивалась в 0,9—1,36 млн т

(53—54 % — камбаловые, 28—29 % — тресковые без минтая, 16 % — бычки).

Основные уточнения по рыбам Охотского моря связаны с новыми данными по мезопелагическим рыбам. По материалам траловых съемок 1987 г. предполагалось, что биомасса мелких мезопелагических рыб в Охотском море может составлять 15—30 млн т [105]. При повторной съемке глубоководной котловины моря в 1989 г. по аналогичной методике получено 7,5—15 млн т. Во всех случаях среди мелких мезопелагических рыб абсолютно преобладала серебрянка (*Lenroglossus schmidtii*). Методика учета мезопелагических рыб не может считаться сколько-нибудь удовлетворительной, а экология этих рыб здесь пока совершенно не изучена. Однако будет правомочно прежние оценки по рыбам увеличить хотя бы на треть. Таким образом, на данном этапе мы останавливаемся на биомассе и продукции рыб в Охотском море соответственно в 30 и 15 млн т.

Требуют уточнения в сторону увеличения и оценки по кальмарам. Новая информация по этим животным получена во время двух съемок (1987 и 1989 гг.) мезо- и батипелагиали. Оказалось, что в этих зонах Охотского моря кальмары встречаются почти повсеместно, хотя, как правило, и не образуют плотных концентраций. Ориентировочно биомасса всех видов кальмаров в Охотском море оценена в 1 млн т. Принимая осредненный для всех видов (в основном мелкие и средние) коэффициент P/B равным 3 [159], получим годовую продукцию равную 3 млн т.

По остальным животным высших трофических уровней (донные промысловые беспозвоночные, морские млекопитающие и птицы) новых уточняющих данных не получено, поэтому пока остановимся на приведенных в табл. 7.1 прежних оценках.

Таким образом, годовая продукция основных групп гидробионтов, являющихся компонентами экосистемы Охотского моря, составляет: фитопланктона — 15 000, бактерий — 5200, простейших — 2100, зоопланктона — 3000, зообентоса — 340, донных промысловых беспозвоночных — 0,5, кальмаров — 3, рыб — 15, млекопитающих — 0,03, птиц — 0,002 млн т. Приблизительность оценок всех элементов экосистемы несомненна (методические проблемы учета в больших водоемах хорошо известны), хотя по большинству из них имеется довольно обширная фактическая информация. Главным образом на волевых интерпретациях, логических заключениях и путем подбора аналогов основаны оценки по фитопланктону, бактериям и простейшим. К сожалению, все эти группы, кстати, составляющие основу трофической пирамиды в водоеме, в Охотском море пока не изучаются.

В связи с приблизительностью продукционных и других параметров биологических компонентов экосистемы Охотского моря, а, главное, из-за отсутствия надежной количественной информации по всем сезонам и районам моря, а также данных по межгодовой их изменчивости (включая структурные перестройки в сообществах, особенно на низших трофических уровнях) сколько-нибудь определенно обсуждать большинство принципиальных вопросов функционирования экосистемы моря, прогнозировать будущие изменения в ней и, конечно, строить адекватные энергетические модели трудно, а в большинстве случаев и невозможно. Разраба-

тываемые же рыбохозяйственной наукой (ТИНРО) для ориентации рыбной отрасли прогнозы изменения численности промысловых объектов и их вылова (квартальные, годовые, пятилетние, 10—25-летние) основываются на количественном учете воспроизводства, а также на анализе некоторых тенденций в движении численности только этих объектов.

На основании приведенных выше оценок продукции крупных элементов экосистемы возможно в самых общих чертах представить лишь некоторые аспекты функционирования отдельных ее частей. Но при этом в связи с полным отсутствием данных о рационах простейших, мирного и хищного зоопланктона в Охотском море приходится использовать соответствующую информацию из известных сводок по другим районам [174, 180, 222].

На рис. 7.2 и 7.3 приводятся ориентировочные расчеты потоков вещества и энергии в эпипелагиали моря в летний и осенний сезоны. Из схем видно, что как в летний, так и в осенний сезоны продуцируемой фитопланктоном энергии (2097 и 1398 ккал/м²)* недостаточно для суммарных затрат планктонного сообщества на обмен — соответственно 2756 и 2660 ккал/м² за сезон. В такой ситуации функционирование пелагического сообщества возможно при условии использования энергии, накопленной в водоеме в предыдущий сезон, а именно во время автотрофной фазы сезонной сукцессии, т.е. при весеннем цветении фитопланктона. Имеется в виду растворенное органическое вещество и детрит, которые используются и вовлекаются в биологический баланс пелагиали главным образом бактериями. Соотношение P/B в рассматриваемых случаях составило 0,52 для лета и 0,56 для осени. Это свидетельствует о том, что планктонное сообщество летом и осенью находилось в гетеротрофной фазе сукцессии. При этом на долю микрогетеротрофов, т.е. бактерий и простейших, пришлось летом 66 %, а осенью — 86 % общего потока энергии и продукции гетеротрофной части сообщества. Здесь, конечно, нужно напомнить, что фактических оценочных данных по простейшим и бактериям Охотского моря нет, следовательно, эти выводы нужно рассматривать только в постановочном плане. И все же в общих чертах подтверждается положение о важности детритной цепи в функционировании экосистемы. По Сорокину [223], на долю микрогетеротрофов в общем метаболизме и продукции гетеротрофной части морских сообществ приходится 70—90 %. Приведенные выше цифры хорошо перекликаются с этими оценками.

Из приведенных схем также видно, что в рассматриваемые сезоны в биопродуцировании довольно скромная роль принадлежит зоопланктону, замыкающемуся главным образом на пастбищную цепь. На долю наиболее многочисленной его части — мирного планктона (эври- и фитофаги) — приходится около 25 % летом и 12 % осенью. Учитывая экспертный и даже гипотетический характер оценок по фитопланктону и микрогетеротрофам, нет смысла дополнительно комментировать части схем с данными компонентами на рис. 7.2—7.3. С этой точки зрения более правомочно формулирование некоторых выводов об особенностях функ-

* 1 ккал = 4,187 · 10³ Дж.

ционирования и динамики компонентов более высоких трофических уровней, т. е. мирного и хищного зоопланктона, а также nekтона.

Хорошо известно, что от лета к осени в зоопланктоне возрастает доля зоофагов. В эпипелагиали Охотского моря это соотношение составило летом 13 (1986 г.) — 19 % (1988 г.), а осенью 32 (1984 г.) — 33 % (1985 г.). Заметное увеличение доли хищного планктона связано не только со снижением биомасс мирного планктона (с 282—333 до 171—224 млн т), но и с увеличением количества хищного (с 43—78 до 81—101 млн т). Такая тенденция не обнаруживается, однако, при сравнении продукции мирного и хищного зоопланктона. Суммарные коэффициенты P/B для мирного и хищного планктона в летний период оказались почти одинаковыми (соответственно 3,4—3,9 и 2,8—3,6). Во многом это было связано с высоким (3,9) коэффициентом P/B молодых сагитт. Осенью же коэффициент P/B у хищного планктона был в два раза ниже, чем у мирного (соответственно 0,7—0,8 и 1,6—1,7). В результате этого доля хищного зоопланктона в общей продукции мезо- и макропланктона в летний и осенний сезоны отличалась мало: летом 11 (1986 г.) — 19 % (1988 г.) и осенью 17 (1985 г.) — 19 % (1984 г.).

Мирный планктон, как видно из рис. 7.2—7.3, часть энергии получает из детрита. Назад в детритную цепь он отдает меньше, чем получает, в связи с его большим выеданием (в основном это эвфаузииды). Хищный планктон играет незначительную роль в питании nekтона, особенно сагитты и желетелые, поэтому значительная часть их продукции уходит в детритную цепь.

При сравнении рис. 7.2 и 7.3 нельзя не заметить, что летом 1988 г. значительно более высоким был выход продукции nekтона. Это не является, однако, результатом изменений, связанных с сезонной сукцессией в пелагическом сообществе. В 1985 г. появилось сильно урожайное поколение абсолютно доминирующего в ихтиоценозе эпипелагиали минтая. В 1988 г. это поколение составляло основу неполовозрелой части популяции минтая, характеризующейся, как известно, наиболее высокими продукционными показателями (сезонный коэффициент P/B в 1985 г. — 0,13, в 1988 г. — 0,22).

В настоящее время все большее признание находит мысль о том, что хищный планктон должен рассматриваться как важный пищевой конкурент планктоноядных рыб, по крайней мере в ихтиопланктонных сообществах. Но при анализе экосистемы моря в целом столь однозначный вывод сделать вряд ли возможно. Летом 1988 г. примерно 22 %, а осенью 1985 г. — 27 % продукции мирного планктона не использовалось последующими трофическими уровнями и уходило в детрит (рис. 7.2—7.3). Эта доля для лета 1986 г. составила 53 %, а осени 1984 г. — 11 %. Попутно заметим, что аналогичная картина наблюдалась и в донных сообществах. Для функционирования мирного бентоса на шельфе в среднем необходимо 1906 г/(м²·год) органического вещества, получаемого по детритной пищевой цепи. Продукция мирного бентоса составляет при этом 534 г/(м²·год). Из этого количества лишь немного меньше четверти [113 г/(м²·год)] составляет рацион хищных донных беспозвоночных. Их продукция в свою очередь составляет 36 г/(м²·год). Таким образом, суммарная продук-

ция донного сообщества составит 457 г/(м²·год). Донные рыбы в год потребляют всего 3,3 г/м². Следовательно, в детрит уходит преобладающая часть продукции донного населения, включая животных, входящих в трофические тупики.

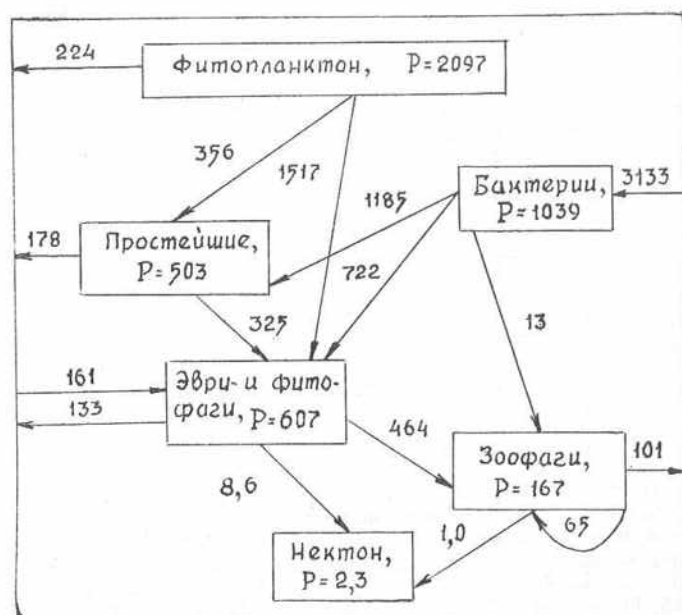


Рис. 7.2. Схема потоков энергии (ккал/м² за сезон) в экосистеме эпипелагиали Охотского моря летом 1988 г.

Для приведенных расчетов использовались данные обобщения по шельфовому бентосу Охотского моря [82]. Учитывая даже возможность значительного недоучета потребителей бентоса (хищные бес-

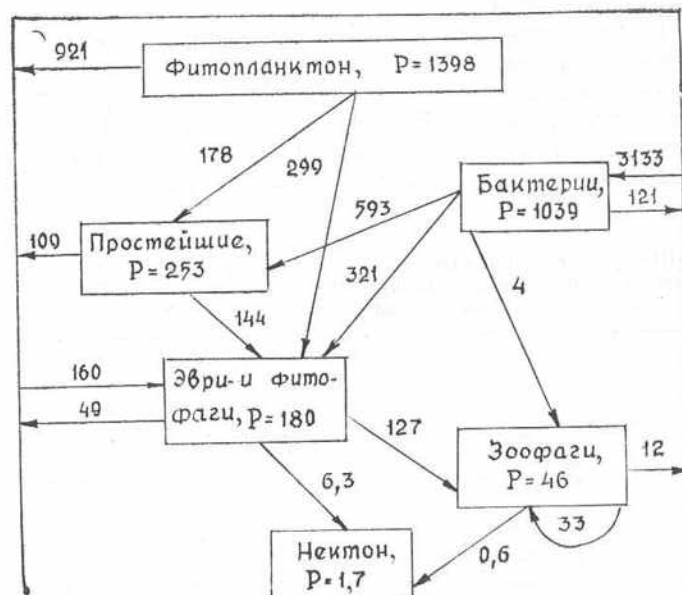


Рис. 7.3. Схема потоков энергии (ккал/м² за сезон) в экосистеме эпипелагиали Охотского моря осенью 1985 г.

позвоночные, мелкие рыбы), нельзя не видеть большое недоиспользование продукции мирного бентоса.

Все приведенные выше соотношения и по пелагиали, и по дну относятся к Охотскому морю в целом.

Таблица 7.2

Количественные соотношения в пелагических экосистемах Охотского моря в июне — августе 1988 г. [296]

Район	Соотношение зоопланктон/рыба	Месячный рацион рыб, млн т	Доля минтая, %	Соотношение макропланктон/двухмесячный рацион рыб
1	32	0,43	40,4	15,5
2	6	2,06	66,1	3,0
3	14	1,12	75,5	4,5
4	107	0,54	96,3	29,0
5	20	0,80	99,7	11,0
6	10	2,34	99,8	6,0
7	23	1,28	99,3	7,5
8	14	0,66	99,5	4,5
9	37	2,71	60,7	20,0
10	9	3,39	99,4	2,0
11	2700	0,003	—	900,0
12	29	0,57	44,2	18,5
13	36	0,77	84,5	13,5
Все море	22	16,67	82,3	9,0

Примечание. Районы: 1 — зал. Шелихова; 2 — ямско-тауйский; 3 — охотско-лисянский; 4 — аяно-шантарский; 5 — ионо-кашеваровский; 6 — впадина ТИНРО; 7 — северо-западно-камчатский; 8 — юго-западно-камчатский; 9 — центральная глубоководная котловина; 10 — восточно-сахалинская котловина; 11 — заливы Терпения и Анива; 12 — южная глубоководная котловина; 13 — прикурильский.

Однако разные районы моря в этом смысле могут весьма сильно отличаться. В частности, о различной обеспеченности рыб кормом и возможной конкуренции из-за него говорят даже элементарные сопоставления соотношений биомасс и рационов рыб. Вариант таких соотношений дается в табл. 7.2 по результатам съемки эпипелагиали Охотского моря летом 1988 г.

Но, конечно, для характеристики экологической ситуации в том или ином районе необходимы и другие показатели, в том числе данные о продуктивности в этих районах. Как видно из табл. 7.2, в продуктивности вод различных районов наблюдаются межгодовые и сезонные различия (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Продукция нехищного планктона (второй трофический уровень) в различных районах Охотского моря (0—200 м) в летние и осенние сезоны 1984—1988 гг. [296], г/м²

Район	Октябрь—ноябрь 1984 г.	Сентябрь—ноябрь 1985 г.	Июль—сентябрь 1986 г.	Июнь—август 1988 г.	Площадь, тыс. км ²
1	287	207	587	1206	100
2	173	74	502	819	62
3	284	96	656	302	92
4	206	161	179	445	114
5	87	195	520	374	160
6	125	413	580	657	120
7	180	430	1591	2699	56
8	100	328	654	481	35
9	187	317	879	1267	340
10	151	121	243	388	115
11	141	346	289	437	56
12	169	269	787	785	154
13	192	347	655	802	98
Все море	177	256	641	867	1502

Примечание. Районы — см. в табл. 7.2.

В то же время просматриваются зоны со стабильно высокими показателями продуктивности. Летом наиболее высокой продуктивностью отличаются северо-западно-камчатские воды (район 7). В этот сезон повышенной продуктивностью характеризуется также глубоководная котловина моря (районы 9, 12, 13) и смежные с районом 7 зал. Шелихова, ямско-тауйский район и впадина ТИНРО (районы 1, 2, 6). В 1986 г. также выделялись юго-западно-камчатский, охотско-лисянский и ионо-кашеваровский районы (8, 3, 5).

В осенний период ситуация во многом изменяется. Осенью 1984 г. продуктивность более 200 г/м² наблюдалась только на севере моря — в зал. Шелихова, в охотско-лисянском и аяно-шантарских районах (районы 1, 3, 4). Осенью 1985 г. повышенной продуктивностью выделялись камчатские районы (7, 8), впадина ТИНРО (6), глубоководная котловина (9, 13) и зал. Терпения (11). Летом по уровню продуктивности мирного планктона, представляющего основу кормовой базы рыб, особое место занимает северо-восточная часть моря (районы 1, 2, 6, 7, 8), имеющая исключительно большое значение для воспроизводства рыб. В этом районе весь год концентрируется абсолютно преобладающая часть мальков и неполовозрелого минтая [234]. В то же время мигрирующая часть популяции минтая, а именно половозрелые особи, летом и осенью активно осваивают также ресурсы глубоководной котловины и западной части моря [234]. Ряд районов (3, 4, 8, 11, 12, 13), хотя и не ежегодно и не во все сезоны, характеризуется высокой продукцией мирного планктона (табл. 7.3).

Приведенные в табл. 7.3 данные, хотя и могут характеризовать продуктивность различных районов моря, не дают полного представления о напряженности пищевых отношений и в том числе о кормовой базе рыб. Это хорошо видно, например, по тому, насколько различную картину показывают данные за летний сезон 1988 г. в табл. 7.2 и 7.3. Повышенная продуктивность в конкретном районе может быть обусловлена преобладанием в нем мелкого планктона, недоступного для рыб. Планктон может сноситься с обширных акваторий и накапливаться в определенных участках. Наконец, большое значение имеют структура сообщества и количество в нем потребителей планктона. Поэтому более показательной для оценки трофических отношений является реальная продукция зоопланктонного сообщества, представляющая разницу между суммарной продукцией трофических уровней, слагающих сообщество, и частью продукции, потребляемой внутри сообщества. При сравнении табл. 7.3 и 7.4 видно, что как наиболее «благополучные», так и «неблагополучные» районы совпадают примерно в половине случаев. В летний период стабильно высокая реальная продукция наблюдалась в северо-западно-камчатских водах (район 7) и в глубоководной части моря (районы 9 и 12). В один из двух лет высокая реальная продукция была и в северных районах. Из табл. 7.4 видно также, что в нескольких районах в 1988 г. продукция зоопланктонного сообщества была отрицательной или близкой к ней (районы 6, 8, 10, 13).

В осенние сезоны картина распределения реальной продукции выглядит вообще нестабильной, если сравнивать два смежных года. Интересно, что

осенью 1984 г., как и летом 1988 г., районы 5, 7, 8, 10, 13 имели отрицательную или низкую реальную продукцию.

Выводы, следующие из данных табл. 7.4, в целом подтверждают расчеты выедания продукции мирного зоопланктона потребителями третьего и четвертого трофических уровней. В этом случае учтено и выедание планктона рыбами. Роль рыб на общем фоне потребления продукции мирного планктона в абсолютном большинстве случаев не существенна (табл. 7.5). Из табл. 7.5 видно, что в одном районе — прикурильском (13) — выедание превышало продукцию во все годы наблюдений. Дважды (в 1984 и 1988 гг.) очень высокое выедание имело место в юго-западно-камчатском (8) и восточно-сахалинском (10) районах, а в один год — в районах 5, 6, 7, 12. Во всех случаях описанная картина была связана с высокой численностью хищного планктона.

При анализе данных табл. 7.4 и 7.5 нельзя не заметить различия в оценках, с одной стороны, между 1984 и 1988 гг., а с другой — между 1985 и 1986 гг. В 1984 и 1988 гг. пищевые отношения, несомненно, были более напряженными. В 1985 и 1986 гг. только в одном районе (13) наблюдалась отрицательная продукция, а выедание продукции мирного планктона превышало 100 %. Пока не представляется возможным связать это с конкретными гидрологическими особенностями этих лет.

Выше уже отмечалось, что в 1985 г. в Охотском море появилось очень урожайное поколение минтая. Повышенную урожайность имеет и поколение 1986 г. Основное воспроизводство минтая происходило в районах 6, 7 и 8, где в эти годы наблюдалась довольно высокая реальная продукция. С другой стороны, в 1984 г. появилось неурожайное поколение минтая. В этом году реальная продукция в камчатских водах имела отрицательные значения.

Хорошо известно, что основной выростной зоной сеголеток охотской популяции сельди является

Таблица 7.4

Реальная продукция зоопланктона в различных районах Охотского моря в летний и осенний сезоны 1984—1988 гг. [296], г/м²

Район	Октябрь—ноябрь 1984 г.	Сентябрь—ноябрь 1985 г.	Июль—сентябрь 1986 г.	Июнь—август 1988 г.
1	86	117	334	635
2	90	61	374	730
3	144	67	587	197
4	136	137	101	409
5	20	86	459	179
6	74	289	383	—56
7	—23	378	1301	1742
8	—31	151	345	—377
9	98	115	656	631
10	—34	56	106	36
11	98	244	123	239
12	121	116	460	545
13	30	71	150	—145
Все море	66	125	231	366

Примечание. Районы — см. в табл. 7.2.

аяно-шантарский район (4). В 80-е годы лишь в 1988 г. появилось высокоурожайное поколение этой сельди. Из табл. 7.4 и 7.5 видно, что именно в 1988 г. в районе 4 наблюдалась наиболее благоприятная ситуация, т. е. была самая высокая продукция и очень невысокая степень выедания вторичной продукции.

В целом же, говоря о всем Охотском море, можно подтвердить уже высказанную мысль о значительности планктонных ресурсов в этом водоеме и хорошей обеспеченности рыб пищей. Показательно в этом смысле то, что массовые пелагические рыбы зачастую в Охотском море имеют возможность выборочно питаться эвфаузиевыми [296]. Наиболее часто напряженные пищевые отношения возникают в юго-западно-камчатских и восточно-

Таблица 7.5

Выедание продукции мирного зоопланктона хищным планктоном и рыбами в летний и осенний сезоны 1984—1988 гг. [296], %

Выедание		Район												Всего	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
1984 г.															
Хищным ном Рыбами	планкто-	99,7	73,7	71,7	49,8	108,1	57,9	158,2	196,1	68,2	189,1	43,2	103,5	118,5	88,6
		2,8	7,4	3,4	2,6	1,0	0,9	1,8	6,0	1,7	19,0	1,4	1,1	0,97	2,2
1985 г.															
Хищным ном Рыбами	планкто-	59,9	26,3	47,3	23,2	57,1	43,2	19,7	76,3	88,6	76,9	41,6	78,1	111,6	72,7
		4,3	2,4	6,4	2,1	2,3	1,2	0,6	1,6	0,1	2,6	0,9	0,8	1,3	1,7
1986 г.															
Хищным ном Рыбами	планкто-	61,0	11,8	16,3	64,6	18,2	59,4	29,3	76,6	35,9	81,2	82,0	58,3	109,8	46,6
		1,3	4,6	1,4	3,7	1,6	1,9	2,0	8,6	0,7	3,1	1,8	0,5	2,3	1,6
1988 г.															
Хищным ном Рыбами	планкто-	63,3	18,9	51,0	11,0	73,5	153,8	50,1	221,2	70,3	153,8	63,2	42,9	164,4	77,4
		0,3	3,3	1,9	0,4	1,2	2,9	0,4	2,1	0,5	2,5	0,3	0,5	0,7	0,9

Примечание. Районы — см. в табл. 7.2.

Таблица 7.6

Продукция (г/м²) и выедание вторичной продукции (%) донных животных на шельфе в различных районах Охотского моря [296]

Показатели	Район						Все море
	1	2	3	4	5	6	
Второй трофический уровень	673	397	361	858	720	454	534
Третий и четвертый трофические уровни	78	39	23	49	39	53	38
Доля донных рыб в третьем и четвертом трофических уровнях, %	1,0	1,4	0,9	2,4	0,9	11,5	2,6
Отношение третьего и четвертого уровней ко второму	0,12	0,10	0,06	0,06	0,05	0,12	0,07
Выедание продукции второго уровня, %	36,4	30,6	19,9	17,9	17,3	36,3	21,9

Примечание. Районы: 1 — зал. Терпения, 2 — северо-восточный шельф о. Сахалин, 3 — шантаро-охотский шельф, 4 — притауйский шельф, 5 — зал. Шелихова, 6 — западно-камчатский шельф.

сахалинских водах (районы 8 и 10), а также в прикурильском районе (13). В некоторые годы аналогичная ситуация может складываться также в северо-западно-камчатском районе (7) и над впадиной ТИНРО (район 6). В таких случаях как летом, так и осенью может работать фактор плотности, что отрицательно сказывается на формировании численности поколений того же минтая. Касаясь в этом плане проблемы конкуренции сельди и минтая, можно заметить, что, во-первых, районы их воспроизводства в Охотском море в значительной мере разобщены, во-вторых, те районы, где эти виды обитают совместно, как правило, отличаются высокой продуктивностью и более низкой степенью выедания вторичной продукции.

Не однозначна экологическая ситуация и в донных сообществах различных районов Охотского моря. Как видно из табл. 7.6, по высокому уровню продукции мирного бентоса выделяются притауйский шельф, заливы Шелихова и Терпения. Наиболее рыбопродуктивный западно-камчатский шельф по продукции бентоса заметно уступает этим районам.

Продукция третьего и четвертого трофических уровней несколько выше в зал. Терпения и на камчатском шельфе. В обоих районах она складывается в основном за счет хищных беспозвоночных, а в камчатском районе также и за счет рыб. Нельзя не обратить внимание на низкую степень выедания в донных сообществах продукции второго трофического уровня. Приведенные в табл. 7.6 данные по донным беспозвоночным относятся к началу 80-х годов. Из них следует, что состояние кормовой базы донных рыб на западно-камчатском шельфе не должно сдерживать дальнейший рост ранее сниженных промыслом их запасов. Как показывают учетные съемки в 1989 г., биомасса донных рыб на шельфе Камчатки увеличилась в течение 80-х годов примерно в полтора раза.

Низкая рыбопродуктивность других районов шельфа, особенно в северной части моря, отличающихся очень высокой продукцией мирного бентоса, всецело связана с суровым гидрологическим режимом.

Сделанные выше попытки анализа некоторых особенностей функционирования экосистемы Охот-

ского моря являются, конечно, фрагментарными. Они обнажают дефицит или полное отсутствие исходной информации, необходимой для экосистемных построений. Одновременно с этим полученные выводы помогают определиться в выборе для дальнейшего изучения конкретных участков моря, имеющих большое значение с рыбохозяйственной точки зрения. Можно, например, вполне определенно говорить о районах, где в первую очередь должен работать фактор плотности, что очень важно при изучении условий формирования урожайности поколений массовых промысловых животных.

В заключение необходимо вернуться к вопросу о том, как соотносятся современное промысловое изъятие биологических ресурсов с состоянием экосистемы Охотского моря и масштабами продуцирования в нем биологических ресурсов.

Хорошо известно, что в таких крупных глубоководных водоемах, как Охотское море, продукции каждого последующего трофического уровня в зависимости от объема предыдущего, в том числе продукции промысловых животных, гораздо ниже, чем в мелководных и небольших водоемах. Считается, что продукция (по массе) промысловых животных в мелководных морях в 50—100, а в глубоководных — в 200—250 раз меньше продукции зоопланктона и зообентоса [156]. В Охотском море это соотношение по прежним оценкам определено в 230—250 [292]. Такого же порядка соотношения — 181 без простейших и 293 с простейшими — получаются и при сопоставлении приведенных выше последних оценок продукции различных групп животных. Вылов рыбы, по П. А. Моисееву [156], меньше продукции зоопланктона и бентоса в мелководных морях в 100—300, а в глубоководных — в 400—500 раз. В нашем случае это соотношение без учета простейших составляет 1336, а с учетом их — 2176. Это свидетельствует о том, что часть компонентов биологических ресурсов в Охотском море промыслом недоиспользуется. Предполагается, что при развитом рыболовстве промысел берет около третьей части суммарной продукции промысловых объектов в водоеме [27]. Остальная часть продукции приходится на прирост молоди, рациона хищников, а также на прирост видов, обитающих в рассеянном состоянии. При таком соот-

ношении потенциальный вылов в Охотском море должен составить около 6 млн т. Но такой объем на фоне современного довольно интенсивного рыболовства и вылова в 2,5 млн т представляется неправдоподобным. В крупных водоемах типа Охотского моря, по-видимому, более реален вылов не более четвертой и, возможно, даже пятой части общей продукции промысловых объектов. В первом случае это 4,6 млн т, во втором — 3,7 млн т, т. е. значительно выше, чем современный вылов. На первый взгляд, заметный рост вылова маловероятен, тем более что запасы традиционных объектов — минтая, сельди, камбалы, лосося, наваги, черного палтуса, камчатского краба и букцинид — используются довольно интенсивно. Здесь, однако, нужно иметь в виду, что значительная часть продукции промысловых животных приходится на виды и особи, обитающие в рассеянном состоянии, т. е. не образующие устойчивых промысловых концентраций. Именно за счет обширных площадей «набирается», например, большая биомасса мезопелагических рыб, а также кальмаров, промысел которых в Охотском море пока не развит вообще, а организация его при современном уровне материально-технической базы рыбной отрасли не реальна. Следовательно, с прогрессом в технике и орудиях лова, а также с появлением новых поколений и типов судов часть оцененных биоресурсов, несомненно, станет доступной для промыслового освоения, т. е. перейдет в категорию сырьевой базы.

Вместе с тем в Охотском море есть промысловые объекты, которые могли бы более интенсивно использоваться промыслом и в настоящее время. Это, например, рыбы прибрежного комплекса, в том числе мойва и голец, а местами даже тихоокеанский лосось (некоторые необжитые северные районы). Из нерыбных объектов в этом плане заслуживают упоминания в первую очередь бурые водоросли, а также крабы и креветки, иглокожие, морской зверь, включая белуху, и др. [292, 294]. При организации не развитого пока на Дальнем Востоке ярусного промысла возможен дополнительный вылов трески с сопутствующими видами, в частности белокорым палтусом и скатом в районах, где невозможен или ограничен траловый промысел, например в водах Курильских островов и на северо-западно-камчатском шельфе.

Говоря о проблеме комплексного и более полного использования биологических ресурсов Охотского моря, следует особо подчеркнуть, что распределение промысловых нагрузок на все их компоненты в зависимости от численности каждого возможно только при развитии прибрежного рыболовства и его материально-технической базы, которая в 50—60-е годы была в значительной мере свернута в связи с развитием активного рыболовства. В плане многолетней генеральной перспективы использование биологических ресурсов Охотского моря, как и других районов дальневосточной экономической зоны России, должно основываться на принципах управляемого рыбного хозяйства. Управление же разнообразными ресурсами этого высокопродуктивного водоема возможно лишь при сочетании прибрежного и активного рыболовства, а также марикультуры.

Сама проблема ресурсов в обязательном порядке предусматривает умение давать оценку состоянию ресурсов и направленно влиять на сооб-

щества и их компоненты. Последнее же возможно только при знании ключевых связей, определяющих функционирование экосистем. В основном все эти вопросы, как показано выше, изучены пока совершенно недостаточно, хотя некоторый опыт мониторинга уже накоплен. Вполне определенно, например, можно говорить о значительных различиях в характере перестроек под влиянием климато-океанологических факторов и промыслового пресса в структуре, с одной стороны, донных, а с другой — пелагических сообществ.

В результате нерегламентированного промысла в 50—60-х и частично в первой половине 70-х годов запасы донных рыб (в первую очередь камбал) и ракообразных на шельфе Охотского моря снизились. Наиболее объемным было изъятие донных объектов на западно-камчатском шельфе. Так, только с 1955 по 1960 г. (пик промысла пришелся на 1958 г.) было выловлено около 455 тыс. т камбалы. В то время высказывались взгляды о том, что экологические ниши камбалы заняли виды прилова, в частности бычки. В 1961—1965 гг. на долю камбалы в уловах учетных съемок пришлось 54,9 %, в 1966—1970 гг. — 39,3 %, в 1971—1975 гг. — 52,1 %, в 1976—1978 гг. — 51,3 %. Доля бычков изменялась соответственно: 19,5; 39,9; 30,7; 23,1 %. Но увеличение во второй половине 60-х и первой половине 70-х годов доли бычков не означало роста их численности. За этот период примерно в два раза уменьшились и фактические уловы рыб на контрольное усилие. Со второй половины 70-х годов уже в условиях введенной рыболовной зоны охрана и регулирование использования биоресурсов Охотского моря значительно усовершенствовались. Результаты этого неожиданно быстро отразились на состоянии запасов рыб. В 80-е годы на долю бычков (от общей биомассы донных рыб) приходилось на западно-камчатском шельфе около 15 %, а камбалы — 51 %, при этом заметно увеличилась и общая биомасса донных рыб, что позволило увеличить их квоты вылова [22, 23, 292, 296]. Важно подчеркнуть, что в результате регулирования рыболовства не только увеличилась суммарная биомасса донных рыб, но и соотношение видов и групп приблизилось к исходному.

Быстрому восстановлению донных ресурсов на западно-камчатском шельфе, несомненно, способствовало и то, что северная часть шельфа (к северу от 54° с. ш.) в течение многих лет закрыта для крупного донного тралового промысла. Обширный запретный район в данном случае играет роль заказника, а эффективность охранного режима во многом связана с тем, что здесь находятся районы воспроизводства многих видов промысловых рыб и камчатского краба. Таким образом, многолетние наблюдения на западно-камчатском шельфе свидетельствуют о значительной устойчивости донных сообществ к воздействию различных факторов, а солидный запас буферности в этих сообществах во многом обусловлен сложными трофическими отношениями в них. Поэтому можно сказать, что, соблюдая при промысловой эксплуатации донных сообществ даже только традиционные принципы рационального рыболовства, реально сохранить их структуру в нормально функционирующем состоянии. При этом, определяя режим промыслового использования донных биоресурсов в каждом кон-

Таблица 7.7

Показатели видового разнообразия донных ихтиоценов шельфа Охотского моря в 80-е годы (Л. А. Борец)

Район, год наблюдений	Видовое богатство	Индекс полидоминантности	Видовое разнообразие
Шельф северо-восточного побережья Сахалина, 1981	40	8,75	0,22
Северный шельф Охотского моря, 1988	45	10,35	0,23
Западно-камчатский шельф, 1982	43	4,85	0,11
Западно-камчатский шельф, 1986	48	6,80	0,14
Западно-камчатский шельф, 1988	45	7,15	0,16
Залив Терпения, 1981	45	2,65	0,06
Залив Терпения, 1986	48	4,24	0,09

Примечание. Видовое богатство — число видов (S), встреченных в уловах на глубинах 20—150 м в количестве не менее 0,2 экз за 1 ч траления; индекс полидоминантности $S'_i = (\sum P_i^2)^{-1}$, где P_i — доля i -го вида по биомассе в сообществе, состоящем из S видов; видовое разнообразие $E = S'_i/S$.

кретном районе, необходимо учитывать состав обитающих в них сообществ.

Л. А. Борец показал, что в донных сообществах различных районов шельфа дальневосточных морей обычно насчитывается 4—9 доминирующих видов, и на их долю приходится 70—90 % общей биомассы донных рыб. По полидоминантности и видовому разнообразию донные ихтиоцены подразделены автором на две группы — полидоминантные и монодоминантные. В полидоминантных ихтиоценох (районы 1—3 в табл. 7.7), имеющих высокое видовое разнообразие, ядро составляет 6—9 доминирующих видов (камбалы, бычки, треска).

В монодоминантных ихтиоценох по биомассе преобладает обычно один вид (треска или навага). В Охотском море такой ихтиоцен с доминированием наваги был характерен в 80-е годы для зал. Терпения (табл. 7.7).

В соответствии со спецификой доминирующих видов полидоминантные ихтиоцены более устойчивы к воздействию природных факторов, но более уязвимы по отношению к промысловому прессу. С этим вполне согласуется увеличение запасов донных рыб и камчатского краба на западно-камчатском шельфе после того, как были усилены рыбоохранные и регулирующие промысел меры.

Монодоминантные ихтиоцены в связи с преобладанием в них флуктуирующих трески и наваги могут выдержать более сильный промысловый пресс, но они менее устойчивы к воздействию природных факторов.

Судя по всему, нынешнее состояние донного населения рыб зал. Терпения — вторичное явление. В прошлом в этом районе были значительные скопления камбалы и существовал серьезный камбальный промысел, в основном желтоперой лиманды. В результате интенсивного и нерегулируемого рыболовства ресурсы камбалы, включая наиболее многочисленный изначально вид, сильно снизились. Несмотря на многолетнее лимитирование вылова, запасы этой рыбы восстанавливаются очень мед-

ленно. Такая ситуация говорит о более тяжелом промысловом прессе в зал. Терпения с соответствующими следствиями в состоянии донных сообществ. Это подтверждают значения индексов Симпсона и Шеннона и других аналогичных индексов, а также показатели выравнивания и характер вариационных кривых распределения биомассы рыб по критическим уровням Жирмунского и Кузьмина. По состоянию на начало 80-х годов индекс Симпсона для донного сообщества рыб зал. Терпения определен в 0,63, по другим районам шельфа Охотского моря он составил 0,79—0,88, индекс Шеннона соответственно 1,77 и 2,13—2,29. В вернем аллометрическом диапазоне видовой структуры сообщества рыб зал. Терпения видов более чем в два раза меньше, чем на шельфе Камчатки, к тому же все виды, кроме одного, в зал. Терпения находятся вблизи очередного критического уровня [292]. И все же, учитывая более солидный опыт регулирования рыболовства на западно-камчатском шельфе, а также в целом ряде других районов дальневосточных морей, можно надеяться на то, что и в зал. Терпения при сохранении действующих охранных мер произойдет восстановление запасов и структуры донного населения рыб. По-видимому, в этом районе, как и на западно-камчатском шельфе, также целесообразно полностью закрыть для донного тралового промысла часть районов воспроизводства массовых видов рыб.

Обитающие в более динамичных условиях пелагические сообщества, включая их рыбную часть, менее устойчивы. Последнее связано и с более простой их структурой. Доминирующие виды в пелагических ихтиоценох относятся к флуктуирующим (сельдь, минтай, мойва, лососи). Главной причиной снижения в определенные периоды их запасов до сих пор был не промысел, а изменение естественных условий воспроизводства. При этом характерно, что изменение численности большинства флуктуирующих рыб носит циклический характер. Сами же циклы численности связаны с циклическостью общих природных процессов (космофизические, климатоокеанологические, биоценологические). В пределах этих циклов функционируют внутривидовые и другие механизмы регуляции численности. И промысел, судя по всему, только усугублял естественное депрессивное состояние конкретных популяций [293].

Есть основание предполагать, что в некоторых случаях промысел даже оказывал косвенную позитивную роль, в частности в увеличении запасов минтая в 60—70-е годы. С началом индустриализации и экспансии и возможного ухудшения естественных условий воспроизводства в 60-е годы произошло сокращение запасов если не большинства, то многих промысловых рыб, беспозвоночных морских млекопитающих. Это могло разбалансировать экосистемы, но увеличило их емкость для минтая, который до этого в Охотском море слабо промыслился [293]. На примере Берингова моря показано [218, 219], что начавшийся промысел минтая вызвал омоложение его популяций, что увеличило их продукционный потенциал. В связи с изъятием из популяций крупного минтая уменьшился сильно выраженный у этого вида каннибализм. В результате вызванных промыслом изменений в структуре популяций минтая биомасса некоторых из них могла увеличиться на треть. Н

и при этом общий тон в динамике численности минтая задают океанологические условия (включая гидробиологическое окружение). Подтверждением такого вывода являются результаты воспроизводства минтая в Охотском море в 80-годы, когда численность производителей ежегодно находилась на очень высоком уровне. Несмотря на участие в нересте огромного количества производителей (7—8 млн т), только однажды (1985 г.) появилось очень урожайное поколение. Исключительное значение динамики естественных условий в воспроизводстве флюктуирующих рыб объясняет незначительную в ряде случаев эффективность охранных и лимитирующих их промысел мер. В частности, уже несколько десятилетий не происходит заметного роста численности охраняемых камчатско-пихигинской и сахалино-хоккайдской популяций сельди. В этом смысле лишены основания широко распространенные взгляды об устойчивой сырьевой базе рыбной промышленности в отношении конкретных массовых флюктуирующих рыб (даже при квотировании вылова). Кроме того, далеко не всегда при снижении численности одних видов рыб одновременно возрастает численность других. Поэтому рыбопродуктивность дальневосточных морей должна неизбежно уменьшаться при понижении численности таких массовых и широко мигрирующих рыб, как минтай и иваси. Спады в численности флюктуирующих рыб пока возможно лишь сгладить путем искусственного воспроизводства, как это делается, например, в лососеводстве.

По одному из вариантов прогноза [293], в первой половине 90-х годов начнется перестройка кли-

матоокеанологических процессов, что вызовет похолодание и как следствие изменение в численности некоторых массовых пелагических рыб. При разности событий по такому сценарию прекратятся заходы в Охотское море сардины-иваси и других южных видов, а также может понизиться численность минтая. На этом фоне возможно увеличение количества других рыб, например сельди, однако сколько-нибудь конкретно предсказать характер перестроек в экосистеме моря трудно и даже невозможно. При значительном снижении численности минтая потери в уловах реально компенсировать только за счет других объектов, в том числе невовлеченных в промысловую сферу в настоящее время. Но для этого, как уже подчеркивалось, необходима перестройка материально-технической базы рыбного хозяйства. Охотское море в настоящее время остается пока в целом не загрязненным или мало загрязненным водоемом. За исключением некоторых локальных районов и промысловых видов и популяций, в нормальном состоянии находится в настоящее время большинство биоресурсов моря и сохраняется его высокий биопродукционный потенциал. Поэтому есть основание надеяться, что при сохранении и совершенствовании принципов рационального природопользования и в дальнейшем биологические ресурсы Охотского моря будут составлять существенную часть сырьевой базы дальневосточной рыбной отрасли России даже при временных понижениях рыбопродуктивности, вызванных изменчивостью климатоокеанологических условий.

8. КАМБАЛЫ

Первые сведения о распространении и биологии камбал Охотского моря были получены сравнительно недавно — в 30-х годах нашего столетия, когда были начаты широкомасштабные экспедиционные исследования по изучению биоресурсов шельфа дальневосточных морей. В частности, в 1932 г. на р/т «Пластун» И. А. Полутовым и М. А. Альперовичем обнаружены богатейшие запасы камбал у западного побережья Камчатки. В дальнейшем поисковые работы в этом районе были продолжены, а собранные материалы обобщены в статьях К. М. Дерюгина [78], П. А. Моисеева [151, 152] и Е. К. Суворова с соавторами [225]. Особенно ценные данные были получены П. А. Моисеевым в 1938—1939 гг. во время круглогодичной комплексной экспедиции на р/т «Лебедь» по сезонному распределению камбал, районам их зимовки и размножения. Позднее они легли в основу первой монографии по камбалам дальневосточных морей [153].

В послевоенный период ресурсы камбал активно использовались советскими и японскими рыбаками, что привело к сокращению запасов этих рыб. Это потребовало значительного расширения исследований. Были осуществлены Курило-Сахалинская комплексная экспедиция и целый ряд научно-поисковых рейсов к побережью западной Камчатки. В результате этих исследований появилась монография Т. А. Перцевой-Остроумовой [173] по размножению и развитию камбал, ряд публикаций Н. С. Фадеева [259—261] по камба-

лам Сахалина, В. И. Тихонова [236—239] по камбалам западной Камчатки, Ф. Г. Шевцова [279, 280] по камбалам Северных Курил.

Итоги многолетних исследований по северотихоокеанским камбалам подведены в монографии Н. С. Фадеева [264], в которой изложены общие закономерности распространения и распределения камбал, их биологическая характеристика, рассмотрена история промысла, проведены оценки биомассы и максимально устойчивого улова.

По современным представлениям, в Охотском море обитает 25 видов камбал: колючая *Acanthopsetta nadeshnyi*, остроголовая *Cleisthenes hekrensteini*, бородавчатая *Clidoderma asperrimum*, дальневосточная эопсетта *Eopsetta grigojewi*, молорот Стеллера *Cliptocephalus stelleki*, японская палтусовидная *Hippoglossoides dubius*, северная палтусовидная *Hippoglossoides classodon*, двухцветная *Kareus bicoloratus*, двухлинейная *Lepidopsetta bilineata*, белобрюхая *Lepidopsetta mochigarei*, желтоперая *Limanda aspera*, желтополосая *Limanda herzensteini*, хоботная *Limanda proboscidea*, длиннорылая *Limanda punctatissima*, сахалинская *Limanda sakhalinensis*, темная полярная *Liopsetta obscura*, полосатая полярная *Liopsetta pinnifasciata*, дальневосточная малоротая *Microstomus achne*, звездчатая *Platichthys stellatus*, желтобрюхая *Pleuronectes quadrituberculatus*, Шренка *Pseudopleuronectes schrenki*, японская *Pseudopleuronectes yokohamae*, узкая *Fanatus kitaharae* и верспер Мозера *Verasper moseri*. Из них только

5 видов можно отнести к категории промысловых. В их число входят желтоперая, хоботная, линейная, узкозубая палтусовидная и желтобрюхая камбалы. Кроме указанных видов, в Охотском море обитает еще один весьма многочисленный вид камбал — сахалинская, но из-за малых размеров он промыслом практически не используется. Ниже приводятся краткие экологические обзоры по 6 вышеперечисленным наиболее массовым видам камбал Охотского моря.

Желтоперая камбала. Широко распространена в северной части Тихого океана, является самым многочисленным видом среди камбал. В Охотском море встречается в шельфовой зоне повсеместно, но в разных количествах. Наиболее обильна в западно-камчатских водах, где образует промысловые скопления. До 60-х годов она составляла основу камбальных уловов в зал. Терпения, но после многолетней интенсивной эксплуатации численность обитающей здесь популяции желтоперой камбалы резко сократилась, и она до сих пор находится в состоянии депрессии. В остальных районах желтоперая камбала скоплений не образует, хотя постоянно присутствует в траловых уловах.

Желтоперая камбала является сублиторальным видом с четко выраженной изменчивостью глубин обитания. В теплый период года наиболее плотные концентрации она образует на глубинах от 10 до 50—80 м. На зимовку мигрирует в сторону материкового склона на глубины 150—250 м, хотя часть молоди продолжает оставаться в зимний период в шельфовой зоне. Но такая картина наблюдается только в сравнительно тепловодных районах, таких, как западно-камчатский. В более суровых по термическим условиям районах, в частности в зал. Терпения, молодь также полностью мигрирует на зимовку в верхние горизонты материкового склона, где придонная температура воды даже в самые холодные месяцы года всегда имеет положительные значения.

Предельные размеры желтоперой камбалы не превышают 49 см, а масса — 1,7 кг [264]. Но такие крупные экземпляры встречаются крайне редко, обычно можно встретить особи длиной 22—32 см в возрасте 6—9 лет. При этом необходимо отметить, что у всех видов камбал, в том числе и желтоперой, размерно-возрастная структура популяции во многом определяется интенсивностью рыболовства. По наблюдениям П. А. Моисеева [153], у западной Камчатки в 1931—1934 гг., когда промысел камбал еще только начинался и имел незначительные масштабы, в уловах преобладали крупные рыбы размером 32—40 см, на долю которых приходилось 73,2 %. А в начале 60-х годов после многолетней интенсивной эксплуатации запасов основу уловов в этом районе уже составляла желтоперая камбала длиной 20—28 см в возрасте 5—7 лет [238]. Примерно то же самое отмечалось и для популяции, обитающей в зал. Терпения.

В целом же желтоперой камбале свойствен относительно небольшой темп как линейного роста, так и роста ихтиомассы. К 5 годам жизни она обычно достигает длины 18—20 см и массы около 100 г. Как показало сравнение темпов роста желтоперой камбалы, обитающей в разных районах, довольно отчетливо проявляются и популяционные особенности темпа роста. Наиболее быстро растет она в зал. Петра Великого, а самый медленный

рост наблюдается у западно-камчатской популяции [264]. Помимо этого, выявлены и межгодовые различия в показателях роста одной и той же популяции при разных уровнях ее численности. В большинстве случаев сокращение численности популяции благоприятно сказывалось на росте молоди, а у старших возрастных групп рост, наоборот, замедлялся [43, 238], что, видимо, связано с более ранним наступлением половой зрелости. Так В. И. Тихонов [240] показал, что в начале 60-х годов половина самок желтоперой камбалы западно-камчатской популяции созревала при длине 29,9 см в возрасте в среднем 8,5 года, а в конце 60-х годов — в возрасте 7,2 года.

Нерест желтоперой камбалы у западного побережья Камчатки продолжается в течение 3,0—3,5 мес, с конца мая до начала сентября, а массовый нерест происходит в июле. В зал. Терпения период размножения начинается несколько позже — в конце июня — и продолжается также до сентября. Индивидуальная плодовитость у самок длиной 26—45 см изменяется в пределах 370—2720 тыс. икринок [237]. Развитие выметанной икры протекает сравнительно быстро и при температуре 8—10 °C длится 5—8 сут [173]. Пелагическая стадия у личинок продолжается не более 2,0—2,5 мес, после чего они переходят к придонному образу жизни. При длине 23—33 мм метаморфоз заканчивается и личинки превращаются в мальков.

Молодь желтоперой камбалы питается преимущественно мелкими донными ракообразными, такими, как кумовые раки и амфиподы. У рыб средних размеров основу рациона, помимо амфипод, составляют двусторчатые моллюски и полихеты. По мере увеличения размеров камбалы доля двусторчатых моллюсков и мелких ракообразных в пищевом спектре сокращается, но возрастает роль декапод (преимущественно креветок), мелких рыб и крупных червей эхиурид.

Хоботная камбала. В Охотском море распространена повсеместно даже в самых холодноводных участках, таких, как Сахалинский залив, но образует скопления только на западно-камчатском шельфе, преимущественно в южной его части. В летний период обитает в сублиторальной зоне на глубинах от 10 до 60 м, в зал. Терпения на еще меньших глубинах — около 10—30 м. На зимовку мигрирует в нижнюю часть шельфа на глубины 80—150 м, а весной этот вид одним из первых перемещается на мелководье и уже в мае появляется у побережья.

Максимальные размеры хоботной камбалы не превышают 38 см, а масса — 500 г. Обычно в уловах преобладают особи размером 24—32 см, в возрасте 5—7 лет, массой 100—250 г. Растет этот вид медленно, как и большинство камбал, к пяти годам достигая длины 27 см и массы около 200 г. Половое созревание наступает в 5—6-летнем возрасте при длине 24—27 см. Нерест происходит в летние месяцы — с июня по сентябрь. Индивидуальная плодовитость изменяется в пределах 126—1512 тыс. икринок [241]. На первых годах жизни основу рациона составляют кумовые раки и амфиподы, а в дальнейшем с увеличением размеров преобладающей пищи становятся различные виды двусторчатых моллюсков, а также полихеты.

Узкозубая палтусовидная камбала. В Охотском море распространена только в восточной его части, у берегов Камчатки и Курильских островов. В западной части моря замещается близким видом — северной палтусовидной камбалой. Узкозубая палтусовидная камбала относится к группе элиторальных видов. В водах Камчатки, где она наиболее многочисленна, в летний период встречается в широком диапазоне глубин (от 20 до 400 м). Обычно на мелководье уловы представлены мелкими неполовозрелыми рыбами, а взрослые особи держатся преимущественно в нижней части шельфа и самых верхних отделах материкового склона в диапазоне глубин от 100 до 300 м. Протяженных горизонтальных миграций этот вид не совершает, скопления его из года в год располагаются в одних и тех же районах. У западного побережья Камчатки выделяются три участка с повышенными уловами палтусовидной камбалы. Первый расположен на траверзе Озерновского рыбокомбината на глубинах 80—120 м, второй — в районе 53° с. ш. и третий — самый северный — в районе 56°30' с. ш. на глубинах 200—350 м. В зимний период палтусовидная камбала остается на тех же участках, несколько смещаясь на большие глубины (200—400 м).

Предельные размеры палтусовидной камбалы не превышают 48 см, а масса — 1 кг. Преобладающими в уловах обычно являются особи размером 30—38 см, в возрасте 6—8 лет, массой 200—600 г. Темпы линейного роста и нарастания ихтиомассы незначительны, к пяти годам жизни палтусовидная камбала достигает длины 27 см и массы 190—200 г. Половое созревание наступает в 5—6-летнем возрасте при длине 27—31 см. Размножение, в отличие от других видов, происходит в весенний период, с начала апреля по конец июня. Индивидуальная плодовитость одной самки составляет 230—790 тыс. икринок [241]. К числу главных пищевых компонентов этого вида относятся двустворчатые моллюски, креветки и офиуры, а у крупных особей — и рыба, преимущественно минтай.

Желтобрюхая камбала. Широко распространена в северной части Тихого океана, как вдоль азиатского, так и американского побережий. В Охотском море встречается повсеместно, в том числе в Сахалинском заливе и в притауйском районе. Наиболее плотные скопления образуются у западного побережья Камчатки, где этот вид вместе с желтоперой камбалой составляет основу камбальных уловов. Относится к группе элиторальных видов с хорошо выраженными сезонными миграциями. В летние месяцы встречается в широком диапазоне глубин — от 20 до 300—400 м, но большая часть скоплений располагается на глубинах от 40 до 100 м. Осенью желтобрюхая камбала мигрирует в сторону материкового склона, зимой — концентрируется на глубинах более 100 м при положительных придонных температурах воды.

Желтобрюхая камбала относится к наиболее крупным видам камбал. В Охотском море она достигает длины 60 см и массы 3,0 кг [264]. В траловых уловах наиболее обильны особи длиной 24—44 см в возрасте 5—12 лет, массой 0,3—1,2 кг. Половозрелыми становятся рыбы длиной 30—35 см в возрасте 8—9 лет. Размножение происходит с марта до начала июня. Индивидуальная плодовитость составляет 66—523 тыс. икринок [241]. Основными объектами питания желтоперой кам-

балы являются полихеты, эхиуриды и двустворчатые моллюски.

Сахалинская камбала. Ареал сахалинской камбалы охватывает прибрежные воды северо-западной части Тихого океана. В Японском море этот вид обитает лишь в самой северной части, от зал. Петра Великого до Татарского пролива. В Охотском море сахалинская камбала распространена повсеместно, включая самые северные, наиболее холодные, участки шельфа. Встречается вдоль Курильских островов и восточного побережья Камчатки, а в западной части Берингова моря — до м. Наварин. В некоторых районах Охотского моря, в частности на северном шельфе и у берегов западной Камчатки, сахалинская камбала является преобладающей по численности среди камбального населения, в некоторые годы по биомассе уступая лишь желтоперой камбале. Это довольно холодолюбивый вид. В летний период основные скопления сахалинской камбалы наблюдаются в центральной части западно-камчатского шельфа, между 53 и 56° с. ш. на глубинах от 50 до 100 м при температуре воды от 0,5 до 4,0 °С. Причем из всех видов камбал, обитающих в дальневосточных морях, этот вид наименее привязан ко дну. Скопления камбалы нередко бывают в толще воды, особенно в ночное время, куда она поднимается для питания планктонными ракообразными.

Для сахалинской камбалы характерны довольно мелкие размеры и незначительная масса тела, вследствие чего ее лов практически не ведется. Максимальные размеры ее не превышают 36 см, а масса — 500 г, но такие особи встречаются редко. Обычно в уловах преобладают рыбы длиной 15—28 см, в возрасте 4—8 лет, массой 50—250 г. Максимальные размеры половозрелых особей составляют 13 см, а при длине 14—16 см созревает около 50 % особей. Размножение происходит в период с июня по конец сентября, массовый нерест наблюдается в июле—августе. Индивидуальная плодовитость, по данным В. И. Тихонова [241], изменяется в пределах 41—972 тыс., а в среднем составляет 322 тыс. икринок. Личинки сахалинской камбалы появляются при длине 1,3—1,4 мм, достигнув размеров 3 мм, они переходят на внешнее питание, потребляя мелких копепоид и велигеров моллюсков. Основой рациона молоди и взрослых рыб являются мелкие полихеты, амфиподы, кумовые раки и эвфаузииды.

Итак, для всех видов камбал характерны медленный рост, позднее созревание, невысокая плодовитость, сложная размерно-возрастная структура популяций, относительная стабильность урожайности поколений, низкий темп естественной смертности. Все эти биологические особенности в сочетании с легкой доступностью их скоплений для облова определяют прямую зависимость состояния их запасов от интенсивности промысла. Многолетняя история промысла камбал в дальневосточных морях наглядно подтверждает данное положение. Практически во всех без исключения районах развитие промысла происходило по одному сценарию. По мере увеличения количества добывающего флота и его модернизации последовательно осваивались ресурсы сначала в Японском, затем Охотском и, наконец, Беринговом морях. Интенсивность промысла и вылов сначала быстро нарастали до определенного предела, а потом после нескольких

лет чрезмерной эксплуатации запасы резко сокращались, приходило снижение уловов на усилие. Одновременно наблюдалось быстро прогрессирующее омоложение размерно-возрастной структуры отлавливаемых популяций. В некоторых районах численность камбал настолько сильно сократилась, что промысел стал экономически нерентабелен.

В Охотском море освоение ресурсов камбал началось в 1930 г. у берегов западной Камчатки. Сначала промысел велся паровыми траулерами на зимних банках. Уловы были невысокими и составляли 0,7—4,7 тыс. т. В 40-х годах постепенно стал развиваться круглогодичный интенсивный промысел. Особенно он возрос после поступления промысловых судов типа СРТ во второй половине 50-х — начале 60-х годов, когда только вылов составлял 85—140 тыс. т. Помимо этого, с конца 50-х годов стал быстро развиваться и японский промысел.

Все это не могло не сказаться на состоянии запасов камбал. Их численность резко сократилась сначала в зал. Терпения, а затем у Камчатки и в районе Северных Курил. С целью предотвращения дальнейшего падения уровня запасов рыбы были введены лимиты по районам и ряд других рыбоохранных мероприятий, однако до второй половины 70-х годов, т. е. до введения экономической зоны, эффективность этих мер была незначительной. И лишь с конца 70-х годов стала проявляться действенность рыбоохранных мероприятий. Однако темп восстановления запасов был различным в отдельных районах. Если на западно-камчатском шельфе численность камбал постепенно восстанавливалась почти полностью, то в зал. Терпения, испытывавшем наибольший промысловый пресс, до сих пор биомасса основных промысловых видов — желтоперой и желтобрюхой камбал — остается на крайне низком уровне.

В 80-х годах практически на всей шельфовой зоне Охотского моря были проведены траловые съемки по учету численности и биомассы донных

рыб, включая, естественно, и камбал. Это позволило впервые получить достоверные оценки по состоянию запасов камбал и соотношению разных видов камбал в донных ихтиоценозах [22—24]. Общее представление о биомассе камбал в 80-е годы на шельфе Охотского моря дает табл. 8.1, из которой видно, что почти 70 % всех запасов камбал сосредоточено на западно-камчатском шельфе, причем здесь же наблюдается и самая высокая средняя биомасса на единицу площади. В остальных районах как общая биомасса, так и средние скопления камбал почти на порядок ниже. Исключением являются значительные запасы сахалинской и северной палтусовидной камбал. Но плотных промысловых скоплений камбал в этом районе не обнаружено, и столь существенные запасы формируются исключительно за счет большой площади североохотоморского шельфа.

В настоящее время промысел камбал осуществляется главным образом в водах Камчатки, где ежегодно вылавливается 30—50 тыс. т. Помимо этого, незначительное количество камбал вылавливается в качестве прилова в районе южных и северных Курильских островов. В зал. Терпения промысел полностью запрещен в связи с депрессивным состоянием популяций основных промысловых видов. В восточно-сахалинских водах и в северной части Охотского моря добыча донных рыб пока вообще не ведется.

Необходимо отметить, что при нынешнем уровне состояния запасов рыб есть существенные резервы повышения камбальных уловов. Связаны они в первую очередь с изменением сроков лова. Сейчас почти весь лимит вылова на западно-камчатском шельфе реализуется в летнее время, причем главным образом за счет желтоперой камбалы, которая образует плотные скопления в прибрежной зоне. Остальные виды почти не отлавливаются, поскольку не образуют столь плотных скоплений, к тому же обитают на больших глубинах. Если же перейти с летнего промысла на зимний, то это не

Таблица 8.

Биомасса камбал (тыс. т) и ее состав (%) на шельфе Охотского моря в 80-е годы

Вид	Район						Все районы
	1	2	3	4	5	6	
<i>Acanthopsetta nadeshnyi</i>	2,1	—	0,2	—	—	0,5	0,1
<i>Cleisthenes herzensteini</i>	—	—	—	—	—	6,8	0,1
<i>Clidoderma asperrimum</i>	—	—	—	—	—	1,9	+
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	0,6	12,2	—	+	—	11,3	0,7
<i>Hippoglossoides classodon</i>	—	—	+	12,3	1,3	—	8,3
<i>Hippoglossoides robustus</i>	46,3	8,3	30,9	+	—	—	8,9
<i>Lepidopsetta bilineata</i>	—	—	—	1,5	96,3	30,3	2,9
<i>Lepidopsetta mochigarei</i>	—	—	—	—	—	19,1	0,3
<i>Limanda aspera</i>	21,7	0,8	12,3	38,0	2,2	0,3	28,9
<i>Limanda herzensteini</i>	—	—	—	—	—	7,5	0,1
<i>Limanda proboscidea</i>	0,2	2,1	1,0	4,5	+	—	3,3
<i>Limanda punctatissima</i>	—	—	—	—	—	1,7	+
<i>Limanda sakhalinensis</i>	32,2	9,6	36,0	27,7	0,2	—	27,9
<i>Plathichthys stellatus</i>	2,6	65,8	1,1	0,8	+	+	3,4
<i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	3,3	1,2	18,5	15,2	—	—	14,6
<i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	—	—	—	—	—	20,8	0,4
Всего, тыс. т	24	31	184	533	11	14	797
Средняя биомасса, т/км ²	0,75	0,82	0,61	11,84	1,66	0,82	1,82

Примечание. Районы: 1 — зал. Терпения; 2 — восточно-сахалинский шельф; 3 — североохотоморский шельф; 4 — западно-камчатский шельф; 5 — шельф северных Курильских островов; 6 — шельф южных Курильских островов; знак «+» означает <0,1 %.

только позволит вовлечь в промысловую сферу дополнительные ресурсы, но будет способствовать более рациональному использованию камбал вообще. В летний период, как говорилось выше, у большинства видов происходит нерест и вряд ли целесообразно ловить нерестовую рыбу. К тому же летом в больших количествах вместе со взрослыми особями добывается молодь. Совсем иная картина наблюдается зимой. В это время молодь большинства видов камбал держится отдельно от взрослых половозрелых рыб, которые образуют очень плотные смешанные скопления из нескольких видов. Таким образом, переход на зимний промысел, с од-

9. БЫЧКИ, ИЛИ РОГАТКОВЫЕ

Семейство бычков, или рогатковых (*Cottidae*), образует центральную, наиболее характерную группу ихтиофауны Охотского моря и занимает в ней главное место [287]. Число видов этого семейства (вместе с тесно примыкающими к нему семействами *Blepsiidae*, *Hemitripteriidae* и *Rhyngolotidae*) составляет в Охотском море около 50, т. е. почти $\frac{1}{5}$ всей ихтиофауны. Область вертикального распространения рогатковых простирается от литоральной зоны до глубины 2000 м. Все они являются типично донными относительно малоподвижными рыбами, в связи с чем тело их укорочено, расширено на переднем конце и имеет короткий хвостовой отдел. Для рогатковых характерно сильное развитие грудных плавников, что связано с превращением их в основной орган движения [233, 287].

Первым опубликованным сообщением о представителях семейства *Cottidae* из Охотского моря, по-видимому, является работа П. С. Палласа «*Zoographia Rosso-Asiatica*» (цит. по Н. П. Световидову [212]), в которой подытожены все знания об этих рыбах, накопленные к концу XVIII в. В течение XIX в. исследования рогатковых были в основном направлены на описание новых видов, совершенствование их систематики и выяснение места в системе рыб. Сведения по биологии представителей этого семейства ограничивались лишь указанием мест их поймки и условий обитания (температуры, глубины, грунта), а также максимальных размеров (П. Ю. Шмидт, 1904 г.).

В начале XIX в. продолжалось изучение и уточнение систематического положения рогатковых, анализ распространения отдельных видов в северной части Тихого океана, в том числе и в Охотском море. Итоги этих исследований подведены в работах В. К. Солдатовой, Г. У. Линдберга [220], А. Я. Таранца [232] и П. Ю. Шмидта [287], где наряду с материалами по другим видам рыб дается обзор рогатковых, обитающих в водах Охотского моря.

В 50-х годах появляются первые публикации, в которых уделяется внимание вопросам биологии и распределения некоторых представителей рогатковых у берегов Сахалина и Южных Курил [133, 270]. Специальные исследования рогатковых в Охотском море были начаты в 1978 г. в Камчатском отделении ТИНРО. Результаты проведенных в 1978—1983 гг. работ позволили выяснить закономерности распределения и основные черты биологии (размерно-возрастная структура, рост, воспро-

ной стороны, будет способствовать сохранению на высоком уровне воспроизводительной способности популяции камбал и формированию полноценного пополнения, а с другой — позволит увеличить общий объем вылова за счет более полного использования имеющихся ресурсов.

Другим важным резервом в использовании ресурсов камбал является разработка и внедрение нетрадиционных способов и орудий лова, применение которых сделает эффективным промысел при низких скоплениях рыбы в восточной и северной частях Охотского моря.

изводство, питание) трех наиболее массовых на западно-камчатском шельфе видов рогатковых — многоиглового керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Pallas), керчака-яка *M. joak* (Cuvier) и шлемоносца *Gimnacanthus detkisi* (Gilbert et Burke), оценить их запасы и возможный вылов в этом районе [133, 242—251].

Одновременно в первой половине 80-х годов ТИНРО в прибрежных водах Охотского моря (глубины 20—300 м) были выполнены учетные траловые съемки, результаты которых дали представление о соотношении различных видов рогатковых, их численности и биомассе на отдельных участках охотоморского шельфа [22, 23, 249, 292]. Как показали учетные траловые съемки, наиболее массовыми представителями рогатковых в Охотском море являются уже упомянутые многоиглый керчак, керчак-яок и шлемоносец, а также в южной его части рогатый бычок *Enophrus diceraus* (Pallas), а в северной — полчешуйчатый бычок-бабочка *Melletes papillio* Bean и бугорчатый керчак *Myoxocephalus tuberculatus* Soldatov et Pavlenko (табл. 9.1). Однако, принимая во внимание фактическую биомассу каждого из них в различных районах Охотского моря и учитывая особенности пространственного распределения, промысловое значение имеют лишь три вида — многоиглый керчак, керчак-яок и шлемоносец.

Многоиглый керчак и керчак-яок — наиболее крупные рогатковые северной части Тихого океана. В траловых уловах на западно-камчатском шельфе длина первого колеблется от 10 до 74 см, а масса — от 80 до 7400 г, второго — соответственно от 12 до 70 см и от 70 до 4900 г. Однако основу уловов в этом районе составляют особи обонх керчаков длиной 25—45 см и массой 500—1500 г. Рыбы максимальных размеров всегда являются самками, тогда как наибольшая длина самцов многоиглового керчака не превышает 53 см, а масса — 3300 г, керчака-яока — соответственно 52 см и 2200 г.

Как и у керчаков, самки шлемоносца крупнее самцов: предельные размеры первого достигают 42 см и 910 г, второго — 36,5 см и 480 г, но в траловых уловах наиболее многочисленны особи длиной 28—34 см и массой 200—400 г.

Между длиной и массой тела обонх керчаков и шлемоносца существует тесная связь, которая довольно точно описывается следующими уравнениями:

Видовой состав рогатковых (%) в траловых уловах и их биомасса (тыс. т) в шельфовых водах Охотского моря (1982—1988 гг., глубины 20—300 м)

Вид	Шельф Южных Курил		Шельф зал. Терпения		Восточно-сахалинский шельф		Североохотоморский шельф		Западно-камчатский шельф	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
<i>Icelus spiniger</i>	1,8	0,5	4,3	0,6	6,5	2,0	2,9	2,0	1,5	0,1
<i>Triglops scepticus</i>	8,4	2,9	3,3	0,2	0,3	+	1,2	+	3,6	0,3
<i>Mellalut papillio</i>	—	—	15,1	5,7	75,1	33,1	44,1	42,9	0,2	0,1
<i>Hemilepidotus jordani</i>	+	+	—	—	—	—	—	—	3,4	1,3
<i>H. gilberti</i>	7,5	5,7	2,8	0,8	0,2	0,1	+	+	1,6	0,8
<i>Enophrys dicerus</i>	21,9	12,4	26,3	6,6	2,1	0,8	2,1	2,1	0,3	0,1
<i>Myoxocephalus jaok</i>	0,4	0,5	21,7	58,5	5,5	11,5	0,6	2,0	15,3	23,6
<i>M. polyacanthocephalus</i>	1,6	7,5	5,0	19,3	7,3	50,7	3,8	34,7	22,9	55,1
<i>M. tuberculatus</i>	—	—	—	—	—	—	28,2	14,3	+	+
<i>Gymnacanthus pistilliger</i>	1,3	0,5	5,1	0,9	0,7	0,3	1,2	+	23,0	4,0
<i>G. detrisus</i>	55,0	67,2	—	—	—	—	0,3	+	26,6	12,9
<i>Hemitripterus villosus</i>	0,8	1,6	8,0	6,3	0,1	0,1	—	—	0,7	1,6
Прочие	1,3	1,2	8,4	1,1	4,2	1,4	15,6	2,0	0,9	0,1
Общий улов, шт/кг	222	63	32	18	64	17	34	5	238	152
Биомасса, тыс. т		14,3		10,2		14,0		27,0		149,0
Доля рогатковых в уловах по биомассе, %		12,9		9,2		10,2		4,5		14,1
Число видов	43/14		38/13		30/16		38/22		33/27	

Примечание. а — численность, б — биомасса. Знак «+» означает менее 0,1 %. В числителе — число видов рогатковых в каждом районе по литературным данным, в знаменателе — по результатам траловых съемок.

для многоиглового керчака —

$$W = 0,007L^{3,2150};$$

для керчака-яока —

$$W = 0,017L^{2,9508};$$

для шлемоносца —

$$W = 0,0140L^{2,9354};$$

где W — масса рыбы, г; L — длина рыбы по Смитту, см.

Максимальный возраст многоиглового керчака составляет 13, керчака-яока — 12, а шлемоносца — 16—17 лет, причем продолжительность жизни самцов рогатковых значительно меньше, чем у самок (у керчаков — 9, у шлемоносца — 13 лет). В период 1978—1988 гг. возрастной состав обоих керчаков

в траловых уловах был представлен 10—12, а шлемоносца — 9—14 возрастными группами. Основу уловов у керчаков составляли 3—7-годовики, а у шлемоносца — 7—10-годовики, совместная доля которых достигала 70—80 % общего количества.

Оба керчака относятся к сравнительно быстрорастущим видам (табл. 9.2). За четыре года они достигают длины 30—35 см. Максимальный линейный прирост (10—15 см) у них наблюдается на первом году жизни. В дальнейшем (в возрасте от 2 до 6—8 лет) темп роста стабилизируется. При достижении половой зрелости (массовое созревание у самок происходит в 5—6 лет, у самок — в 7—8 лет) линейный рост замедляется, а интенсивность весового роста керчаков увеличивается. Наибольший прирост массы тела наблюдается

Таблица 9.2

Рост керчаков и шлемоносца на западно-камчатском шельфе (по наблюдаемым и расчетным данным)

Возраст, лет	Многоиглый керчак				Керчак-яок				Шлемоносец			
	длина, см		масса, г		длина, см		масса, г		длина, см		масса, г	
	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки
1	12,9	13,4	—	—	12,1	13,7	—	—	7,8	8,1	—	—
2	19,8	19,2	—	—	20,2	21,1	142	137	13,0	13,3	—	—
3	25,0	24,6	270	233	25,6	26,1	242	245	16,9	17,4	50	45
4	30,4	30,7	373	426	30,5	31,6	403	444	19,9	20,4	90	104
5	34,8	37,8	652	679	34,7	37,8	583	791	23,7	23,5	149	145
6	39,3	44,8	944	1227	38,6	42,9	822	1165	25,2	24,9	177	174
7	43,0	51,8	1305	2143	42,1	49,4	1046	1705	27,8	27,9	225	258
8	46,6	57,4	1542	3398	45,0	54,1	1240	2214	28,8	29,9	257	308
9	48,5	61,4	1850	4760	—	56,9	—	2645	29,6	31,8	282	374
10	—	64,7	—	5152	—	61,1	—	3114	30,6	33,1	313	426
11	—	66,9	—	5908	—	64,3	—	3503	31,6	34,7	353	482
12	—	70,3	—	6407	—	—	—	—	32,2	36,0	390	539
13	—	71,6	—	7323	—	—	—	—	36,2	37,2	455	587
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37,4	—	594
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38,7	—	627

у самцов на 6—7-м, а у самок — на 7—9-м годах жизни, затем темп весового роста уменьшается. Одновозрастные самцы и самки керчаков, начиная с 5—6 лет, значительно различаются в размерах: самки крупнее самцов, и эта разница с возрастом неуклонно увеличивается, достигая к 9 годам у многоиглого керчака в среднем 12,9 см и 2900 г, а у керчака-яока — 9,1 см и 1000 г.

Шлемоносец, наоборот, является тугорослым представителем рогатковых (табл. 9.2), что, на наш взгляд, объясняется его обитанием преимущественно при отрицательных и близких к 0 °С температурах и, вероятно, малокалорийной пищей, которую он потребляет (гребневики и др.). Наибольший линейный прирост (6—11 см) у этого вида отмечается на первом году жизни, но, в отличие от керчаков, у шлемоносца нет столь резкого снижения темпа линейного роста, что, по-видимому, вызвано очень малым абсолютным приростом. При достижении половой зрелости (4—5 лет) темп роста замедляется, и с 6—7 лет ежегодный прирост не превышает 1—2 см. Интенсивность весового роста шлемоносца также очень велика. Как и у керчаков, половозрелые самки шлемоносца крупнее самцов. Начиная с 7 лет, их вес различается, достигая к 12 годам в среднем 3,7 и 142 г.

По способу питания керчаки являются хищниками-засадчиками, а шлемоносец — нектобентофагом. Судя по изменению индексов наполнения желудков, у этих рогатковых в течение года наблюдается сходная динамика питания: интенсивность потребления пищи нарастает от зимы к лету, достигая максимума в июле, затем происходит ее понижение до минимума в декабре — январе.

Спектры питания керчаков сходны и включают около 100 различных кормовых организмов. Молодь керчаков длиной до 15 см питается преимущественно бокоплавами и креветками, т. е. принадлежит к числу бентофагов. У рыб размером от 15 до 24 см наблюдается смешанный тип питания, а особи длиной свыше 25 см в возрасте 3 лет переходят к хищному образу жизни, и основной пищей им служат различные рыбы и крабы. Летом главным объектом питания обоих видов керчаков на западно-камчатском шельфе (40—50 % по массе) являются камбалы (преимущественно сахалинская и желтоперая). Зимой соотношение поедаемых объектов резко изменяется: доля камбал сокращается до 4 % массы пищи у многоиглого керчака и до 16 % у керчака-яока, но возрастает значение крабов (до 34—52 %) и различных «непромысловых» рыб (до 27—34 %). Следует отметить, что в годы высокой численности мойвы последняя составляет основу рыбной пищи керчаков, а потребление камбал сокращается.

Спектр питания шлемоносца включает около 70 % компонентов, но его главная пища в течение года (более 50 % по массе) — гребневики и гидроидные медузы, причем в зимние месяцы значение этих кормовых организмов возрастает более чем в два раза. В пище шлемоносца 21—25 см гребневики и медузы составляют около 10 %, а у рыб свыше 30 см — около 40 % массы пищи. По мере роста шлемоносца резко снижается потребление им мелких ракообразных (бокоплавов, мизид, эвфаузиид), но возрастает доля десятиногих раков, многощетинковых червей и эхиурид.

Анализ материалов по питанию и пищевым взаимоотношениям рассматриваемых рогатковых у западного побережья Камчатки позволяет сделать вывод, что в шельфовых экосистемах керчаки выступают как хищники, питающиеся преимущественно камбалами, а шлемоносец — как потенциальный пищевой конкурент последних. Основу питания обоих видов керчаков составляют сахалинская и желтоперая камбалы, причем выедается главным образом их молодь, т. е. особи, составляющие пополнение. Поэтому керчаки, достигающие на западно-камчатском шельфе сравнительно высокой численности, очевидно, оказывают заметное влияние на популяции этих двух видов камбал. Шлемоносец, потребляя представителей тех же групп бентоса, что и камбалы, в отдельные периоды жизненного цикла может быть их пищевым конкурентом. Наиболее велика степень сходства состава его пищи с четырехбугорчатой и желтоперой камбалами [160]. В связи с относительно хорошей общей «вооруженностью» колючками и шипами сами рогатковые сравнительно мало поедаются хищниками.

Общей чертой для всех рассматриваемых рогатковых является одновременный характер нереста и хорошо выраженный половой диморфизм как в экстерьерных признаках (окраска, размеры плавников, наличие шипов в коже), так и в размерах половозрелых особей: самцы мельче самок, что обусловлено их более ранним созреванием, меньшей продолжительностью жизни и низким темпом роста. Поэтому среди крупных рыб доминируют самки. Нерест обоих видов керчаков и шлемоносца происходит в зимние месяцы (декабрь—февраль) в нижней части шельфа (глубины 100—210 м) при температуре 0,5—2 °С на песчаных и песчано-илистых грунтах. Икра донная, клейкая, диаметром у керчаков 1,2—2,6 мм, у шлемоносца — 1,1—1,9 мм. Оба вида керчака обладают относительно высокой индивидуальностью плодовитости (в среднем у многоиглого — 225, у яока — 116 тыс. икринок). Сравнительно низкая плодовитость шлемоносца (36 тыс. икринок), на наш взгляд, компенсируется созреванием самок в более раннем возрасте и большей продолжительностью их жизни.

Исследуемые рогатковые входят в состав сублиторального ихтиоценоза [268], представители которого обитают в основном на шельфе, совершая сезонные миграции на его границу и в верхнюю зону континентального склона, где они зимуют. Но в распределении керчаков и шлемоносца в течение года имеются существенные отличия.

Керчаки в апреле по мере прогрева шельфовых вод начинают смещаться с мест зимовки в зону прибрежного мелководья, где происходит их интенсивный нагул. В июне—августе керчак-яок обитает преимущественно на глубинах менее 50 м в пределах сравнительно хорошо прогретой поверхностной водной массы сезонной модификации (температура 2—10 °С), а многоиглый керчак — на глубинах от 40 до 80 м на границе поверхностной и холодной промежуточной водных масс (температуры от 0,5 до 3 °С). Отход керчаков к местам зимовки начинается в октябре. В течение ноября—декабря основная масса особей керчака-яока держится на глубинах 80—100 м при температурах 0—1 °С, а многоиглого керчака — в интервале

глубин 100—200 м (температура от $-0,5$ до 2°C). В январе—феврале завершается формирование зимовальных скоплений керчаков. Оба вида к этому времени смещаются к нижней кромке шельфа и зимуют на участках, прилегающих к континентальному склону, и в его верхней зоне, где сказывается влияние теплой промежуточной водной массы (температура $1,5$ — 2°C).

Шлемоносец, в отличие от керчаков, в течение всего года обитает преимущественно в нижней части шельфа (глубины 80—230 м), в пределах холодной промежуточной водной массы при отрицательных и минимальных положительных температурах, не совершая сколько-нибудь значительных сезонных миграций. В июне—сентябре основная масса рыб держится в интервале глубин 80—160 м, а в ноябре—январе — 120—180 м, в марте (хотя граница отрицательных температур распространяется вблизи изобаты 200 м) — 170—220 м.

Таким образом, у керчаков, как и у многих других видов рыб северо-западной части Тихого океана [153], в течение года наблюдаются хорошо выраженные сезонные миграции: весной — в зону прибрежного мелководья (глубины 20—80 м), осенью — на границу шельфа и в верхнюю часть континентального склона (глубины 200—350 м). Шлемоносец в течение всего года держится главным образом в нижней части шельфа (глубины 80—230 м), не совершая сколько-нибудь значительных сезонных перемещений.

С введением тралящих орудий лова добыча рогатковых проводится повсеместно в водах Охотского моря в незначительных количествах в качестве прилова при промысле других донных рыб. Основная масса вылавливается в летние месяцы малыми рыболовными сейнерами (МРС) с помощью снуреводов. В промысловых уловах на западно-камчатском шельфе доминируют керчаки, которые в мае—сентябре облавливаются на глубинах 20—80 м при промысле трески, наваги и камбалы. Запасы шлемоносца практически не используются, так как основная его биомасса в летнее время сосредоточена на глубинах свыше 80—100 м. Количество ежегодного изъятия рогатковых в этом районе с начала 60-х годов и до настоящего времени колеблется в пределах 5—9 тыс. т, и лишь в отдельные годы отмечалось его увеличение до 15—18 тыс. т. Однако колебания вылова в рассматриваемые годы объясняются главным образом не возрастанием или сокращением интенсив-

ности промысла этих рыб, а сдачей на рыбообрабатывающие предприятия под видом «бычков» рыбы пониженной сортности, поскольку рогатковые используются преимущественно на производство кормовой муки.

В связи с выловом рогатковых в настоящее время главным образом в качестве прилова при промысле других донных рыб данные промысловой статистики имеют низкую степень достоверности (часто рогатковые учитываются совместно с другими видами прилова, полностью отсутствует информация о видовом составе промысловых уловов самих рогатковых). Все это резко снижает эффективность использования косвенных методов оценки запасов этих рыб, поэтому численность и биомасса керчаков и шлемоносца на западно-камчатском шельфе оцениваются двумя модификациями метода площадей по результатам ежегодных учетных траловых съемок, охватывающих глубины от 20 до 300 м. В первой из них для оценки численности и биомассы используется лишь площадь шельфа, на котором отмечался вид, а средневзвешенный улов рассчитывается пропорционально площади равновеликих уловов [8], во второй — используется вся площадь исследуемого района в диапазоне 20—300 м, а средневзвешенный улов рассчитывается пропорционально площади между изобатами 20—50, 50—100, 100—200 и 200—300 м. Общий запас многоиглого керчака, керчака-яока и шлемоносца на западно-камчатском шельфе, оцененный второй модификацией метода площадей, по данным траловой съемки 1988 г., составил соответственно 82,1, 35,2 и 19,2 тыс. т. Исходя из значения коэффициента естественной смертности, определенного по методу П. В. Тюрина [255], оптимальная доля промыслового изъятия многоиглого керчака, керчака-яока и шлемоносца не должна превышать 25—30 %, т. е. для первого вида 20—25, для второго — 8—11, а для третьего — 5 тыс. т. Суммарный вылов этих рогатковых в охотоморских водах Камчатки оценивается в 33—42 тыс. т. При тех же значениях коэффициента естественной смертности добыча обоих керчаков у берегов Сахалина возможна в пределах 4—5 тыс. т, а шлемоносца в водах Южных Курил — в размере 2—3 тыс. т. Предварительные рекомендации по вылову рогатковых на западно-камчатском шельфе даются на основании ежегодных оценок численности и биомассы каждого вида, а также их промыслового изъятия.

10. ПЕСЧАНКА

Песчанка — это массовая придонная рыба, обитающая в шельфовых участках моря. Научное название песчанки, обитающей в Охотском море. *Ammodytes hexapterus* происходит от греческого *ammos* (песок) и *dyo* (нырять или прятаться в норе) и *hex* (шесть), *pretos* (плавники или крылья, вертикальные плавники плюс продольные складки и боковая линия).

Песчанку за угреобразные движения называют еще *sandeel* — песчаный угорь, за удлиненное сжатое с боков ланцетовидное тело — *sand lance*.

Свойство этой мелкой, узкотелой рыбы свободно проходить сквозь ячейку тралов, обычно применяемых на промысле, наложило особый отпеча-

ток на степень ее изученности. До 1970-х годов имелись лишь отрывочные данные о встречаемости песчанки в пищевом комке рыб или ее личинок в сборах ихтиопланктона. Так, в работе Т. С. Рассы и М. В. Желтенковой [195] отмечено, что личинки песчанки встречались у западной Камчатки, а присутствие их в районе Курильских островов описала И. И. Казанова [108]. Значение песчанки как компонента питания трески рассматривал П. А. Моисеев [153], горбуши — В. И. Иванов [102]. По результатам съемок, выполненных в 70-х годах с помощью трала Айзекса—Кидда в северо-западной части Охотского моря, появились сведения о высокой численности молоди пес-

чанки (от 5,9 до 32,2 %) среди молодежи других промысловых видов рыб (минтая, сельди, наваги) [132].

Первые детальный анализ систематического положения песчанки рода *Ammodytes* Северного полушария был дан Г. У. Линдбергом в 1937 г. [134]. На основе собственных и литературных данных он определил песчанку наших дальневосточных морей как род или подвид *Ammodytes hexapterus* Pallas широко распространенного вида *A. hexapterus* Pallas. Автор указывает, что описание *A. Hexapterus* дано Палласом по экземплярам из района северных Курильских островов, восточного побережья Камчатки, Командорских островов и Аляски. По определительной таблице число позвонков у особей этого вида составляет от 67 до 72, включая уrostиль, количество лучей в спинном плавнике — от 56 до 64, тогда как для вида *A. personatus* Girard, обитающего в прибрежных водах Японии, число позвонков составляет от 60 до 66, лучей в спинном плавнике — 51—56.

Позднее Г. У. Линдберг в определителе по фауне СССР [136] на основании работ А. П. Андрияшева [7], Ричардса и др. [332] признает существование в Тихом океане широко распространенного *A. hexapterus* Pallas (1811 г.), обитающего в Желтом, Японском, Охотском и Беринговом морях, Бристольском заливе и южнее, до Калифорнии. Японские исследователи Китагучи [312], Хишимото [308], придерживаясь ранних взглядов Г. У. Линдберга, выделяют у Японских островов два вида песчанок: *A. hexapterus* Pallas с числом позвонков более 66, обитающих у северного побережья Хоккайдо, и *A. personatus* Girard с числом позвонков менее 66, обитающих у Хоккайдо и южнее.

Материалы, собранные на морфометрический анализ в 1980—1988 гг. в западной части Охотского моря, от 44°30' до 55°10' с.ш., показали, что различия по наружным качественным признакам в выборках не обнаружены. Для этих рыб характерна значительная изменчивость морфометрических признаков, которая могла возникнуть под воздействием экологических факторов на столь протяженных участках шельфа. Пределы колебания количества позвонков песчанки находились в пределах 63—72. При этом четко прослеживалась клинальная изменчивость этого признака. Пределы колебания числа лучей спинного плавника 51—62. Четкой клинальной изменчивости этого признака не прослеживалось, хотя и существует тенденция увеличения его в северном направлении. Еще менее заметна по участкам шельфа изменчивость средних значений количества лучей в анальном и грудном плавниках. Количество поперечных косых бороздок в просмотренных пробах изменялось от 111 до 180. Проявилась тенденция уменьшения их количества у этих рыб с юга на север.

Межпопуляционные сравнения выборок по совокупности меристических признаков показали достоверные различия ($p \leq 0,05$) между северной группировкой (выборки от северо-восточного Сахалина, Сахалинского залива и Шантарского района), южно-сахалинской группировкой (выборки из прол. Лаперуза, заливов Анива, Мордвинова, Терпения), группировкой от о. Итуруп (выборки с охотоморской и океанской сторон) и от о. Шумшу. Данные морфометрического анализа

подтверждаются результатами биохимических исследований на четырех выборках песчанки. Генетически независимыми, различающимися по частоте генов являются северная популяция (выборки от северо-восточного Сахалина), промежуточная популяция (выборка из прол. Лаперуза) и южная или популяция о. Итуруп (выборки с охотоморской и океанской сторон) [271].

Такая специфическая черта песчанки, как способность зарываться в пористый субстрат, накладывает отпечаток на характер ее распределения. Эти рыбы встречались в уловах донных тралов с мелкой ячейной вставкой в кутце, трала Айзека—Кидда, драг, в дночерпальных пробах на участках шельфа с песчаными, песчано-галечными, песчано-ракушечниковыми грунтами. Схема распределения песчанки на шельфе Охотского моря и в сопредельных водах (рис. 10.1) представлена по данным съемок ТИПРО, выполненных во второй половине 1970-х — первой половине 1980-х годов, а у побережья о. Хоккайдо — по данным Хашимото [308]. В целом батитермическое распределение рыб совпадает с распределением песчаных и галечных грунтов по Безрукову [11].

Наибольший материал по биологическим параметрам песчанки собран нами в сахалино-курильском районе. Данные по размерному составу и возрасту рыб в пределах обследованных участков шельфа представлен на рис. 10.2. Самые крупные особи песчанки длиной до 27—29 см, которые обнаруживались в уловах в районе прол. Лаперуза и у о. Итуруп, — это рыбы в возрасте 7+—9+ лет. В прибрежных водах северного Сахалина особи длиной более 21 см в уловах не отмечались. Уменьшение размеров песчанки к северу соответствует снижению температуры воды и замедленному росту этого вида в более высоких широтах. Впервые особи созревают в возрасте 1+ во всех обследованных районах, однако длина их в этом возрасте различается: в прол. Лаперуза и на шельфе Курил она варьирует от 12 до 14 см, у северо-восточного Сахалина — от 8 до 12 см. Массовое половое созревание рыб происходит в возрасте 2+ при длине 14—16 см в юго-западных участках моря и 12—14 см — в северо-западной его части. Размерный вариационный ряд песчанки из района прол. Лаперуза свидетельствует о том, что основу улова в июне 1987 г. составляли рыбы длиной 12—21 см в возрасте 1+—4+ лет. У юго-восточного Сахалина, в том числе в заливах Мордвинова и Терпения, в декабре 1986 г. облавливали неполовозрелых рыб длиной от 6 до 14 см — сеголеток и двухлеток. Сходная картина разобшенности в прострaнстве размерно-возрастных групп отмечалась и в прибрежных водах северного Сахалина: более мелкие и неполовозрелые особи обитали в мелководных участках Сахалинского залива на глубинах 30—60 м, а у северо-восточного Сахалина на глубинах 30—60 м преобладали половозрелые или впервые созревающие особи. В зал. Простор (охотоморская сторона о. Итуруп) в уловах встречались рыбы длиной от 11 до 23 см в возрасте 1+—5+ лет, в зал. Рока (океанская сторона о. Итуруп) отмечались более крупные особи от 14 до 29 см длиной и преимущественно в возрасте 3+—6+ лет. Размерно-возрастной состав рыб в уловах с охотоморской стороны о. Шумшу (Северные Курилы) был представлен более полно —

от сеголеток до семилеток. Масса тела рыб в траловых уловах в летне-осенний период изменялась от 2 до 70 г. Мы получили соотношения массы (W) и длины тела (L) по уравнению, допускающему аллометрический рост: для рыб, обитающих в прол. Лаперуза, $W = 0,0047 L^{2,90}$; у северо-восточного Сахалина $W = 0,0028 L^{3,114}$; у о. Итуруп $W = 0,0024 L^{3,112}$; у о. Шумшу $W = 0,0034 L^{3,00}$.

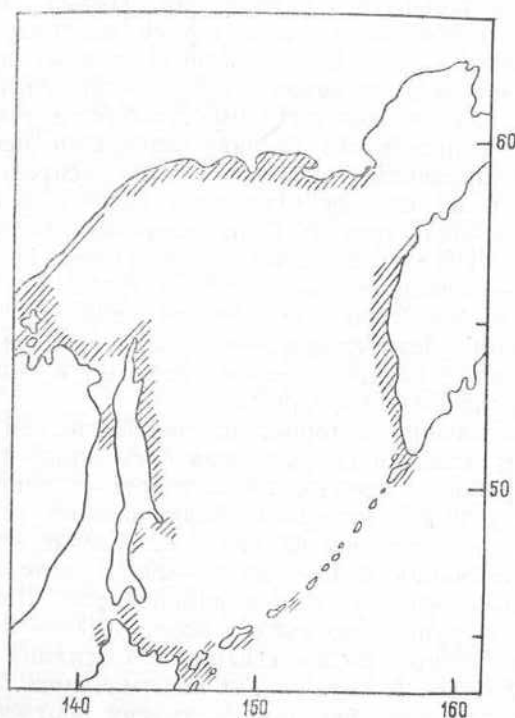


Рис. 10.1. Схема распределения песчанки в Охотском море и сопредельных водах в летне-осенний период.

Исследование таких сторон экологии, как размножение, питание, миграции, а также особенностей поведения песчанки в шельфовых участках Сахалина и Курильских островов показали следующее. Песчанка южно-сахалинской популяции, преимущественно половозрелые особи, с декабря по апрель распределяется в районе основного нерестилища, расположенного в прол. Лаперуза северо-восточнее скалы Камень Опасности и в юго-западной части зал. Анива на глубинах 30—70 м. Уловы этой рыбы в преднерестовый и нерестовый период не превышают 50—150 кг за получасовое траление. Температура воды в придонном слое в период нереста изменяется от $-0,5$ до $2,4^{\circ}\text{C}$. В прибрежных водах о. Итуруп нерест происходит с ноября по январь при температуре воды на нерестилищах от $0,8$ до $3,1^{\circ}\text{C}$. У о. Шумшу нерест начинается в октябре при температуре воды у дна $2,6$ — $3,4^{\circ}\text{C}$. Икрометание происходит на песчаных, песчано-галечных, песчано-ракушечниковых грунтах, на участках с сильными течениями. Вымет икры одновременный. Икра песчанки донная, приклеивается к песчаному субстрату. Индивидуальная абсолютная плодовитость песчанки в прол. Лаперуза колеблется от 2,31 до 43,38 тыс. икринок, в зал. Рока (о. Итуруп) — от 2,94 до 53,12 тыс. икринок, у о. Шумшу — от 6,15 до 40,04 тыс. икринок. Соотношение полов близко к 1:1.

Судя по отсутствию личинок песчанки в сборах ихтиопланктона в марте — первой половине мая период развития икры длительный. Выклев личинок родственного вида *A. personatus*, по экспериментальным данным Ямашито и Аояма [341], про-

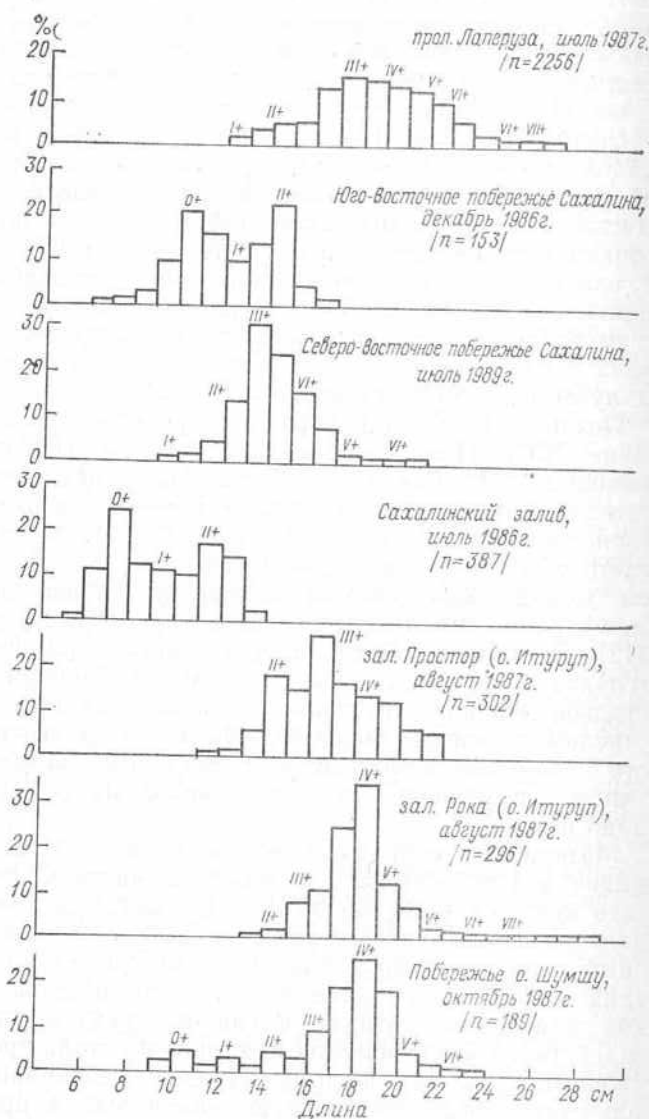


Рис. 10.2. Размерный состав песчанки (%) по данным траловых съемок 1986 и 1989 гг. и ее возрастные группы (выделены римскими цифрами).

исходит на 51-е сутки при температуре $6,5^{\circ}\text{C}$. Ранние личинки (предличинки) (по Т. С. Рассу [195]) рассматриваемого вида *A. hexapterus* длиной 4—5 мм отмечались в уловах со второй половины мая до начала июня в прол. Лаперуза и сопредельных водах юго-западной части зал. Анива, а также в заливах о. Итуруп, во второй половине июня — у северо-восточного побережья Сахалина. Районы нереста и наибольших концентраций личинок и предличинок совпадали. По мере роста личинок происходит их расселение. В июне—июле личинки южно-сахалинской популяции песчанки встречаются по всей акватории зал. Анива, причем по периферии их длина больше, чем в юго-западной части залива, и составляет 16—28 мм. Мальков длиной 30—50 мм обнаруживали в июле—августе у юго-восточного Сахалина. Сеголетки и

двухлетки, обитающие в осенне-весенний период на мелководных участках юго-восточного Сахалина (включая заливы Мордвинова и Терпения), летом пополняют нагульные скопления в районе прол. Лаперуза. После нереста в мае рыбы на период откорма мигрируют в высокопродуктивные участки прол. Лаперуза и зал. Анива. Перемещение с нерестилищ незначительное. Кроме того, в июне—августе на эти участки подходит пополнение, как отмечено выше, из соседних мелководных районов. И так ежегодно с мая по август—сентябрь образуются нагульные скопления. Наиболее протяженные перемещения свойственны личинкам песчанки за счет разноса течениями у южного Сахалина весной с водами теплого течения Соя в северном направлении.

В питании песчанки преобладают ракообразные (копеподы и эвфаузииды) — те же компоненты пищи, что и у сельди, минтая, лососей, молоди камбал и наваги. Молодь песчанки северо-западной части Охотского моря, как отмечала В. Д. Гурьева [66], находится в напряженных пищевых взаимоотношениях с молодь сельди, минтая и наваги.

Поведение песчанки в прол. Лаперуза в период интенсивного откорма (май—июль) во многом сходно с поведением других рыб-планктофагов. В темное время суток рыбы поднимаются в толщу воды, в утренние часы косяки садятся на грунт. В утренние и дневные часы уловы среднетоннажных судов с помощью специализированных донных тралов (с мелкоячейной вставкой и мягким грунто-тропом) нередко достигали 20—25 т за часовое траление. Сравнительно устойчивые для облова косяки сохраняются до середины июля—начала августа. По мере откорма косяки распадаются, уловы резко снижаются. Американские исследователи Мейер и др. [318] с помощью подводной кинофотосъемки наблюдали поведение песчанки близкородственного вида *Ammodytes americanus* и установили, что рыбы закапываются в песчаный грунт полностью или частично, когда не скосячиваются, а также то, что мелкие стаи и отдельные экземпляры рыб способны избегать трала. Явление закапывания песчанки *A. hexapterus* в грунт при защите от хищника или для отдыха отмечали И. И. Гирса и А. Н. Данилов [59].

У молоди песчанки обнаруживается положительный фотофаксис: сеголетки успешно облавливались на свет сачков в период отлова молоди лососей у берегов о. Итуруп. В Корее существует даже способ лова песчанки на свет, причем вылавливаются мелкие рыбы длиной 4—13 см. По неопубликованным данным А. И. ПолUTOва, собранным в рейсах ТИНРО на рыбопоисковом судне «Гидробиолог», песчанка обнаруживалась с помощью подводного аппарата в толще воды, а также в момент ее закапывания или при выходе из песчаных мелкогравийных грунтов в районе Аяна, причем на 1 м² ее насчитывали до 50 экз. При воздействии подводных источников света рыбы накапывались в световой зоне, длина их варьировала от 8 до 15 см. По нашим наблюдениям, у крупных рыб в период нагула в районе прол. Лаперуза положительный фотофаксис в такой степени не проявляется. Так, привлечение их на свет с помощью сайровых ламп положительного результата не дало.

Определение биомассы нагульных скоплений песчанки в связи с особенностями ее поведения и распределения необходимо проводить с помощью тралово-акустических съемок в начальный период нагула — в июне. В это время в уловах представлены как половозрелые рыбы, так и пополнение. По данным таких съемок, биомасса песчанки на 1 квадратной миле в районе прол. Лаперуза достигала 400—500 т. В августе—сентябре скопления образуются периодически, что связано с физиологическими перестройками у рыб в период роста и созревания гонад. Косяки крупных половозрелых рыб рассеиваются на обширной площади песчаных грунтов, в траловых уловах преобладают мелкие, в основном неполовозрелые особи длиной 10—15 см в возрасте 1+, 2+ лет. В период нагула в прол. Лаперуза перемещение скоплений, вероятно, происходит и на богатые кормом участки экономической зоны Японии, однако сведения у нас об этом отсутствуют. Известно только, что осенью уловы снижаются и в прибрежных водах о. Хоккайдо [311].

Результаты траловых съемок и промысловая статистика свидетельствуют о том, что биомасса нагульных скоплений песчанки в районе прол. Лаперуза (от берегов Хоккайдо до Сахалина) достигала наибольших значений в середине 70-х годов: в 1976 г. она составляла 200—250 тыс. т (по данным сотрудника СахТИНРО А. Я. Великанова), а в 1974 г. (по данным японских исследователей) — 410 тыс. т (материалы сессии Советско-японской рыболовной комиссии (СЯРК), 1980 г.). В эти годы ареал нагула расширился, скопления обнаруживались не только в традиционном районе — прол. Лаперуза, но и на продуктивных участках Татарского пролива. Улов (в основном японских рыбаков) в эти годы превышал 100 тыс. т за промысловый сезон (май—сентябрь). Вылов отечественными судами в 70 и 80-е годы не превышал 9—13 тыс. т.

Оценка биомассы нагульных скоплений в 80-е годы проводилась в районе прол. Лаперуза (в экономической зоне СССР) и сопредельных водах зал. Анива с помощью траловой съемки, с использованием метода площадей, а также по производственной модели Шефера. Биомасса изменялась от 110 тыс. т в 1981 г. до 56,8 тыс. т в 1984—1985 гг. и до 33,2 тыс. т в 1988—1989 гг., т. е. несколько повысилась в 1985 г. и существенно снизилась в дальнейшем. Как известно, изменение запаса рыб зависит от вклада поколений различной численности. Была обнаружена положительная связь между температурой воды в мае—июне (период выклева и расселения личинок) и численностью поколений (коэффициент корреляции — 0,795, $p = 0,05$). Отрицательные аномалии температуры 1984—1985 гг., которые не отмечались в последние два десятилетия и были вызваны ослаблением подтока теплых вод течения Соя, обусловили появление поколений низкой численности и повлекли за собой снижение промыслового запаса.

Определение объема возможного вылова на скоплениях песчанки в районе прол. Лаперуза проводили, исходя из концепции П. В. Тюрина [256] о том, что промысловое изъятие не должно превышать свойственного виду коэффициента естественной смертности рыб среднего возраста. Коэф-

коэффициент естественной смертности определялся методами, основанными на биологических параметрах [196, 256, 299]. Значения коэффициента мгновенной естественной смертности, полученные этими тремя методами, имели близкие значения: 0,59; 0,57; 0,52, в среднем 0,56, что соответствует 42 % годовой убыли. Отечественным промыслом прогнозируемый объем не добывался. Японскими судами в экономической зоне СССР вылавливалось по 17,8 тыс. т песчанки.

Оценка сырьевых ресурсов песчанки, как уже отмечалось, в последнее десятилетие проводится в районе прол. Лаперуза. В 1989 г. была выполнена тралово-акустическая съемка и у северо-восточного побережья Сахалина. В доступных для облова участках биомасса нагульных скоплений составила по предварительной оценке около 10 тыс. т.

Определенное представление о численности и биомассе песчанки можно получить с помощью расчетов выедаемости ее рыбами-потребителями. Песчанку на различных стадиях развития (от личинки до половозрелой) обнаруживают в желудках донных и пелагических видов рыб. В табл. 10.1 показаны рыбы, в желудках которых была обнаружена песчанка. И это далеко не полный перечень рыб-потребителей. Песчанка является также важным компонентом питания морских млекопитающих и птиц в Охотском море [292]. Основные же ее потребители — тресковые. В желудках трески, выловленной у северных Курильских островов, насчитывалось до 14—18 штук особей песчанки, а в отдельных экземплярах минтая у северо-восточного Сахалина — до 10—16 штук. Навага в зал. Терпения в отдельные годы потребляла около 10 тыс. т песчанки [209].

Биомасса нагульных скоплений минтая у северо-восточного Сахалина в отдельные годы достигала 500—600 тыс. т [189]. Исследования со-

держимого желудков минтая в этом районе в июне—августе 1976 г. и в 1978 г. показали, что от 2,1 до 24,2 % по массе их содержимого составляют рыбы, преимущественно песчанка [210]. С учетом суточного рациона минтая в летний период, рассчитанного сотрудником СахТИНРО Э. Р. Чернышевой (неопубликованные данные), составляющего 9 % массы особи, им у северо-восточного Сахалина за 3 мес выедалось 121 тыс. т песчанки при средней встречаемости 3 %. В разгар нагульного периода около 8 млн т минтая сосредоточено в северной части моря — от Шантарских островов до зал. Терпения [292]. Суточный рацион минтая в этой части моря для июля—сентября составлял 7,5—8,3 % массы тела, в среднем — 8,5 %. Частота встречаемости рыб (песчанки и мойвы) в пище минтая составляет 2,01 %. Приняв в расчетах встречаемость песчанки лишь 0,5 %, можно предположить, что ее выедаемость минтаем около 306 тыс. т. Все это свидетельствует о большой численности и биомассе песчанки в северных районах моря. Имеются также данные о локальных концентрациях песчанки у западного побережья Камчатки. Отдельные уловы ее составляли 10—20 т за траление.

Следует отметить, что во второй половине 80-х годов встречаемость песчанки в желудках минтая у северного побережья Сахалина снизилась. Это можно объяснить высокой численностью минтая в эти годы, во-первых — как рыбы-потребителя, во-вторых — как конкурента в питании.

При значительном уменьшении численности рыб-потребителей, например тресковых, или конкурентов — сельди, минтая — их место могут занять другие рыбы, в частности песчанка. Так в прол. Лаперуза и зал. Анива песчанка стала доминирующим видом в уловах после снижения запасов сельди в 1950-х годах и минтая в 1960-х годах.

Таблица 10.1
Встречаемость песчанки в желудках различных видов рыб в западной части Охотского моря по месяцам (1981—1988 гг.)

Рыба-потребитель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Минтай					×	×	×	×	×	×		
Навага		×	×	×	×	×	×	×	×	×		
Треска	×				×	×	×	×	×	×		
Звездчатая камбала					×	×	×	×	×	×		
Двухлинейная камбала					×	×						
Палтусовидная камбала					×	×						
Желтоперая камбала					×	×						
Бычки:												
многоиглые	×				×	×	×	×	×			
шлемоносные	×				×	×	×	×	×			
получешуйчатые	×				×	×	×	×	×			
Горбуша							×	×	×			
Сима						×	×	×	×			
Кета							×	×	×			
Мальма						×	×	×	×			
Кумжа						×	×	×	×			
Зубастая корюшка				×	×							
Акулы					×	×	×					
Скаты	×				×	×	×					

Мойва является единственным видом рода *Malolotus* семейства корюшковых. Отечественные исследователи рассматривают атлантическую и тихоокеанскую мойву в качестве подвидов [7, 115, 137, 198, 287]. Однако Мак-Алистер [315] считает этот вид монотипическим.

Тихоокеанская мойва широко распространена во всех дальневосточных морях, от северной части Японского до Чукотского. В бассейне Охотского моря она встречается почти вдоль всего побережья [17], включая прибрежные воды островов Хоккайдо, Кунашир и Парамушир [338]. Нахождение ее у Курильских островов к северу от о. Итуруп [198] в настоящее время не подтвердилось.

Мойва относится к прибрежно-морским рыбам арктическо-бореального комплекса. Весь ее жизненный цикл приурочен к водам шельфа и пришельфовым участкам. Наибольшие глубины, на которых она встречается в Охотском море, достигают 200—210 м у берегов Сахалина и 270 м — на севере района.

Первые исследования биологии мойвы Охотского моря относятся к концу 20-х годов [135]. Однако до настоящего времени изученность этого массового представителя пелагических рыб в плане прогнозирования и рационального использования запасов остается крайне недостаточной. В нескольких публикациях 40—50-х годов содержатся фрагментарные сведения об особенностях размножения, встречаемости и морфометрических показателях мойвы [7, 198, 199]. В конце 60-х — начале 70-х годов началось целенаправленное биологическое изучение сырьевых ресурсов мойвы в основных районах ее воспроизводства в Охотском море. Исследования касались преимущественно нерестового периода [131, 141, 204, 205, 281, 284]. В северной части моря были проведены наблюдения в нагульный период, с июля по октябрь [282, 285]. Отмечалась роль мойвы в прибрежных экосистемах моря. Предпринималась попытка дифференциации различных нерестовых группировок рыбы по биологическим признакам [283]. В 80-е годы был проведен цикл исследований в охотоморских водах Сахалина. Рассматривались вопросы экологии, размножения, сезонного распределения, внутривидовой дифференциации, структуры популяций [30—34]. В эти же годы начали уделять внимание раннему периоду онтогенеза [36, 158, 206]. В конце 70-х и в 80-е годы стали осуществлять количественные оценки ресурсов мойвы, а также изучать ее распределение в осенний период на всей акватории [292, 297].

Одним из наименее изученных вопросов является внутривидовая дифференциация мойвы Охотского моря. Исследования, направленные на выявление популяций, проводились лишь в некоторых районах. Ю. А. Шилин [283] показал различия в сроках икротетания, а также существенную биологическую неоднородность нерестовых группировок рыбы в северной и восточной частях моря и у северо-восточного побережья Сахалина. Более детальными исследованиями установлено, что в охотоморских водах Сахалина существует не менее трех локальных группировок мойвы: в зал. Анива, у юго-восточного (47—49° с. ш.) и

северо-восточного (50—53° с. ш.) побережий острова [30].

Каждая из этих группировок характеризуется наличием пространственно обособленной зоны нереста, районов нагула молоди и взрослых рыб, отличается сроками размножения, имеет высокодоверенные различия со смежными группировками по целому ряду биологических и морфологических признаков. Результаты икорных съемок, выполненных в 1987—1989 гг. у берегов юго-восточного Сахалина, включая зал. Анива, выявили также различия динамики нерестового запаса в двух последних районах. Таким образом, рассматриваемые три группировки имеют многие признаки самостоятельного воспроизводства, что дает немалые основания считать их локальными популяциями. Сколько таких популяций мойвы существует в бассейне моря в целом, остается неизвестным. Исходя из современных знаний о различиях гидрологического режима в ряде районов Охотского моря [292], сложившегося представления о том, что дальневосточная мойва ограничивается в своих сезонных миграциях лишь определенной частью моря [198, 285, 297], значительной биологической разнокачественности нерестовых группировок рыб в разных районах, можно предположить, что в данном водоеме мойва подразделяется не менее чем на 6—7 популяций. По-видимому, наиболее многочисленные из них находятся в северо-западной и восточной частях моря, хотя границы их ареалов не установлены. Не исключено, что небольшое локальное стадо мойвы обитает у берегов островов Хоккайдо и Кунашир. Совершенно неясным остается положение нерестовых группировок мойвы Сахалинского залива, Тауйской губы, зал. Шелихова.

Мойва принадлежит к числу мелких видов рыб с коротким жизненным циклом. В Охотском море наибольшей длины и массы она достигает в зал. Анива — 20 см и 52 г соответственно. Особи такой же длины отмечены в Тауйской губе. В районе западной Камчатки и в зал. Терпения они достигают длины 19 см, а массы соответственно 39,5 и 44 г. В большинстве остальных районов длина рыб не превышает 18 см, а масса — 43 г. Существенны различия средней длины рыб по районам, которая изменяется от 15,7 см в зал. Анива до 12,8 см в Сахалинском заливе. В целом наиболее крупная мойва по размерному составу встречается в заливах Анива и Терпения, где основу нерестовых скоплений составляют особи длиной 14—17 см. В других районах преобладает рыба длиной 12—16 см, а наиболее мелкая (11—15 см) — в Сахалинском заливе (рис. 11.1).

Возрастная структура нерестовой мойвы обычно представлена четырьмя поколениями, от 2 до 5 полных лет. Лишь в зал. Анива изредка встречаются шестигодовики. В северной и восточной частях моря преобладают особи в возрасте 3 и 4 лет. У восточных берегов о. Сахалин доминирующей группой являются четырехгодовики (рис. 11.1). Размерно-возрастной состав мойвы претерпевает также существенные изменения в зависимости от сезона и года.

Более высокий темп роста мойвы наблюдается в первые два года жизни, когда линейный прирост

составляет 4,9—6,3 см на первом и 4,8—6,1 см на втором году. В дальнейшем с возрастом скорость роста длины существенно снижается, а прирост уменьшается, составляя 1,2—3,8 см на третьем и 0,9—1,4 см на пятом году жизни. Самки растут

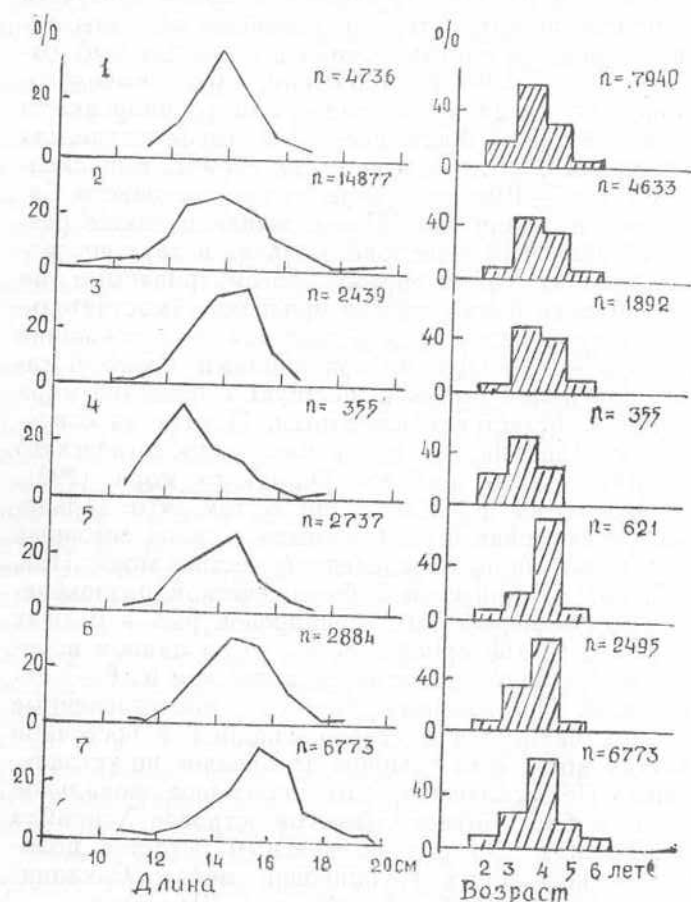


Рис. 11.1. Размерный и возрастной состав (%) нерестовой мойвы в разных районах Охотского моря.

1 — западная Камчатка (данные В. Г. Давыдова); 2 — Тауйская губа (данные Ю. А. Шилина); 3 — северо-западная часть моря (данные Ю. А. Шилина); 4 — Сахалинский залив; 5 — северо-восточный Сахалин; 6 — зал. Терпения; 7 — зал. Анива.

несколько медленнее самцов, однако различия в длине по возрастам невелики — до 0,6 см. В разных районах Охотского моря темп роста мойвы неодинаков и характеризуется своими особенностями. Наиболее быстрым ростом отличается мойва восточной части моря. В северной части

моря скорость линейного роста рыб в первые два года жизни выше, чем у рыб в юго-западной части (заливы Анива и Терпения). Однако, начиная с трехлетнего возраста, более высоким приростом характеризуются особи мойвы в последнем районе (табл. 11.1).

Сложный характер изменения темпа роста мойвы в разных районах обусловлен несколькими причинами. Более быстрый рост рыбы в районе западной Камчатки связан, по-видимому, с тем, что период нагула в этом районе наиболее длительный, с мая—июня по ноябрь—декабрь, а биомасса планктона летом наиболее высокая для всего моря, составляя в среднем 2500 мг/м³ [145]. В северной части моря период откорма несколько короче, чем в юго-западной, но продуктивность в мае и летом, и осенью существенно выше [297]. Это, видимо, и определяет более быстрый рост в первые два года жизни, а соответственно и более раннее половое созревание особей, в результате которого скорость роста в последующем снижается.

В юго-западной части моря из-за более низкой биопродуктивности вод рост мойвы в первые годы замедлен, что обуславливает позднее массовое созревание. Вследствие этого у рыб старших возрастов (3—5 лет) в районе восточного Сахалина, так же как у мойвы Лабрадора-Ньюфаундлендского региона, проявляется феномен компенсационного роста. В результате они догоняют и даже обгоняют в росте одновозрастных рыб северной части моря. Таким образом, популяции мойвы с быстрым ростом в первые годы жизни созревают раньше, в возрасте трех лет, медленно растущие — на год позже, в четыре года (рис. 11.1). В бассейне Охотского моря в целом мойва впервые принимает участие в нересте в возрасте двух лет, достигая длины в большинстве районов 10 см, в Тауйской губе — 9 см. Самки обычно созревают раньше и быстрее выходят из нерестового стада, чем самцы. Та в зал. Анива доля самок в возрасте двух и трех лет среди половозрелых рыб составляет в среднем 100 и 88 %, а в возрасте 4 и 5 лет — 41,1 и 15,1 % соответственно.

В нерестовых скоплениях доля самцов обычно более высокая и изменяется от 64 % в северной части моря до 93,6 % у восточного побережья Сахалина. В осенних нагульных скоплениях половозрелой мойвы в юго-западной части моря в 1983—1987 гг. также наблюдалось некоторое преобладание самцов, доля которых составила в заливах Анива и Терпения соответственно 53 и 56,4 %.

Индивидуальная плодовитость мойвы Охотского моря варьирует от 3,7 до 53,2 тыс. икринок, повышаясь с увеличением длины, массы и возраста самок [32, 204]. Наибольшей плодовитостью характеризуются популяции мойвы в районе западной Камчатки и зал. Анива, где среднее количество икринок у одной самки составляет соответственно 16,5 и 18,4 тыс. штук (максимальное — 38,2 и 53,2 тыс. штук). В более холодноводных районах максимальная плодовитость не превышает 25 тыс. штук. При этом у берегов Сахалина мойва более плодовита (в среднем 13,7—14,6 тыс. штук), чем в северной части моря (9,9—11,4 тыс. штук). Икрометание тихоокеанской мойвы происходит в приливной зоне, на глубинах не более 2 м у во-

Таблица 11.1

Линейный рост охотоморской мойвы в разных районах (по расчетным данным), см

Район	Район	Возраст, лет					Объем выборки, шт.
		1	2	3	4	5	
Западная Камчатка [130]	Самки	5,2	11,1	14,9	—	—	50
	Самцы	5,3	11,4	15,2	16,9	—	50
Тауйская губа	Самки	5,6	10,9	12,7	14,1	15,5	1292
	Самцы	5,9	11,5	12,7	14,4	15,8	3310
Северо-западная часть моря	Самки	6,0	11,7	13,1	14,1	15,1	875
	Самцы	6,3	12,3	13,5	14,7	15,6	1016
Юго-восточный Сахалин	Самки	4,9	9,7	12,9	14,8	15,8	224
	Самцы	4,9	10,0	13,0	15,1	16,4	227
Залив Анива	Самки	5,8	10,8	13,4	15,6	16,9	284
	Самцы	5,8	10,8	13,7	16,0	17,4	374

Таблица 11.2

Данные о концентрациях икры мойвы в некоторых районах Охотского моря, млн штук/м²

Год	Зал. Анива	Юго-восточный Сахалин	Северо-восточный Сахалин	Тауйская губа *
1979	3,14—15,90	—	—	0,19—4,52
1985	0,51—3,66	—	—	—
1986	—	0,26—0,67	—	—
1987	0,05—1,28	0,08—0,17	—	—
1988	0,01—2,10	0,01—8,77	0,06—1,32	—
1989	—	0,01—3,18	—	—
Всего	0,01—15,90	0,01—8,77	0,06—1,32	0,19—4,52

* Данные Шилина [284].

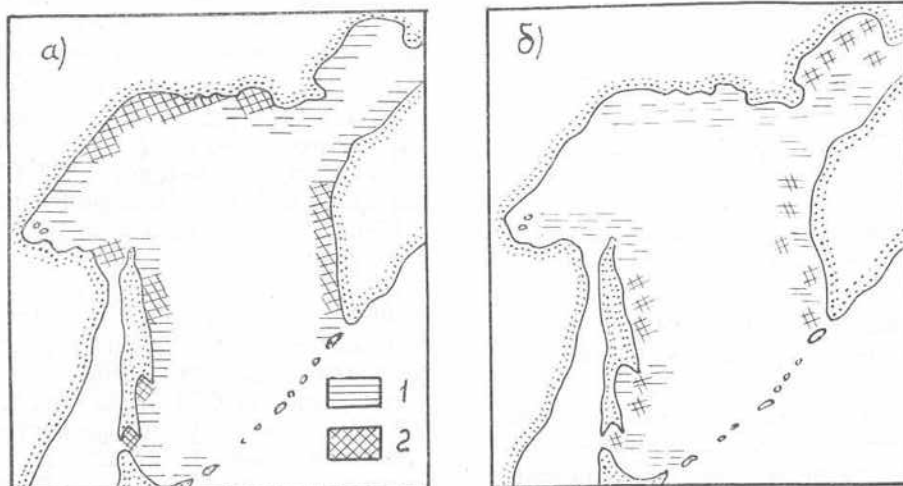


Рис. 11.2. Распределение мойвы в Охотском море в весенний (а) и осенний (б) периоды.

1 — районы встречаемости; 2 — районы повышенной численности.

точного побережья Сахалина и до 3—4 м в районе западной Камчатки. Икра донная, клейкая, наилучшим субстратом для нее является гравий и крупнозернистый песок. Ширина зоны, на которой встречается выметанная икра, составляет от 3—17 м в зал. Анива до 45 м в северной части моря [284]. Концентрация отложенной икры достигает 15,9 млн штук/м², значительно варьируя в зависимости от района и года. Высокие концентрации икры отмечаются в некоторые годы в заливах Анива, Терпения и в Тауйской губе (табл. 11.2).

Нерест мойвы наблюдается при широком диапазоне температур, например в зал. Анива — от 4,2 до 11,7 °С, у Шантарских островов — при 12,9 °С, в зал. Терпения — при 13,7 °С. Соленость воды не является определяющим фактором при выборе производителями мест нереста, так как

икра успешно развивается в широком интервале солености [31, 277]. Так, икрометание мойвы в Тауйской губе отмечалось при солености от 5,5 до 25,0 ‰ [281], в зал. Терпения — от 23,9 до 31,6 ‰.

В естественных условиях эмбриональное развитие продолжается в течение 26—28 сут при температуре 4—5 °С и до 20 сут при температуре 8—9 °С [158]. После выклева личинки могут оставаться в грунте до нескольких суток, даже во время отлива, что, видимо, сказывается на их выживаемости [36]. Продолжительность нахождения личинок на мелководье вблизи нерестилищ составляет около месяца. Со временем они расселяются по всей шельфовой зоне. Через два месяца основная масса личинок опускается в придонные слои [158].

Мойва относится к планктоноядным рыбам. В Охотском море спектр ее питания включает около 20 видов различных кормовых организмов от планктонных ракообразных до икры и личинок рыб и беспозвоночных. В нагульный период в большинстве районов моря основу ее питания составляют эвфаузииды и различные виды калянусов [205, 281, 285]. Питается мойва в течение всего года, но с различной интенсивностью. В юго-западной части моря наибольшая интенсивность питания рыб отмечается в преднерестовый период

(май), летом (август) и в конце нагульного сезона (декабрь). Слабое потребление корма наблюдается в период нереста (июнь), а также в октябре—ноябре. Мойва находится в конкретных пищевых отношениях с другими планктоноядными рыбами, особенно их молодь (минтай, сельдь, песчанка, навага). В Охотском море она в определенной мере является кормом для минтая, трески, наваги, бычка-керчака, палтуса [66, 213, 246, 262, 281]. Личинками мойвы активно питается в прибрежье молодь лососей [110]. Немалое значение имеет мойва в питании морских птиц [292], китов, белухи, кольчатой нерпы [217]. Распределение мойвы в зимний период не установлено из-за сложных ледовых условий. Весной она широко распределена по всей шельфовой зоне в пределах ареала (рис. 11.2 а), встречаясь над глубинами до 180 м. С прогревом вод она постепенно перемещается ближе к берегам, сосредотачиваясь к началу нереста над глубинами до 50 м. Нерестовые косяки формируются над глубинами до 20 м и менее, откуда совершают миграции к местам размножения. Зона нереста мойвы охватывает почти все побережье Охотского моря, за исключением Курильских островов. Повышенные концентрации нерестовой рыбы выявлены в северо-западной и восточной частях моря, в некоторых прибрежных районах Сахалина (рис. 11.2 а). Наиболее ранние

подходы мойвы к побережью — в конце мая — начале июня — наблюдаются в зал. Анива и у западной Камчатки. Самый поздний нерест (в середине июля) отмечен у Шантарских островов и в Сахалинском заливе. Продолжительность подходов варьирует по районам от 30—35 (зал. Анива, п-ов Камчатка) до 7—10 дней (северо-восточный Сахалин). Мойве присуща значительная послене-

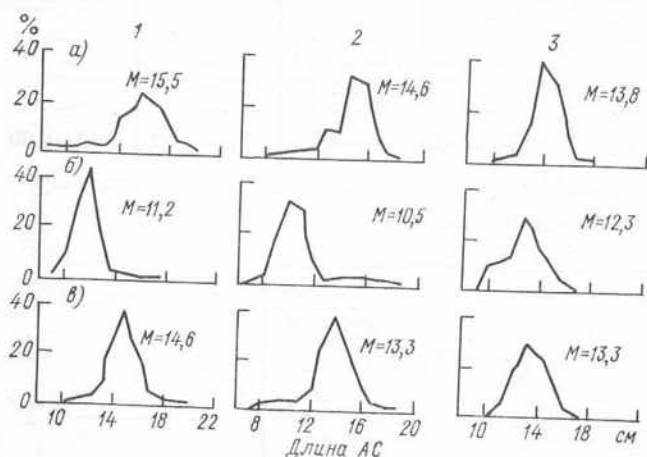


Рис. 11.3. Сезонная изменчивость размерного состава мойвы в охото-морских водах у о. Сахалин (уловы тралом).

1 — зал. Анива: а — весна ($n=3469$), б — лето ($n=1120$), в — осень ($n=433$); 2 — зал. Терпения: а — весна ($n=342$), б — лето ($n=1890$), в — осень ($n=5675$); 3 — северо-восточный Сахалин: а — весна ($n=2116$), б — лето ($n=675$), в — осень ($n=740$).

рестовая гибель. Выжившие после нереста особи отходят несколько мористее, где формируют с неполовозрелой рыбой разреженные пелагические нагульные скопления. Летом такие скопления мойвы встречаются над глубинами 30—60 м почти во всех районах, где происходит нерест. В октябре—ноябре с охлаждением вод мойва начинает смещаться в зону больших глубин (до 120—210 м). Распределение концентраций нагульной рыбы осенью не всегда совпадает с районами сосредоточения нерестовых скоплений (рис. 11.2 б). Однако протяженных нагульных миграций охотоморская мойва, по-видимому, не совершает, ограничиваясь определенной частью моря. Ее сезонные миграции сводятся к перемещению скоплений весной из мористых в прибрежные районы, а осенью — в обратном направлении. При этом различные размерные (возрастные) группы появляются в прибрежных водах в разное время. Раньше всех подходит к побережью крупная, половозрелая рыба, в большом количестве погибающая после нереста. Летом сюда совершают миграции мелкие, неполовозрелые особи, в основном двух- и трехлетки. Осенью они откочевывают, по-видимому, на присваловые участки, а в шельфовую зону перемещаются скопления более крупной, созревающей мойвы, которая составит основу нерестовых стад будущей весной (рис. 11.3).

В летне-осенний период мойва встречается при температуре воды на поверхности 0,8—17,0 °С, в придонном слое — от 1,8 до 9,0 °С.

Охотоморской мойве свойственны суточные вертикальные миграции, наиболее отчетливо выраженные в летний и начальный осенний периоды [285]. В течение большей части теплого времени года она образует обширные разреженные скопления. Ста-

бильные концентрации мойва формирует лишь на нерестилищах и вблизи от них, на глубинах менее 20 м. В районе западной Камчатки в отдельные годы, вероятно при определенных гидрологических условиях, плотные скопления этой рыбы в мае—июне встречаются на глубинах до 50—70 м, где уловы поисковых судов донным тралом составляли 10—20 т на траление. В ноябре 1985 г. крупные скопления мойвы были обнаружены в Гижигинской губе. Они распределялись в виде сплошных полей в придонном слое на глубинах 80—110 м. Уловы РТМС «Гиссар» в этом районе достигали 10—14 т на час траления. Эти данные свидетельствуют о том, что охотоморская мойва может образовывать скопления промыслового характера и в нагульный период. Однако условия формирования таких концентраций рыбы пока не изучены.

В Охотском море мойва является сравнительно многочисленным видом рыб, хотя ее запасы подвержены значительным межгодовым изменениям.

В настоящее время количественная оценка ее сырьевых ресурсов в основном носит ориентировочный характер. По данным аэровизуального учета отделений ТИНРО, биомасса нерестовой мойвы у западного побережья Камчатки в 80-е годы изменялась от 3,9 до 69,0 тыс. т. В северо-западной части моря на участке р. Улья — п-ов Лисянского в конце 70-х годов биомасса мойвы составила 250 тыс. т. Ресурсы мойвы у восточных берегов Сахалина гораздо меньше. По данным икорных съемок 1987—1989 гг., в зал. Анива запас составил 0,91—0,92 тыс. т, в зал. Терпения — 0,3—2,2 тыс. т, у северо-восточного Сахалина — приблизительно 1—2 тыс. т. При благоприятных условиях воспроизводства общая биомасса мойвы в Охотском море, по-видимому, может достигать 0,6—1,0 млн т [292].

Запасы мойвы очень слабо используются промыслом. Небольшой отечественный промысел ведется у западной Камчатки в весенний период, где в настоящее время годовой вылов не превышает 4 тыс. т. В 40-е годы ежегодные уловы в этом районе достигали 10—15 тыс. т [182]. У берегов о. Хоккайдо в октябре—ноябре японские рыбаки вылавливают до 1—2 тыс. т мойвы в год [138].

В связи со слабой промысловой эксплуатацией основная убыль мойвы в Охотском море происходит по естественным причинам. Короткий жизненный цикл и раннее созревание обуславливают весьма высокую ее естественную смертность. Наибольшая убыль наблюдается в ранние периоды онтогенеза. Например, средний показатель гибели икры от абиотических факторов (кроме обсыхания) на нерестилищах в зал. Анива достигает 15,9 %, в зал. Терпения — 28 %. В районе западной Камчатки смертность мойвы на первом году жизни составляет 99,9 % [158], в Татарском проливе (Японское море) — 99,95 %. Наименьшая убыль происходит в возрасте массового созревания. Коэффициент мгновенной естественной смертности, рассчитанный методами Лукашова, Рихтера-Ефанова, Альверсона-Карни, составил для мойвы зал. Анива 0,51—0,53, для мойвы района юго-восточного Сахалина 0,45—0,51.

По данным Камчатского отделения ТИНРО, динамика годовых уловов и нерестового запаса мойвы восточной части моря характеризуется

двухлетней периодичностью с увеличением мощности подходов рыбы в нечетные годы. Подобные межгодовые изменения численности мойвы отмечены в Татарском проливе и восточной части Берингова моря и обусловлены квазидвухлетней цикличностью урожайности ее поколений [33].

В настоящее время методов прогнозирования динамики запаса, а соответственно допустимых уловов для мойвы Охотского моря не разработано. В составе половозрелой части стада этого вида рыб доминирует пополнение. Поэтому с целью разработки экологических основ прогнозирования ее динамики численности важнейшей задачей является выяснение условий формирования поколений разной урожайности. Для мойвы Татарского про-

лива установлено, что численность ее поколений определяется не только запасом, но в большой мере ветровым режимом и температурными условиями в ранние периоды онтогенеза [35]. Поиск аналогичных связей урожайности поколений с абиотическими факторами, несомненно, перспективен и для популяций мойвы Охотского моря.

Таким образом, ресурсы мойвы представляют собой существенный резерв увеличения уловов рыбы в некоторых районах Охотского моря. Однако их промысловое освоение сдерживается комплексом организационно-экономических причин, в том числе недостаточной изученностью ее экологии, особенно вопросов формирования промысловых скоплений и динамики численности.

12. ЛЕМОНЕМА

Лемонема впервые была обнаружена в 1937 г. [232] и описана через год П. Ю. Шмидтом [286] по четырем экземплярам из Охотского моря. Несколькими месяцами позже из печати вышло описание лемонемы, сделанное Матсубарой [314]. До середины 50-х годов она считалась сравнительно редкой рыбой. Однако в 1954 г. И. И. Акимускин [3] обнаружил ее в массе в желудках китов бутылконосов, откармливавшихся у Курильских островов.

До середины 70-х годов лемонема отмечалась в небольшом количестве в уловах научно-поисковых судов, и лишь в 1974 г. были обнаружены ее плотные промысловые скопления в Алаидской ложбине (район охотоморского побережья о. Парамушир) и у восточного побережья о. Хонсю. Бурное развитие промысла лемонемы во второй половине 70-х годов потребовало напряженных исследований по ее биологии, миграционному поведению, динамике численности, паразитофауне. Первые их результаты опубликованы в статьях Г. П. Паутова [3, 117], Г. В. Авдеева [2, 301], А. Б. Савина [203]. В этот период исследовались главным образом скопления у берегов островов Хонсю и Хоккайдо, поскольку подавляющая часть лемонемы добывалась именно там. В середине 80-х годов в связи с ограничением рыболовства у побережья Японии произошло перемещение ее промысла в район Малой Курильской гряды. Исследовательские работы в Охотском море и прилегающих водах получили новый импульс.

12.1. Систематическая принадлежность и внутривидовая дифференциация

Laemonema longipes относится к семейству Moridae отряда Gadiformes. Т. С. Расс [192] на основании ряда признаков: выступающей вперед нижней челюсти, отсутствия на ней усика, более короткого, чем второй, первого луча первого спинного плавника, а также сжатого с боков ланцообразного тела с длинным вторым спинным и анальным плавниками, числа лучей в дорвальных и анальном плавниках, числа лучей в жаберной перепонке, выделил вид в отдельный род *Laemonema*. Однако А. С. Световидов [211] указал на недостаточность этих признаков для обособления рода, поскольку большинство из них харак-

терны также и для некоторых других представителей рода.

Существование подвидовых и инфаподвидовых таксонов для лемонемы неизвестно.

Кроме лемонемы, в Охотском море и прилегающих водах можно встретить также другие виды моровых: *Antimorami crolepis* и *Halargyreus johnsoni*.

О внутривидовой структуре лемонемы известно мало. Г. В. Авдеев [301] исследовал темпы роста лемонемы, а также ее зараженность плероцекоидными нибелиниями и личинками дифиллоботриид для двух районов: Японии и Северных Курил. Найдя серьезные различия по этим параметрам, он пришел к выводу о существовании там самостоятельных популяций, имеющих только им свойственные паразитологические и биологические характеристики. Однако в течение 15-летнего периода исследований в Охотском море выловлены лишь единицы особей, имеющих зрелые гонады, а в уловах преобладают неполовозрелые особи, и никаких признаков нереста не обнаружено. Численность лемонемы здесь испытывает значительные межсезонные колебания, увеличиваясь в летне-осенний период и резко падая в зимне-весенний. Это говорит о существовании нерестилищ вне Охотского моря и прилегающих вод. Исследования показали наличие мест нереста только в водах у южного побережья о. Хонсю и не менее трех основных районов нагула (зал. Вулканический, воды у юго-восточного побережья о. Хоккайдо и воды океанского побережья Малой Курильской гряды). Локализации скоплений севернее 45° с.ш. непостоянны и могут отсутствовать в тех или иных районах в те или иные годы. Очевидно, популяции лемонемы, если они существуют, разделены географически во время нагула, но имеют во многом совпадающие пути миграции, где обособленность имеет временный характер.

Возможно представить существование обособленной малокурильской популяции лемонемы, часть особей которой в летний период проникает далее на север, нагуливаясь по всему Охотскому морю. Кроме нее, можно также выделить популяции юго-восточного побережья о. Хоккайдо, побережья Малой Курильской гряды и зал. Вулканический. Все три популяции, в разное время мигрируя вдоль Курильской островной дуги на юг, нерестятся у южного Хонсю в районе о. Идзу. Дан-

ное заключение носит предварительный характер. Окончательный вывод о популяционной структуре можно будет сделать после подробного статистического анализа признаков особей в скоплениях как на местах нагула, так и на нерестилищах и во время миграций.

12.2. Структура популяций, рост, половое созревание

Скопления лемонемы с охотоморской стороны Курильской гряды серьезно отличаются от скоплений с океанской стороны по размерно-возраст-

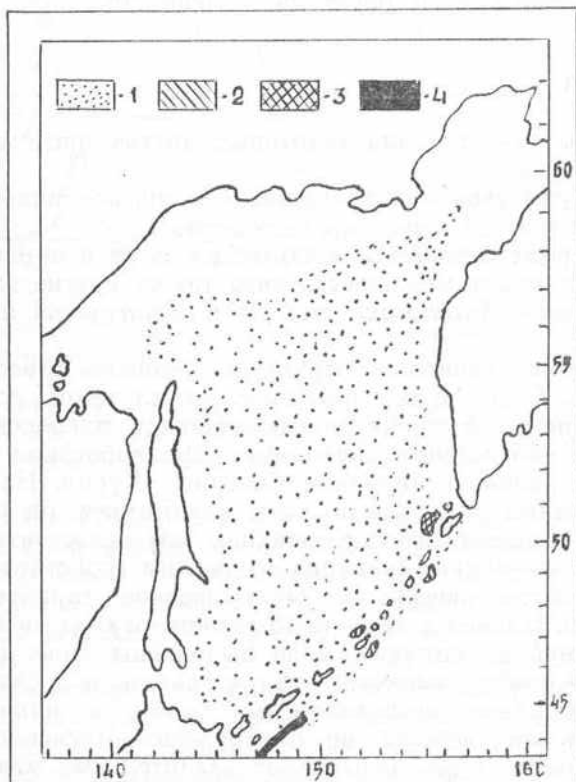


Рис. 12.1. Ареал и места наибольших скоплений лемонемы в Охотском море.

1 — ареал лемонемы; 2 — скопления молоди в Аланской ложбине; 3 — скопления у скал Ловушек и у о. Симушир; 4 — промысловые скопления лемонемы у Малой Курильской гряды.

ному составу. С охотоморской стороны Курил, так же как и по всему морю, обитает главным образом молодь: двух-пятигодовики с длиной тела 28—48 см, с океанской стороны — в основном

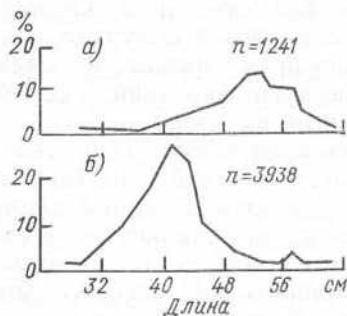


Рис. 12.2. Размерный состав лемонемы (по Паутову, 1980).

а — средние и южные Курильские острова; б — Аланская ложбина.

взрослые особи пяти-восьмигодовики с длиной тела 40—56 см (рис. 12.1 и 12.2).

Согласно Г. П. Паутову и Л. С. Кодолову [11, 166], лемонема — медленно растущая рыба, дости-

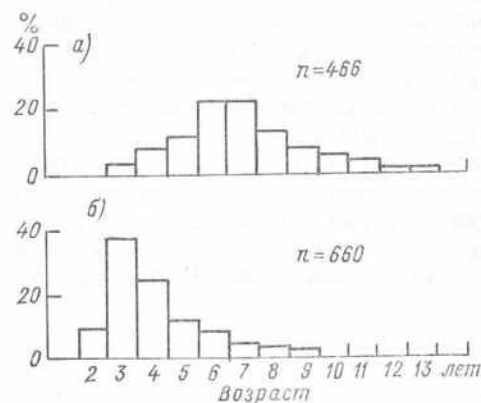


Рис. 12.3. Возрастной состав лемонемы.

а — средние и южные Курильские острова; б — Аланская ложбина.

гающая половозрелости на 5—8-м году жизни, при длине тела более 40 см и живущая до 26 лет. Однако проведенный А. Б. Савиным [2] анализ скорости движения положительных и отрицательных аномалий на кривых Сунда показал, что она имеет гораздо больший темп роста, т. е. в течени-

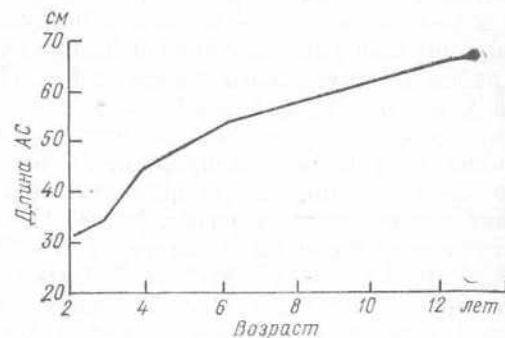


Рис. 12.4. Темпы роста лемонемы.

года у нее на чешуе должны закладываться одно, а два темных кольца. Если это предположение справедливо, то лемонема созревает на 3—4-м году жизни и живет до 13 лет (рис. 12.3, 12.4).

12.3. Особенности питания, пищевые взаимоотношения

Желудки лемонемы при извлечении этих рыб на поверхность обычно выворачиваются. Сотруники ТИНРО С. Б. Петров и В. Н. Тупонов исследовали уцелевшие желудки рыб из Аланской ложбины. По их данным, в питании лемонемы абсолютно преобладает интерознальный планктон, однако в рационе встречаются и придонные животные. Так, неполовозрелые особи потребляют преимущественно копепод *Calanus plumchrei*, *C. czistatus* и *Pareuschaete japonica*. В конце нагула заметно повышается роль эвфаузиид *Thysanoes longipes* и *T. inermis*. В вечернее время в том

другом случае в пище появились придонные креветки *Gennadus borealis*. У зрелых рыб в желудках нередко встречались кальмары (*Gonatus sp.*).

12.4. Воспроизводство

Созревание половых продуктов происходит осенью — зимой. Нерест, видимо, единовременный. Происходит он быстро, в течение февраля — марта, в водах южнее о. Хонсю. Нерестующие рыбы в 1975 г. отлавливались советскими рыболовными судами с глубин 600—800 м. Мелкая пелагическая икра отлавливалась в небольшом количестве при ихтиопланктонных съемках в районе нерестилищ скумбрии и сардины. Диаметр икринок в зрелых гонадах достигает 1 мм. Самки выметывают 300—500 тыс. икринок [117].

12.5. Распределение, поведение, миграции

Нерест лемонемы происходит с февраля по май у островов Идзу (район юго-восточной оконечности о. Хонсю), а нагул — с июня по декабрь у океанского побережья о. Хоккайдо и Малой Курильской гряды.

К побережью Малой Курильской гряды основные скопления лемонемы подходят к началу июля. Здесь они встречаются в районе между 43 и 45° с. ш. и 145 и 148° в. д. Часть косяков проникает дальше вдоль островной дуги на северо-восток, а также в Охотское море. Здесь они нагуливаются у охотоморского побережья о. Симушир, о. Парамушир, в Четвертом Курильском проливе, в подводном желобе у океанского побережья скал Ловушек, а также по всему Охотскому морю. Причем в Охотском море, как правило, относительное количество молоди значительно выше, чем у океанского побережья Курил. В периоды низкой численности всей популяции скопления лемонемы севернее 45° с. ш. почти полностью исчезают.

Обратная — нерестовая — миграция начинается в октябре. Подавляющая часть взрослых рыб мигрирует на юг в районе океанского побережья о. Хонсю к 36—37° с. ш. Вместе с ними на юг продвигается и большая часть молоди.

Косяки и отдельные особи лемонемы встречаются в придонных горизонтах на глубинах 200—2000 м, а в пелагиали они могут подниматься до горизонта 100 м. Так, у побережья о. Шикотан нередко промысловые уловы с горизонтов менее 200 м. Наибольшие уловы половозрелых рыб приходятся на глубины 300—750 м (для сравнения: в водах у побережья о. Хонсю — 650—850 м). Молодь, как правило, обитает в тех же районах, но на меньших глубинах. Имеются также и различия в поведении по размерам и полам: с увеличением глубины увеличивается доля крупных самок, а с уменьшением — доля мелких самцов.

Для лемонемы характерны суточные вертикальные миграции. Днем она образует скопления высотой 20—60 м в придонных горизонтах, а ночью поднимается в пелагиаль, отрываясь от грунта до 100 м. Плотность скоплений уменьшается, а их высота увеличивается вдвое. Штормовая погода нарушает миграционную ритмику, и скопления рассредотачиваются в толще воды.

12.6. Сезонная и годовая динамика уловов

Промысел лемонемы у Малой Курильской гряды велся в 1976—1977 гг. и с 1985 г. вплоть до настоящего времени.

В 1976—1977 гг. летний лов лемонемы начинался в водах побережья о. Хоккайдо — у м. Эrimo и в заливе, расположенном между мысами Эrimo и Сириба. Пауза в промысле в 1978—1984 гг. была вызвана снижением экономического интереса рыбаков к лемонеме. В этот период добыча лемонемы у японских берегов снизилась с 52,2 до 1,3 тыс. т. В середине 1980-х годов расценки на лемонему-сырец увеличиваются. Однако квота, ежегодно выделяемая советскому фонду японским Департаментом рыболовства, урезается до 4 тыс. т. Все это стимулировало добычу в советских водах. В сентябре 1985 г. группа отечественных судов, добывавших минтай у океанского побережья Малой Курильской гряды, обнаружила крупные скопления лемонемы. В этот год промысел шел в сентябре—октябре и декабре. Всего было добыто 3,4 тыс. т. В следующем году была создана специализированная лемонемная экспедиция в составе 5—8 супертраулеров и одного поискового РТМ типа «Атлантис». Она вела промысел с июля по декабрь и добыла максимальный для этого района годовой вылов лемонемы — 33,8 тыс. т. В 1987 г. состав промысловой экспедиции был вдвое меньше, и она за тот же период выловила 15,0 тыс. т. В 1988 г. четыре супертраулера добыли 13,3 тыс. т лемонемы.

Сезонная динамика уловов связана с миграционным поведением. С начала июля до первой декады августа уловы медленно растут — обычно на 20 %. Пик промысла, как правило (исключая 1987 г.), приходится на август—сентябрь. В октябре начинается обратная — нерестовая — миграция, уловы медленно падают, сходя на нет в последней декаде декабря.

12.7. Состояние и динамика запасов

Запасы лемонемы рассчитаны площадным методом по материалам траловых съемок. Для района Курильского побережья запасы скоплений летом 1977 г. составили в Алаидской ложбине 14,7 тыс. т, Четвертом Курильском проливе — 2,4 тыс. т, у скал Ловушек 0,8 тыс. т, в районе океанского побережья о. Итуруп между 44 и 45° с. ш. 71,6 тыс. т.

В Охотском море, согласно результатам двух комплексных траловых съемок ихтиофауны, проведенных В. В. Федоровым в 1984 г. (научно-поисковое судно «Новоульяновск») и в 1987 г. (научно-поисковое судно «Новодруцк»), цифры запасов лемонемы распределились следующим образом. Осенью 1984 г. в батии на глубинах 300—1000 м они составили 4,1 тыс. т. Для мезо- и батипелагиали на глубинах 300—1000 м запас всех морских составил 18,1 тыс. т, из которых на лемонему, по нашим расчетам, пришлось не более 7,0 тыс. т. Летом 1987 г. в мезо- и батипелагиали на глубинах 200—1000 м запасы лемонемы составили 13,7 тыс. т.

Траловые съемки собственно скоплений лемонемы в Охотском море не проводились, поэтому для исследования динамики численности исполь-

зован показатель плотности скоплений, измеряемый в тоннах на квадратную милю. Он рассчитывался по данным эпизодических тралений научно-поисковых судов, работавших в этих районах. При сравнении по годам использовались данные только по летне-осеннему периоду.

В течение периода исследований с 1974 по 1983 г. наблюдалось общее снижение численности скоплений лемонемы у побережья Курильских островов севернее 45° с.ш. Это привело к снижению как площади скоплений, так и их плотности. В районе скал Ловушек плотность центральной части скопления снизилась с 124,6 т/кв. милю в 1975 г. до 0,3 т/кв. милю в 1983 г., в Алайдской ложбине, с охотоморской стороны о. Парамушир — с 1132,6 т/кв. милю в 1974 г. до 30,2 т/кв. милю в 1985 г., в Четвертом Курильском проливе она падает с 897,7 т/кв. милю в 1975 г. до 2,2 т/кв. милю в 1982 г., в районе островов Уруп и Итуруп — с 12,1 т/кв. милю в 1975 г. до 0,4 т/кв. милю в 1984 г., а у побережья о. Симушир — с 200—300 т/кв. милю в 1975—1976 гг. до 0,4—2,0 т/кв. милю в 1983—1984 гг.

Снижение численности лемонемы у Курильских островов севернее 45° с.ш. повторяет снижение ее численности у островов Хонсю и Хоккайдо, что указывает на существование прямой связи между запасами и этих двух районов.

В течение года запасы лемонемы у Курильского побережья испытывают значительные колебания. По материалам научно-поисковых работ 1974—1984 гг. получена ориентировочная плотность скоплений по сезонам для всех районов побережья, исключая район Малой Курильской дуги. В течение года она меняется более чем в пять раз, достигая максимума в августе и минимума в марте — апреле.

В Охотском море, исключая побережье Курильской островной дуги, наибольшие скопления лемонемы приурочены к юго-западному побережью Камчатки. Так же, как и для района Курильских островов, для скоплений Охотского моря характерны изменения численности в межгодовом и межсезонном аспектах. Максимальная плотность скоплений у южной Камчатки отмечалась в 1976—1978 гг., когда в летне-осенний период она колебалась в пределах 65,8—431,2 т/кв. милю. А минимальная плотность скоплений пришла на 1984 г., когда она в тот же сезон составила всего 0,02 т/кв. милю. В 1985 г. она возросла до 0,2 т/кв. милю. Аналогичная картина наблюдалась и в остальных районах. У побережья северной Камчатки в период максимальной численности (1976—1977 гг.) плотность скоплений летом составила соответственно 34,9—23,4 т/кв. милю, а осенью

1984 г. — находилась на уровне 0,3 т/кв. милю. В 1985 г. отмечалось некоторое увеличение плотности: зимой она составила 0,07 т/кв. милю. В верхней части моря в 1977 г. плотность примерно равнялась таковой на юге Камчатки — 67,0 т/кв. милю. К осени 1984 г. она снизилась до 0,05 т/кв. милю и на следующий год увеличилась до 0,9 т/кв. милю. У восточного Сахалина летом 1978 г. она находилась на уровне 7,4 т/кв. милю, а к осени 1984 г. снизилась примерно на два порядка, составив 0,07 т/кв. милю.

В межсезонном аспекте максимальная численность характерна для летне-осеннего периода. Например, по данным съемок 1978 г. у южного побережья Камчатки плотность скоплений весной была примерно на порядок меньше их плотности осенью (10,3 т/кв. милю против 431,2 т/кв. милю). В том же районе зимой плотность скоплений была в 2—4 раза больше, чем весной. Так, зимой 1982 г. она составила 0,8 т/кв. милю, а весной 1982 г. — 0,3 т/кв. милю, зимой 1982—83 гг. — 3,2 т/кв. милю и весной 1983 г. — только 0,8 т/кв. милю.

Необходимо отметить, что, по нашим расчетам, минимальная плотность лемонемы, обеспечивающая рентабельную работу добывающего флота, составляет примерно 80—100 т/кв. милю.

12.8. Урожайность поколений

Урожайность поколений лемонемы рассчитывается по простейшей методике, которая в общем виде сводится к суммированию особей одного и того же поколения, выловленных на единицу промысловых усилий в различные годы промысла. Эта методика не позволяет получить абсолютные значения урожайности, однако дает возможность оценить относительную ее изменчивость. Имеющиеся в распоряжении материалы позволили оценить поколения, родившиеся с 1963 по 1981 г.

Колебания урожайности оказались достаточно высокими. С 1963 по 1971 г. она выросла более чем в полтора раза, затем до 1975 г. следует двукратное снижение, незначительный рост в 1977 г., стабилизация и новый спад в 1981 г.

Высокая флюктуация урожайности поколений лемонемы определяется развитием икры и личинок в зоне высокой изменчивости факторов внешней среды — в районе большого меандра Куроисио. В нем действуют все те факторы, которые влияют на урожайность таких важных промысловых видов, как сардина, скумбрия, сайра и др. Для лемонемы важнейшим фактором является меандрирование Куроисио.

13. МАКРУРУСЫ

В Охотском море макрурусы первоначально были встречены у островов Сахалин и Хоккайдо, п-ова Камчатка [194, 302, 303]. После экспедиций ТИРХа в 1931—1933 гг. и «Витязя» в 1949—1963 гг. к этим районам добавились северная и юго-западная части моря. Более подробно описано их распределение в курило-камчатском районе [232, 287].

До начала 60-х годов глубоководные работы в дальневосточных морях носили фаунистический

характер, сведений по биологии и особенностям распределения макрурусов в литературе не было. С началом глубоководных рыбохозяйственных исследований выявлено распределение рыб на глубинах до 800—1000 м и показано отсутствие плотных скоплений макрурусов на этих глубинах в Охотском море. Основу ихтиоценов здесь составляют камбаловые, макрурусовые и бельдюговые [162, 282, 291, 292].

Со второй половины 70-х годов в состав научно-поискового флота ТУРНИФ поступили траулеры типа «Атлантик», а позднее — более мощные типа «Пулковский меридиан» и «Прометей», что сделало доступными для траления глубины до 2000 м. На отдельных участках проводились экспериментальные траления до глубины 3400 м. Траловые съемки в дальневосточных морях подтвердили доминирование на этих глубинах макрурусов и их скопления на глубинах 900—1400 м в Беринговом море, у Камчатки и северных Курильских островов. Были выявлены новые перспективные для промысла макрурусов районы — у южных Курильских и Японских островов [252, 253]. До середины 80-х годов проводились исследования батили океанской стороны Курильских островов и охотоморской стороны Камчатки. С 1983 г. регулярно стали выполняться траловые съемки материкового склона всего Охотского моря для оценки состояния запасов черного палтуса, промысел которого начался в 1976 г.

13.1. Систематическая принадлежность и внутривидовая дифференциация

В Охотском море встречается четыре вида макрурусов из рода *Coryphaenoides*: малоглазый *C. pectoralis*, пепельный *C. cinereus*, черный *C. acrolepis* и длиннопёрый *C. longifilis*. Они относятся к семейству Macrouridae отряда Macrouriformes и систематически близки к тресковым и моровым. Характерными признаками их являются следующие: мощная голова с непарным подбородочным усиком, сужающееся сзади тело, два спинных плавника, один из которых сросся с анальным, расположение брюшных плавников впереди грудных, крупная печень, замкнутый плавательный пузырь, сросшийся со стенками полости тела. Между собой эти виды различаются по числу лучей в брюшных плавниках, размерами и пропорциями тела, окраской. Подвидовые таксоны для всех макрурусов неизвестны, их внутривидовая структура не изучена [140, 162, 330].

По особенностям размерно-массового и возрастного состава, темпу роста, срокам созревания, периодам массового нереста и плодовитости малоглазого макруруса (наиболее изученного среди них) в пределах его ареала имеются обособленные группировки, хотя на границе районов нельзя исключить вероятность обмена некоторым количеством особей.

13.2. Структура популяций, рост, половое созревание

В донных траловых уловах в Охотском море малоглазый макрурус представлен особями длиной 25—160 см и массой 300—21 500 г, пепельный макрурус — длиной 20—64 см и массой 30—550 г, черный макрурус — длиной 26—78 см и массой 100—3000 г (рис. 13.1). Более 90 % рыб имели длину и массу соответственно: малоглазый макрурус — 60—90 см, 500—4000 г; пепельный — 32—54 см, 100—300 г; черный — 25—70 см, 100—2500 г.

Для малоглазого макруруса характерно раздельное обитание полов и преобладание самок до

глубин 1000—1400 м. В Охотском море самцы также держатся над склоном (табл. 13.1). Самки пепельного макруруса преобладают на глубинах до 800 м, глубже возрастает доля самцов. В уловах черного макруруса на всех глубинах доминируют самки, составляя от половины до 2/3 уловов.

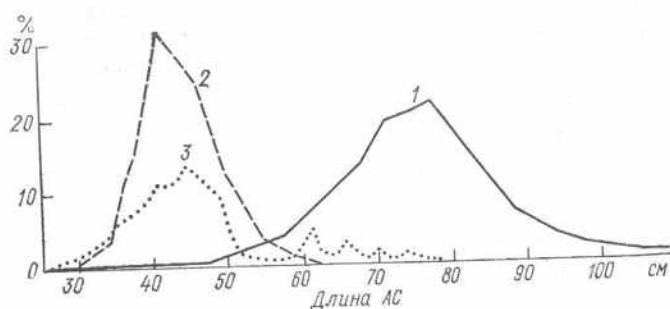


Рис. 13.1. Размерный состав (%) макрурусов Охотского моря.

1 — малоглазый ($n=8897$, $M=75,45$ см); 2 — пепельный ($n=1965$, $M=44,1$ см); 3 — черный ($n=275$, $M=46,9$ см).

Возраст и рост макрурусов — один из немногих вопросов их биологии, освещенных в литературе [126, 127, 161, 162, 165, 253]. Всеми авторами отмечается периодичность роста макрурусов и наиболее высокий темп роста в первые годы жизни. Для

Таблица 13.1

Соотношение полов (доля самок, %) макрурусов Охотского моря

Глубина, м	Макрурус					
	малоглазый		пепельный		черный	
	%	Объем вы-борки шт.	%	Объем вы-борки шт.	%	Объем вы-борки шт.
500—600	67	66	61	38	—	—
600—700	66	183	61	62	—	—
700—800	57	486	53	66	—	—
800—900	58	869	35	405	70	35
900—1000	53	380	28	366	44	22
1000—1100	63	309	19	317	—	—
1100—1200	55	169	36	136	60	30
1200—1300	46	82	47	53	—	—
1300—1400	35	20	22	77	49	49
1400—1500	54	24	50	14	—	—

малоглазого макруруса это первые 5 лет, для пепельного — 3—4 и черного — 2—3 года (табл. 13.2). Более высокий прирост на первом году жизни имеют малоглазый и черный макрурусы, у пепельного макруруса он ниже. С наступлением половозрелости темп роста макрурусов замедляется.

Таблица 13.2

Годовые приросты длины тела макрурусов Охотского моря, %

Макрурус	Возраст, лет									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Малоглазый	17,2	8,5	8,1	7,8	7,9	6,4	5,6	5,2	4,0	4,8
Пепельный	13,8	5,3	9,8	7,8	4,2	6,0	—	—	—	—
Черный	16,9	9,4	8,3	5,9	2,7	—	—	—	—	—

Половое созревание малоглазого макруруса наступает в 6—10 лет при длине 70—95 см, пепельного — в 3—5 лет при длине 28—40 см, черного — в 3—6 лет при длине 50—70 см. Самцы созревают несколько раньше самок.

Малоглазый макрурус относится к видам с длительным жизненным циклом, его предельный возраст в Охотском море — 24 года. Пепельный макрурус — короткоцикловый вид, достигающий воз-

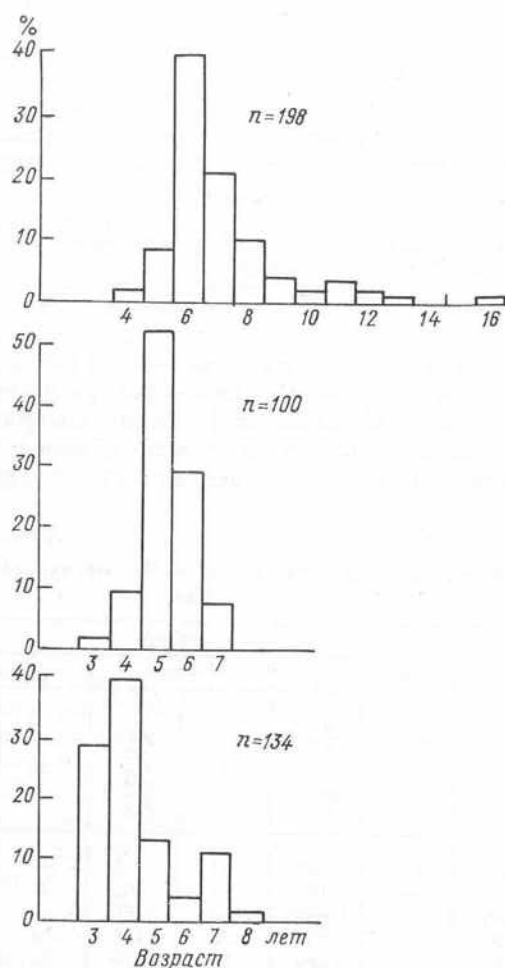


Рис. 13.2. Возрастной состав макрурусов Охотского моря.

раста 10 лет, черный макрурус по этому признаку занимает промежуточное положение — его предельный возраст в Охотском море составляет 14 лет. Возрастной состав макрурусов в уловах донным тралом представлен на рис. 13.2.

13.3. Особенности питания, пищевые взаимоотношения

Основные трофические связи на материковом склоне идут от хищников через планктонных рыб и кальмаров к планктону. Сведения о питании макрурусов содержатся в работах А. Я. Бирштейна и М. Е. Виноградова [15], Н. П. Новикова [162], В. Н. Тупоногова и А. А. Куренного [253].

По имеющимся отрывочным данным, молодь макрурусов в пелагический период ее жизни питается интерзональным планктоном — эвфаузидами, веслоногими и гипериидами. По мере роста молодь

макрурусов опускается на глубину, и у нее происходит смена основных объектов питания.

Малоглазый макрурус — нектобентический хищник с широким пищевым спектром. Основу его рациона составляют придонные и батипелагические рыбы, головоногие моллюски и крупные ракообразные. Из них наиболее часто потребляются минтай, серебрянка, батилаги, командорский кальмар, северная креветка, крабы-стригуны. Черный длинноперый макрурус занимает промежуточное положение между батипланктофагами и батибентофагами. Причем длинноперый макрурус ближе к батибентофагам, он питается придонными и донными рыбами, креветками, головоногими моллюсками. Черный макрурус потребляет крупных пелагических планктонных ракообразных — эвфаузиид, копепоид, придонно-пелагических бокоплавов, кальмаров и рыб, т. е. он стоит ближе к батипланктофагам. Пепельный макрурус является преимущественно батипланктофагом — в его питании мало рыбы, головоногих моллюсков и креветок, а преобладают копепоиды, эвфаузииды и бокоплав. Реже в питании макрурусов встречаются чистодонные виды — полихеты, брюхоногие и двустороннежадные моллюски, офиуры.

В отличие от других районов, в Охотском море спектр питания малоглазого макруруса характеризуется преобладанием головоногих моллюсков, черный и пепельный макрурусы потребляют больше пелагических ракообразных. В зависимости от глубины состав пищи и наполнение желудков макрурусов изменяется — с глубиной повышается роль в питании рыб и уменьшается значение кальмаров и планктонных организмов. Интенсивность питания повышается утром и вечером, макрурусы совершают вертикальные перемещения вслед за кормом.

Пищевые взаимоотношения макрурусов по коэффициентам пищевого сходства наиболее тесные в Охотском море с черным и азиатским стрелозубым палтусом, треской, лемонемой и ликодами.

13.4. Воспроизводство

Размножение макрурусов изучено слабо. Все макрурусы не живородящие [313], оплодотворение их происходит во время нереста. Нерест длится в течение всего года, наибольшее количество преднерестовых и нерестовых особей приходится на зимне-весенний период. Судя по размерам овоцитов на стадиях IV—V, V (кривые их распределения имеют одно- и двувосходящий характер), вымет икры порционный. Но поимка только полностью отнерестовавших особей и незначительная разница в созревании овоцитов указывают на небольшую продолжительность нереста, т. е. макрурусам присуща, скорее всего, вторичная порционность, и разница между порциями составляет несколько дней.

Плодовитость пепельного макруруса невелика — 3,3—16,7 тыс. икринок. Черный макрурус выметывает 46—267 тыс. икринок, малоглазый макрурус — 27—416 тыс. икринок [116, 253]. С увеличением размеров рыб плодовитость возрастает.

Икра макрурусов диаметром 2—2,12 мм встречается в иктопланктонных сборах над глубинами более 1000 м, на 500-метровом горизонте [157].

Локальных нерестилищ в ходе исследований не выявлено, нерест макрурусов идет вблизи склона по всему ареалу [162]. Развитие икры, выклев личинок и нагул молоди происходят в батипелагиали, мористее материкового склона.

13.5. Распределение, поведение, миграции

Все представители макрурусовых — глубоководные виды, и только некоторые из них приспособились к обитанию в зоне шельфа [140]. Молодь макрурусов ведет пелагический образ жизни и оби-

гнали. Известны пелагические скопления пепельного макруруса у Курильских островов. Концентрации малоглазого макруруса — наиболее массового среди охотоморских макрурусов — известны только у дна, все поимки его в пелагиали сравнительно редки. Траловые съемки в мезо- и батипелагиали моря, выполненные В. В. Федоровым на научно-поисковых судах ТУРНИФ в 1984 и 1987 гг., показали, что по крайней мере часть особей этого вида обитает в этих слоях в течение длительного времени. Возможно, они живут здесь постоянно.

Скопления макрурусов привязаны к водам субарктического происхождения. Макрурусы довольно

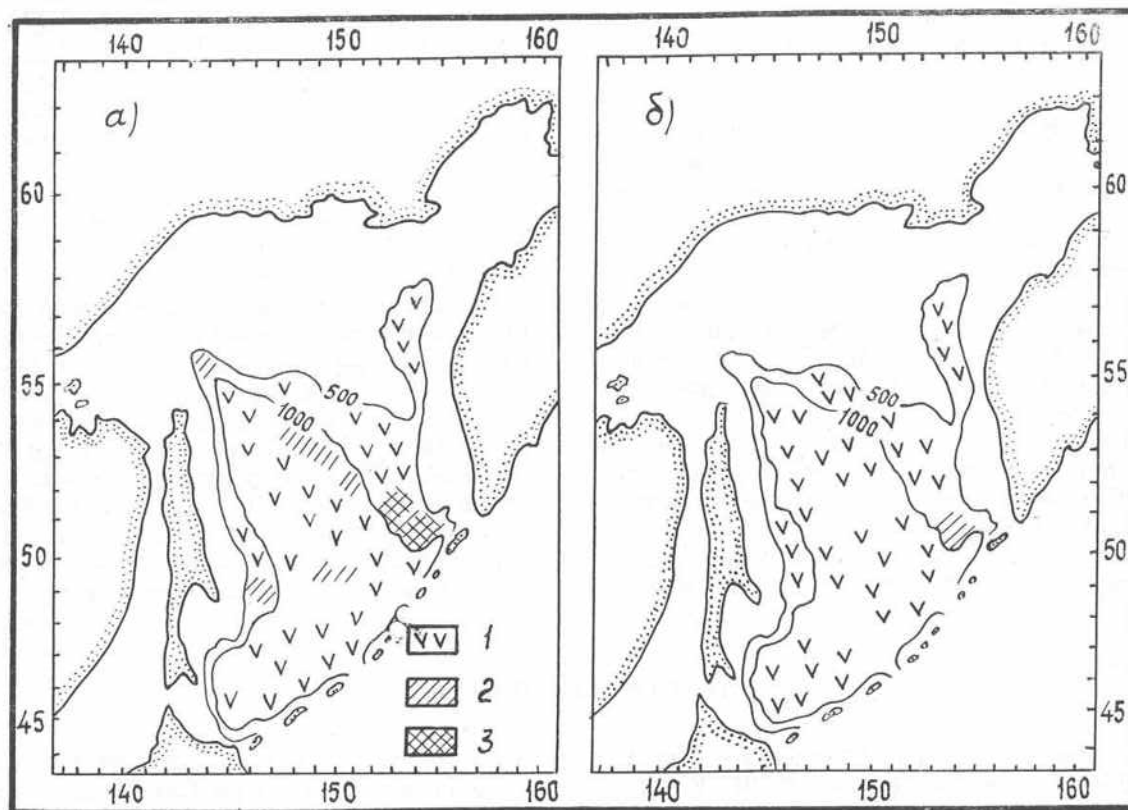


Рис. 13.3. Распределение малоглазого (а) и пепельного (б) макрурусов Охотского моря.
1 — вид редок (уловы менее 1 ц/ч); 2 — вид обычен (уловы 1—10 ц/ч); 3 — вид многочислен (уловы 10—30 ц/ч).

тает в толще воды на горизонтах 200—500 м, постепенно опускаясь на глубину. В Охотском море молодь малоглазого макруруса нередко встречается у дна вместе со взрослыми.

Зрелые особи малоглазого и пепельного макрурусов встречаются на глубинах от 500—550 до 1700—3400 м вдоль всего склона Охотского моря (рис. 13.3). Малоглазый макрурус начинает встречаться в уловах на меньших глубинах, чем пепельный. Черный и длинноперый макрурусы — более глубоководные виды и обитают на глубинах более 700—800 м. В течение всего года они держатся в одних и тех же районах, нигде не образуя плотных скоплений.

Такое распределение связывается с большими площадями пологого материкового склона и отрицательным влиянием холодного промежуточного слоя, отделяющего воды склона от поверхностных продуцирующих вод.

Т. С. Расс [194] указывал на существование скоплений черного макруруса над дном, в пела-

гиали. Известны пелагические скопления пепельного макруруса у Курильских островов. Концентрации малоглазого макруруса — наиболее массового среди охотоморских макрурусов — известны только у дна, все поимки его в пелагиали сравнительно редки. Траловые съемки в мезо- и батипелагиали моря, выполненные В. В. Федоровым на научно-поисковых судах ТУРНИФ в 1984 и 1987 гг., показали, что по крайней мере часть особей этого вида обитает в этих слоях в течение длительного времени. Возможно, они живут здесь постоянно.

Скопления макрурусов привязаны к водам субарктического происхождения. Макрурусы довольно стенобионтные виды, их концентрации известны в пределах глубоководной водной массы и на границе с промежуточной водной массой при температуре 2—2,75 °C и солености 34—34,4 ‰. Скопления макрурусов встречаются и в слое минимума кислорода [118].

Судя по уловам и наблюдениям из глубоководного подводного аппарата «Север-2», макрурусы обычно держатся небольшими косяками, нередко самки и самцы отдельно. Основная масса их лежит на грунте или находится от него на расстоянии от 10—15 см до 5—10 м. На ровных участках плотность их концентрации ниже, а на участках со сложным рельефом дна, с большим количеством валунов и глыб скопления макрурусов встречаются чаще [60].

На глубинах до 800—1000 м скопления макрурусов, судя по эхозаписям и уловам, держатся у грунта и имеют высокую плотность. Глубже, на горизонтах 1100—1300 м макрурусы имеют наиболее плотные скопления с уплотнениями у грунта.

Вертикальное распределение макрурусов Охотского моря, кг на 1 ч траления

Глубина, м	Макрурус			
	малоглазый	пепельный	черный	длиннопёрый
400—500	0,20	0,02	—	—
500—600	1,23	0,36	—	—
600—700	12,71	1,44	0,01	—
700—800	30,00	4,55	0,02	—
800—900	57,97	21,97	0,28	0,08
900—1000	28,91	10,43	2,18	—
1000—1100	37,81	13,96	1,48	0,03
1100—1200	6,75	12,43	12,15	—
1200—1300	23,67	8,67	2,00	0,27
1300—1400	15,00	15,00	0,09	0,72
1400—1500	6,00	3,00	0,20	—
Средн.	20,02	8,35	0,93	0,15

На глубинах более 1300 м вертикальное развитие скоплений больше, они менее плотные и не тяготеют к грунту.

Сезонные миграции взрослых макрурусов происходят в пределах материкового склона, протяженность их невелика. Они связаны не столько с изменением абиотических факторов, сколько с особенностями жизненного цикла — питанием и размножением. Весенне-летние перемещения с больших глубин на меньшие — кормовые, а осенне-зимние — преднерестовые. Макрурусам свойственны и суточные кормовые миграции, об этом свидетельствуют их распределение и характер питания.

13.6. Промысел и состояние запасов

Сезонная динамика уловов макрурусов связана с их перемещениями в осенне-зимний период на большие глубины, а в весенне-летний — на меньшие. Межгодовой изменчивости уловов не выявлено.

Малоглазый макрурус является преобладающим видом на глубинах более 700 м, составляя от 30 до 70 % общих уловов. Второй по значимости вид — пепельный макрурус — имеет меньшее значение — до 10—25 % уловов. Черный и длиннопёрый макрурусы встречаются реже, они дают не более 1—5 % уловов (табл. 13.3).

Специализированный промысел макрурусов в дальневосточных морях не ведется, ежегодный их вылов при глубоководном лове черного палтуса составляет до 2—3 тыс. т.

Запасы макрурусов достаточно велики. Осенью 1986 и зимой 1987 гг. биомасса малоглазого ма-

круруса при подсчете площадным методом составила около 250 тыс. т, пепельного — около 150 тыс. т, черного — менее 50 тыс. т.

В северной части моря значительных и стабильных скоплений макрурусов, пригодных для промысла, не обнаружено, макрурусы располагаются здесь небольшими косяками. Наибольшие биомассу и плотность концентрации все макрурусы имеют в глубоководной юго-восточной части моря, у южной Камчатки и северных Курильских островов, где очень мала площадь склона с глубинами более 1000 м и район прямо не связан с глубоководной частью моря. Здесь скопления макрурусов могут стать основой для промысла наряду с палтусами.

14. ЧЕРНЫЙ ПАЛТУС

Тихоокеанский черный палтус впервые был обнаружен в 1897 г. в водах Японии [309]. В более поздних публикациях начала XX в. появились сведения, касающиеся его поимки и описания [302, 305, 310]. Работы, посвященные биологии и распределению черного палтуса, начали появляться в литературе в 30-х годах после глубоководных экспедиций, проведенных сотрудниками ТИХР в Беринговом и Охотском морях [6, 38]. К этому периоду относятся и первые упоминания о промысловых скоплениях этого вида в Охотском море у м. Хайзюрова [64, 80]. В публикациях 50-х годов полученные данные были обобщены и расширены П. А. Моисеевым [153, 154], К. Т. Гордеевой [65], Л. В. Микулич [147], А. П. Андрияшевым [203], однако они главным образом относились к берингоморскому черному палтусу. Подобные работы по распределению и биологии (питание, размеры, возраст, размножение и пр.) черного палтуса Охотского моря появились после экспедиций 60-х годов [162, 289—291].

В 1976 г. было начато промышленное освоение скоплений черного палтуса у северных Курильских островов и на материковом склоне западной Камчатки. Начиная с 1977 г. ТИНРО были налажены регулярные комплексные наблюдения за состоянием его запасов в Охотском море. В результате этих работ были выявлены новые скопления чер-

ного палтуса в нейтральных водах Охотского моря и на склоне восточного Сахалина, определена его биомасса, получены данные по размерно-возрастной структуре и ее динамике в различных районах моря, выявлены некоторые закономерности сезонного распределения, проведена серия работ по мечению рыб. Ю. П. Дьяков [83] на основании анализа данных по генетике, морфометрии и зараженности паразитами черного палтуса в различных районах моря сделал попытку установления его популяционной структуры.

Интенсивный промысел охотоморского черного палтуса в 1976—1977 гг. и как следствие резкое снижение его биомассы в восточной части Охотского моря показали, что запасы этого вида сильно уязвимы и необходимо постоянное наблюдение за их динамикой и изменениями, происходящими в структуре промысловых стад, пополнением и пр. Поэтому с 1982 г. в районах лова черного палтуса сбор биостатистических данных стал проводиться регулярно как на научных, так и на промысловых судах. В настоящее время сотрудниками ТИНРО производится накопление и анализ имеющихся материалов по динамике размерно-возрастной структуры, урожайности поколений, влияния факторов внешней среды на популяцию и другим вопросам биологии черного палтуса.

14.1. Систематическая принадлежность и внутривидовая дифференциация

Черный палтус *Reinhardtia oblongifolius* относится к семейству камбаловых (Pleuronectidae), отряда камбалообразных (Pleuronectiformes). Черный палтус — амфибореальный вид, встречающийся в массовом количестве как в северной части Тихого океана, так и в Атлантике. От атлантического тихоокеанский черный палтус отличается по ряду морфометрических признаков [38].

В пределах северо-западной части Тихого океана Ю. П. Дьяков [83] выделяет шесть самостоятельных популяций, из них две — в Охотском море. По его мнению, одна охотоморская популяция обитает во впадине ТИНРО, внутри устойчивого круговорота, ограничивающего распространение икры и личинок. Вторая популяция имеет пространственно разобщенный ареал и охватывает три группировки черного палтуса, обитающего у юго-западной Камчатки, в северной части впадины ТИНРО и на склоне восточного Сахалина. Обмен генами, как считает Ю. П. Дьяков, между ними происходит только посредством пассивного переноса течением икры и личинок. В репродуктивном же отношении эти группировки изолированы. На наш взгляд, такой изоляции между выделенными Ю. П. Дьяковым группировками нет. Возможность обмена между ними не только икрой и личинками, но и зрелыми особями была подтверждена поимкой четырех помеченных в 1985—1986 гг. экземпляров, три из которых прошли достаточно длинный путь и пересекли границы выделенных Ю. П. Дьяковым популяций. Анализ размерно-возрастной структуры уловов черного палтуса в различных районах моря также наводит на мысль о миграции части особей сахалинского стада после наступления половой зрелости в другие районы. Миграцией зрелых особей легко объясняется и генетическое сходство выделенных группировок в восточной и западной частях моря. На наш взгляд,

говорить о существовании в Охотском море самостоятельной популяции черного палтуса нельзя. Видимо, выделенные группировки имеют субпопуляционный или какой-нибудь другой ранг.

14.2. Структура популяции, рост, половое созревание

Черный палтус — крупная рыба, достигающая длины 120 см и массы 12,5 кг. Относительно продолжительности его жизни мнения различных исследователей расходятся. М. В. Вернидуб и К. И. Панин [38] отмечали максимальный возраст черного палтуса — 24 года, Н. П. Новиков [162] — 15 лет. В наших уловах возраст палтуса достигал 17—18 лет, однако такие рыбы в уловах единичны. Основу уловов, как правило, составляют особи в возрасте 5—12 лет, длиной 40—80 см и массой 0,5—8,0 кг. Самки обычно крупнее самцов и имеют большую продолжительность жизни.

Размерно-возрастная структура уловов черного палтуса из различных частей моря неодинакова. Наиболее мелкие и молодые представители отлавливаются на склоне о. Сахалин. По многолетним данным их средняя длина составляет 54,1 см. Основная часть уловов, как правило, представлена особями размером 40—65 см в возрасте 5—9 лет. Несколько крупнее черный палтус, заселяющий северную часть моря; его средняя длина, по многолетним данным, равна 55,4 см, а в уловах доминируют особи длиной 45—65 см (данных по возрасту нет). И, наконец, наибольшее количество крупных особей старших возрастов отмечается в восточной части моря, на материковом склоне западной Камчатки и у северных Курильских островов (средняя длина особей 64,8 см, преобладающее большинство рыб имеет длину 55—80 см и возраст 7—12 лет) (табл. 14.1, 14.2).

О росте черного палтуса сведения противоречивы. М. Ф. Вернидуб и К. И. Панин считают, что в течение первого года жизни черный палтус до-

Таблица 14.1

Размерный состав черного палтуса в уловах в различных районах Охотского моря, % (глубина более 500 м)

Район	Длина, см															Объем вы- борки, шт.	Средняя длина, см
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
Восточный Сахалин	0,3	1,6	3,2	11,4	18,7	24,5	18,9	10,0	4,4	3,0	1,9	1,0	0,8	0,2	0,1	3339	54,1
Северная часть моря	—	—	0,4	7,0	25,6	26,3	17,2	8,5	5,7	3,7	3,3	1,2	0,9	0,2	0,1	966	55,4
Западная Камчатка	—	0,4	2,1	3,8	6,7	9,2	14,3	15,2	13,1	12,1	10,4	7,7	3,5	1,3	0,2	—	—

Таблица 14.2

Возрастная структура черного палтуса в уловах на склоне восточного Сахалина и западной Камчатки, %

Район	Возраст, лет																	Объем выборки, шт.
	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	16+	17+	18+	
Западная Камчатка	0,1	4,3	6,7	7,4	9,6	12,4	12,3	13,2	11,2	9,5	4,7	2,9	2,3	1,7	1,2	0,2	0,1	129
Восточный Сахалин	<0,1	1,9	8,9	16,5	13,0	11,6	10,8	10,7	8,7	6,2	4,9	3,6	1,8	1,1	0,3	—	—	946

Таблица 14.3

Доля половозрелых особей черного палтуса при различной длине тела, %

Пол	Длина, см										
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Самки	0	0	—	0	16,0	38,9	64,4	96,0	97,1	98,7	100
Самцы	0	2,9	—	29,8	68,9	88,3	86,4	96,0	100	100	100

стигает длины 11,8 см, к пяти годам — 38 см и к десяти — 60 см. Н. П. Новиков [162] называет соответственно для этих возрастов размеры 16—18, 51—54 и 74—83 см, Ю. П. Дьяков [83] — 15—22, 47—56 и 57—83 см. Наши данные согласуются с данными последнего автора. Для черного палтуса в первые 5—8 лет жизни характерен быстрый линейный рост (7—15 см в год) и медленный массовый (100—300 г в год). В последующие годы происходит замедление линейного роста (до 2—4 см в год) и увеличение массового (до 1,0—1,5 кг в год).

По наблюдаемым и расчетным данным, черный палтус западной части моря является более тугорослым, чем восточный. В первые годы жизни эта разница выражена слабо, однако с возрастом становится более заметной. Так, в 8 лет разница между самцами по длине составляет 4 см (63,1 и 59,1 см), по массе — 554 г (2407 и 1853 г). У самок это различие выражено еще больше, их средние размеры и масса соответственно составляют 63,1 и 67,7 см, 2050 и 3100 г.

Половая зрелость в массе у черного палтуса наступает довольно поздно — у самцов в основном в возрасте 6—8 лет при длине тела 50—65 см, у самок — в 6—10 лет при длине 60—75 см (табл. 14.3).

14.3. Особенности питания, пищевые взаимоотношения

Черный палтус по типу и составу питания относится к активным хищникам материкового склона. Спектр питания черного палтуса довольно широк, в его желудках встречаются различные виды рыб, головоногих моллюсков, ракообразных и др.

Доминирующее место в питании черного палтуса занимают рыбы, их встречаемость в желудках составляет в среднем 35,5 %. Из рыб чаще других палтус употребляет в пищу минтай, но в пищевом

комке могут также отмечаться серебрянка, ликоды, ликогаммы, макрусы, сельдь, горбуша, светящиеся анчоусы и др. Наличие в желудках пелагических и батипелагических объектов свидетельствует о том, что черный палтус может на длительное время отрывать от грунта в поисках пищи. Н. П. Новиков [162] считает, что тихоокеанский черный палтус питается преимущественно в отрыве от грунта, о чем, по мнению автора, свидетельствует прогонистая форма тела и расположение глаз.

На втором месте по значению в питании черного палтуса стоят головоногие моллюски, главным образом кальмары, встречаемость которых в желудках составляет около 30 %.

В питании черного палтуса наблюдаются сезонные различия. Так, у восточносахалинского палтуса рыбы играют доминирующую роль зимой и летом, в эти сезоны их встречаемость в желудках достигает 60—70 %, а доля головоногих моллюсков невелика. Осенью и весной, напротив, головоногие моллюски начинают доминировать в питании черного палтуса, а доля рыб снижается до 10—30 %.

Помимо рыб и головоногих моллюсков, черный палтус употребляет в пищу креветок, крабов, различных мелких ракообразных и других животных, однако их доля невелика.

14.4. Воспроизводство

По характеру размножения черный палтус относится к икромечущим видам с наружным оплодотворением. Соотношение полов обычно близко 1:1.

К. И. Панин и М. Ф. Венидуб [38] считают, что черный палтус нерестится в июле — августе, П. А. Моисеев [154] — в августе — ноябре, Н. П. Новиков [162] — в июле — декабре. Ю. П. Дьяков [83] на основании поймок в феврале — марте палтуса с овоцитами выметанной генерации заключил, что

Таблица 14.4

Изменение зрелости гонад черного палтуса у западной Камчатки в течение года

Стадии зрелости	Пол	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
II	Самки	809	987	59,5	47,0	45,9	50,3	44,3	68,6	77,2	41,9	38,9	49,4
	Самцы	795	100	75,7	78,5	58,4	70,8	36,1	67,2	66,7	55,7	34,7	53,1
III	Самки	8,9	1,3	40,5	53,0	25,7	47,7	40,4	11,8	1,2	11,0	6,8	19,3
	Самцы	4,5	—	24,3	21,5	30,9	29,9	54,7	18,1	6,1	5,7	3,1	14,3
IV	Самки	0,7	—	—	—	27,4	—	12,4	18,8	19,1	37,9	17,2	3,1
	Самцы	1,0	—	—	—	6,7	—	9,5	14,7	27,7	29,5	14,4	—
V	Самки	2,8	—	—	—	—	—	—	—	1,9	1,6	17,4	—
	Самцы	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	2,6	31,0	8,3
VI	Самки	6,7	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	20,4	28,2
	Самцы	8,8	—	—	—	—	—	0,9	0,8	0,6	0,6	18,1	24,3

нерест не может заканчиваться раньше января. По нашим данным, только небольшое количество рыб приступает к нересту в конце июля. У основной массы черного палтуса в конце лета идет интенсивное созревание гонад. Массовый нерест начинается в конце сентября — начале октября, достигает максимума в ноябре и заканчивается в январе (табл. 14.4).

Нерест черного палтуса может отмечаться практически на всем охотоморском материковом склоне. Наиболее активный вымет половых продуктов происходит в районе желоба Лебеда и в северной части впадины ТИНРО, где в октябре—ноябре текущие особи составляют около трети улова. В северной части моря, у северо-восточного Сахалина, у северных Курильских островов и юго-западной Камчатки, нерест менее интенсивен, в пе-

риод массового нереста доля особей с текущими половыми продуктами колеблется от 11,4 до 20,5 %. В южной части Охотского моря черный палтус с гонадами на V стадии зрелости встречается редко. Минимальная глубина, на которой отмечался нерест, — 385 м (центральная Камчатка), максимальная — 1170 м (северный Сахалин), однако основная масса черного палтуса предпочитает нереститься на глубинах 500—700 м при температуре воды от 1 до 2,3°C. Икра черного палтуса батипелагическая. Крупные икринки диаметром от 3,9 до 4,5 мм [83] развиваются в толще воды.

Индивидуальная плодовитость, по данным Ю. П. Дьякова [83], колеблется от 25,5 до 99,8 тыс. икринок при средней 61,9 тыс., по данным Н. П. Новикова [162] — 230—262 тыс. икринок.

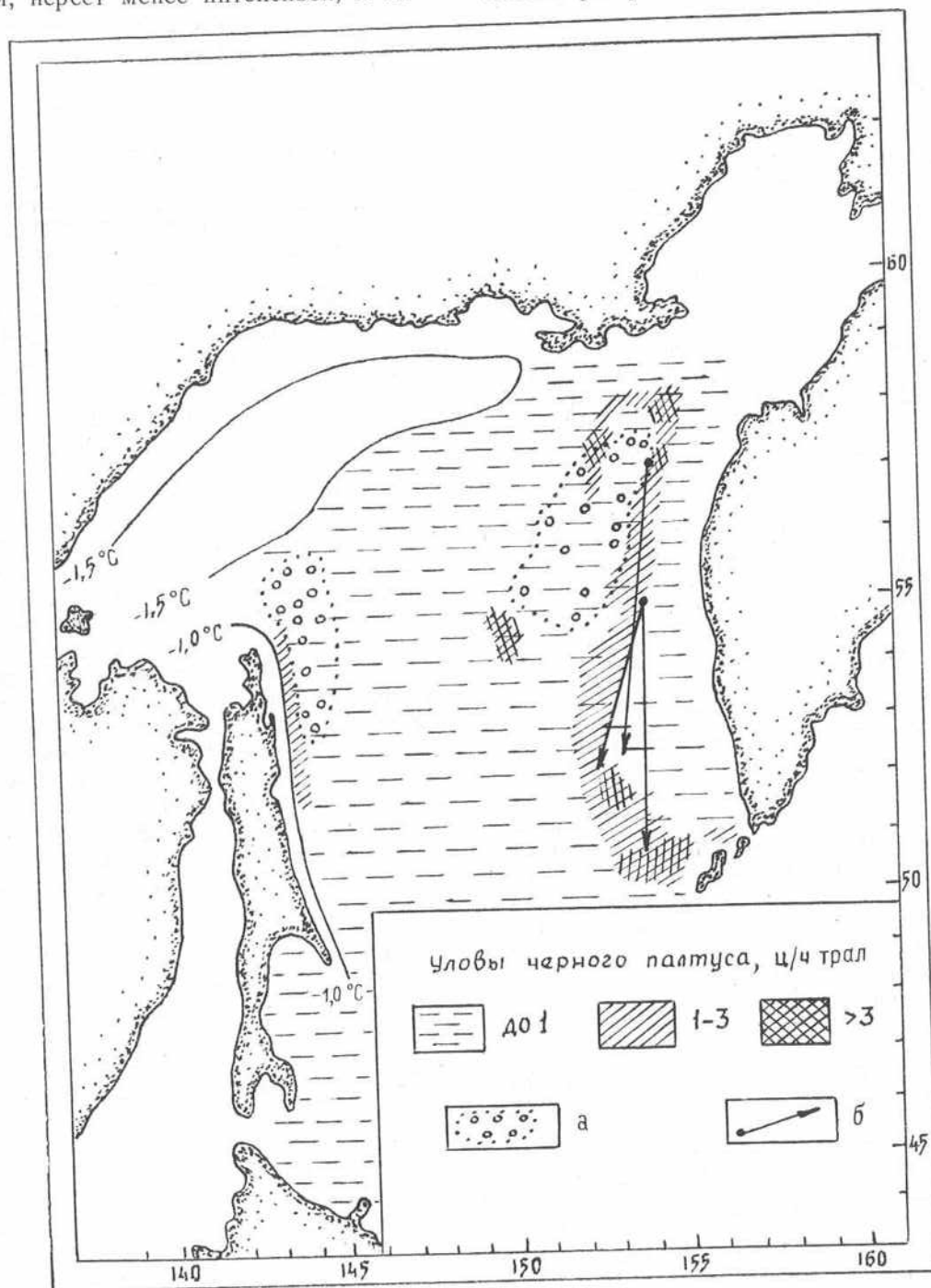


Рис. 14.1. Распределение черного палтуса в Охотском море.
а — район локализации личинок; б — путь, пройденный меченой особью.

14.5. Распределение, поведение, миграции

Черный палтус встречается в Охотском море повсеместно. Верхняя граница его распространения ограничена изобатами 50—70 м, нижняя проходит на глубине 1500—1600 м.

Для черного палтуса характерно раздельное обитание особей на разных стадиях физиологической зрелости. Личинки его пелагические, после выклева они долгое время находятся в толще воды, постепенно поднимаясь из глубинных слоев к поверхности. Личинки черного палтуса размером от 17 до 23,9 мм в Охотском море на протяжении ряда лет отмечаются при выполнении ихтиопланктонных съемок (горизонт 0—200 м) в двух районах: у северо-восточного Сахалина и у северо-западной Камчатки над глубинами 400—600 м (рис. 14.1). Постепенно они сносятся течениями на мелководье, где после окончания метаморфоза оседают на дно.

Молодь черного палтуса до 3—4-летнего возраста держится на шельфе и в верхних отделах материкового склона на глубинах от 50—70 до 250—300 м. Она холодостойка. Северная граница распределения молоди почти совпадает с изотермой $-1,5^{\circ}\text{C}$, но большая часть особей придерживается вод с температурой $-1,0 \dots 1,5^{\circ}\text{C}$.

По мере роста и созревания черный палтус опускается по материковому склону вниз, поэтому его средние размеры с увеличением глубины возрастают. Диапазон температур, толерантных для зрелых особей, — от $-1,8$ до $4,0^{\circ}\text{C}$, оптимальных — от 0 до $2,0^{\circ}\text{C}$. Черный палтус концентрируется главным образом на участках склона с глубинами 300—800 м, в холодное время — зимой и весной — несколько ниже, между изобатами 600 и 1000 м (табл. 14.5).

Траловые съемки показали, что черный палтус распределен в Охотском море неравномерно. Промысловые скопления приурочены к определенным районам у западной Камчатки, восточного Сахалина. Отдельные редкие концентрации встречаются также на обширном североохотском склоне (рис. 14.1).

Черный палтус в течение своей жизни совершает вертикальные миграции различного типа: кормовые — из нижних отделов склона в верхние или на шельф, возрастные (при достижении половой зрелости) — с шельфа на материковый склон, сезонные. В теплое время года (летом и осенью) он концентрируется главным образом на участках склона с глубинами 300—800 м, в холодное время (зимой и весной) несколько ниже — между изобатами 600 и 1000 м (табл. 14.5).

Помимо вертикальных, черный палтус может совершать и значительные по протяженности горизонтальные миграции, о которых можно судить по

упомянутым уже результатам мечения, проведенного сотрудниками ТИНРО — ТУРНИФ в 1985—1987 гг. За время, прошедшее с момента мечения до момента поймки (1—2 года), все меченые особи переместились из северных районов западно-камчатского склона в более южные (рис. 14.1). Однако пока трудно судить, носят ли миграции массовый характер. О возможности перемещения восточно-сахалинского черного палтуса из восточных районов моря в западные после наступления половой зрелости можно предположить на основании анализа размерно-возрастной структуры уловов вида в этих районах (табл. 14.1, 14.2). Так, среди рыб, отловленных на материковом склоне западной Камчатки и у северных Курильских островов, процент особей старших возрастов всегда выше, а средние размеры больше (несмотря на активное изъятие крупных рыб промыслом), чем в уловах, полученных на склоне восточного Сахалина.

14.6. Промысел и состояние запасов

Траловые съемки, проведенные совместными экспедициями ТИНРО — ТУРНИФ, показали, что биомасса черного палтуса в Охотском море колеблется в разные годы от 240 до 300 тыс. т. За промысловый запас нами принимается биомасса особей, обитающих ниже 300-метровой изобаты. В восточной части Охотского моря он составляет 70—120, в западной — 37—66 и в северной 54—71 тыс. т. Динамику запаса можно проследить только в восточной части Охотского моря, где в связи с промыслом сбор материалов носит более регулярный характер.

В районе эксплуатации скоплений одним из важнейших факторов, определяющих состояние запасов, является интенсивность лова, поэтому их динамика будет рассматриваться параллельно.

Добыча черного палтуса в Охотском море была начата в феврале 1976 г. у северных Курильских островов тремя рыболовными траулерами (СРТМ). Благоприятные метеоусловия, хороший грунт, стабильные уловы способствовали развитию промысла, и уже к концу 1976 г. количество судов увеличилось до 25—29 единиц, а ежемесячный вылов стал составлять 1,3 тыс. т. В следующем 1977 г. лов палтуса вели до 35 СРТМ, а годовой вылов был максимальным за всю историю промысла — 16,2 тыс. т. Район добычи черного палтуса за этот период расширился на север и охватил южную часть впадины ТИНРО.

Промысловый запас палтуса в 1977 г. составил 80,7 тыс. т, а численность — 25 млн штук. Расчеты показали, что за первые два года промысла было

Таблица 14.5
Батиметрическое распределение уловов черного палтуса в Охотском море, ц

Сезон	Глубина, м											
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Зима	—	—	—	0,6	0,8	0,4	0,7	0,7	2,2	0,6	0,2	—
Весна	—	0,13	0,5	0,1	0,8	0,8	0,4	0,9	1,5	1,4	н. д.	—
Лето	—	—	0,03	0,2	0,7	0,7	0,4	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1
Осень	—	—	—	1,3	2,0	1,5	0,8	0,7	0,3	0,1	—	—

Таблица 14.6

Динамика запасов, численности и вылова черного палтуса в восточной части
Охотского моря (1980—1988 гг.)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Вылов, тыс. т	2,6	4,8	6,8	10,0	11,2	10,5	12,8	8,7	8,8
Запас, тыс. т	38,9	—	65,6	79,2	—	—	67,0	70,5	—
Численность, млн штук	28,9	—	23,3	28,2	—	—	23,1	21,2	—

изъято 26,8 тыс. т, или более 8,5 млн штук черного палтуса. В основном это были крупные, половозрелые особи в возрасте 7—11 лет.

Чрезмерно интенсивный вылов палтуса отрицательно сказался на его запасах — к 1980 г. он снизился до 38,9 тыс. т, что в свою очередь отразилось на промысловых показателях. Годовой вылов 1980 г. составил всего 2,6 тыс. т, а улов на судосутки лова — 1,9 т (в 1976—1977 гг. — 3,0 т).

Падение биомассы не сопровождалось снижением численности, напротив, отмечался некоторый ее рост. Это объясняется тем, что в 1979—1980 гг. в промысловое стадо вступили урожайные поколения 1975—1977 гг. рождения. Однако даже эти многочисленные поколения не могли компенсировать убыли крупных рыб из-за низкой индивидуальной массы молоди.

Введение ограничений на лов и подход урожайных поколений способствовали быстрому восстановлению промыслового стада, и с 1980 г. численность и биомасса черного палтуса начали расти. В 1983 г. запас палтуса достиг 79,2 тыс. т, что позволило увеличить вылов черного палтуса в восточной части Охотского моря до 10 тыс. т, и с тех пор он держится на уровне 8,7—12,8 тыс. т (табл. 14.6).

В последующие годы приток «рекрутов» в промысловое стадо ослабел, и запасы черного палтуса в восточной части Охотского моря вновь начали снижаться. В 1987 г. по оценке методом площадей они равнялись 70,2 тыс. т.

Промысел черного палтуса обычно ведется в первый квартал года (по март—апрель), прекращается после выбора рекомендованного к вылову

количества. По данным судов, ведущих контрольный лов, зимой уловы палтуса всегда выше, чем летом, что объясняется притоком «рекрутов» в промысловое стадо в холодный период года. Летом же, напротив, часть половозрелых особей выходит нагуливаться на шельф и уловы снижаются.

Урожайность поколений палтуса значительно меняется в разные годы. Анализ размерно-возрастной структуры уловов разных лет, имеющих промысловых данных показывает, что численность поколений может различаться в 2,5 раза. Самым неурожайным за исследуемый период (с 1966 г.) было поколение 1971 г., самыми высокоурожайными — поколения 1975—1977 гг.

По имеющимся у нас материалам, урожайность поколений черного палтуса в значительной степени зависит от гидрологического режима года: чем холоднее год, тем ниже урожайность поколений.

Расчет биомассы черного палтуса проводился методом площадей [8]. За промысловый запас принималась биомасса черного палтуса на глубинах более 300 м. В лаборатории прикладной математики ТИНРО биомасса и промысловый запас палтуса рассчитывались методом виртуальных популяций (УРА) на машинах типа ЕС. Промысел палтуса в настоящее время ведется в шадящем режиме, общий допустимый улов (ОДУ) определяется в размере половины естественной смертности [300].

Естественная смертность черного палтуса определяется по Тюрнину [254] либо методом виртуальных популяций и составляет 0,18—1,20.

15. ОХОТСКАЯ СЕЛЬДЬ

15.1. Биология, жизненный цикл и динамика численности

О наличии сельди в северо-западной части Охотского моря было известно со времен первых русских поселений, и до становления отечественной рыбной промышленности в данном регионе (1929 г.) сельдь добывалась исключительно для нужд местного населения. В первые годы организации промысла сельди в промышленных масштабах объем ее добычи был невелик и исчислялся несколькими тысячами центнеров.

Интенсивное развитие и совершенствование рыбодобывающего флота и рыбообрабатывающих предприятий в последующие годы потребовали проведения целого ряда специализированных биологических, гидрологических, гидробиологических исследований, а также исследований по теории и

практике промышленного рыболовства и технологии переработки сырья.

Систематические исследования биологии сельди и регулярные наблюдения за ее запасами были начаты в 1945 г. с организацией в п. Охотск наблюдательного пункта, преобразованного в 1956 г. в ихтиологическую лабораторию. С образованием в 1959 г. в Магадане отделения ТИНРО исследования по охотской сельди были значительно расширены и углублены.

Современное представление о биологии, жизненном цикле и динамике численности популяции охотской сельди базируется на результатах многолетних исследований Б. Н. Аюшина, Б. В. Тюрнина [84], В. А. Вышегородцева [9, 53, 84].

Охотская сельдь *Clupeapallasi pallasi* Val, обитающая в шельфовых водах северо-западной части Охотского моря, представляет собой наиболее мно-

гочисленную группу среди сельдей, населяющих воды северной части Тихого океана. Высокая численность этого локального стада определяется многовозрастным составом популяции (до 10 возрастных групп в половозрелой части популяции), многократным (до 8—10 раз) ежегодным нерестом особей, сравнительно высокой индивидуальной плодовитостью (в среднем 35—45 тыс. икринок) и большой площадью нерестилищ (до 78 км²). Причем многовозрастной состав половозрелой части популяции, различия в сроках подходов к берегам на нерест особей разных возрастных групп, а тем самым и растянутость нерестового периода позволяют охотской сельди наиболее полно осваивать нерестовый ареал.

В свою очередь растянутость нереста сельди предопределяет увеличение сроков вылупления предличинок, что увеличивает вероятность совпадения сроков перехода части личинок на внешнее питание и появление максимального количества для них кормовых форм планктона, увеличивая тем самым выживаемость части сельди на ранних этапах онтогенеза.

Эти особенности жизненного цикла охотской сельди в сочетании с ее широким нагульным ареалом, приуроченным к высокопродуктивной зоне Охотского моря, позволяют популяции поддерживать свою численность.

Нерестовая популяция охотской сельди состоит из рыб длиной от 17 до 33 см в возрасте от 3 до 13 лет.

Особь размером 17—22 см в возрасте 3 лет составляют небольшую долю нерестовой популяции (не более 3 %) и встречаются на нерестилищах не каждый год. Как правило, в скоплениях нерестовой сельди преобладают (до 80 %) особи длиной 24—29 см в возрасте 4—7 лет. Численность старших возрастных групп сельди длиной более 29 см невелика, и их доля в стаде не превышает 20—25 %.

Размерно-возрастной состав нерестовой популяции охотской сельди ежегодно изменяется и обусловливается численностью поколений, формирующих запас.

В многолетнем ряду наблюдений встречаются периоды с преобладанием в нерестовой популяции особей длиной 23—27 см, что вызвано пополнением стада созревающими особями многочисленных поколений. В годы значительного превышения остатка над пополнением в уловах доминируют особи длиной 28—31 см.

Количество поколений, формирующих нерестовое стадо охотской сельди, составляет в среднем 7, но в годы высокой численности популяции запас ее составляет 9—10 поколений. В периоды депрессивного состояния запасов стадо охотской сельди формируется из 4—5 поколений.

В скоплениях сельди, подходящей на нерест к северо-западному побережью Охотского моря, встречаются особи массой от 60 до 480 г, но в основном в уловах нерестовой сельди представлены особи массой 140—189 г.

Наиболее интенсивный линейный рост сельди наблюдается на втором-четвертом годах жизни, на пятом году прирост длины составляет всего 2,0—2,5 см, а на девятом — около 0,5 см. Прирост массы тела охотской сельди наиболее значителен в возрасте 5—7 лет при достижении особями 24—26 см,

что соответствует возрасту наступления половой зрелости.

Охотская сельдь становится половозрелой в возрасте от 3 до 8 лет, но наиболее массовое созревание ее наблюдается в возрасте 5—6 лет.

Абсолютная плодовитость сельди колеблется от 8,3 до 93,4 тыс. икринок, средняя популяционная плодовитость по годам в зависимости от размерной возрастной структуры колеблется в пределах 34,2—46,3 тыс. икринок.

В зависимости от численности поколений, а тем самым и продолжительности жизни особей количество икры, отложенной одной самкой за жизненный цикл, колеблется от 123 до 407 тыс. икринок.

Нерестилища охотской сельди расположены вдоль северо-западного побережья Охотского моря в районе от Тауйской губы до м. Укой, и их потенциальная площадь, т. е. площадь участков, где в 1966—1989 гг. нерестилась сельдь, составляет 77,98 км². Однако эта репродуктивная зона далеко не полностью используется для нереста, площадь нерестилищ, равно как и границы нерестового ареала, ежегодно меняются в зависимости от численности нерестовой популяции и ледового режима в северо-западной части Охотского моря в мае—июне. За последние 23 года наибольшая акватория нереста сельди наблюдалась в 1969 г. — 28,13 км² (36,1 % потенциальной площади нерестилищ). При этом численность популяции составляла 9,14 млрд экз. В 1976 г. при запасе сельди 0,33 млрд экз. нерест ее наблюдался на площади 1,12 км² (1,4 %). В отдельные годы в связи с особенностями ледового режима площадь нерестилищ и их расположение меняются. В 1934 г. площадь нерестилищ составила 7,79 км² при численности популяции 4,86 млрд экз., основной нерест сельди проходил в центральных районах. В 1985 г. при численности популяции 4,78 млрд экз. нерест сельди наблюдался в южных районах, а площадь нерестилищ увеличилась до 12,33 км².

Сроки нерестового хода и нереста охотской сельди в значительной степени определяются особенностями гидрологического и ледового режима в северо-западной части моря [9]. Первые небольшие скопления сельди появляются в прибрежной зоне в конце апреля — начале мая при первых положительных температурах воды. Основные скопления преднерестовой сельди подходят к нерестилищам в середине мая — начале июня при прогреве прибрежных вод до 0,5—4,3 °С, массовый нерест сельди проходит при температуре воды 2,5—3,6 °С. При таких температурных условиях нерестятся в основном сельди старших возрастных групп, а впервые созревающие особи выходят на нерестилища и нерестятся при прогреве прибрежных вод до 3,7—6,4 °С.

Нерест сельди приурочен, как правило, к небольшим локальным участкам, на которых произрастают водоросли: ламинария, алария, цистозира и красные, которые являются основным нерестовым субстратом охотской сельди. При этом наиболее высокая плотность обикрения (количество икринок, отложенных сельдью на единицу площади) наблюдается на цистозире — в среднем 6,06 млн икринок/м² (данные 1989 г.). В меньшей степени обикряются остальные водоросли: красные — 1,71, ламинария — 1,02 и алария — 1,01 млн икринок/м².

В связи с мозаичностью произрастания водорослей на локальных нерестилищах проективное покрытие водорослями дна колеблется от 2—3 до 90—95 % значительная часть икры попадает на грунт, состоящий, как правило, из ила, песка, мелкой гальки, и погибает. В связи с этим количество погибшей икры в отдельные годы достигает 43,9 (1988 г.) — 47,7 % (1987 г.) общего объема икры, выметанной половозрелыми особями охотской сельди.

Развитие икры сельди в зависимости от температуры продолжается 2—3 недели, и вылупившиеся постэмбрионы длиной 7,0—8,5 мм сносятся прибрежным течением с нерестилищ и начинают пассивный дрейф, распределяясь в конце дрейфа в западных районах Охотского моря.

После нереста сельдь начинает интенсивно питаться, восстанавливая жировые и белковые ресурсы, израсходованные во время зимовки и нереста, и в поисках корма она рассредоточивается в отдельные годы почти по всей акватории северной части Охотского моря. Распределение, поведение, протяженность миграций охотской сельди, сроки образования промысловых концентраций и продолжительность их пребывания на различных участках моря не остаются ежегодно постоянными, и эти изменения обусловлены сезонной и межгодовой изменчивостью гидрологического режима моря, особенностями развития планктона и его распределением, возрастной структурой и численностью популяции, а также сроками и районами нереста.

Для охотской сельди в зависимости от изменения численности и репродуктивной зоны популяции выделено три типа летних миграций. Первый тип — это миграции сельди при высокой численности популяции и заполнении всех нерестилищ. Второй тип — миграции сельди при низкой численности популяции и сокращенном ареале нереста. Третий тип — миграции сельди при средней численности популяции и относительно равномерном заполнении нерестилищ [84]. Характерной особенностью первого типа является широкий ареал нагула и большая протяженность миграций. В годы низкой численности популяции (второй тип) нагул сельди проходит в прибрежных высокопродуктивных зонах и в отдаленные от берегов районы моря этот вид миграций не совершает. Кормовые миграции направлены в основном вдоль береговой черты северо-западной части моря в пределах 60-мильной зоны. При третьем типе сельдь распределяется в пределах шельфа от Шантарских островов до п-ова Кони, образуя разрозненные скопления в районах с повышенным содержанием кормового планктона.

К осени независимо от численности популяции и летнего распределения взрослой рыбы основная масса ее концентрируется на шельфе северной части Охотского моря между 144 и 152° в.д. к северу от 57°30' с.ш. В сентябре—октябре наиболее плотные скопления сельди образует в районе к югу от зал. Шельтинга, в Тауйской губе, в районе островов Спафарьева и Завьялова и к югу от них на глубинах 50—120 м. Ежегодно на протяжении осени рыба нагуливается здесь несколькими крупными скоплениями. В отдельные периоды эти скопления могут сливаться в одно целое. Миграции по району являются чисто кормовыми, перемещение скоплений сельди происходит преимущественно

в широтном направлении.

Во второй половине октября температура поверхностных вод в северной части моря заметно понижается в связи с осенне-зимним выхолаживанием. Особенно резкое понижение происходит после сильных штормов, которые изменяют всю гидрологическую и промысловую обстановку в этом районе. В результате перераспределения температуры воды изменяются поведение и местонахождение косяков сельди. Часть их начинает постепенно отходить в южном направлении к свалу шельфа, расположенному к югу от Тауйской губы. Отходы сельди на зимовку начинаются в первой декаде ноября. К этому времени сельдь имеет высокую упитанность, жирность, гонады находятся в III и IV стадиях развития. Рыба временно прекращает питаться, образует крупные косяки и «поля» различной плотности. В этот период начинается процесс ночного заглубления сельди.

Формирование зимовальных скоплений происходит во второй декаде ноября на глубине 120—200 м, и в декабре сельдь концентрируется в районе свала шельфа к югу от Тауйской губы.

Зимний период жизни сельди изучен слабо из-за сложной ледовой обстановки Охотского моря. Не исключено, что в январе в районе свала шельфа к югу от Тауйской губы происходит дифференциация сельди по размерно-возрастному составу. Основная масса ее уходит на запад в район, ограниченный изобатами 200—300 м и 146—148° в.д., и в дальнейшем смещается в направлении о. Ионы. С весенним разрушением ледового массива (апрель—май) сельдь подходит к северо-западному побережью, рассредоточиваясь по отдельным нерестилищам. Оставшаяся на зимовку рыба в районе свала шельфа к югу от Тауйской губы мигрирует весной на нерест в Тауйскую губу и близлежащие районы.

В период нагульных и предзимовальных миграций охотской сельди свойственны суточные вертикальные перемещения и время начала вечернего подъема к поверхности и утреннего опускания в нижние слои воды совпадает со временем захода и восхода солнца.

В начальный период нагула (июнь—июль) амплитуда суточных вертикальных миграций сельди невелика. В течение суток она держится над слоем температурного скачка в верхнем 30-метровом слое.

В конце июля—начале августа сельдь начинает опускаться в придонные слои с отрицательными значениями температуры воды до глубины 120 м. Температурный диапазон нахождения ее широк и колеблется от —1,8 до 12°С. Увеличение амплитуды суточных вертикальных миграций сельди в это время обусловлено прогревом вод по глубине, уменьшением градиентов в слое температурного скачка и интенсивным развитием половых желез рыбы.

В августе—сентябре в ночное время сельдь держится преимущественно в рассеянном состоянии в верхнем 30-метровом слое, днем — различными косяками в среднем и придонном слоях на глубинах от 40 до 150 м.

В октябре, достигнув высокой упитанности и жирности, сельдь временно прекращает питаться. В это время она начинает образовывать крупные косяки и «поля». Ночью держится полураспавши-

мися косяками и россыпью в слое 10—40 м. С рассветом рыба опускается в придонный слой и в светлое время держится разными по величине косяками в слое 60—160 м. В отдельные дни наряду с косяками образует россыпь у грунта высотой 3—10 м.

В ноябре поведение сельди существенно изменяется. От начала к концу месяца происходит заглубление рыбы. Если в начале ноября в темное время суток сельдь обитает преимущественно в 20 м от поверхности, то в конце месяца — в 60 м и выше не поднимается. Наибольшая зарегистрированная глубина нахождения ее в дневное время — 230 м. Ночное заглубление периодически питающейся сельди в ноябре обусловлено, видимо, вертикальным распределением зоопланктона, так как в этот период в районе обитания сельди наблюдается положительная гомотермия и каких-либо температурных препятствий для подъема к поверхности не существует.

В декабре происходит дальнейшее заглубление сельди. В течение суток она держится преимущественно «полями» и крупными косяками. В дневное время обитает в толще воды над глубинами 250—320 м и изредка опускается на грунт. С наступлением сумерек происходит подъем рыбы, и ночью основная масса ее держится в 100 м от поверхности. Вертикальное распределение сельди в начале декабря определяется нулевой изотермой, а в конце месяца — изотермой — 0,5 °C [206].

Промысел нерестовой сельди впервые был организован в 1929 г. в районе п. Охотск рыбными организациями бывшего Камчатского акционерного общества (АКО) и Охотсоюза. До 1935 г. сельдь облавливали закидными неводами в предустьевых пространствах рек. В первые годы организации промысла уловы были невысокими и колебались от 168 т (1929 г.) до 2,3 тыс. т (1934 г.). С 1935 г., после реорганизации рыбной промышленности, объединения рыбаков в колхозы и внедрения морских ставных неводов (1936 г.), объемы вылова стали ежегодно возрастать, и в 1945 г. улов за весеннюю путину достиг 26,3 тыс. т [9]. Дальнейший рост технической оснащенности рыболовецких колхозов и рыбообрабатывающих предприятий позволил в 1952 г. довести добычу нерестовой сельди до 68,5 тыс. т. В начале 70-х годов промысел ее был резко ограничен, и с 1977 г. ведется только контрольный лов 6—9 ставными неводами. Ежегодный вылов составляет около 10 тыс. т.

Активный морской лов нагульной сельди был начат в 1952 г. До 1956 г. ее ловили исключительно дрейферными сетями. В 1956 г. впервые для облова косяков сельди были использованы кошельковые неводы, а в 1962—1963 гг. применены и освоены донные и близнецовые тралы.

В 1952—1954 гг. вылов нагульной сельди составлял 0,7—4,5 тыс. т. В 1945 г. промысла не было. С 1956 г. число судов по лову и объемы вылова ежегодно увеличивались, и в 1962 г. было выловлено 94,3 тыс. т, а общий годовой улов вместе с нерестовой сельдью превысил 100 тыс. т.

В годы интенсивного промысла (1962—1975 гг.) лов сельди начинался сразу после ее нереста (конец июня — начало июля) и заканчивался в конце ноября. Вылов осуществлялся разными орудиями лова (дрейферными сетями, кошельковыми неводами, тралами). По данным промысловой стати-

стики, в летний период (июнь — август) добывалось в среднем 25 % годового объема вылова, в осеннее время (сентябрь — ноябрь) — 73 % и в зимний период (декабрь) — 2 %.

Дрейферными сетями вылавливалось 45 %, кошельковыми неводами — 49 % и тралами — 6 %. Наибольший годовой вылов отмечался в 1968—1971 гг. (377—472 тыс. т).

В 1968—1976 гг. вместе с советским флотом лов сельди вели суда Японии и КНДР. Доля вылова иностранными судами составляла в среднем 17 % годовой добычи.

В 1976 г. промысел охотской сельди был резко ограничен в связи с низкой численностью нерестовой части популяции, и в 1977 г. на промысел ее был установлен запрет с сохранением контрольного лова небольшим количеством судов с целью выяснения хода восстановления запасов. В период запрета (1977—1982 гг.) годовой улов колебался от 12,6 тыс. т (1977 г.) до 58,7 тыс. т (1982 г.).

С 1981 г. промысел нагульной сельди ведется только в осенний период среднетоннажным флотом с использованием кошельковых неводов. Годовой объем вылова лимитируется в соответствии с состоянием запасов. В 1987 г. вылов сельди вместе с нерестовой составил 180 тыс. т, а в 1988 г. — 150,3 тыс. т.

Столь значительные колебания уловов охотской сельди обусловлены неустойчивой сырьевой базой промысла, резкими колебаниями численности популяции.

В послевоенные годы максимальная численность нерестового стада наблюдалась в 1963 г. — 10,08 млрд экз. (биомасса — 1,80 млн т), а наименьшая в 1976 г. — 0,33 млрд экз. (биомасса — 0,06 млн т). Такие изменения биомассы популяции охотской сельди обусловлены колебаниями численности поколений, формирующих запас, и соотношения бедных и богатых поколений достигает 1:100 и более. Так, поколение 1972 г. в возрасте трех полных лет имело численность 0,14 млрд экз., тогда как численность нерестового стада в этом году превышала 6 млрд штук, и, наоборот, в 1962 г. численность родительского стада была около 6 млрд экз., а количество рыб этого поколения в возрасте трех полных лет было более 15 млрд экз., т. е. выживаемость от икры до особи в этом возрасте была в 1962—1965 гг. в 144 раза больше таковой в 1972—1975 гг.

По данным Б. В. Тюрина, у стада охотской сельди четко выражены близкая к 20-летней и 5—6-летняя цикличности колебаний численности поколений и стада.

При многолетних колебаниях минимальные и максимальные запасы численности стада повторяются примерно через два десятилетия. Снижение запасов имело место в середине 30-х годов, в 1954—1956 гг. численность стада не превышала 1 млрд экз., а в середине 70-х годов — 0,33 млрд экз. (1976 г.). В четные десятилетия наблюдалось увеличение численности стада: в 1945—1947 гг. — в среднем от 7 млрд экз., 1963—1964 гг. — около 9 млрд экз., а в 1984—1985 гг. — до 5 млрд экз.

По мнению И. В. Давыдова [76], формирование диаметрально противоположных типов развития барико-циркуляционных условий над северо-западной частью Тихого океана предопределяет изменения абиотических условий воспроизводства рыб

в различных районах и как следствие преимущественное развитие океанологических условий, характерных для холодных или теплых лет, обуславливает появление поколений охотской сельди с численностью соответственно выше или ниже среднемноголетнего уровня. Чередование теплых и холодных лет достаточно четко согласуется с многолетними изменениями численности популяции охотской сельди.

Пяти-шестилетняя цикличность в динамике численности охотской сельди проявляется в появлении урожайных и неурожайных поколений и зависит в основном от ледовитости и сроков очищения ото льда нерестилищ сельди, а также от условий дрейфа и нагула личинок и молоди [184]. Многочисленные поколения появляются в годы, когда сильно развит алеутский и сибирский максимумы, ослаблена циклоническая циркуляция над северной частью моря и преобладают ветры с материка, способствующие раннему и быстрому освобождению нерестилищ сельди ото льдов. В свою очередь свободные ото льда районы прогреваются, и создаются условия, наиболее оптимальные для нереста сельди, развития икры и пассивного дрейфа молоди.

У охотской сельди выявлено и наличие количественной связи между численностью родительского стада и численностью поколений.

С 1945 г. из 37 поколений сельди, 6 (16,2 %) поколений (более 8 млрд экз. в возрасте трех лет) появились в годы, когда биомасса половозрелой части популяции, превышала 830 тыс. т (численность стада колебалась от 5,0 до 9,1 млрд экз.). Причем 3 поколения появились в годы, когда биомасса нерестового запаса составляла 860 (5,6 млрд экз.), 950 (6,0) и 960 (5,0) тыс. т. При биомассе менее 830 тыс. т из 18 поколений лишь 2 поколения имели повышенную численность — 5,6 и 7,2 млрд экз., при этом численность нерестовой популяции составила соответственно 3,4 и 4,0 млрд экз. И при биомассе менее 400 тыс. т (численность 1,3—1,7 млрд экз.) появилось 5 поколений, численность которых в возрасте трех полных лет была 0,2—1,6 млрд экз. Эти данные в сочетании с различными уровнями воспроизводительного потенциала популяции свидетельствуют, что для охотской сельди критическая популяционная плодовитость находится на уровне 52×10^{12} икринок, что соответствует биомассе нерестового запаса 510—540 тыс. т. Снижение уровня критической популяционной плодовитости лишает популяцию возможности воспроизвести многочисленное поколение даже в максимально благоприятных условиях выживания особей в раннем онтогенезе.

Вполне очевидно, что долговременная стратегия эксплуатации сельди, распределяющейся в северо-западной части Охотского моря, должна планироваться с учетом неперемennого сохранения нерестового запаса, который в подавляющем большинстве лет или в идеальном случае должен быть на уровне более 800 тыс. т. В случае невозможности сохранения этого уровня, что вполне возможно либо при недостаточно полном представлении о мощности пополнения запаса в прогнозируемые годы в силу объективных причин, либо при наличии ряда малочисленных поколений, крайне необходимо предотвратить эксплуатацию популяции на уровне запаса, который меньше 500 тыс. т.

Значительные изменения численности охотской сельди отрицательно сказываются на эффективности и плановости работы рыбодобывающих организаций. Эти изменения в сторону снижения запасов могут быть сглажены крупномасштабным воспроизводством сельди на искусственных нерестилищах.

Искусственные неерстилища устанавливаются в районах, характеризующихся дефицитом водорослевого субстрата, и в районах с неблагоприятными условиями для выживания сельди на ранних этапах онтогенеза. В последнем случае искусственные нерестилища после обикрения перемещают в районы, где условия для развития эмбрионов оптимальны и исключается влияние негативных факторов, присущих репродуктивной зоне охотской сельди. Экспериментальные работы позволили установить, что количество жизнестойких предличинок на этапе вылулпления из икры многослойных кладок на искусственных нерестилищах более чем в 10 раз превышает количество предличинок, вылулпляющихся из икры кладок такой же плотности на естественных нерестилищах [12]. И установка только 100 тыс. м² искусственных нерестилищ в районах, где икра практически полностью погибает, позволит при плотности обикрения около 5 млн икринок/м² в оптимальных условиях среды увеличить биомассу сельди поколения данного года в возрасте 5 лет более чем на 60 тыс. т.

15.2. О роли абиотических условий в воспроизводстве охотской сельди

Установлено, что предзимовальная сельдь в начале ноября плотным скоплением мигрирует из притауйского района на юг, а затем вдоль изобаты 200 м смещается на запад в сторону банки Кашеварова и о. Ионы. Дальнейший путь ее не прослежен, так как этому препятствует бурное ледообразование в зимнее время, однако существует вполне обоснованное мнение, что сельдь зимует в ионо-кашеваровском районе.

Как известно, в зимнее время у северо-западного побережья Охотского моря существует квазистационарная полынья, образованная под действием отжимных ветров, уносящих лед от побережья. С прекращением ледообразования и началом массового разрушения льда быстро развивается отрог «восточного канала» в сторону банки Кашеварова и о. Ионы. В определенный период этот отрог чистой воды смыкается с охотско-аянской полыньей, разделяя ледяной покров северо-западного района моря на два обособленных массива. Как только возникает водяная перемычка, сельдь идет на нерест. Этот факт и подтверждает предположение о том, что сельдь зимует в ионо-кашеваровском районе.

Наблюдениями установлено, что нерестующая сельдь появляется у берегов через 10—15 дней после разрыва ледяного массива. Далеко не маловажное значение имеет вопрос о том, к каким берегам подойдет сельдь на нерест. Это зависит от типа разрыва ледяного массива. При всем многообразии конфигурации разрыва можно отметить в основном два его типа:

1) разрыв направлен на запад — в сторону западных нерестилищ;

2) разрыв направлен на север — в сторону охотского побережья.

Помимо этого, важнейшее значение имеет характер перестройки полей давления и ветра в весеннее время [86]. Преобладание прижимных ветров даже в случае образования обширной водяной перемычки может привести к блокированию льдами побережья и нерестилищ сельди. В целом нерестовую часть ареала охотской сельди можно разделить на четыре типа [258] (рис. 15.1):

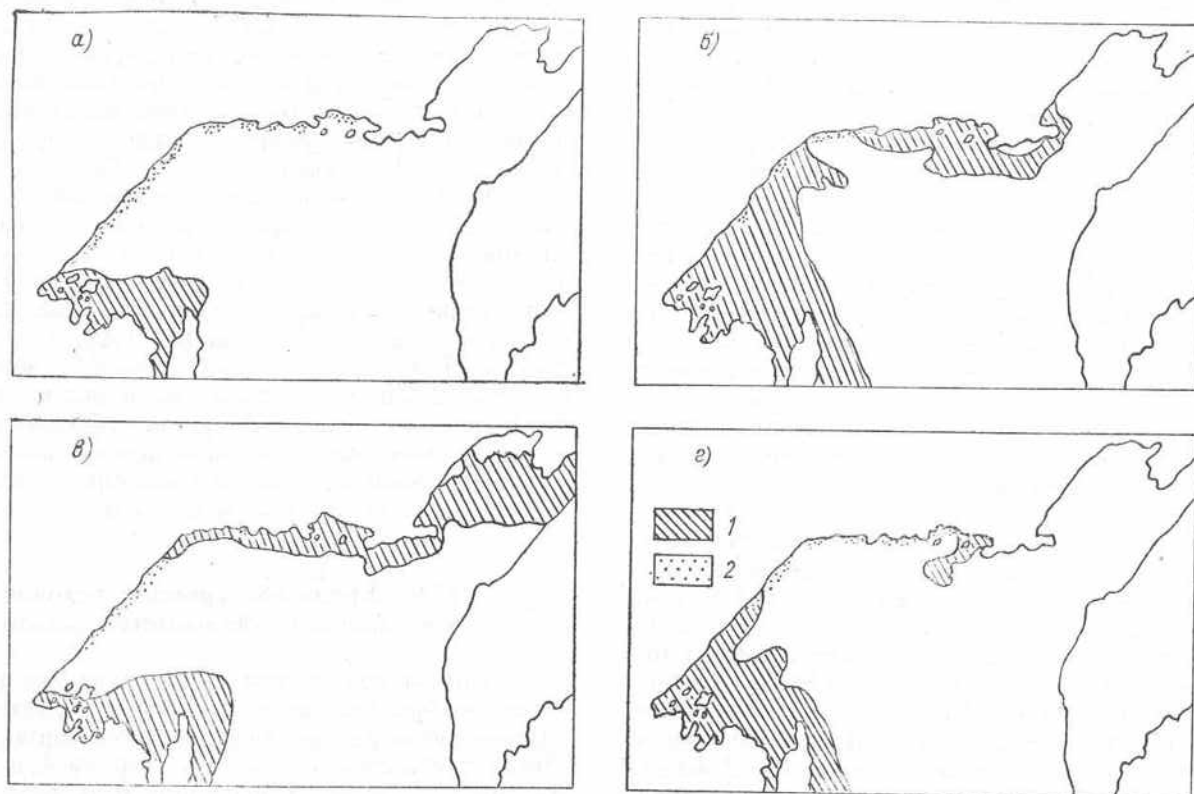


Рис. 15.1. Зоны нереста охотской сельди.
а — первый тип; б — второй тип; в — третий тип; г — четвертый тип.
1 — площади, занятые льдом в первой половине июня; 2 — нерестилища сельди.

1) ото льда свободны все нерестилища — от Тауйской губы до шантарского района;

2) льдом блокированы почти все восточные и западные нерестилища;

3) льдом блокированы восточные нерестилища;

4) льдом блокированы западные нерестилища.

Установлено, что высокоурожайные поколения охотской сельди появляются при первом и третьем типах нерестовой части ареала. Таким образом, важнейшее для воспроизводства сельди значение имеют западные нерестилища. Во всех остальных случаях в стаде появляются неурожайные и крайне редко среднеурожайные поколения.

Начало массового нерестового хода сельди приурочено к прогреву воды до $2-3^{\circ}\text{C}$. Для нормального развития эмбрионов требуется температура порядка $5-8^{\circ}\text{C}$. Однако в годы с повышенной ледовитостью вода не прогревается до температуры, необходимой для прохождения нереста и эмбрионального развития. Отсутствие оптимальных температурных условий для размножения — основная причина, заставляющая сельдь избегать участки ареала, длительное время блокированные льдом. Однако суровые температурные условия — не единственная причина, препятствующая размно-

жению сельди. В некоторые годы под воздействием прижимных ветров прибрежная зона до изобаты $15-20$ м забивалась льдинами и лед длительное время лежал на грунте, занимая нерестовую зону, которая у охотской сельди ограничивается изобатами $5-10$ м.

В годы с повышенной ледовитостью все биологические процессы, связанные с размножением сельди, смещаются на более позднее время. На границах нерестовой части ареала воспроизводство

в годы с отрицательными температурными аномалиями, обусловленными более длительным воздействием льдов, практически вообще может прекращаться.

На воспроизводство сельди неблагоприятное влияние может оказать и волнение. В районах нерестилищ неоднократно наблюдались мощные штормовые выбросы на берег икры, потерянной для воспроизводства.

Таким образом, абиотические условия играют решающую роль в репродукционном процессе охотской сельди.

15.3. Влияние океанологических условий на распределение охотской сельди в период нагульных миграций

Как известно, в Охотском море обитают два стада сельди, на которых базируется промысел: охотское, нерестящееся в бухтах и заливах северо-западного побережья, от Тауйской губы до м. Борисова (южнее Аяна), и гижигинско-камчатское, нерест которого сосредоточен преимущественно в Гижигинской губе, в зал. Шелихова. Первое по

численности и ихтиомассе значительно преобладает над вторым, оно и дает основной процент вылова сельди в Охотском море.

Многолетними исследованиями установлено, что высокоурожайные поколения в стаде охотской сельди появляются только тогда, когда ее основная масса нерестится в южной части ареала [258]. Отнерестовавшаяся в мае—июне сельдь отходит в мористую часть акватории и, мигрируя в потоке Северо-Охотского течения (против течения) в сторону притауйского района, осваивает встречающиеся кормовые поля. Совершающая нагульные миграции сельдь держится рассредоточенно, мелкими подвижными косяками в верхнем слое моря. Распределение сельди в этот период всецело определяется концентрацией кормовых организмов.

В северной половине Охотского моря, в пределах которой проходит жизненный цикл охотской сельди, максимальные темпы прогрева вод наблюдаются в июне. К июлю южнее Тауйской губы, где происходит схождение Северо-Охотского и Ямского течений, градиенты всех физико-химических характеристик становятся резко выраженными, создавая благоприятные условия для меандрирования и вихреобразования в зоне формирующегося здесь гидрологического фронта. Первоначально фронт вытянут дугой от о. Завьялова к м. Алевина (п-ов Кони) и обращен выпуклой стороной в мористую часть акватории. В течение теплого периода (июль—сентябрь) фронт, почти не меняя общей конфигурации, смещается на запад на расстояние 50—80 миль, лишь самая северная его часть разворачивается, располагаясь вдоль берега [273].

Вертикальная структура вод, сходящихся в притауйском районе, принципиально различна. В зоне Северо-Охотского течения, т. е. в мористой по отношению к гидрологическому фронту части акватории, градиенты в термоклине увеличиваются в течение лета, достигая в августе—сентябре 0,4—0,8 °C/м. При этом прогревается лишь тонкий 20—30-метровый слой, под термоклином же залегают экстремально холодные воды с температурой до —1,7 °C, остающиеся почти неизменными с зимнего периода года.

В зоне, расположенной между гидрологическим фронтом и Тауйской губой, вертикальная структура вод совершенно иная. Фактически гидрологический фронт является границей распространения вод Ямского течения: во фронтальной зоне и южной части Тауйской губы они трансформируются.

Воды Ямского течения формируются в горле зал. Шелихова (у п-ова Пьягина) — частично путем подъема глубинных вод по склону желоба, продолжающего впадину ТИНРО и входящего в залив, но главным образом в результате мощной приливной трансформации вод в районе Ямских островов, уничтожающей вертикальные градиенты характеристик. Так, например, разность между температурой у дна и на поверхности в очаге формирования ямской водной массы нередко составляет только 0,2—0,5 °C а между соленостью на тех же горизонтах — 0,2—0,3 ‰. Эти особенности приводят к тому, что в очаге формирования даже в августе (самом теплом месяце года) средняя многолетняя температура на поверхности составляет всего 2,6 °C, тогда как в смежных с Ямским течением водах она равна 10—11 °C. То же характерно и для солености: в очаге ямских вод соле-

ность на 0,3—0,4 ‰ больше, чем на прилегающих акваториях. Поскольку процессы подъема и перемешивания вод в районе Ямских островов имеют квазистационарный характер, проявляющийся даже в зимний период, естественно, что ямские воды отличаются от смежных также высоким содержанием биогенных веществ, что обуславливает в зоне Ямского течения вегетацию растительного планктона на высоком уровне в течение всего лета и даже осенью.

Из очага формирования ямские воды переносятся на запад вдоль полуостровов Пьягина и Кони в Притауйский район. Проходя над шельфом, Ямское течение расширяется и теряет энергию. Поверхностные воды прогреваются и стратифицируются, но градиенты в термоклине даже в Притауйском районе достигают не более 0,2—0,3 °C/м, а вертикальная устойчивость вод Ямского течения остается в 2—5 раз меньше аналогичной характеристики Северо-Охотского течения. Слой зимнего остаточного охлаждения в Ямском течении, хорошо выраженный в июне, полностью размывается, температура придонного слоя поднимается до 1—2 °C.

После 1—1,5-месячного периода откорма у основной массы взрослой сельди появляется потребность в вертикальных миграциях, которая, как считают, обусловлена физиологическими причинами. Однако к этому времени в северной части Охотского моря образуется сильный термоклин, являющийся своеобразным барьером, препятствующим миграциям сельди в вертикальном направлении. Как указывал Б. Н. Аюшин, «трудно предположить, что сельдь сможет преодолеть столь выраженный температурный скачок, не рискуя подвергнуться термическому шоку» [9]. Практика показывает, что зачастую резкий термоклин действительно либо непроходим для сельди, либо сельдь преодолевает его очень медленно, за несколько часов, постепенно адаптируясь к меняющимся по вертикали термическим условиям. По-видимому, температурный скачок в 0,4—0,5 °C/м является неблагоприятной для сельди, так как она предпочитает акватории с более низкими вертикальными градиентами температуры, при которых сельдь свободно совершает вертикальные миграции, опускаясь утром на грунт, где она пребывает в светлое время суток, и поднимаясь ночью к поверхности моря, где интенсивно питается.

Откорм охотской сельди происходит в верхнем 25-метровом слое, куда поднимаются ночью веслоногие рачки (калянусы) и черноглазка (эвфаузииды) — основной корм сельди. Установлено, что наиболее интенсивно сельдь питается в узком диапазоне температур — от 7,5 до 10,5 °C. При этом уловы сетями максимальны. Это дает основание считать, что диапазон температур 7,5—10 °C является оптимальным для нагульной охотской сельди [274].

Фактором, способствующим образованию промысловых скоплений нагульной сельди, является наличие на акватории достаточной биомассы кормовых организмов, которые составляют основу пищи для сельди. Считается, что биомасса 500 мг/м³ в слое 0—50 м достаточна для формирования промысловых скоплений сельди.

Таким образом, необходимым условием образования промысловых скоплений нагульной охотской сельди во второй половине гидрологического лета

в период развития суточных вертикальных миграций является благоприятное сочетание трех факторов: ослабленного градиента температуры в термоклине (менее $0,4^{\circ}\text{C}/\text{м}$), оптимальной температуры в верхнем 10-метровом слое ($7,5\text{—}10,5^{\circ}\text{C}$) и достаточной биомассы кормового зоопланктона (более $500\text{ мг}/\text{м}^3$ в слое $0\text{—}50\text{ м}$).

Наиболее часто благоприятное сочетание указанных факторов наблюдается на акватории между гидрологическим фронтом и южной частью Тауйской губы, т. е. на западной периферии Ямского течения и во фронтальной зоне этого района, где происходит трансформация вод при конвергенции Ямского и Северо-Охотского течений: градиент температуры в термоклине почти нигде не превышает $0,2^{\circ}\text{C}/\text{м}$, температура в поверхностном слое оптимальна и составляет $8\text{—}10^{\circ}\text{C}$, однако поле зоопланктона в районе имеет весьма мозаичную структуру, формирующуюся под влиянием множества причин, одной из которых является выедание планктона сельдью и ее конкурентами. Между тем основной причиной мозаичного строения планктонного поля являются динамические процессы в районе и особенно во фронтальной зоне, где они наиболее интенсивны, что и предопределяет распределение планктона, а также нагуливающих промысловых скоплений сельди.

Динамику фронтальной зоны в притауйском районе предсказать чрезвычайно сложно, так как обострению динамических процессов на фронтальном разделе способствует множество самых разнообразных импульсов. Тем не менее, учитывая факт инерционности процессов в гидросфере, вследствие чего для перестройки динамического поля требуется некоторое время, можно, имея данные микросъемок района, на непродолжительное время (порядка 10 сут) предсказать пути, по которым будет мигрировать нагульная сельдь.

Вскрытие закономерностей поведения сельди в зависимости от условий среды позволяет предложить методику для определения подвижек промысловых скоплений сельди, суть которой состоит в следующем:

- 1) в июне экспедиционным судном выполняется общая фоновая съемка северной части Охотского моря (севернее $54^{\circ}30'$ с. ш.), на основании которой делаются выводы об общей направленности гидрологических и биологических процессов, которые будут характерными для теплого периода;

- 2) в июле с подходом сельди в притауйский район, двумя-тремя судами промразведки выполняется подробнейшая микросъемка района. Вследствие небольшой площади района на подробную съемку потребуется не более полутора суток;

- 3) данные съемки картируются. Строятся карты распределения градиентов в термоклине, карты распределения средней температуры в слое $0\text{—}10\text{ м}$ и распределения биомассы фито- и зоопланктона на акватории, карты распределения температуры воды на стандартных горизонтах, карты топографии изотермических поверхностей 0 и -1°C (для выявления мористой границы фронтальной зоны), карты теплосодержания в слоях $0\text{—}30$ и $30\text{—}100\text{ м}$ и, если возможно, карты динамической топографии. Первые три карты накладываются одна на другую, зоны совпадения оптимальных характеристик заштриховываются и в дальнейшем принимаются

за основу для предсказания возможных нагульных миграций сельди.

Другие карты служат для определения положения и конфигурации гидрологического фронта, возможного наличия меандров и вихрей. Дело облегчается при наличии динамических карт.

Одновременно анализируется состав планктона, оцениваются преобладающие виды, стадии развития беспозвоночных, анализируются результаты ихтиологических анализов. Оцениваются положение скоплений сельди и направление ее миграций во время съемки на основании работы гидроакустической аппаратуры. Учитываются физиологическое состояние сельди, ее численность и возрастной состав.

Эта методика позволяет с достаточной для промысловых целей достоверностью предсказать движение промысловых скоплений сельди на срок $7\text{—}10$ сут, что подтверждается ее применением в $1969\text{—}1974$ гг., в период наибольшего развития массового сетного промысла сельди. В конце этого срока дальнейший прогноз становится менее надежным и тогда должна быть выполнена очередная съемка акватории.

Выедая огромное количество зоопланктона на акватории, примыкающей к гидрологическому фронту с прибрежной стороны, сельдь вынуждена смещаться в южную часть Тауйской губы, к островам Спафарьева и Завьялова, где также создаются благоприятные условия для образования высокой биомассы зоопланктона и откорма рыб. Однако промысел сельди сопряжен здесь с большими трудностями, поскольку взрослая часть стада смешивается с нагуливающейся в районе молодью и в приловах появляется большой процент неполовозрелых рыб.

Спустя некоторое время взрослая сельдь вновь возвращается в район, смежный с фронтом, так как биомасса зоопланктона здесь быстро восстанавливается как за счет его механического накопления в зоне конвергенции, так и в ходе его естественного развития в этом районе.

Описанные нагульные миграции сельди начинаются в июле и продолжаются в августе, сентябре и октябре.

Следует заметить, что поведение нагульной сельди изобилует множеством особенностей, зависящих от состояния самого стада. Последнее определяется численностью взрослой части стада и молоди, степенью их смешиваемости, возрастным составом производителей, продолжительностью нереста, соотношением полов, наличием в районе нагула конкурентов в питании, составом пищи и т. п. Все эти факторы необходимо учитывать при прогнозе нагульных миграций сельди, так как в отдельные периоды они могут оказать преобладающее влияние на распределение сельди, и прогноз, составленный на основании данных об условиях среды, может оказаться необстоятельным.

В сентябре с началом общего охлаждения в северной части Охотского моря развивается процесс термической конвекции, нарастающий от октября к декабрю, т. е. в период наиболее интенсивной теплоотдачи в атмосферу. Контрастность гидрологического фронта уменьшается, однако размывается он медленно. В водах Ямского течения конвекция быстро достигает большой глубины, а на мелководье — дна. В водах Северо-Охотского те-

чения с мористой стороны фронта темпы конвекции не столь значительны, так как высокоградиентный термоклин весьма устойчив.

Установлено, что предзимовальные миграции сельди, которая даже в октябре нагуливается в пределах акватории, ограниченной с юга и запада фронтом, начинаются обычно после первого же сильного шторма в начале ноября, когда интенсивность вертикального перемешивания резко возрастает. Медленно мигрируя на юг, сельдь избегает зон как с максимальной, так и с минимальной глубиной проникновения конвекции, предпочитая промежуточные зоны. Как показали карты динамической топографии, такие промежуточные зоны представляют собой переходные структуры между круговоротами разного знака.

Во время предзимовальных отходов сельдь, как и летом, совершает вертикальные миграции, опускаясь днем ко дну и поднимаясь ночью. Однако если летом рыба поднимается ночью вслед за кормовыми организмами к поверхности моря, то в ноябре—декабре амплитуда ее подъема ограничивается глубиной термической конвекции, и поскольку со временем вертикальное перемешивание охватывает все большую толщу вод, амплитуда вертикальных миграций сельди постепенно уменьшается.

Установлено, что основная масса зоопланктона в ноябре и декабре сосредоточена ниже глубины проникновения конвекции, т. е. конвекция как бы препятствует подъему планктона в верхние слои моря. Учитывая, что сельдь в это время продолжает питаться, нетрудно сделать вывод о том, что влияние конвекции на сельдь сказывается косвенно, в зависимости от распределения планктона.

В последние годы промысел охотской сельди ведется в основном в осенне-зимний период. В это время он более эффективен, так как лов рыбы осуществляется кошельковыми неводами и позволяет облавливать крупную упитанную рыбу, которая обособляется от молоди. Однако октябрь, ноябрь и декабрь — самые штормовые месяцы за полугодовой период нагула охотской сельди. После очередного шторма промысловый флот почти всегда теряет рыбу, на поиски скоплений которой нередко уходит время до следующего шторма, когда промысел снова становится невозможным. Очевидно, что задачу поиска можно решить более эффективно, имея результаты гидрологических съемок ограниченной акватории. Вычертив карты динамической топографии и глубины проникновения конвекции, нетрудно определить наиболее вероятные районы скоплений сельди и горизонты, выше которых она не будет подниматься. Повторные съемки, выполняемые через 10—12 дней, дадут возможность предвидеть дальнейшие миграции рыбы из района в район.

15.4. Прогнозирование условий среды в районах обитания охотской сельди

Сведения о влиянии условий среды на распределение и поведение сельди в нагульный период и использовании их в целях краткосрочного прогнозирования изложены в п. 15.2.

Прогнозирование на более длительный срок сводится пока лишь к предсказанию типа года по термическому признаку и основано на определе-

нии площади ядра холода в северной части Охотского моря с заблаговременностью менее трех месяцев.

Как известно, ежегодно льдом покрывается в среднем 82 % площади Охотского моря. Повсеместно под ледяным покровом формируется холодная водная масса с предельно низкой температурой ($-1,7^{\circ}\text{C}$). Свободной ото льда остается лишь акватория в зоне действия океанических вод у за-

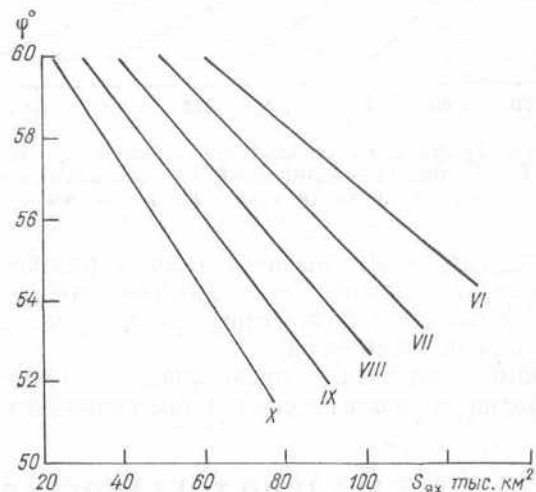


Рис. 15.2. График для определения площади ядра холода ($S_{як}$ тыс. км²) в июне—октябре в зависимости от среднего положения северной оконечности «восточного канала» в январе—феврале.

падной Камчатки, так называемый «восточный канал». В зависимости от суровости зимы, динамики атмосферных процессов и интенсивности притока относительно теплых океанических вод колеблется ледовитость моря и величина и протяженность на север «восточного канала». С прекращением льдообразования и началом весеннего прогрева ледяной покров начинает интенсивно разрушаться. На акваториях, очистившихся ото льда, холодный слой, образовавшийся зимой, становится промежуточным. Со временем под влиянием адвекции океанических вод и в зависимости от направления их движения холодный промежуточный слой моря распадается на отдельные ядра холода, т. е. на зоны с экстремально низкой температурой, которые все больше обособляются друг от друга в течение лета. Площадь, мощность (толщина) и конфигурация ядра холода являются достаточно репрезентативными индикаторами не только суровости предшествовавшей зимы, но и теплового состояния вод летом, а также характеризует интенсивность теплопритока из океана и направление движения теплых вод. Поскольку термика среды является одним из важнейших факторов, определяющих многие стороны жизненного цикла гидробионтов, последние вполне конкретно реагируют на изменчивость температуры воды. Поэтому предсказание общего температурного фона позволяет заблаговременно определить направленность биологических процессов. В очень холодные годы нерест сельди начинается позднее средних сроков, преимущественное развитие получает холодолюбивый комплекс планктона — основа кормовой базы сельди, фронтальная зона в Притауйском районе

располагается восточнее обычного, нагульная часть ареала сельди сужается. Напротив, в экстремально теплые годы площадь ядра холода сильно сокра-

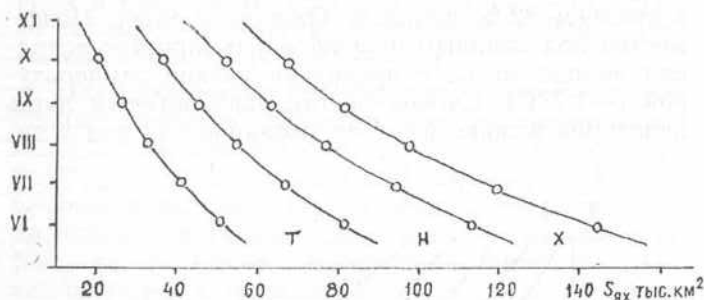


Рис. 15.3. График для определения термического типа режима (Т — теплый, Н — нормальный, Х — холодный) в июне—октябре по площади ядра холода (тыс. км²).

щается, указанные выше процессы развиваются значительно раньше, в планктоне появляются, иногда в большом количестве, виды, не свойственные северной части моря.

Таким образом, предсказание тенденции в развитии гидрологических и биологических про-

цессов имеет немаловажное практическое значение.

Анализ многолетних колебаний площади ядра холода на североохотском шельфе показал, что они тесно связаны со средним за январь—февраль положением северной оконечности «восточного канала». Чем севернее положение «восточного канала» в январе—феврале, тем меньше будет площадь ядра холода на североохотском шельфе летом, и наоборот.

На графике связи указанных характеристик (рис. 15.2) по среднему положению северной оконечности «восточного канала», который определяется на основании ледовых авианаблюдений или спутниковых снимков, находим площадь ядра холода в любом из месяцев с июня по октябрь. Затем используем график типизации (рис. 15.3), основанный на результатах анализа межгодовой изменчивости площади ядра холода на североохотском шельфе за период 1949—1976 гг. По найденной площади ядра холода определяем тип года. Этот последний этап и дает основание предвидеть общую направленность гидрологических и биологических процессов в районах обитания сельди будущим летом.

16. САХАЛИНО-ХОККАЙДСКАЯ И ГИЖИГИНСКО-КАМЧАТСКАЯ СЕЛЬДЬ

История сельдевого промысла может быть подразделена на несколько этапов. До 20-х годов текущего столетия масштабы промысла повсеместно

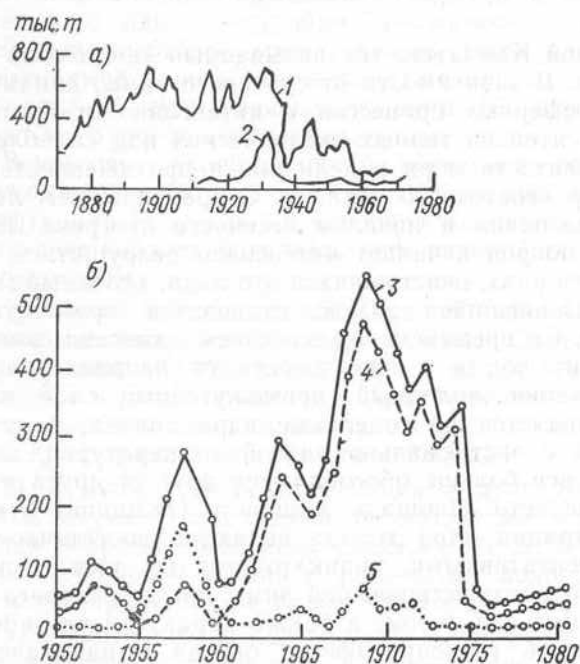


Рис. 16.1. Динамика вылова сельди (тыс. т) сахалино-хоккейской популяции (а) и динамика вылова сельди в Охотском море в 50—80-е годы (б).

1 — вылов во всех районах; 2 — вылов в охотоморских водах о. Сахалин; 3 — все популяции; 4 — охотская популяция; 5 — гижигинско-камчатская популяция.

были небольшими и только в охотоморских водах Сахалина существовал прибрежный лов нерестовой сельди с выловом 20—70 тыс. т. Основу вылова здесь составляла сельдь сахалино-хоккейской популяции, имевшей широкое распространение, высо-

кую численность. Местные лагунные популяции сельди здесь никогда не имели высокой численности.

К началу 30-х годов вылов сельди в охотоморских водах Сахалина составлял 200—400 тыс. т, но в середине 30-х годов снизился до 20—30 тыс. т. Сохранившись на этом уровне в 40—50-е годы, уловы в дальнейшем еще больше уменьшились, и в последние годы вылов сельди здесь составляет всего 1—3 тыс. т.

В 30-е годы начал развиваться советский промысел нерестовой сельди двух северных популяций: охотской и гижигинско-камчатской, и до начала 50-х годов уловы составляли 30—50 тыс. т. Вскоре основной сельдевый промысел сместился на север моря и вылов гижигинско-камчатской сельди заметно возрос (рис. 16.1). С середины 70-х годов в связи с уменьшением запасов всех популяций крупного сельдевого рыболовства в Охотском море нет. В 1974 г. был прекращен специализированный промысел гижигинско-камчатской популяции, в 1977 г. — охотской, а в 1979 г. — сахалино-хоккейской (японские рыбаки продолжают облавливать эту популяцию в водах о. Хоккайдо).

Для суждений о перспективах сельдевого рыболовства необходимы представления о современном состоянии популяций, а также о закономерностях динамики их численности. В этом смысле все популяции специфичны, причем особенно отличаются северные популяции от сахалино-хоккейской популяции сельди.

В ходе изменения численности сельди установлены циклы различной продолжительности: короткие, средние и близкие к вековым. Выраженность этих циклов у разных популяций неодинакова, при этом прослеживается как бы преимущественная настроенность конкретных популяций на определенные природные ритмы в условиях среды.

Многочисленные попытки объяснения причин динамики численности (в связи с изменением климата и гидрологического режима, промысловым воздействием, солнечной активностью, конкуренцией со стороны минтая) для большинства популяций сельди были недостаточно правомерными. Это в первую очередь относится к сахалино-хоккайдской сельди, обитающей у южной границы умеренной зоны. У данной популяции особого внимания заслуживают долгопериодные изменения численности. Последний крупный период ее «высокого стояния» продолжался более полувека с 70-х годов прошлого столетия до 30-х годов текущего). Более коротким и менее масштабным был период увеличения численности в 40—50-е годы. Нерестилища сельди в эпоху высокой численности располагались у берегов островов Хонсю, Хоккайдо, Сахалин и южной части Курильских островов. В это время сельдь предпринимала протяженные нагульные миграции. Крупномасштабное уменьшение численности сопровождалось сокращением нерестовой части ареала и перемещением центра воспроизводства в более северные районы. В связи со смещением на север центра воспроизводства сильно возросли уловы нерестовой сельди в Охотском море в 20-е и начале 30-х годов.

Начало промысла сахалино-хоккайдской популяции сельди приходится на 1447 г., а периоды подъема уловов наблюдались в 1661—1681, 1716—1762, 1814—1840 гг. Долгопериодные флуктуации численности этой популяции обусловлены глобальными климатическими и океанологическими изменениями. Однако ни для одного из могущих влиять на сельдь факторов не установлен аналогичный ход изменений. Очевидно, для объяснения механизма формирования периодов с различным уровнем численности уже недостаточно обычных статистических сопоставлений, характеризующих численность сельди и состояние того или иного фактора среды, так как подобные изменения численности, судя по всему, связаны с глобальными изменениями в экосистемах. Сочетания различных факторов среды преломляются и отражаются в формировании эпох, которые характеризуются определенными типами атмосферной циркуляции, климата и океанологического режима. В таких эпохах в конечном счете суммируются многие факторы как земные, так и космические. Определенное сочетание разных факторов (причем разное для разных видов) и создает благоприятные или неблагоприятные условия для воспроизводства рыб.

17. ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Семейство Salmonidae в Охотском море представлено 14 видами, из которых четыре являются типично пресноводными, а десять видов — проходными. Последние могут образовывать жилые формы [120]. Представители рода *Salvelinus*, *Huchone* не совершают значительных миграций в море и в общем балансе вылова рыб в Охотском море не имеют большого значения. Это такие виды, как голец (*Salvelinus malmo*), кунджа (*S. leucomaenis*), камчатская семга (*Salma penchinesis*), стальноголовый лосось (*S. gairdneri*). Морское распределение их изучено слабо [14]. Поэтому основное внимание будет уделено биологии лососей

Чередование периодов высоких и низких уловов сахалино-хоккайдской сельди и в прошлые столетия свидетельствует о том, что ее современное депрессивное состояние является временным явлением и в будущем численность этой популяции увеличится. Можно предположить, что условия для очередного большого подъема этой популяции возможны только в последнем десятилетии текущего столетия.

В динамике численности гижигинско-камчатской сельди выявляется цикличность, сходная с таковой охотской популяции, и появление урожайных поколений у обеих популяций приходится на один и тот же период. После урожайного 1974 г. было три неурожайных года. 1982 г. был также неурожайным, а 1978 и 1981 гг. — урожайными. После 1955 г. у этих популяций синхронно изменились и уловы.

Видимых причин, препятствующих росту запасов гижигинско-камчатской популяции в настоящее время, как будто нет. О специфичности механизмов (пока в основном неизвестных), обуславливающих закономерности динамики численности гижигинско-камчатской популяции, может свидетельствовать пульсация размеров как нерестовой, так и нагульной части ареала. Так, в 30-е годы сельдь нерестилась не только в зал. Шелихова, но и вдоль всего западного побережья Камчатки. Сократившиеся позднее в северном направлении нерестилища не обнаруживают признаков расширения в обратном направлении. Если в 50-х годах репродуктивная часть ареала простиралась вдоль побережья на 140—240 миль, то в 60-е годы ее протяженность была 57—81, в 70-е — 20—32, в начале 80-х — 32—42 мили. Запас производителей, который составлял в 1977 г. 250 тыс. т, понизился в начале 80-х годов до 100—130 тыс. т. Появившиеся в последние годы урожайные поколения должны вызвать рост запаса, но о конкретных масштабах этого роста судить не представляется возможным, и перспективы промысла гижигинско-камчатской сельди пока не очень определены.

Резюмируя, можно сказать, что крупный промысел может обеспечить только охотское стадо (очевидно, в несколько тысяч тонн) и небольшое увеличение уловов — гижигинско-камчатское. Значительное сельдевое рыболовство в Охотском море может сохраниться при условии больших масштабов искусственного воспроизводства охотской популяции или в результате возможного начала периода увеличения численности сахалино-хоккайдской популяции.

рода *Oncorhynchus*. Четыре представителя данного рода — горбуша, кета, нерка, кижуч — являются объектами промысла. Сима и чавыча в Охотском море не имеют промыслового значения.

Тихоокеанские лососи всегда играли очень важную роль в жизни коренного населения Севера, давая продукты питания, корм для ездовых собак и даже техническое сырье. С момента освоения северных территорий лососи стали играть существенную роль в развитии страны как деликатесный продукт экспорта [120].

Первые научные сведения о лососях Охотского моря относятся к периоду работы Второй Камчат-

ской экспедиции В. Беринга в 1721—1743 гг. До начала XX в. эти исследования лососевых носили исключительно фаунистический характер. В связи с развитием промысла лососей возникла необходимость изучения всех его видов как промысловых объектов. Начало этих работ связано с именами В. К. Бражникова, который с 1898 по 1904 г. проводил исследования на Амуре и в сопредельных

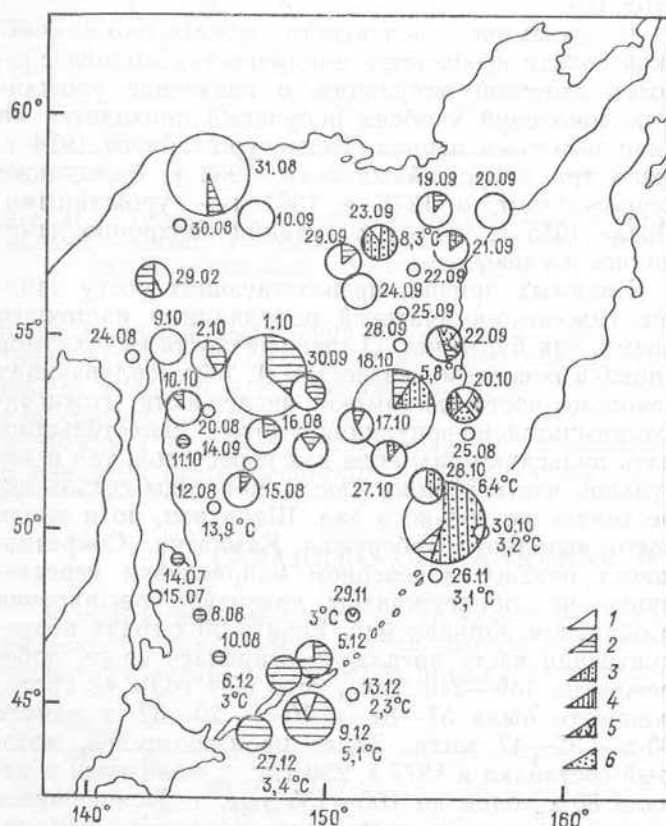


Рис. 17.1. Распределение молоди лососей в Охотском море в 1967 г. и соотношение (%) видов в уловах. Показаны температура поверхности воды (°C) на станциях и даты проведения сетейрейфов (Бирман, 1985).

1 — кета; 2 — горбуша; 3 — красная; 4 — кижуч; 5 — чавыча; 6 — сим. Размеры кружков соответствуют единицам, десяткам и сотням штук рыб за сетейрейф.

водах Охотского моря, и П. Ю. Шмидта, изучавшего в 1900—1901 гг. рыбные промыслы Сахалина [292].

Работы В. К. Бражникова по лососям Амура были продолжены В. К. Солдатовым, заложившим основы углубленного изучения биологии лососей на Дальнем Востоке. Им были обобщены материалы о миграциях лососей в реки, их размерном составе, плодовитости, нересте, развитии икры и личинок. Он первым высказал предположение, что каждое промысловое стадо в море приурочено к определенному району. В. К. Солдатовым было предсказано снижение уловов, необходимость регламентации промысла лососей и их искусственного разведения [292].

С момента создания на Дальнем Востоке Тихоокеанского института рыбного хозяйства (ТИРХ) (в последующем ТИНРО) исследования лососей Охотского моря были существенно расширены. Обзор исследований дальневосточных лососей в 20—30-е годы сделал И. Ф. Правдин [188]. В нашей работе нет необходимости детально останавливаться на ее анализе, да и более поздних публика-

циях по лососям. Данный обзор базируется на основных работах по изучению биологии лососей Охотского моря [4, 5, 13—16, 107, 109, 124, 298].

Одной из основных особенностей биологии тихоокеанских лососей являются их миграции, исследование которых необходимо для понимания процессов формирования запасов, динамики их численности и, наконец, для планирования порядка учетных работ по откочевке молоди и подходам производителей.

Сведения о миграциях лососей в Охотском море имеются лишь в работах И. Б. Бирмана [13, 120].

Катадромная миграция. Исследования в Охотском море показали, что часть скатившейся из рек молоди горбуши и кеты покидает прибрежные воды довольно рано и уже в августе встречается на расстоянии нескольких десятков и даже сотен миль от берега (рис. 17.1). В сентябре молодь этих видов распространена по всей акватории Охотского моря, от Сахалина до берегов Камчатки, следовательно, в Охотском море миграции молоди горбуши и кеты не ограничены только прибрежными районами, а охватывают всю акваторию моря, здесь происходит, видимо, пересечение миграционных путей разных стад. Кроме того, помимо перемещения молоди вдоль берегов, существуют ее миграции из восточной части моря в южную и из западной в северную.

Миграции молоди этих видов из северных районов ареала на юг связаны с наступлением осеннего похолодания, начало которого приходится здесь обычно на вторую половину сентября. Эта миграция длится почти до зимы, так как благоприятные температурные условия на большей части Охотского моря сохраняются до глубокой осени. Массовый выход молоди кеты и горбуши из Охотского моря в океан начинается, видимо, в октябре. При этом у кеты он более растянут, чем у горбуши, что объясняется меньшей холодолюбивостью последней. У северных берегов Сахалина небольшие концентрации молоди кеты и горбуши встречаются в 15—20-мильной полосе от берега до третьей декады октября, а у южных берегов — и позднее. При этом молодь здесь имеет высокую численность и находится еще на расстоянии 300—400 миль от ближайшего выхода в океан.

В южных Курильских проливах (Буссоль, Фриза) скопления молоди этих двух видов отмечаются даже в декабре, что объясняется прогреванием юго-западной части моря течением Соя.

Миграции молоди лососей других видов через южные Курильские проливы не отмечены. Так, молодь нерки встречается лишь в восточной части моря до 151° в. д. (на удалении от берега 150 миль). Учитывая, что нерка зимует в более холодных водах, можно предположить, что осенью она дольше задерживается на севере, молодь ее мигрирует в океан через северные Курильские проливы до конца ноября, а основная масса молоди проходит эти проливы в октябре.

Молодь кижуча, являясь более теплолюбивой среди всех видов лососей, раньше нерки покидает северные районы. Кроме того, она обладает более высокой скоростью миграции (до 5—8 миль в сутки). Через северные Курильские проливы она проходит в океан в конце сентября — октябре.

Молодь симы в летнее время нагуливается

в Охотском море, совершая миграции со скоростью не менее 3 миль в сутки.

На основании сведений о миграциях предлагается следующая схема учета молоди лососей охотских стад. Следует проводить учет в сентябре в трех районах: на севере Охотского моря, у северо-восточных берегов Сахалина, у западных берегов Камчатки. В это время еще не происходит смешение молоди трех группировок.

Анадромная миграция. К Курильским островам горбуша подходит с юга очень широким фронтом, появляясь практически одновременно во всех проливах. Североохотская горбуша мигрирует в Охотское море одновременно через южные и северные проливы. Однако совпадение рунного хода горбуши в районе Охотска и у Северных Курил позволяет предположить, что основная масса североохотской горбуши проходит в Охотское море через проливы Фриза и Буссоль. Не исключено, что этим же путем мигрирует значительная часть западно-камчатской горбуши, преимущественно северо-камчатских стад. Стада горбуши из рек, расположенных южнее р. Большой, проходят через северные проливы, что подтверждается фактом одновременного подхода горбуши к рекам всей западной Камчатки.

Южно-сахалинская и южно-курильская горбуша в основном проходит в море через прол. Фриза, хотя частично мигрирует и северными проливами.

Пути миграции кеты изучены пока недостаточно. В Охотское море через Четвертый Курильский пролив проходит западно-камчатская кета и часть североохотского, восточно-сахалинского, хоккайдского стад, а также значительная часть амурского стада. Через проливы Фриза и Буссоль проходит амурская и сахалинская кета, а также значительная часть охотского стада. В самом море кета распределяется по всей акватории, а не только в прибрежных водах.

Миграции западно-камчатской кеты имеют некоторые особенности. Первые косяки зашедшей в Охотское море кеты направляются в северные реки Камчатки. К р. Озерной ранняя кета подходит иными путями. Ход кеты в районе Усть-Хайрюзово продолжается до конца августа — середины сентября. В северных районах западного побережья Камчатки существует два хода кеты, при этом осенний слабее летнего и между ними нет четкой границы. Для р. Опады характерны четко выраженный летний и осенний пики, для р. Озерной — только осенний пик (рис. 17.2). В районе р. Большой и южнее от нее ход кеты к берегам идет с севера. Все это, несомненно, связано с подходом различных по своему составу группировок кеты из разных районов океана.

В отношении путей миграции амурской осенней кеты имеются разные точки зрения. Вероятнее всего, часть ее вначале мигрирует на север Охотского моря, а затем повернув на запад, идет в р. Амур. С другой стороны, имеются сведения, что подавляющая часть кеты, находящейся в августе в водах северного Сахалина, относится к амурскому стаду и ориентируется на Восточно-Сахалинское течение и сток Амура.

Для всех стад кеты существует одна закономерность: чем южнее расположена нерестовая река, тем позже ход рыбы на нерест.

Западнокамчатские стада нерки, главным образом р. Озерной, нерестовые миграции начинают

раньше других стад, что подтверждается более ранним подходом нерки к западному побережью Камчатки. Миграция в Охотское море начинается в мае через северные Курильские проливы.

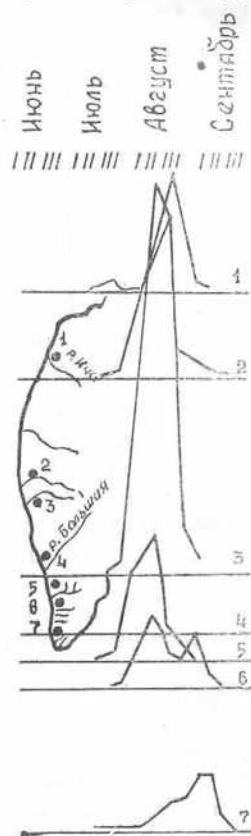


Рис. 17.2. Динамика хода кеты на западном побережье Камчатки (Бирман, 1985).

1 — Усть-Хайрюзово; 2 — Колпаково; 3 — Кировский; 4 — Октябрьский; 5 — Болшеречский; 6 — Опадский; 7 — Озерновский.

Ход кижуча к западному побережью Камчатки начинается в конце июля, в р. Гижигу — в середине июля. Кижуч, нерестящийся в реках Тауйской губы мигрирует еще раньше. Уже в середине июля он повсеместно встречается на всей центральной акватории Охотского моря. Для кижуча закономерно, что его северные стада первыми начинают ход и места их зимовок располагаются в более северных районах океана.

Следует остановиться и на сезонных миграциях лососей в Охотском море. По мнению И. Б. Бирмана, летом в море вместе с производителями заходят большие массы неполовозрелых рыб. Прямых доказательств того, что это рыбы из рек Охотского моря, нет, но это более чем вероятно.

Находясь длительное время в Охотском море, лососи играют существенную роль в его трофических цепях как потребители зоопланктона и молоди рыб, с одной стороны, а также как объекты питания морских млекопитающих, с другой. Поэтому необходимо хотя бы коротко затронуть этот аспект их биологии.

С момента выхода из эстуария рек в прибрежье сеголетки горбуши и кеты сразу начинают активно питаться зоопланктоном. Основу их пищи составляют *Parathemisto japonica*, *Calanus plumchrus* (табл. 17.1).

Молодь нерки в основном (до 90 %) питается также *P. japonica*. Но в ее желудках встречаются также мальки песчанки, минтая, личинки крабов. Молодь кижуча при массе 150—280 г потребляет молодь рыб (минтая, песчанки и др.), однако в желудках встречается и *P. japonica*, особенно у рыб, пойманных в удаленных от берегов районах [5].

Питание сеголетков горбуши и кеты в Охотском море [5]

Компонент	Горбуша			Кета		
	1	2	3	1	2	3
<i>Parathemisto japonica</i>	86,3	76,5	59,3	49	51,0	56,3
<i>Calanus plumchrus</i>	59,0	35,2	27,3	58	24,8	27,3
<i>Primno macropa</i>	40,9	12,9	10,0	29	7,4	8,2
<i>Thysanoessa raschii</i>	4,5	2,2	1,7	2	6,5	7,2
<i>Euphausiacea</i> (juv)	4,5	0,2	0,1	—	—	—
<i>Pisces</i> (juv)	4,5	0,2	0,1	—	—	—
Прочие	12,0	2,0	1,5	8	0,9	10
Всего	—	129,0	100	—	90,6	100

Примечание. 1 — частота встречаемости, %; 2 — индекс наполнения желудка, ‰; 3 — процент от общего индекса наполнения.

В период анадромной миграции характер питания кеты, горбуши и нерки в Охотском море отличается от такового в открытом океане, где число пищевых организмов достигает 60 форм макропланктона, в прибрежных же водах около 20. Так, осенью 1962 г. главной пищей кеты были крылоногие моллюски, а у нерки и кеты преобладала молодь кальмаров [4]. Кета и горбуша практически до подхода к устьям рек продолжают активно питаться. Так, нами в июле 1989 г. в Пенжинском заливе было просмотрено до 300 желудков кеты и горбуши. Оба вида питались зоопланктоном. Средняя степень наполнения желудка у кеты равнялась 1,4, а у горбуши — 1,5. Основу питания у обоих видов составляли *Thysanoessa raschii*, *P. japonica*. У горбуши более широкий спектр питания, в ее желудках достаточно часто встречаются крылоногие моллюски (*Limacina helicina*), единично личинки сельди и молодь минтая.

Наши наблюдения и ряд литературных данных [4] позволяют утверждать, что лососи не являются хищниками, как это считают некоторые авторы [16]. Хищниками являются кижуч и чавыча, но они в Охотском море не имеют высокой численности. Основу биомассы составляют горбуша, кета и нерка, характер питания которых указывает на то, что они в большей мере могут конкурировать с минтаем и сельдью, особенно в период летних миграций неполовозрелых рыб. Однако при современной численности лососей и сельди утверждение о пищевой конкуренции между ними вряд ли правомочно.

Из межвидовых отношений наибольший интерес представляют таковые между горбушей и кетой, горбушей и неркой. Горбуша начинает влиять на обеспеченность кеты пищей уже с момента выхода ее в море [13].

В северных районах Охотского моря в годы ската высокочисленных поколений горбуши темп роста молодки кеты заметно снижается. Аналогичная картина, вероятно, складывается и у западной Камчатки. В. И. Чупахин и А. М. Каев [276] отмечают, что в смешанных скоплениях горбуша имеет более высокие показатели накормленности. Правда, последнее они связывают с тем, что заводская молодка кеты, скатывающаяся позже горбуши, сразу попадает в худшие условия нагула. Из всего сказанного выше можно утвердительно говорить о наличии конкуренции между молодью горбуши и кеты. Места обитания горбуши и нерки

в море практически не совпадают, но там, где это имеет место, пищевая конкуренция между ними не менее значительна. Имеющиеся сведения говорят о том, что в районе, где велика численность горбуши, отмечается лимитирование воспроизводительной способности нерки [13].

По данным Е. И. Соболевского [217], среди морских млекопитающих, обитающих в Охотском море, только четыре вида потребляют лососей — горбатый кит, белуха, ларга, морской котик. Наибольшее влияние на запасы лососей оказывает белуха, образующая скопления от нескольких сот до тысячи и более голов. Основные места концентрации белухи приурочены к лиману Амура, Сахалинскому заливу, Тауйской, Пенжинской и Гижигинской губам и по времени совпадают с ходом лососей в реки. Расчеты, основанные на количестве млекопитающих и их суточных рационах, позволили автору определить, что ежегодно указанные четыре вида выедают от 30 до 40 тыс. т лососей, в том числе белуха — от 20 до 32 тыс. т. В начале века общая эта величина составляла 37—53 тыс. т.

Как было сказано выше, одно из скоплений белухи приурочено к Пенжинскому заливу, одной из высокопродуктивных зон моря [16]. Здесь нагуливаются, как показали экспериментальные работы в июле 1989 г., мощные скопления кеты и горбуши. Уловы на одну 30-метровую дрейтерную сеть в отдельных случаях достигали 150 штук лососей и более (около 20 кг). В среднем улов на одну сеть равнялся 50 кг (в традиционных районах дрейтерного промысла он редко превышает 20 кг). В то же время общий береговой промысел по горбуше в Пенжинском заливе даже в годы высокой численности не превышал 2 тыс. т в год, а по кете — 4 тыс. т [109] (обычно около 1 тыс. т обоих видов). На наш взгляд, причина данного противоречия кроется в значительном выедании лососей белухой и ларгой, которое для данного района может быть оценено в 4—5 тыс. т ежегодно. С целью снижения на лососей пресса морских зверей необходимы меры по отлову хищников. Кроме того, интенсификация дрейтерного промысла на путях миграций лососей уменьшит плотность скоплений последних, что должно привести к переходу хищников на питание другими видами рыб.

Прежде чем рассмотреть состояние запасов и динамику вылова лососей в Охотском море, представляется интересным остановиться, хотя бы кратко, на истории развития промысла лососей

Таблица 17.2

Вылов лососей японскими рыбаками в Охотском море
в 1906—1925 гг. [109], тыс. т

Год	Горбуша	Кета	Нерка	Чапача	Всего
1906	9,96	1,00	—	—	10,96
1907	20,06	0,80	—	—	20,86
1908	17,69	7,45	—	—	25,14
1909	23,23	10,50	2,34	—	36,07
1910	23,62	31,35	3,93	—	58,90
1911	69,35	17,46	3,75	0,03	90,59
1912	51,80	13,24	2,69	0,02	67,75
1913	53,77	18,91	5,49	0,04	78,21
1914	86,54	17,84	1,40	0,03	105,81
1915	80,28	9,71	4,22	—	93,21
1916	111,94	9,36	6,50	—	127,80
1917	121,12	15,42	5,79	—	142,33
1918	61,69	21,25	8,75	0,02	91,71
1919	73,17	27,47	8,66	0,03	109,33
1920	89,40	26,62	6,51	0,02	122,53
1921	86,95	24,15	9,64	—	120,74
1922	109,14	26,24	18,07	—	153,45
1923	31,41	24,03	15,69	—	71,13
1924	136,72	13,10	15,54	—	165,36
1925	25,92	14,61	6,95	0,01	47,79

Таблица 17.3

Вылов лососей японскими рыбаками в Охотском море
в 1926—1945 гг. [109], тыс. т

Год	Горбуша	Кета	Нерка	Кижуч	Чапача	Всего
1926	147,71	14,88	8,59	0,01	0,02	171,21
1927	62,45	18,31	8,43	0,01	0,01	89,21
1928	126,84	40,91	18,77	0,01	0,02	186,55
1929	16,66	39,36	17,16	0,01	0,02	73,21
1930	74,42	36,99	15,80	0,02	1,05	128,28
1931	19,92	18,74	10,51	0,17	0,05	49,39
1932	72,01	24,11	10,17	0,38	0,08	106,75
1933	25,17	20,51	7,22	0,03	0,03	52,96
1934	101,83	32,84	17,70	0,02	0,01	152,40
1935	82,82	20,86	3,53	0,02	0,04	107,27
1936	43,61	50,15	7,58	0,39	0,05	101,78
1937	64,40	29,48	8,71	0,12	0,04	102,75
1938	59,31	26,20	10,26	0,04	0,03	95,84
1939	87,85	13,69	7,16	0,01	0,01	108,72
1940	39,55	19,02	5,60	0,014	—	64,18
1941	69,48	17,85	2,88	0,003	—	90,21
1942	44,11	9,97	6,38	0,003	—	60,46
1943	74,63	8,51	5,91	0,001	—	89,05
1944	22,78	1,44	3,37	—	—	27,59
1945	—	—	—	—	—	—

колебалась от 41 до 74 %, с 1957 по 1963 г. — от 31 до 18 %. Шло постепенное снижение уловов, которое в еще большей степени отмечено в последующие годы.

С 1953 г. Япония начинает развивать активный дрифтерный и ярусный промысел лососей в океане, доведя уже к 1955 г. объемы вылова до 100 тыс. т в год. В 1957 г. был достигнут максимум вылова лососей в открытой части океана. Именно с этого момента выявилась тенденция снижения запасов охотских стад, а с начала 60-х годов наступила глубокая депрессия. В эти годы доля лососей в общем улове рыб Охотского моря иногда снижалась до 2 %. Конечно, следует помнить об общем увеличении вылова других рыб в море, но и абсолютные цифры вылова лососей подтверждают снижение их запасов (рис. 17.3, табл. 17.4, 17.5).

Морской промысел лососей, кроме своего прямого влияния на запасы через изъятие части производителей, может вызвать изменения в популя-

в Охотском море. Во второй половине XIX в. началось интенсивное освоение основных стад тихоокеанских лососей, уже к концу его наблюдался перелом, например у о. Хоккайдо [14]. В начале XX в. отмечалась тенденция сокращения запасов лососей Охотского моря [107], что можно объяснить интенсификацией японского промысла.

Промысел лососей японскими рыбаками в дальневосточных морях, главным образом в бассейне Охотского моря, начался в 1850 г., но особенно быстрыми темпами он развивался с 1875 г., после подписания Петербургского трактата [109]. К 1908 г. рыболовство лососей на территории русского, а затем советского Дальнего Востока сформировалось в мощное хозяйство. Оно охватывало все побережье Охотского моря и было строго районировано. Были помечены николаевский, западно-камчатский и ичинский промысловые районы.

К этому времени в бассейне Охотского моря существовало 63 рыболовных участка, к 1930 г. их число возросло до 163 и оставалось примерно на этом уровне до 1942 г. На каждом участке разрешалось ставить один ставной невод, размещалось стационарное оборудование: холодильники, консервные заводы, посольные и икорные цеха, тарные предприятия, жилые помещения. За право эксплуатации участка устанавливалась арендная плата, определялась норма вылова. До 1930 г. в регионе преобладали рыбопромысловые участки (в среднем 80 %). В последующее десятилетие соотношение русских и японских участков было примерно одинаково. В это же время Япония вела дрифтерный промысел с судов-маток у юго-западного побережья Камчатки, где основным объектом промысла была нерка [109].

С 1946 по 1951 г. японский промысел наших дальневосточных стад отсутствовал, но уже с 1952 г. все стада, в том числе и охотские, вновь стали испытывать давление бурно развивающегося дрифтерного и ярусного японского промысла в океане в период преднерестовых миграций лососей.

К рассмотрению влияния последнего вида промысла мы еще вернемся, так как он достаточно тесно связан с динамикой вылова охотских стад лососей в последние 40 лет.

Сведения об уловах лососей в Охотском море имеются с начала века, однако сразу следует указать на качество статистических материалов. В имеющихся источниках [16, 109, 124, 298] можно найти некоторые несоответствия. Причина данного явления, вероятнее всего, кроется в том, что акватория моря разделена на четыре рыбопромысловых района, по которым идет учет вылова, а ранее существовало деление на шесть лососевых промысловых районов. Учитывая имеющиеся различия, вся нижняя приведенная статистика дается со ссылкой на источник информации.

В начале столетия основу уловов в Охотском море составляли лососи. В 30-е годы промысел начинает осваивать другие объекты и общий вылов всех видов достигает 800 тыс. т, а лососи еще продолжают играть существенную роль, давая почти треть общего улова в море [16]. В эти годы достаточно высоким был пресс японского промысла (табл. 17.2, 17.3).

За последние 45 лет можно выделить несколько периодов в численности лососей Охотского моря. В период с 1946 по 1956 г. их доля в общем улове

Отечественный вылов лососей в Охотском море
в 1925—1945 гг. [124], тыс. т

Год	Горбуша	Кета	Нерка	Кижуч	Чаньча	Всего
1925	—	29,78	—	—	—	29,78
1926	135,47	50,96	—	—	—	186,43
1927	31,84	43,93	—	—	—	75,77
1928	115,34	58,85	—	—	—	174,19
1929	8,56	77,60	—	—	—	86,16
1930	104,42	81,43	—	—	—	185,85
1931	31,83	77,29	—	—	—	109,12
1932	135,98	62,81	—	—	—	198,79
1933	25,95	51,81	—	—	—	77,76
1934	120,18	65,20	2,73	0,98	0,02	186,11
1935	31,98	46,81	0,39	1,06	0,01	80,25
1936	49,06	64,98	2,32	2,90	0,06	119,32
1937	49,40	54,80	3,33	7,52	0,10	115,15
1938	62,13	66,76	4,52	0,83	0,03	134,27
1939	57,36	51,76	3,12	0,84	0,06	113,14
1940	41,95	42,21	1,63	0,27	0,01	86,07
1941	53,22	38,71	1,31	0,81	0,01	94,06
1942	60,00	26,97	2,10	1,68	0,02	90,77
1943	78,65	48,61	3,25	1,10	0,08	131,69
1944	74,39	35,30	4,08	1,30	0,02	115,09
1945	66,47	38,56	3,23	2,20	0,01	110,47

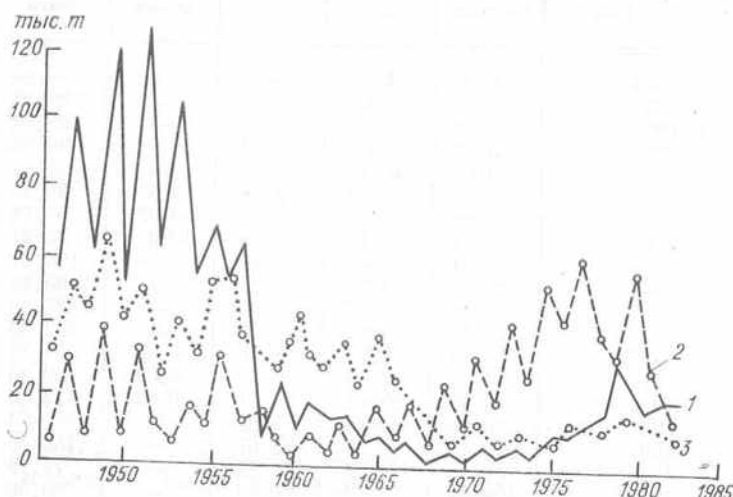


Рис. 17.3. Динамика вылова (тыс. т) тихоокеанских лососей в бассейне Охотского моря в 40—80-х годах [292].

Районы: 1 — западно-камчатский; 2 — сахалино-курильский; 3 — северо-охотоморский.

прекращении морского промысла восстановление запасов будет идти очень медленно, особенно это касается видов со сложной внутривидовой структурой. Только горбуша в благоприятных условиях при запрете лова в море может дать быстрый эффект.

Таблица 17.4

Отечественный вылов лососей в Охотском море
в 1907—1924 гг. [298], тыс. т

Год	Горбуша	Кета	Нерка	Всего
1907	4,82	40,18	—	45,00
1908	28,17	36,45	—	64,62
1909	38,69	74,29	—	112,98
1910	50,58	199,98	3,33	253,89
1911	92,13	80,01	5,54	177,68
1912	66,11	63,47	3,25	132,83
1913	71,90	77,38	3,80	153,08
1914	92,81	44,58	1,43	138,83
1915	69,20	30,39	5,03	104,62
1916	104,80	15,04	11,22	131,06
1917	150,29	29,07	7,38	186,74
1918	112,73	32,14	7,37	152,24
1919	89,04	30,68	8,89	128,61
1920	96,52	27,51	12,85	136,88
1921	72,09	25,68	3,88	101,65
1922	115,75	37,84	10,14	163,73
1923	34,34	32,22	16,94	83,51
1924	138,99	29,50	14,14	182,64

Последние годы мы не раз имели возможность убедиться в проявлении данного эффекта. Достаточно вспомнить ситуацию 1983 г. на западе Камчатки и сезон 1989 г. на юго-востоке Сахалина, когда отмечались очень высокие подходы горбуши.

Состояние запасов лососей охотоморских стад в 80-е годы характеризуется низкой численностью стад кижуча, медленным восстановлением запасов практически всех стад кеты. В отношении запасов нерки Курильского озера несомненную положительную роль сыграли мероприятия по фертилизации озера [128]. Состояние запасов стад горбуши можно охарактеризовать как неустойчивое.

В ближайшей перспективе (до 1995 г.) следует ожидать медленного подъема численности стад кеты, стабилизации уловов горбуши и нерки озерного стада. Не последнюю роль должны сыграть мероприятия по искусственному воспроизводству лососей. В настоящее время около 90 % заводской молоди выпускается в Охотское море. С увеличением числа заводов, основная часть которых будет базироваться на реках бассейна Охотского моря, почти в два раза возрастет количество выпускаемой молоди. Одновременно с внедрением современных биотехнологий повысится эффективность работы заводов, что, несомненно, будет способствовать возрастанию уловов лососей в Охотском море.

18. МИНТАЙ

Минтай *Theragra chalcogramma* (Pallas) — наиболее массовый и широко распространенный представитель семейства тресковых в северной части Тихого океана.

В Охотском море минтай обитает повсеместно, хотя в разное время года область его распределения значительно изменяется, увеличиваясь в нагульный период (лето—осень) и соответственно уменьшаясь в преднерестовый и нерестовый сезоны

(зима—весна). Способный совершать значительные вертикальные миграции, минтай в Охотском море встречается как в прибрежных водах на глубинах до 20 м (вдоль Камчатки и северного побережья Охотского моря), так и на глубинах 550—600 м в центральной котловине и желобе Лебеда.

Целенаправленные исследования охотского минтая были начаты сравнительно недавно. В конце 40-х — начале 50-х годов основное внимание уде-

лялось интенсивности нереста, распределению икры, особенностям эмбрионального развития [63, 106, 191]. Несмотря на эпизодичность выполненных работ, полученные результаты позволили сделать вывод о возможностях минтаевого промысла в сравнительно крупных масштабах у западной Камчатки [193]. Л. В. Микулич [149] отметила факт нереста в зал. Шелихова, притауйском районе и у о. Ионы, хотя в отношении последнего считали, что икра и личинки минтая заносятся туда течениями.

Возросшее промысловое значение минтая в 60-е и 70-е годы предопределило необходимость расширения специальных исследований. Поскольку основным районом добычи являлись воды западной Камчатки и восточного Сахалина, главные усилия были направлены на изучение сезонного распределения, нереста, биологических параметров (роста, созревания, размерно-массового и полового состава) и динамики промысла минтая, обитающего в указанных районах [88, 89, 91, 93, 112, 190, 202].

В эти же годы предпринимались попытки выяснения популяционной подразделенности охотского минтая. На этот счет существовало множество мнений, разные авторы выделяли от одной до пяти и даже более популяций. Так, Л. М. Зверькова [92] считала, что по всему Охотскому морю, за исключением южной его части, обитает одна мощная популяция, которая включает в себя две совокупности субпопуляций зимнего и весеннего нереста. По ее мнению, главный центр воспроизводства находился в шельфовых водах западной Камчатки, а в северо-западной и западной частях моря крупных нерестилищ не было. Большое значение при этом придавалось вероятному переносу течениями икры и личинок в зал. Шелихова и притауйский район. В. В. Пушников [189] выделял в Охотском море пять популяций — южно-сахалинскую, северо-сахалинскую, северо-охотоморскую, восточно-охотоморскую и южно-охотоморскую (курило-хоккейскую).

Проведение исследований в северной части моря позволило В. А. Вышегородцеву [54] сделать вывод о самостоятельности популяции обитающего здесь минтая. Г. Д. Флусова и Л. В. Богданов [269] считают, что в Охотском море существует по меньшей мере девять популяций.

Согласно современным представлениям, основанным на весьма обширном массиве данных, полученных в ходе выполнения тотальных ихтиопланктонных и траловых съемок в 1983—1989 гг., в Охотском море существует три крупных центра воспроизводства — шельф западной Камчатки, зал. Шелихова и центрально-охотоморский (возвышенность Лебеда). Они хорошо дифференцируются по распределению производителей в нерестовый период, а также развивающейся икры и личинок [56, 215, 216, 263]. Стационарные в межгодовом плане скопления икры формируются на шельфе западной Камчатки (до 56—57° с. ш.), в зал. Шелихова и в северо-западной части моря, на возвышенности Лебеда (рис. 18.1). Менее значительные скопления икры ежегодно наблюдались у восточного побережья о. Сахалин, а в отдельные годы — в ионо-аянском районе. Надо сказать, что сроки нереста на каждом из указанных нерестилищ различаются. Так, у западной Камчатки массовый

нерест наблюдается в конце марта — начале апреля, на возвышенности Лебеда — во второй половине апреля, в зал. Шелихова — в первой декаде мая и на западных нерестилищах, включая восточный Сахалин, — в конце мая — начале июня. Таким образом, учитывая некоторое перекрывание сроков нереста на каждом из нерестилищ, следует все-таки считать, что нерестилища дифференцированы не только пространственно, но и во времени. На наш взгляд, главным барьером (такого же мнения придерживается и В. А. Вышегородцев [55]) между нерестилищами западной Камчатки и возвышенности Лебеда являются впадина ТИНРО и глубоководная шелиховская ложбина, хотя вполне возможно, что нерестилища в зал. Шелихова и на возвышенности Лебеда связаны более тесно, чем с западно-камчатским.

Большинство исследователей так или иначе касалось вопроса о масштабах дрейфа икры, связанного с адвекционными процессами. Часть из них [92, 111] считала, что перенос икры носит глобальный характер и в зависимости от типа года («теплый» или «холодный») икры и личинки могут быть перенесены на сотни километров от нерестилищ. По нашим данным, с учетом скоростей поверхностных течений (5—10 см/с) [183] перенос икры может составить за период эмбрионального развития не более 30—60 км. Это подтверждают также исследования В. П. Василькова и С. Ю. Глебовой [29], В. А. Вышегородцева [56], О. Г. Золотова [100]. Тем не менее факт разнеса некоторой части икры, судя по непрерывности ее распространения и четкой агрегированности производителей, подтвержден результатами ихтиопланктонных съемок. По мере развития икра минтая распространяется на обширных пространствах северной части Охотского моря благодаря течениям и за счет вымета остаточной икры частью самок, покинувших нерестилища. Однако около 70—80 % учитываемой развивающейся икры концентрируется в местах вымета или вблизи них. По мере развития и в особенности перед выклевом степень агрегированности возрастает. Формируются локальные скопления у западной Камчатки, в зал. Шелихова (в его юго-западной части) и в северо-центральной части моря. Расположение их соответствует местным мезоциркуляционным системам водных масс, примерно так же распределяются и личинки [25]. Таким образом, несмотря на разнос, скопления икры и личинок в основной массе не утрачивают свою обособленность и соответствуют скоплениям нерестящихся производителей. Неясной остается судьба икры, которая выносится за пределы районов размножения. По мнению Н. В. Парина [164], такая икра и личинки в массе погибают. Исходя из вышесказанного, однозначного вывода о степени смешиваемости потомства на ранних этапах онтогенеза с различных нерестилищ пока сделать невозможно.

Распределение сеголеток минтая в Охотском море также достаточно тесно связано с дислокацией нерестилищ и соответственно икры и личинок. Как показал М. А. Оленич [163], в 1984—1986 гг. скопления сеголеток наблюдались у западной Камчатки, в зал. Шелихова, у Тауйской губы, в северо-западной части моря и у восточного Сахалина. При незначительных межгодовых колебаниях их границ, по его мнению, они были ста-

бильными во времени и пространстве. Более подробный анализ межгодовых изменений распределения сеголеток и молоди на основании результатов комплексных съемок в осенний период 1984—1988 гг. был выполнен О. С. Темных [234]. Соглашаясь с тем, что основные районы скоплений

В 1986 г. в начале осени очень мощные скопления были отмечены в северокамчатских водах, а в более позднее время скопления располагались и в западной части моря. Отметим, что указанные учетные работы производились только разноглубинным тралом, исходя из предположения, что

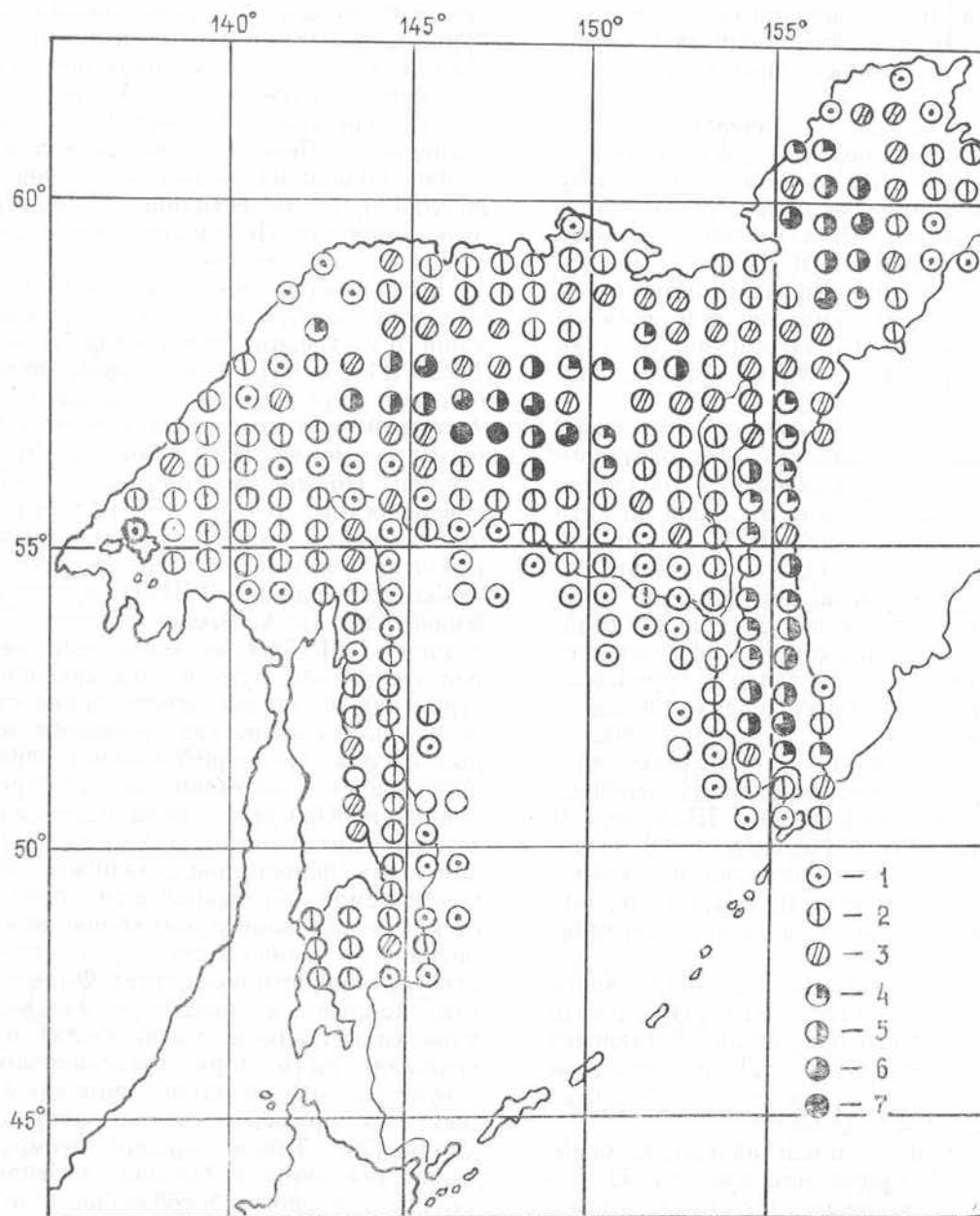


Рис. 18.1. Распределение икры минтая в Охотском море в 1984—1988 гг. по трапециям 30' по широте, 1° по долготе (% общей численности).
1 — <0,01; 2 — 0,01—0,10; 3 — 0,11—0,50; 4 — 0,51—1,0; 5 — 1,01—2,0;
6 — 2,01—5,0; 7 — >5.

в основном располагались в водах шельфа и свала глубин, т. е. в сопредельных с нерестилищами водах, она подчеркивала, что стабильные высокочисленные скопления сеголеток наблюдались лишь в восточной части моря, к которой она относит, кроме западно-камчатского района, зал. Шелихова и Тауйский район с прилегающими склонами впадины ТИНРО. В западной части моря численность сеголеток в разные годы значительно изменялась. Так, в 1984 г. здесь было учтено около 25 % общей численности сеголеток, в 1985 г. они не ловились,

сеголетки обитают только в толще воды, преимущественно в верхних горизонтах.

Однако траления, проведенные донными тралами в осенний период 1989 г. в западной части моря, показали, что значительное количество сеголеток обитало в придонных слоях; возможно, такое же вертикальное распределение было характерным и в 1985 г., когда в данном районе сеголеток не отмечалось. Следует сказать, что до настоящего времени методика учетных работ по сеголеткам в Охотском море не отработана, поэтому данными

по их численности можно оперировать весьма приблизительно.

Основная масса неполовозрелого минтая размерами 15—35 см (возраста 2—4 года) обитает на внешней кромке шельфа и свала глубин вдоль побережья западной Камчатки, по периметру впадины ТИПРО, а также вдоль подводной шелиховской ложбины. Некоторая часть распределяется в окрестностях банки Кашеварова, но плотность скоплений здесь значительно меньше, так же как и у восточного Сахалина. Для неполовозрелого минтая не характерны значительные сезонные миграции. Прослежено некоторое смещение с внешней кромки шельфа на свал глубин зимой с наступлением ледовой кромки и в обратном направлении с весенним потеплением в северо-западной части моря.

Наиболее высокой миграционной активностью обладает половозрелый минтай размерами 40—50 см. Его распределение в разные сезоны значительно различается. В зимне-весенний период он образует локальные соответствующие основным нерестилищам скопления, с началом нагула широко распространяется по всей акватории моря, охватывая в том числе южную глубоководную котловину. При этом происходит значительное смешивание производителей с различных нерестилищ.

Недавно было показано, что минтаю, размножающемуся на возвышенности Лебеда, свойственны более протяженные миграции, чем минтаю западной Камчатки, большая часть которого в течение года не покидает пределов западно-камчатского шельфа и свала.

В общем виде посленерестовые миграции можно представить следующим образом: первая волна миграций направлена преимущественно на юг в глубоководную часть моря, где смешиваются особи западно-камчатского, североокеанского (возвышенности Лебеда) и сахалино-ионского районов. Эта миграция является самой протяженной. Миграционный путь особей, заканчивающих нерест последними, наоборот, наиболее короткий и направлен в прибрежные воды. Это характерно для наиболее крупных особей длиной более 60 см.

Осенью количество половозрелого минтая в южной глубоководной части моря значительно уменьшается, и в сентябре—ноябре основная масса распределяется на северном и камчатском шельфах, образуя на отдельных участках значительные по плотности скопления (к востоку от зал. Шелтинга, к югу от зал. Бабушкина, у северо-восточного Сахалина, в зал. Шелихова).

Такое изменение пространственного распределения в течение нагульного сезона соответствует смещению продуктивных зон с юга на север от начала к концу лета и осени. В осенний период доля макропланктона в северной части моря возрастает (до 42,5 %) с одновременным уменьшением (до 26,2 %) в глубоководной котловине [50].

Минтай относится к преимущественно планктоноядным рыбам. Личинки переходят на эктогенное питание при достижении длины 3,5—4,5 см. Основу пищи составляют науплии мелких копепоид, мелкие яйца копепоид и эвфаузинид. Иногда в состав пищевого комка у мелких личинок входят и мелкие одноклеточные водоросли. Более крупные личинки начинают потреблять ранних копепоид, а значение икры и науплиев снижается [51]. У сеголеток, ко-

торые к осени достигают максимальной длины (14 см), основу пищи составляют крупные зоопланктеры, в основном эвфаузииды (9—27 мм) и крупные копепоиды (3,5—9 мм) [79]. Немаловажное значение в питании сеголеток имеют гипериды, мелкие копепоиды, крылоногие моллюски и щетинкочелюстные. Повсеместная доступность излюбленного корма сеголеток в Охотском море свидетельствует о достаточной обеспеченности их пищей в осенний период [79].

В дальнейшем с увеличением размеров минтая происходит последовательное увеличение размеров пищевых организмов, качественного состава и доли отдельных групп, сокращается доля копепоид и амфипод.

Л. В. Микулич [148] считала, что минтай является почти эврифагом и может питаться планктоном, нектоном, бентосом и даже макрофитами (например, zostерой). Существенное значение в питании может иметь молодь рыб. Например, у западной Камчатки зимой молодь минтая и других рыб (песчанки, мойвы) в пище иногда составляет до 50—60 %, а у северо-восточного Сахалина летом — до 5—18 %. Состав пищи значительно зависит от глубины обитания: на мелководье основой пищи являются зообентос и придонные животные (креветки), на больших глубинах (до 200 м) преобладает крупный зоопланктон, а доля бентоса сокращается: в глубоководных районах основой пищи являются планктон и нектон.

По мнению большинства исследователей [146, 278], выедание собственных личинок молоди может быть значительным и даже оказывать влияние на уровень пополнения. А. Ф. Волков и А. Я. Ефимкин [51] считают, что канибализм у минтая носит четко выраженный сезонный характер. В весенне-летний период, когда достаточно планктонного корма, а молодь урожая прошлого года уже слишком крупна (до 20 см) даже для половозрелого минтая, канибализм отсутствует. По мере подрастания личинок минтая до 30—40 мм и более, т. е. до размеров крупного зоопланктона, ими начинают питаться крупный и средний минтай. В период массового нереста в центральной части нерестилища у западной Камчатки, где численность выметанной икры достигает максимума, основная масса отнерестившихся особей активно потребляет собственную икру, как неоплодотворенную и погибшую, так и развивающуюся. Учитывая, что икра минтая в этот период является также основой питания обитающих здесь донных и придонных рыб (камбалы, керчаки, лисички и др.), следует признать, что выедание икры является одним из основных факторов высокой смертности минтая в раннем онтогенезе.

Не столь существенным представляется роль канибализма в более позднее время, поскольку в летний период скопления личинок и нагульного минтая значительно разобщены. Несколько возрастает выедание в осенний период, когда половозрелый минтай выходит после активного нагула на шельф. Однако интенсивность питания в этот период значительно ниже, чем в начале нагула, и, по мнению М. А. Оленича [163], скопления сеголеток и взрослого минтая также достаточно хорошо дифференцированы. Наибольшая встречаемость сеголеток (до 36 %) наблюдается в участках стыковки районов их обитания. Выяснено, что особен-

Таблица 18.1

Линейный рост минтая в различных районах Охотского моря, см

Район	Возраст, лет									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Юго-западная Камчатка	28,5	34,4	38,1	41,1	45,6	48,3	52,2	—	—	—
Северо-западная Камчатка	24,5	29,4	38,5	41,8	45,2	49,4	50,6	54,3	55,8	58,0
Возвышенность Лебеда	24,2	29,8	36,4	42,4	45,7	47,9	52,9	56,5	—	—
Восточный Сахалин	25,2	29,2	36,9	43,1	44,8	47,4	51,9	59,8	—	—

ности вертикальных миграций сеголеток и взрослых особей способствуют смешиванию их только в темное время суток, когда крупный минтай вообще не питается или питается мало [61]. Днем наблюдается вертикальная изоляция скоплений, что препятствует выеданию сеголеток. Все это свидетельствует, скорее всего, о незначительной степени каннибализма минтая в Охотском море.

Минтай является сравнительно быстрорастущей рыбой с относительно коротким жизненным циклом. Предельным возрастом для охотского минтая следует считать 16—18 лет. В популяциях, как правило, доминируют 3—4 возрастные группы, в нерестовом стаде это в основном 5—8-годовики. В юго-западной части Охотского моря, включая восточный Сахалин, обитает наиболее старый минтай, особи старше 10 лет составляют 10 %, а основу нерестового стада составляют 7—9-годовалые рыбы. Наиболее быстрый рост минтая в Охотском море, как и в других частях ареала, наблюдается в первые два года. Наличие существенной изменчивости размеров особей в Охотском море обусловлено различиями в сроках массового нереста на удаленных друг от друга нерестилищах и выклева личинок. Во всех районах размеры сеголеток находятся в прямой зависимости от длительности периода их развития и роста. Сеголетки западно-камчатского происхождения осенью достигают 9—10 см, тогда как в западной части моря их размеры не превышают 7—8 см. Впоследствии разница в размерах одновозрастных рыб снижается (табл. 18.1).

Половое созревание охотского минтая начинается по достижении им возраста 3 лет при длине тела 29—30 см. Однако основное созревание, при котором половозрелыми становятся 50 % особей, наблюдается при длине 34—37 см, причем самцы

в массе половозрелыми становятся при меньшей длине, чем самки (табл. 18.2). Во всех районах Охотского моря самцы созревают в меньшем возрасте, чем самки: самцы — в 5 лет, а самки — в 6 лет (соответственно 57—88 и 75—95 %).

Плодовитость охотского минтая варьирует в больших пределах. Существенные различия в колебаниях и средних значениях плодовитости отмечаются по отдельным районам моря. Так, Н. П. Сергеева [214] указывает, что абсолютная плодовитость западно-камчатского минтая изменяется в очень широких пределах: от 41,3 тыс. икринок у 5-годовалой самки длиной 42 см до 1500,8 тыс. икринок у 12-летней самки длиной 71 см. В Притауйском районе, по данным В. А. Вышегородцева [55], абсолютная плодовитость колеблется от 70,6 до 670,7 тыс. штук, составляя в среднем 251,3 тыс. икринок. Темп нарастания абсолютной плодовитости во всех районах в целом идентичен, увеличение ее с возрастом и длиной подчиняется степенной зависимости [230].

По мнению большинства исследователей, занимавшихся ранее изучением характера созревания половых продуктов и типа икрометания, нерест у минтая порционный ([55, 89, 90, 230 и др.]. Новейшие данные, однако, свидетельствуют о синхронности вителлогенеза и единовременности икрометания у минтая [52]. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Промысел минтая в Охотском море имеет сравнительно короткую историю. Быстрыми темпами он стал развиваться только с конца 60-х годов: наращивание добычи шло за счет вовлечения новых районов и увеличения интенсивности промысла (рис. 18.2).

После 1977 г. произошел резкий спад уловов, который был обусловлен искусственным сдержива-

Таблица 18.2

Созревание минтая в зависимости от длины в различных районах Охотского моря [231], см

Район	Самцы		Самки		Все особи	
	Длина созревающих особей, min — max	50 %	Длина созревающих особей, min — max	50 %	Длина созревающих особей, min — max	50 %
Западная Камчатка	28,5—48,0	35,2	29,5—48,0	36,5	28,2—48,0	35,9
Северо-западная Камчатка	27,5—42,0	34,1	32,0—48,5	38,3	27,5—48,5	35,5
Возвышенность Лебеда	29,0—45,0	35,8	30,0—47,0	37,7	29,0—47,0	36,8
Восточный Сахалин	25,5—44,0	32,0	31,5—47,5	37,6	25,5—47,5	34,8

нием добычи. Считалось, что запасы минтая к 1977 г. были сильно подорваны за счет нерегулируемого промысла у западной Камчатки. Однако исследования, проведенные в последующие годы [265, 266], показали, что негативное влияние промысла было сильно преувеличено. Кроме того, в промысел были вовлечены крупные, ранее не эксплуатируемые единицы запасов, а их оценка в ряде случаев занижалась в связи со слабой изученностью популяционного состава и размеров акваторий отдельных популяций. Новые данные по оценке запасов и экологии минтая позволили увеличить вылов почти в два раза.

Минтай относится к рыбам со значительными колебаниями урожайности поколений. Но при современных технических возможностях промысел может стать решающим фактором динамики численности, тем более что лов ведется в преднерестовый период, когда минтай образует плотные, малоподвижные скопления, что не исключает возможности перелова. Поэтому в основу оценки состояния запасов как первого этапа прогнозирования должно быть положено определение соотношения вылова и запаса, т. е. определение степени эксплуатации стад. В качестве ориентира был применен чисто формальный подход. Поскольку рост уловов обеспечивался интенсификацией промысла, теоретически должен был наступить период замедления приростов добычи, что позволило бы определить асимптоту кривой вылова. Из этого чисто формального подхода, вытекающего из идеи максимального устойчивого улова, следует, что в Охотском море современный вылов приближается к нему. В основу более корректных подходов должны быть положены важнейшие экологические данные: воспроизводительный потенциал, численность (биомасса) производителей и пополнения, возрастной состав, промысловые показатели и их динамика, темп полового созревания и т. п.

На основе этого дается анализ состояния запасов и тенденция их изменения. Собственно прогноз на определенный отрезок времени является прогнозом урожайности поколений, составляющих пополнение. Для охотского минтая доминантными по биомассе являются три возрастные группы (5-, 6- и 7-годовики). Поколение начинает появляться в уловах в возрасте 1—3 лет, но сравнительную оценку его урожайности можно получить в возрасте 2—3 лет. Следовательно, прогноз может быть обоснован не более чем на 4 года вперед.

При оценке запасов и прогнозировании вылова североохотского минтая в последние годы исходили из наличия в северной части Охотского моря трех единиц запаса (стад), соответствующих указанным выше крупным нерестилищам: западно-камчатского, зал. Шелихова и центрально-охотоморского (возвышенности Лебеда).

Воспроизводительный потенциал трех единиц запаса в сравнительном плане можно оценить по численности учитываемой икры и биомассе производителей (табл. 18.3). По этим достаточно объективным показателям воспроизводительный потенциал минтая, размножающегося у западной Камчатки и на возвышенности Лебеда, примерно одинаков, а в камчатско-тауйском районе составляет около $\frac{1}{3}$ от каждого из первых двух.

Распределение икры и производителей западно-камчатского минтая показывает, что нерестовый

ареал его занимает шельф примерно до 56—57° с. ш. Развивающаяся икра распределяется обычно двумя ядрами повышенной плотности между 55 и 56° с. ш. и между 52 и 53° с. ш. Наиболее интенсивный перест проходит на севере. Выше 54° с. ш. при высоком уровне запасов рас-

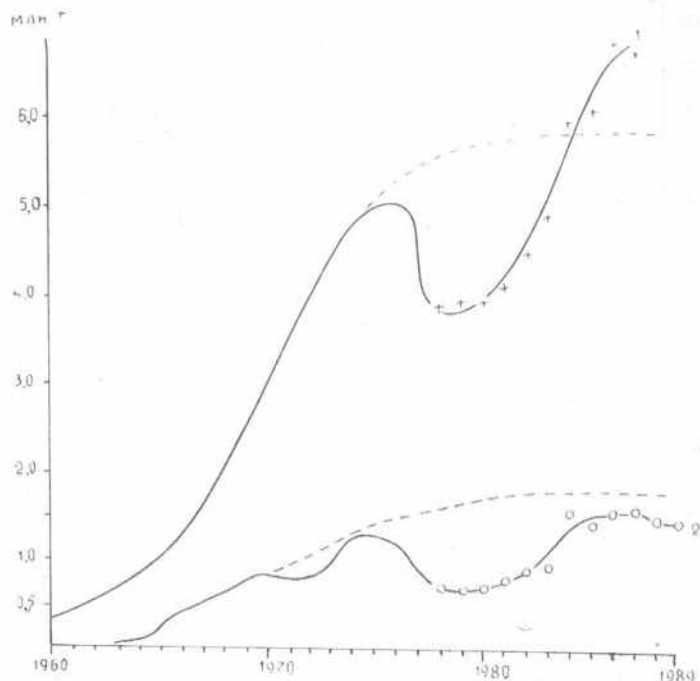


Рис. 18.2. Уловы минтая в северной части Тихого океана (1) и в северной части Охотского моря (2). Пунктиром обозначены асимптоты.

пределяется примерно $\frac{2}{3}$ биомассы. Промысел в последние годы базируется только на части запаса, распределяющегося южнее 54° с. ш.

В 60-е и 70-е годы промысел минтая у западной Камчатки развивался быстрыми темпами. В 1976 г. вылов достиг 1,2 млн т, затем пошел на убыль в результате ряда рыбоохранных мероприятий, в частности, квотирования уловов и запрещения промысла к северу от 54° с. ш. Основанием для снижения квот вылова послужила устойчивая тенденция снижения уловов на усилие и сокращение численности учитываемой икры, наметившаяся после 1975 г.

Анализ уловов на усилие и индексов численности (рис. 18.3; табл. 18.4) привел к выводу, что снижение запасов произошло в результате последовательного появления ряда неурожайных поколений (1970, 1971, 1972, 1973 гг. рождения), т. е.

Таблица 18.3

Численность икры (10^{13} шт.) (в числителе) и биомасса производителей (тыс. т, округленно) (в знаменателе) в северной части Охотского моря с учетом вылова неотнерестовавших особей

Год	Западная Камчатка	Возвышенность Лебеда	Залив Шелихова
1984	43,6/4890	51,2/3600	10,6/680
1985	46,9/3200	41,1/2990	4,1/340
1986	56,1/4200	47,9/3190	17,4/1130
1987	63,8/3790	51,7/4140	15,1/1100
1988	53,6/3210	44,7/3450	20,1/1532
1989	26,6/1540	52,9/3900	16,7/1468

под влиянием естественных причин. Это в свою очередь привело к сокращению ареала, т. е. к ослаблению подходов к юго-западной Камчатке, южнее 54° с. ш. Последнее явилось основной причиной снижения уловов на усилии.

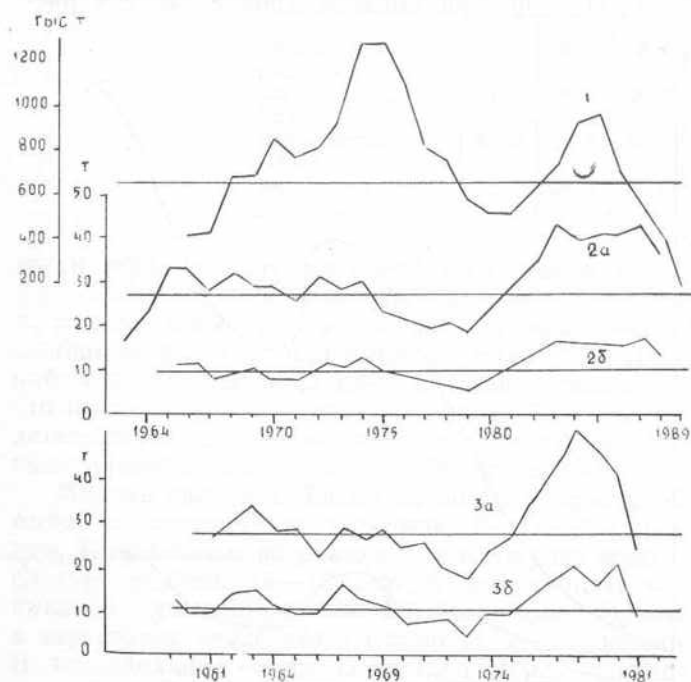


Рис. 18.3. Динамика общих уловов (1), уловов на судод-сутки лова (2а) и на траление (2б) и индексы численности поколений (3а — суммарный улов поколения на судод-сутки лова, 3б — улов 6-годовиков).

На основе концепции уравновешенного улова была исследована зависимость улова на усилии от суммарного усилия. Было установлено, что ОДУ для периода 1963—1984 гг. лежит в пределах 950—1050 тыс. т (округленно) [1]. Этот уровень до 1977 г. был превышен только трижды (1974—1976 гг.). Была выявлена тесная связь между уловами и суммарным усилием, коэффициент корреляции оказался равным 0,87 при степени достоверности, превышающем третий уровень. Кривая зависимости мало отклонялась от прямой даже при максимуме уловов (рис. 18.4). Все это дает основа-

ние считать, что достигнутый уровень интенсивности промысла не был настолько велик, чтобы привести к перелову. Таким образом, некоторое снижение запаса на рубеже 70-х и 80-х годов было обусловлено естественными причинами, главным образом сокращением подходов минтая на юго-западный шельф.

В 1982—1986 гг. в состав западно-камчатского стада вошли урожайные поколения 1977—1980 гг. рождения. В связи с этим промысловый запас увеличился, что выразилось в последовательном увеличении уловов на усилии (рис. 18.3). В эти же годы были значительно расширены исследования, в частности учетные съемки, которые охватили всю северную часть моря. Благодаря этому оценка общего потенциала стада была существенно пересмотрена в положительную сторону. В связи с этим была обоснована возможность значительного увеличения уловов, и в 1984, 1985 гг. было добыто 935 и 936 тыс. т, или на 200 тыс. т больше первоначального прогноза. Однако при этом наметилась тенденция старения популяции за счет увеличения доли 7-, 8- и даже 9-годовиков поколений 1978—1980 гг. и слабого пополнения, представленного неурожайными поколениями 1981, 1982 и 1983 гг. В результате подходы на юго-западный шельф начиная с 1988 г. резко сократились, уменьшились уловы на усилии (рис. 18.3). Эта негативная тенденция была своевременно замечена, и было рекомендовано сократить промысел у юго-западной Камчатки. В 1989 г. было выловлено всего 190 тыс. т при рекомендованном изъятии 250 тыс. т. Таким образом, повторилась ситуация, характерная для 1977—1982 гг. Подводя итоги по характеристике запасов западно-камчатского минтая, можно констатировать, что в 1982—1986 гг. они находились на высоком уровне, что определяло хорошие подходы и высокие уловы на усилии у юго-западной Камчатки. Изъятия в эти годы составляли 19, 30 и 17 % соответственно от запаса (округленно), т. е. были близки к оптимальным.

В 1986—1989 гг. происходила перестройка возрастной структуры, урожайные поколения сменялись неурожайными, подходы минтая на шельф к югу от 54° с. ш. значительно сократились. Изъятие по отношению к общему запасу оказалось очень

Таблица 18.4

Индексы численности поколений западно-камчатского минтая по возрастам, улов (т) на судод-сутки лова

Поколение, год	Возраст, лет					
	1—3	4	5	6	7	8
1971	5,9	1,6	4,8	7,8	4,3	2,3
1972	0,3	0,8	2,7	8,7	5,6	1,5
1973	1,3	1,0	4,5	4,2	3,1	3,7
1978	3,1	1,8	8,6	20,0	16,4	3,2
1979	1,7	1,3	6,5	15,8	8,3	13,6
1980	0,6	0,9	4,2	21,9	10,2	2,4
1981	0,4	0,4	6,8	8,5	6,1	1,6
1982	0,5	0,7	2,8	3,9	2,7	—
1983	1,3	2,8	2,6	2,4	—	—
1984	7,0	5,4	2,3	—	—	—
1985	18,8	8,6	—	—	—	—
1986	13,2	—	—	—	—	—
Средний индекс (поколения)	0,9	1,5	5,5	11,9	6,9	0,7
	(1962—1985)	(1961—1984)	(1960—1983)	(1959—1982)	(1959—1981)	(1959—1980)

низким (10—13 %), поскольку большая часть его концентрировалась в запрещенных для промысла районах. В районе к югу от 54° с. ш. в последние годы изъятие достигало половины подходящей сюда рыбы, что и предопределяло исключительно напряженную обстановку (табл. 18.5).

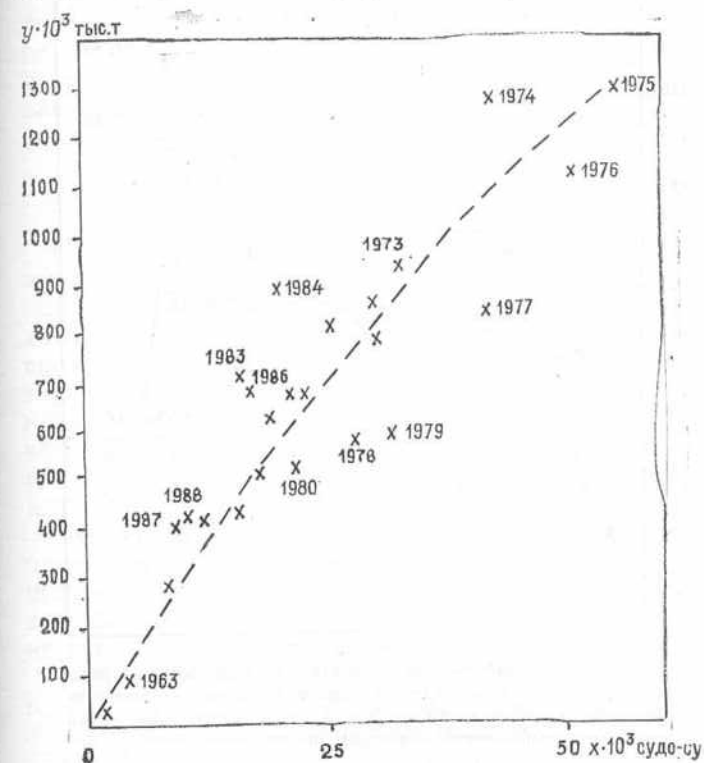


Рис. 18.4. Зависимость между уловами минтая y на шельфе юго-западной Камчатки и общим усилием x (судосутки лова).

Полная перестройка возрастного состава произошла в 1989 г. (рис. 18.5). Он оказался необычным для минтая при нормальном соотношении остатка и пополнения. Вместо 5-, 6- и 7-годовиков в стаде доминировали 3- и 4-годовики, большей частью неполовозрелые, поколений 1985 и 1986 гг. рождения. Индексы численности показывают, что поколение 1985 г. по мощности превосходит все предыдущие урожайные поколения. К многочисленным относится, по-видимому, и следующее поколение 1986 г. (табл. 18.5). По многолетним данным, минтай полностью достигает половой зрелости и дает максимум биомассы в 6-годовалом возрасте.

Таблица 18.5

Численность икры и биомасса производителей минтая у западной Камчатки

Год	Численность икры, 10 ¹³ шт.	В том числе к югу от 54° с. ш., 10 ¹³ шт. (%)	Биомасса производителей, тыс. т	В том числе к югу от 54° с. ш., тыс. т	Вылов, тыс. т	Часть вылова от общего запаса биомассы, %	То же к югу от 54° с. ш., %
1984	43,6	—	4890	—	935	19,1	—
1985	46,9	—	3200	—	966	30,2	—
1986	56,1	—	4200	—	719	17,1	—
1987	63,8	8,9 (13,9)	3790	950	420	11,1	44,2
1988	53,6	18,7 (34,9)	3211	1550	430	13,4	27,7
1989	26,1	2,7 (10,2)	1541	314	160	10,4	51,0

Поскольку поколение 1984 г. не относится к урожайным, в 1990 г. не произошло существенного увеличения промыслового запаса. Перестройка возрастной структуры продолжается. Из состава стада в значительной степени вышли поколения 1981 и 1980 гг. рождения. Урожайные поколения 1985 и

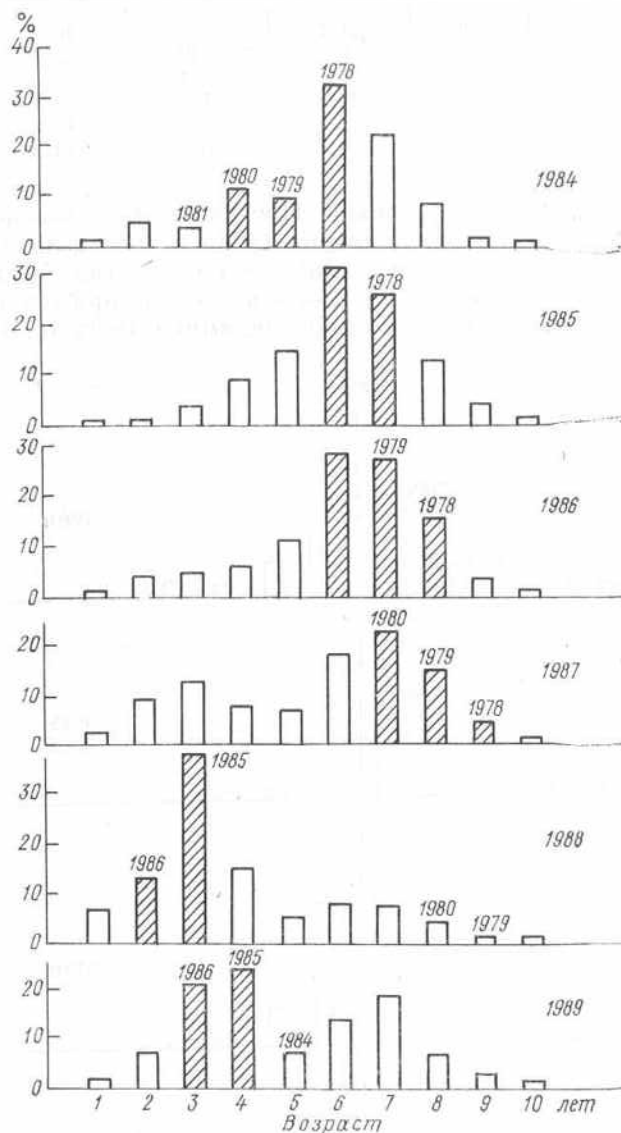


Рис. 18.5. Возрастной состав (%) минтая у западной Камчатки в 1984—1989 гг. Заштрихованы урожайные поколения.

1986 гг. полностью достигли половой зрелости и максимума биомассы в 1991 и 1992 гг. Поэтому в эти годы произошло увеличение промыслового запаса примерно до уровня 1983 и 1984 гг., что позволило увеличить вылов до 600 тыс. т.

Выше уже отмечалось, что популяция, нерестящаяся на северо-западном шельфе, не уступает по численности западно-камчатской. Уловы здесь достигали 950 тыс. т, при этом изъятие лишь ненамного превышало 20 % (табл. 18.6).

Возрастной состав за годы наблюдений был сравнительно стабильным: преобладали 5-, 6- и 7-годовики, что типично для североохотского минтая (рис. 18.6). Это является надежным показателем оптимального соотношения пополнения и остатка, т. е. примерно равной численности смежных поколений. Лишь в 1988 и 1989 гг. увеличилась

Таблица 18.6

Уловы минтая (тыс. т) и изъятие (% биомассы)

Год	Возвышенность Лебедя		Камчатско-Тауйский район	
	тыс. т	%	тыс. т	%
1984	399	11,1	72	10,6
1985	257	8,6	112	32,6
1986	568	17,8	73	6,5
1987	945	22,9	144	13,1
1988	643	18,6	300	19,6
1989	650	16,7	650	44,3

доля 2-, 3- и 4-годовиков. Предварительно можно полагать, что эти поколения (1985 и 1986 гг.) относятся к группе урожайных. Стабильными были в три сезона до 1989 г. уловы на усилии при однонаправленности их сезонной динамики (рис. 18.7).

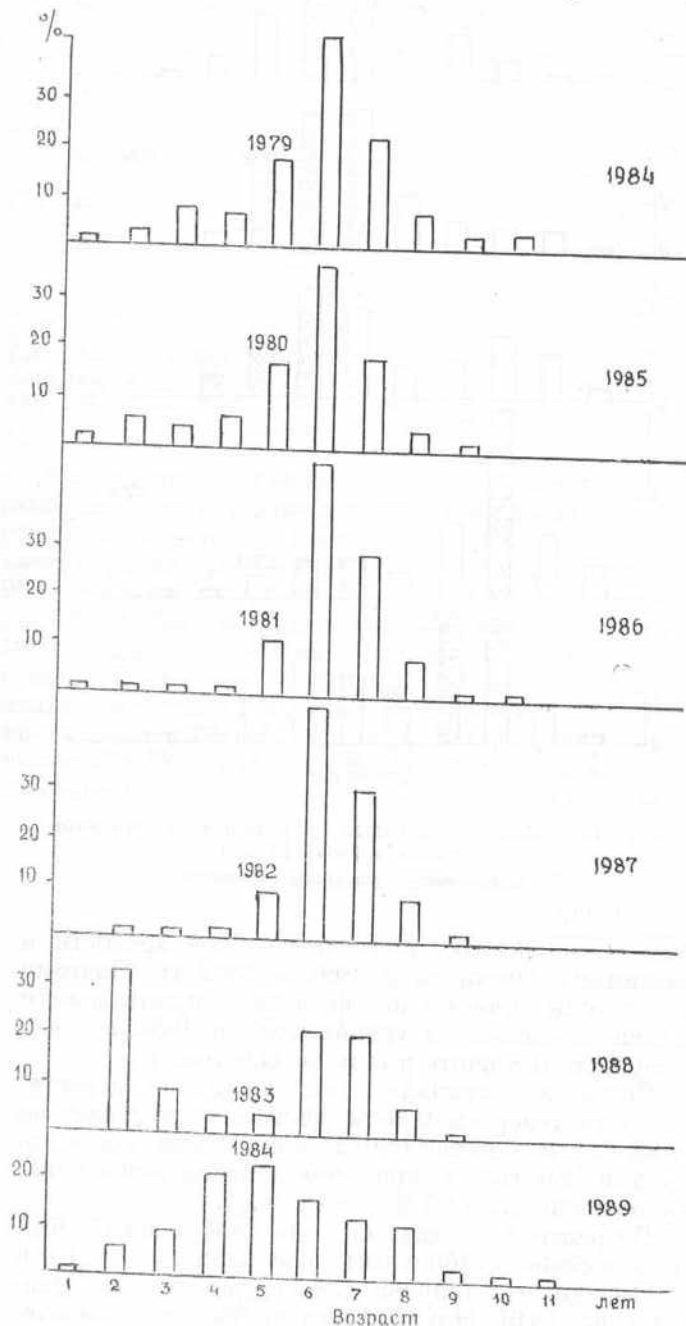


Рис. 18.6. Возрастной состав (%) минтая у возвышенности Лебедя в 1984—1989 гг.

Все перечисленное говорит о стабильности запаса этого стада, более того, произошло его увеличение, признаки которого уже проявились в 1989 г., когда численность икры возросла до 2,5 % против предыдущего максимума.

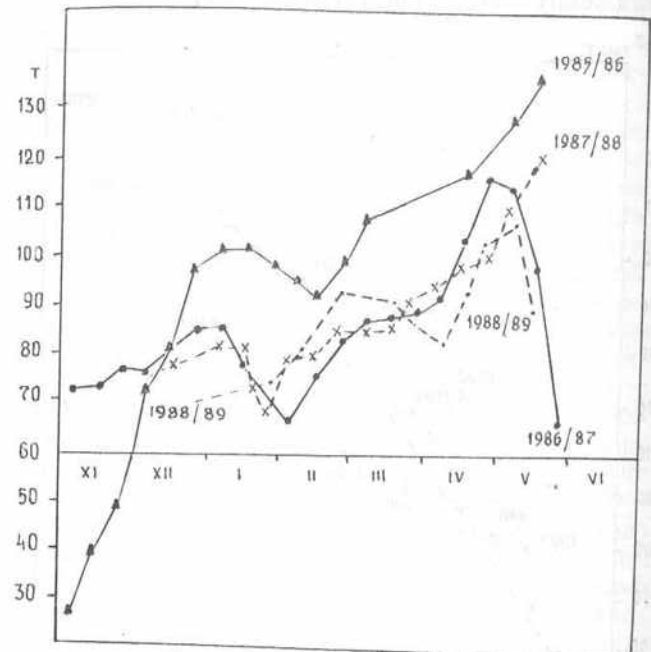


Рис. 18.7. Динамика взвешенных скользящих среднедекадных уловов минтая на судосутки лова крупнотоннажными судами в центральной части Охотского моря (возвышенность Лебедя) по сезонам лова.

Данные для оценки состояния запасов минтая камчатско-тауйского района менее репрезентативны. В ледовитые зимы районы массового нереста блокируются льдами, препятствующими проведению учетных съемок в полном объеме. Численность икры и биомасса производителей в связи с этим оказываются в ряде случаев заниженными, например в 1985 и 1989 гг., и, как следствие, возрастает степень изъятия (табл. 18.5, 18.7). Недостаточно полно представлены также данные по динамике размерно-возрастной структуры. За пять лет до 1989 г. к урожайным можно отнести поколения 1985 и 1986 гг. Принимая во внимание относительное постоянство численности икры и биомассы производителей, запасы можно считать стабильными. В ближайшие годы уловы ожидаются на уровне 400—600 тыс. т.

В заключение можно сказать, что общее состояние запасов минтая на ближайшую перспективу

Таблица 18.7

Численность икры минтая в северной части Охотского моря, 10^{13} шт.

Год	Общая численность, 10^{13} шт.	В том числе у берегов восточного Сахалина	
		10^{13} шт.	%
1984	108,66	3,26	3,0
1985	93,38	1,28	1,4
1986	124,60	3,20	2,6
1987	131,98	1,38	1,0
1988	119,07	0,67	0,6
1989	97,26	1,06	1,1

ождается на удовлетворительном уровне. В последующие годы (1994—1995 гг.) ожидается некоторый рост запасов за счет западной Камчатки и, как следствие, увеличение вылова, что соответствует уровню максимального уравновешенного улова (рис. 18.2).

Очень слабо изучен популяционный статус минтая восточного Сахалина. Есть предпосылки, что он не представляет собой самостоятельный запас, а является производным нескольких стад. В последние годы наметилась тенденция сокращения

нерестового потенциала в абсолютных величинах и в доле от общей численности на севере моря (табл. 18.7).

За все годы наблюдений численность икры, учитываемой у восточного Сахалина, составила в среднем 1,6 % общей по северной части моря. По-видимому, можно реально рассчитывать в многолетнем плане на вылов минтая порядка 80—100 тыс. т, что практически соответствует уловам последних лет.

19. ВОДОРΟΣЛИ-МАКРОФИТЫ

Биопродуктивность шельфа и глубинных зон моря во многом зависит от состояния макрофитобентоса, так как растения являются основным источником первичной продукции на мелководье, снижают отрицательное действие некоторых факторов среды (солнечной радиации и волнения), повышают функции самоочистки воды и создают, таким образом, благоприятные условия для роста и развития многих морских животных, в том числе рыб.

Кроме того, содержание в талломах водорослей целого ряда ценнейших высокомолекулярных веществ, не имеющих аналогов в живой природе, свидетельствует о возможности широкого применения их в различных отраслях народного хозяйства.

Изучение флоры Охотского моря началось в XVIII—XIX вв. Первые краткие упоминания о водорослях встречаются в работах С. Гмелина [304], А. Постельца, Ф. Рупрехта [331, 333, 334].

В начале XX в. исследования значительно расширились и перешли на качественно другой уровень. Флорой Курильских островов и Сахалина заинтересовались японские альгологи. Их исследования касались не только систематики и морфологии отдельных видов и групп водорослей [319—326, 340, 342, 343], но и географического анализа флор [329, 337].

Сбор информации о растительном поясе Охотского моря проводился во время экспедиций, организованных для исследования макробентоса Институтом океанологии АН СССР, Зоологическим институтом АН СССР, Всесоюзным научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Тихоокеанским научно-исследовательским институтом морского рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) и его филиалами и отделениями, Институтом биологии моря ДВО АН СССР в период с 1947 по 1975 г.

По материалам экспедиций и литературным данным была опубликована серия работ по флоре, систематике и особенностям распределения растительности Охотского моря [17—21, 44—49, 67—70, 94—96]. Несколько работ были посвящены описанию новых для науки видов и родов [72, 73, 98, 167—172, 177—179]. Сложному вопросу анализа географического состава и связи флор Охотского моря и его частей с флорами других районов северной Пацифики, а также уточнению фитогеографических границ в пределах моря уделено внимание в ряде работ [68, 69, 74, 75, 97, 169].

Характеристику литоральных биоценозов и их изменений у южных Курильских островов дает в своих работах О. Г. Кусакин [129, 130]. Описа-

нию ценотической структуры растительности посвящена работа Танигути [336].

К настоящему времени накопились значительные сведения о водорослях Охотского моря. Однако флора в целом, ее характер и особенности, структура, сезонная и многолетняя динамика растительности, а также промысловые возможности прибрежья требуют более тщательных исследований. Особенно это касается растительности сублиторальной зоны, где произрастают наиболее ценные виды. В работе анализируется видовой состав водорослей и трав литорали и сублиторали, структура растительности и запасов водорослей сублиторали.

В последние годы постоянно ведутся наблюдения сотрудниками СахТИНРО и ТИНРО только за состоянием промысловых полей в районе островов Малой Курильской гряды и Кунашира [10, 200, 207, 226, 227]. Эпизодические исследования проводились у островов к северу от о. Кунашир [71], в районе Шантарских островов [185, 186, 201] и у материкового побережья Охотского моря [228].

В связи с возрастанием интереса к водорослям как к пищевому продукту и техническому сырью возникает необходимость расширения знаний по флоре, экологии, распределению по глубинам и географическому распространению видов, углубленному изучению подводных полей промысловых и ценных водорослей, их ценотической структуры и условий промысла.

19.1. Флора и ее особенности

Прибрежная зона Охотского моря, вытянутая с юга на север на тысячи миль, изобилует многочисленными островами, защищенными и открытыми бухтами, и заливами. Гидрологический режим формируется под влиянием различных водных масс: тихоокеанской, охотоморской и япономорской. Именно поэтому флора региона насыщена различными по происхождению и распространению видами, отличается высокой степенью гетерогенности в соответствии с особенностями гидрологического режима районов моря.

Видовой состав флоры изучен недостаточно, так как ограничены сведения о северной и северо-восточной частях моря, мало данных о видах предельных глубин обитания.

В настоящее время зарегистрировано 295 видов водорослей и 4 вида морских трав [75], из них красных — 154 вида и бурых — 92, значительно меньше зеленых (список приведен ниже). В списке указано распределение видов по районам моря.

Систематический список макрофитов Охотского моря

Зеленые водоросли

<i>Codium Ritteri</i> S. et G.	8
<i>C. yezoense</i> (Tok.) Vinogr.	1—3
<i>Rhizoclonium implexum</i> (Dillw.) Kutz.	9
<i>R. riparium</i> (Roth) Harv.	1, 6—8, 9
<i>Chaetomorpha cannabina</i> (Aresch.) Kjellm.	1—5, 9
<i>C. linum</i> (Mull.) Kutz.	1—4
<i>C. melagonium</i> (Web. et Mohr) Kutz.	1, 2, 9, 10
<i>C. moniligera</i> Kjellm.	1—3
<i>Cladophora opaca</i> Sakai	1—4, 9
<i>C. speciosa</i> Sakai	6—8
<i>C. stimpsonii</i> Harv.	1—3, 9
<i>Codium gregarium</i> Braun	1—7, 9
<i>Chorochytrium inclusum</i> Kjellm.	1—7, 9
<i>C. schmitzii</i> Rosenv.	9
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillw.) Thur.	2—5, 9
<i>U. pseudoflacca</i> Wille	3, 4, 9, 10
<i>Entocladia pterosiphoniae</i> Nagai	1—8
<i>E. viridis</i> Reinke	5—9
<i>E. wittrockii</i> Wille	9
<i>Pseudodictyon geniculatum</i> Gardn.	1—4
<i>Zygomitus reticulatus</i> Born. et Flah.	10
<i>Urospora elongata</i> (Rosenv.) Hagem	9
<i>U. penicilliformis</i> (Roth) Aresch.	2—10
<i>U. vancouveriana</i> (Tilden.) Scagel	6—8
<i>U. wormskjoldii</i> (Mert.) Rosenv.	1—9
<i>Acrosiphonia arcta</i> (Dillw.) J. Ag.	9
<i>Acrosiphonia duriscula</i> (Rupr.) Yendo	1—9
<i>A. heterocladia</i> (Sakai) Vinogr.	9, 10
<i>A. mertensii</i> (Rupr.) Yendo	3—7
<i>A. ochotensis</i> (Tok.) Vinogr.	4, 6
<i>A. saxatilis</i> (Rupr.) Vinogr.	1, 3, 4, 6—9
<i>Blidingia chadefaudii</i> (Fedm.) Blid.	1—4, 7, 9
<i>B. minima</i> (Nag. ex Kutz.) Kyl.	1—9
<i>Kornmannia zostericola</i> (Tild.) Blid.	1, 3, 5—8
<i>Monostroma crassiderrum</i> Tok.	1, 3, 4—6, 8, 9
<i>M. grevillei</i> (Thur.) Wittr.	1, 4, 5, 7—9
<i>Protomonostroma undulatum</i> (Wittr.) Vi-nogr.	1, 5, 6, 8
<i>Capsosiphon groenlandicus</i> (J. Ag.) Vinogr.	4—9
<i>Enteromorpha ahleeriana</i> Blid.	9, 10
<i>E. clathrata</i> (Roth) Grev.	1, 2, 8, 9
<i>E. flexuosa</i> (Wulf. ex Roth) J. Ag.	9, 10
<i>E. linza</i> (L.) J. Ag.	1—4, 6, 8—10
<i>E. prolifera</i> (Mull.) J. Ag.	1, 2, 4—10
<i>Percursaria percurta</i> (Ag.) Bory	9
<i>Ulvaria splendens</i> Rupr.	1—10
<i>Ulva fenestrata</i> P. et R.	1—10
<i>Prasiola borealis</i> Reed	8
<i>P. crispata</i> (Light.) Menegh.	9, 10
<i>Rosenvingiella polyrhiza</i> (Rosenv.) Silva	7
<i>Schizogonium murale</i> Kutz.	9

Бурые водоросли

<i>Ectocarpus confervoides</i> (Roth) Le Jol.	9
<i>Pylaiella littoralis</i> (L.) Kjellm.	1—9
<i>P. varia</i> Kjellm.	9
<i>Streblonema corymbiferum</i> S. et G.	9
<i>Lithoderma fatiscens</i> Aresch.	9
<i>Elachista lumbrica</i> Rupr.	9
<i>Leptonematella fasciculata</i> (Reinke) Silva	4, 6
<i>Corynophaea globulifera</i> (Rupr.) Perest.	1, 2, 9
<i>Leathesia difformis</i> (L.) Aresch.	1—4, 9
<i>Eudesme virescens</i> (Carm.) J. Ag.	1—3, 9
<i>Sphaerotrichia divaricata</i> (Ag.) Kyl.	2, 4—6, 9
<i>Chordaria flagelliformis</i> (Müll.) Ag.	1—10
<i>C. gracilis</i> S. et G.	2—5, 9
<i>Saundersella simplex</i> (Saund.) Kyl.	1—4, 9
<i>Haplogloia kurilensis</i> Inag.	7, 9
<i>Papenfussiella kuromo</i> (Yendo) Inag.	9
<i>Polycerea borealis</i> Vinogr.	9
<i>Pseudochorda nagai</i> (Tok.) Inag.	1, 2, 10
<i>Acrothrix pacifica</i> Okam. et Yam.	2
<i>Analphus japonicus</i> (Harv.) Wynne	1—10
<i>Ralfsia fungiformis</i> (Gunn.) S. et G.	1—10
<i>R. verrucosa</i> (Aresch.) J. Ag.	7, 8
<i>Soranthra ulvoidea</i> P. et R.	1, 3—8
<i>Melanosiphon intestinales</i> (Saund.) Wynne	2, 4, 8—10
<i>Dictyosiphon chordaria</i> Aresch.	9
<i>D. foeniculaceus</i> (Hud.) Grev.	1, 2, 4—6, 9, 10
<i>D. hippuroides</i> (Lyngb.) Kütz.	9
<i>Coilodesme bulligera</i> Strömf.	7—10
<i>C. californica</i> (Rupr.) Kjellm.	1—3, 9

<i>C. cystoseira</i> (Rupr.) S. et G.	1—4, 9
<i>C. fucicola</i> (Yendo) Nagai	5—7
<i>C. japonica</i> Yam.	1
<i>Stictyosiphon tortilis</i> (Rupr.) Reinke	9
<i>Stictyosiphon subarticulatus</i> (Aresch.) Hauck	9
<i>Punctaria flaccida</i> Nagai	2
<i>P. latifolia</i> Grev.	2, 10
<i>P. plantaginea</i> (Roth) Grev.	2—4, 9, 10
<i>Colpomenia peregrina</i> (Sauv.) Hamel	1—5, 9, 10
<i>Petalonia fascia</i> (Mull.) Kuntze	7, 8, 9, 10
<i>P. zosterifolia</i> (Reinke) Kuntze	8—10
<i>Scytosiphon dotyi</i> Wynne	1, 3—8
<i>S. lomentaria</i> (Lyngb.) J. Ag.	1—10
<i>Desmarestia aculeata</i> (L.) Lam.	1—3, 5—9
<i>D. intermedia</i> P. et R.	1—9
<i>D. kurilensis</i> Yam.	2—7
<i>D. ligulata</i> (Light.) Lam.	1—3
<i>D. viridis</i> (Mull.) Lam.	1—10
<i>Chorda filum</i> (L.) Lam.	2, 3, 9, 10
<i>Agarum cribrosum</i> Bory	1—10
<i>Arthrothamnus bifidus</i> (Gmel.) J. Ag.	1—3, 6—8
<i>A. kurilensis</i> Rupr.	3—6
<i>Costaria costata</i> (Turn.) Saund.	1—3
<i>Costularia kurilensis</i> Petr. et Guss.	6, 7
<i>Cymathere fibrosa</i> Nagai	3—8
<i>C. japonica</i> Miyabe et Nagai	1—3
<i>C. triplicata</i> (P. et R.) J. Ag.	5—8
<i>Feditia simuchirensis</i> Petr. et Guss.	6, 7
<i>Kjellmaniella gyrata</i> (Kjellm.) Miyabe	1—3
<i>Laminaria angustata</i> Kjellm.	1—2
<i>L. appressirhiza</i> Petr. et Voz.	3, 9
<i>L. bongardiana</i> P. et R.	4—8
<i>L. cichorioides</i> Miyabe	1—3, 9
<i>Laminaria dentigera</i> Kjellm.	3—8
<i>L. guranovae</i> A. Zin.	9—10
<i>L. inclinorhiza</i> Petr. et Voz.	9
<i>L. japonica</i> Aresch.	1—3
<i>L. longipes</i> Bory	5—8
<i>L. multiplicata</i> Petr. et Suchov.	9
<i>L. yezoensis</i> Miyabe	1—8
<i>Phyllariella ochotensis</i> Petr. et Voz.	9
<i>Thalassiophyllum clathrus</i> P. et R.	5—8
<i>Lessonia laminarioides</i> P. et R.	9
<i>Alaria angusta</i> Kjellm.	1, 4—8
<i>A. marginata</i> P. et R.	1—10
<i>A. ochotensis</i> Yendo	9, 10
<i>Pleuropterum paradiseum</i> Miyabe et Nagai	5—7
<i>Halopteris dura</i> (Rupr.) Sinova	9
<i>Sphacelaria arctica</i> Harv.	9
<i>S. furcigera</i> Kutz.	1—3, 9
<i>S. olivacea</i> (Dillw.) Ag.	9
<i>S. plumosa</i> Lyngb.	9
<i>S. subfusca</i> S. et G.	2
<i>Dictyopteris divaricata</i> (Okam.) Okam.	2
<i>Cystoseira crassipes</i> (Turn.) Ag.	1—3, 5, 9
<i>Sargassum horneri</i> (Turn.) Ag.	1, 2
<i>S. kjellmanianum</i> Yendo	1—3
<i>S. miyabei</i> Yendo	1—3
<i>S. pallidum</i> (Turn.) Ag.	1—3
<i>S. thunbergii</i> Kuntze	2
<i>Fucus evanescens</i> Ag.	1—10
<i>Pelvetia wrightii</i> Okam.	1—4

Красные водоросли

<i>Gonitrichum alsidii</i> (Zanard.) Howe	2
<i>Erythrotrichia reflexa</i> (Grouan) Thur.	9
<i>Bangia atropurpurea</i> (Roth.) Ag.	4
<i>Porphyra abbottae</i> Kris.	3, 4
<i>P. amplissima</i> (Kjellm.) Setch. et Hus.	1—10
<i>P. brumalis</i> Mumi.	9
<i>P. bulbosus</i> (Yendo) Okam.	1, 5—8, 9
<i>P. katadai</i> Miura	9
<i>P. miniata</i> (Ag.) Ag.	9
<i>P. ochotensis</i> Nagai	1, 3, 5—10
<i>P. pseudocrassa</i> Yam. et Mik	1, 2, 9
<i>P. pseudolinearis</i> Ueda	1, 3—5, 8, 9
<i>P. tasa</i> (Yendo) Ueda	1—9
<i>P. variegata</i> (Kjellm.) Hus.	1—9
<i>O. umbilicalis</i> Kutz.	1—10
<i>Acrochaetium kurilense</i> (Nagai) Papenf.	2
<i>Kylina moniliformis</i> (Rosenv.) Kyl.	1—3
<i>K. parvula</i> (Kyl.) Kyl.	8, 9
<i>K. secundata</i> (Lyngb.) Papenf.	9

<i>Rhodochorton penicilliforme</i> (Kjellm.) Ro-1 sensv.	
<i>R. purpureum</i> (Light.) Rosenv.	5, 6, 9
<i>Constantinea rosa-marina</i> (Gmel.) P. et R.	1—10
<i>C. subulifera</i> Setch.	1, 2, 4, 5, 7
<i>Dumontia incrassata</i> (Mull.) Lam.	1—9
<i>D. simplex</i> Cott.	5, 8, 9
<i>Farlowia irregularis</i> Yam.	2, 10
<i>F. mollis</i> (Bail. et Harv.) Farl. et Setch.	5
<i>Neoabbottiella araneosa</i> Perest.	8
<i>Neodilsea integra</i> (Kjellm.) A. Zin.	9
<i>N. yendoana</i> Tok.	1—3, 5—9
<i>Cruriella dubyi</i> (Crouan) Schm.	9
<i>Peyssonnelia rubra</i> (Grev.) J. Ag.	9
<i>Rhododermis parasilica</i> Batt.	4—8
<i>Rhodophysema georgii</i> Batt.	2—4
<i>R. elegans</i> Batt.	5—7
<i>Hildenbrandia prototypus</i> Nardo	1—7, 9, 10
<i>Bossiella compressa</i> Klocz.	1, 2
<i>B. cretacea</i> (P. et R.) Johan.	1—9
<i>Clathromorphum compactum</i> (Kjellm.) Fosl.	1, 9, 10
<i>C. Circumscriptionum</i> (Stromf.) Fosl.	1, 4—6, 9, 10
<i>C. loculosum</i> (Kjellm.) Fosl.	3—9
<i>C. nereostratum</i> Lebed.	3, 4, 7, 8
<i>C. reclinatorum</i> (Fosl.) Adey	1—8
<i>Corallina frondescens</i> P. et R.	3, 4
<i>C. pilulifera</i> P. et R.	1—5, 7—9
<i>C. officinalis</i> L.	1—3, 8, 9
<i>Dermatolithon corallinae</i> (Crouan) Fosl.	1—5
<i>D. tumidulum</i> (Fosl.) Fosl.	9
<i>Pneophyllum zostericola</i> (Fosl.) Klocz.	1—3
<i>Fosliella farinosa</i> (Lam.) Howe	1, 2
<i>Lithothamnion calcareum</i> (Pall.) Aresch.	9
<i>L. fruticulosum</i> (Kütz.) Fosl.	1, 2
<i>Lithophyllum okamurai</i> Fosl.	1—3
<i>Phymatolithon polymorphum</i> Fosl.	9
<i>Gloiopeltis furcata</i> (P. et R.) J. Ag.	1—9
<i>Carpopeltis fladellata</i> (Holm.) Okam.	9
<i>Tichocarpus</i> (Gmel.) Rupr.	1—5, 7—10
<i>Callophyllis cristata</i> (Ag.) Kütz.	1, 2, 5—10
<i>C. papulosa</i> Perest.	1, 2
<i>C. phynchocarpa</i> Rupr.	1—5, 7—10
<i>Crossocarpus lamuticus</i> Rupr.	9
<i>Cirrularia gmelinii</i> (Grun.) Tok. et Mas.	1, 2, 4—9
<i>Kallymenopsis circinnata</i> Perest.	9
<i>K. lacera</i> (P. et R.) Perest.	5—7
<i>K. pustulosa</i> (P. et R.) Perest.	5, 6
<i>K. verrucosa</i> A. Zin. et Guss.	5—8
<i>Harveyella mirabilis</i> (Reinsch) Schm. et Reinke	9
<i>Petrocelis middendorffii</i> (Rupr.) Kjellm.	9
<i>Schizymenia pacifica</i> Kyl.	1—9
<i>Gracilaria verrucosa</i> (Huds.) Papenf.	1, 2
<i>Turnerella graphya</i> Perest.	9
<i>T. mertensiana</i> (P. et R.) Schm.	1—10
<i>T. pennyi</i> (Harv.) Schm.	9
<i>Rhodophyllis capillaris</i> Tok.	1, 2, 7—9
<i>R. dichotoma</i> (Lepech.) Gobi	9, 10
<i>R. veprecula</i> Rupr.	9
<i>Ahnfeltia fastigiata</i> (P. et R.) Mak.	1, 2
<i>A. plicata</i> (Huds.) Fries	2, 9
<i>A. tobuchiensis</i> (Kanno et Matsub.) Mak.	1, 2
<i>Phyllophora truncata</i> (Pallas) A. Zin.	9
<i>Chondrus armatus</i> (Harv.) Okam.	1—3
<i>C. platynus</i> (Ag. O.) J. Ag.	8, 9
<i>C. pinnulatus</i> (Harv.) Okam.	1—4, 10
<i>C. yendoii</i> Yam. et Mik.	1—4
<i>Iridaea cornucopiae</i> P. et R.	1—10
<i>I. cordata</i> (Turn.) Bory	5—8
<i>Mastocarpus pacificus</i> (Kjellm.) Perest.	1—10
<i>Rhodoglossum hemisphaericum</i> Milk.	1
<i>R. japonicum</i> Milk.	1—5, 8, 9
<i>R. obtusilobum</i> (Sinova) Mak.	1—3
<i>Halosaccion glandiforme</i> (Gmel.) Rupr.	1—9
<i>H. firmum</i> (P. et R.) Rupr.	1—9
<i>H. microsporum</i> Rupr.	3, 4, 7—9
<i>Palmaria stenogona</i> (Perest.) Perest.	1—10
<i>P. palmata</i> f. <i>mollis</i> (S. et G.) Guiry	5
<i>Rhodymenia moniliformis</i> Blin. et A. Zin.	9
<i>R. pertusa</i> (P. et R.) J. Ag.	1—9
<i>Pleuroblepharidella japonica</i> (Okam.) Wynne	1, 3—8
<i>Antithamnion shimamuranum</i> Nagai	5—7
<i>Antithamnionella miharai</i> (Tok.) Yoshida	1—3
<i>Borethamnion serratum</i> Wynne	7
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i> J. Ag.	1—3

<i>Ceramium japonicum</i> Okam.	1, 2
<i>C. kondoi</i> Yendo	1—3, 9, 10
<i>C. rubrum</i> (Huds.) Ag.	1, 9
<i>C. tenuissimum</i> (Lyngb.) J. Ag.	9
<i>Hollenbergia asiatica</i> Perest.	1—4
<i>Neoptilota asplenoides</i> (Turn.) Kyl.	1—10
<i>Platythamnion</i> Tok.	1, 2
<i>Pleonosporium kobayashii</i> Okam.	1, 5
<i>Ptilota filicina</i> J. Ag.	1—10
<i>Scagelia corallina</i> (Kjellm.) Yoshida	9
<i>Congregatocarpus pacificus</i> (Yam.) Mik.	5—8
<i>Heteroglossum ochotensis</i> A. Zin.	9
<i>H. carnosum</i> (Mik.) Perest.	1—8
<i>Hymenena ruthenica</i> (P. et R.) A. Zin.	4—8
<i>Hypophyllum middendorffii</i> (Rupr.) Kyl.	1, 2, 5, 9, 10
<i>Mikamiella ruprechtiana</i> (A. Zin) Wynne	9
<i>Membranoptera beringiana</i> (Rupr.) A. Zin.	5—7
<i>M. robbenensis</i> Tok.	9, 10
<i>Nitophyllum plicatum</i> A. Zin.	5—7
<i>N. yezoense</i> (Yam. et Tok.) Mik.	1—4, 8—10
<i>Pantoneura baerii</i> Kyl.	9, 10
<i>Phycodrys vinogradovae</i> Perest. et Guss.	1—9
<i>P. riggii</i> Gardn.	1—10
<i>P. rossica</i> (Sinova) A. Zin.	9
<i>Polyneura latissima</i> (Harv.) Kyl.	5—7, 9
<i>Tokidadenndron kurilensis</i> (Rupr.) Perest.	4—10
<i>Yendonia crassifolia</i> (Rupr.) Kyl.	3—8
<i>Laurencia nipponica</i> Yam.	1—3
<i>L. glandulifera</i> Kütz.	2
<i>L. Okamurai</i> Yam.	1, 2
<i>Neorhodomela aculeata</i> (Perest.) Masuda	1—4, 7—10
<i>N. Munia</i> (Perest.) Masuda	1—3
<i>Odonthalia</i> Perest.	1—5, 8
<i>O. corymbifera</i> (Gmel.) J. Ag.	1—9
<i>O. dentata</i> (L.) Lungb.	9
<i>O. floccosa</i> (Esp.) Falk.	4—9
<i>O. macrocarpa</i> Masuda	1, 4
<i>O. ochotensis</i> (Rupr.) J. Ag.	9, 10
<i>O. setacea</i> (Rupr.) Perest.	3—10
<i>Polysiphonia morrowii</i> Harv.	1, 2
<i>P. japonica</i> Harv.	1—3
<i>P. senticulosa</i> Harv.	1
<i>P. sertularioides</i> (Grat.) J. Ag.	2
<i>Polysiphonia</i> (Light.) Grev.	9, 10
<i>Pterosiphonia arctica</i> S. et G.	5, 7, 8
<i>P. bipinnata</i> (P. et R.) Falk.	1—10
<i>P. japonica</i> Nagai	7
<i>P. robusta</i> Gardn.	2—5, 7, 8
<i>Rhodomela lycopodioides</i> (L.) C. Ag.	8, 9
<i>R. sachalinensis</i> Masuda	1—3
<i>R. sibirica</i> A. Zin. et Vinogr.	9
<i>R. teres</i> (Perest.) Masuda	1, 2

Цветковые растения

<i>Zostera asiatica</i> Miki	1, 2, 10
<i>Z. marina</i> L.	1—3, 6, 9, 10
<i>Z. japonica</i> Ashers et Graebn.	1, 3, 5, 10
<i>Phyllospadix iwatensis</i> Makino	1—3, 5, 6

Примечание. Районы моря: 1 — острова Малой Курильской гряды; 2 — о. Кунашир; 3 — охотоморское и 4 — тихоокеанское побережья о. Итуруп; 5 — о. Уруп; 6 — о. Симушир; 7 — острова к северу от о. Симушир; 8 — о. Парамушир; 9 — материковое побережье Охотского моря и Шантарских островов; 10 — северо-восточный Сахалин до зал. Терпения.

Остров Итуруп разделен на два района, так как флоры водорослей тихоокеанского и охотоморского побережий различаются по видовому составу.

Из результатов сравнительного анализа флоры макрофитов некоторых районов северной части Тихого океана с использованием теоретико-графовых методов следует, что флора Охотского моря на низком уровне сходства ($k = 49\%$) распадается на флору Курильских островов (231 вид) и флору северной части Охотского моря (177 видов), в состав которой включается и обедненная флора (66 видов) северо-восточного Сахалина [75].

Общность флоры этих районов базируется в основном на видах, широко распространенных по всей северной Пацифике (*Analipus japonicus*, *Scytosiphon lomentaria*, *Agarum cribrosum*, *Neoptilota asplenioides*, *Ptilota filicina*, *Pterosiphonia bipinnata*) или у ее азиатских берегов (*Dictyosiphon foeniculaceus*, *Sphaerotrichia divaricata*, *Mastocarpus pacificus*). Представители массовых курильских водорослей рода циматера, талассиофилум и гименена чужды североохотоморской флоре.

Флора Курильских островов очень сложна как по составу, так и по связи между районами. При высоком уровне сходства (77 %) объединяются флоры островов Малой Курильской гряды и о. Итуруп. Именно в этом районе сконцентрированы такие тепловодные виды азиатской флоры, как *Cymathera japonica*, *Kjellmaniella gyrate*, *Laminaria cichoroides*, *Laminaria japonica*, *Sargassum migabei*, *Sargassum pallidum*, *Campylacopora hypnaeides*. Также тесно связаны между собой флоры островов Уруп, Симушир, Парамушир и островов, расположенных к северу от о. Симушир (76—85 %). На менее высоком уровне сходства (69 %) с ними объединяется флора тихоокеанского побережья о. Итуруп, через которую осуществляется связь флор южных Курильских островов с флорами средних и северных.

Граница между высоко- и низкобореальными подзонами бореальной зоны проходит по тихоокеанскому побережью о. Итуруп. Флору острова можно считать флорой переходного типа между подзонами.

Флора южных Курильских островов самая тепловодная в Охотском море и по своему составу является естественным продолжением флоры о. Хоккайдо.

Высокой степенью самостоятельности и самобытностью отличается флора средних и северных Курильских островов. Именно этот район можно считать одним из центров формирования водорослей в северной Пацифике. Это подтверждается наличием таких эндемических монотипических родов бурых водорослей, как плевроптерум, костулярия и федиция и пяти эндемических видов. Кроме того, среди многих видов макрофитов наблюдаются значительные морфологические изменения. К таким полиморфным видам относятся широко распространенные у Курильских островов *Laminaria bongardiana*, *Laminaria dentigera*, *Cirralicarpus gmelinii*, *Palmaria stenogona*.

Самостоятельность флоры северной части Охотского моря проявляется также ярко. Характерны не только пять эндемических видов, но и два эндемических рода — филлариелла и кроссокарпус.

19.2. Растительность, ее структура и распространение

В сублиторали Охотского моря водоросли-макрофиты растут на глубинах до 20—35 м и только у берегов Курильских островов — до 40—45 м. Протяженность растительного покрова изменяется тысячами километров. Ширина зарослей неравномерна, зависит от характера грунта и уклона дна и колеблется от 5—10 м у приглубых берегов до 1000—3500 м при равномерном уклоне дна. На скалистом мелководье некоторых островов Большой Курильской гряды и Шантарских островов

ширина зарослей достигает 2500—4000 м. Пояс водорослей прерывается в кутах бухт и заливов, в приустьевой зоне рек у открытых берегов при значительных намывах мелкозернистого грунта.

Растительный покров хорошо развит на скалистых и скалистых с россыпью грубообломочного материала грунтах (камни, валуны). Проективное покрытие дна, включая эпилиты, составляет 70—100 % и постепенно снижается с глубиной. Характер распределения растительности по глубинам зависит от уклона дна. На мелководье, простирающемся часто на сотни и тысячи метров с равномерным падением глубин (острова Уруп, Парамушир, острова Малой Курильской гряды), дно покрыто почти сплошными зарослями водорослей. Даже на глубинах 20—30 м водоросли покрывают дно на 30—70 %. При равномерном уклоне дна сообщества водорослей хорошо разграничены и легко выделяются, располагаясь обычно поясами, реже крупными пятнами.

У приглубых берегов мелководная зона сравнительно узкая, водоросли растут обычно до глубины 20, иногда 25 м. Распространение макрофитов на большие глубины лимитируется часто огромными намывами песка (острова Итуруп, Симушир, северная часть моря) или резкими падениями глубин. Растительность характеризуется мозаичным (пятнистым) расположением сообществ или большие площади дна занимает растительность неоднородного сложения, когда выделение группировок и установление их стратификации сопряжено с большими трудностями или невозможно.

У Курильских островов и в некоторых районах северо-западной части моря иногда наблюдаются сильные расчленения рельефа дна с перепадами от 5 до 20 м. В связи с этим на сравнительно небольшом пространстве дна происходят колебания освещенности, интенсивности волнения, изменения в содержании кислорода и биогенных элементов, способствующие нарушению закономерностей распределения растительности. На вершинах скал, местах максимальной освещенности, произрастают преимущественно цистозира, ульва, некоторые виды красных водорослей; на боковых стенках селятся ламинарии и одонталии; на уступах и в понижениях — десмарестия. Приуроченность ряда видов макробентоса к определенным формам мезорельефа скального грунта отмечали В. И. Лукин и В. Б. Погребов [181] при исследовании сублиторали Курильских островов.

Нарушению целостности растительного покрова и снижению плотности поселения водорослей на твердых грунтах способствуют частые поселения фитофагов — морских ежей. Когда они встречаются в небольших количествах (3—5 экз/м²), то их воздействие на заросли макрофитов проявляется в некотором снижении плотности поселения за счет выедания молодых ламинариевых и ряда красных водорослей. В отдельных районах Курильских островов и северо-западной части моря встречаются большие скопления фитофагов (более 10 экз/м²). При этом нарушается целостность зарослей макрофитов, проективное покрытие снижается до 5—10 % или водоросли растут единично. Иногда встречаются площадки в несколько десятков квадратных метров и более, совершенно оголенные после «нашествия» ежей. Наиболее устойчивыми видами против ежей являются ала-

рия полая, талласнофиллум, вида рода десмарестия и корковые водоросли.

Максимальная биомасса на скалистых грунтах составляет обычно 15—30 кг/м². У берегов Малой Курильской гряды максимальная биомасса значительно выше — до 40—60, а в отдельных случаях — до 120 кг/м² [208].

На грубообломочном грунте с намывами песка и ила растительный покров развит слабее, чем на скалистом. На участках дна, где скалы и камни занимают значительные пространства и несколько приподняты над песком, проективное покрытие бывает не более 20—40 %. В этих условиях формируются разреженные группировки макрофитов с биомассой 1—3 кг/м². На открытых участках, на заиленном песке побережья с редкими камнями, на гравийно-галечном и на песчаном грунтах с редкими выходами скальных пород встречаются разреженные поселения макрофитов с проективным покрытием 5—10 % или единичные водоросли.

Для мелкозернистых грунтов (песок, илистый песок) в защищенных бухтах и заливах характерно поселение морских трав. Исключение составляют поля ценной красной водоросли — анфельции, занимающей площадь порядка 2 тыс. га в зал. Измены (юг о. Кунашир). Биомасса анфельции зависит от высоты пласта и колеблется от 0,3 до 4,5 кг/м², максимальная составляет 36 кг/м².

При анализе вертикального распределения растительности наблюдается закономерное колебание, соответствующее изменениям динамической активности вод и основного фотосинтетического фактора с глубиной. Оптимальными глубинами развития растительности с учетом эдафических условий и прозрачности вод является глубина до 10—20 м. Именно на этой глубине формируется наибольшее число сообществ, максимально насыщенных различными видами. Характерны полидоминантные ассоциации, фитоценозы которых сформированы различными представителями семейств ламинариевых, алариевых, десмарестиевых и некоторыми красными водорослями.

На глубине более 20 м наблюдается заметное обеднение флоры в количественном (биомасса) и качественном (виды) отношении. Основную роль в формировании растительности играют алария, агарум и красные корковые водоросли, в меньшей степени талласнофиллум, ламинария зубчатая, каллимениопсис и др. Глубже 40 м развиваются только наиболее теневыносливые красные водоросли (нитофиллум, фикодрис, каллофиллис).

Многообразие условий обитания в сублиторали дальневосточных морей способствует развитию растительности сложной ценотической структуры. Много зарослей смешанного типа, состоящих из массовых видов конкретного района. Обнаружены десятки поясообразующих растительных сообществ, различающихся между собой физиономически и составом доминирующих и сопутствующих видов. Особенно ярко эти различия проявляются в разных биоэкономических условиях и между географически удаленными районами. Однако при всем разнообразии условий сублиторали различных районов Охотского моря прослеживаются определенные закономерности в распределении растительности и в ее структуре.

Общим для большинства сообществ, независимо от их местообитания, является то, что их ядро

составляют в основном многолетние бурые водоросли из родов алария, талласнофиллум, агарум, лессония, артротамнус, циматера, цистозира и одноклеточные десмарестия и костария (южные Курильские острова). Только в некоторых сообществах преобладают красные водоросли из родов одонтия, птилиота, неоптилиота, турнерелла, анфельция, тихокарпус, хондрус, кораллина, пальмария, родимения, птеросифония, кроссокарпус, фикодрис и морские травы — филлоспадикс и зостера. Все доминирующие водоросли относятся в основном к тихоокеанским бореальным видам с широким ареалом.

Характерной чертой структуры большинства сообществ является их полидоминантный состав. Монодоминантные группировки встречаются редко. Одна из причин появления одновидовых поселений заключается в особенностях вегетативного размножения некоторых водорослей (ламинария длинночерешковая, артротамнус, одонтия, анфельция и т. д.). При этом формируются клоновые дернины, между которыми другие водоросли редко поселяются.

На малых глубинах защищенных побережий и на глубинах 4—20 м открытых побережий в сообществах ламинариевых водорослей часто наблюдаются хорошо выраженные синузии эпифитов, образованные преимущественно красными (птилиота, неоптилиота, фикодрис, пальмария, каллимениопсис и др.), редко зелеными (ульва) водорослями. Биомасса эпифитов высокая, особенно у берегов Курильских островов и колеблется от 0,5 до 3 кг/м², достигая в отдельных случаях на стволиках талласнофиллума 4—5 кг/м².

Сообщества обычно одно-, двух- или трехъярусные и имеют значительную высоту растительного покрова. Верхний ярус чаще всего формируется ламинариевыми водорослями высотой от 1 м и выше. Под их пологом и на свободном пространстве между ними селятся красные, бурые и зеленые водоросли, максимальные размеры которых достигают 0,3—1 м. Особо выделяются ярусы красных корковых известковых водорослей рода клатроморфум, литотамнион, фиматолитон и другие плотно сцементированные с грунтом. Высота их покрова колеблется от нескольких миллиметров до 20—30 см с учетом отмершей нижней части.

В сублиторали тихоокеанского побережья о. Итуруп, средних и северных Курильских островов на глубинах 10—25 м верхний ярус состоит из гигантской водоросли аларии с обычной высотой растений 10—20 м, максимальной — 60 м. Алария растет в составе смешанных зарослей бурых и красных водорослей или образует монодоминантные поселения шириной от 50 до 700 м.

19.3. Сырьевые ресурсы водорослей-макрофитов

В прибрежной части Охотского моря по состоянию сырьевых ресурсов и значению их промысла довольно четко различаются пять районов: юго-западный — Шантарские острова и прилегающее материковое побережье; северо-западный — от м. Энкан до Ейринейской губы; северный — от Ейринейской до Тауйской губы; северо-восточный — зал. Шелихова; западная часть полуострова Камчатка и Курильские острова.

Таблица 19.1

Запасы бурых водорослей в Охотском море, тыс. т сырой массы

Вид	Южные Курилы и о. Итуруп	Средние и Северные Курилы	Материковая часть Охотского моря	Шантарские острова
<i>Laminaria japonica</i>	130—350	—	—	—
<i>Cymathera japonica</i>	70—100	—	—	—
<i>Laminaria gurjanovae</i>	—	—	50—70	45—300
<i>L. angustata</i>	50—200	—	—	—
<i>L. eihorioides</i>	60—70	—	—	—
<i>L. dentigera</i>	+	65	—	—
<i>L. hongardiana</i>	—	+	—	—
<i>L. appressirhiza</i>	—	—	+	+
<i>L. inclinatorhiza</i>	—	—	+	+
<i>L. longipes</i>	—	5—10	—	—
<i>L. yezoensis</i>	30—35	—	—	—
<i>Cymathera triplicata</i>	—	10—15	—	—
<i>C. fibrosa</i>	—	5	—	—
<i>Costaria costata</i>	5—10	—	—	—
<i>Agarum cribrosum</i>	5—10	20	+	+
<i>Lessonia laminarioides</i>	—	—	27—35	3—5
<i>Arthrothamnus bifidus</i>	100—150	200—250	—	—
<i>A. kurilensis</i>	—	150—200	—	—
<i>Alaria fistulosa</i>	—	2500—3000 (эксп.)	—	—
<i>Thalassiophyllum clathrus</i>	—	15—20	—	—
<i>Fucus evnaescens</i>	25—50 (эксп.)	25—50 (эксп.)	75	50—75 (эксп.)
<i>Pelvetia wrightii</i>	40—50	—	—	—
<i>Cystoseira crassipes</i>	200—400 (эксп.)	+	7500 (эксп.)	30—50
<i>Sargassum pallidum</i>	30—50	—	—	—
Смешанные заросли *	75—100	250—400 (эксп.)	70—100 (эксп.)	50—70

Примечание. Тире — вид отсутствует; плюс — вид присутствует в незначительных количествах; эксп. — экспертная оценка; * — смешанные заросли состоят из указанных в таблице ламинариевых водорослей, растущих вместе.

Сырьевые ресурсы водорослей Шантарских островов и прилегающего побережья формируются в сложной гидрологической обстановке, определяющейся географическим положением и повышенной ледовитостью района. Лед сносится сюда течением при вскрытии в мае—июне из более северных районов Охотского моря. Заливы, бухты и узкие проливы забиваются льдом, образующим торосы высотой до 5 м. Растительность находится в ледовом мешке до июля, а после суровых зим — практически круглый год, что способствует понижению температуры воды в летний период. Снижение температуры воды приводит к задержке роста, а движение льда — к отрыву зарослей, механическому разрушению растений.

Из бурых водорослей как по биомассе, так и по частоте встречаемости доминирует цистозира, которая образует довольно широкий пояс (до 150 м) от литорали до глубины 6,5 [228]. Встречается цистозира обычно единичными растениями и лишь изредка по 3—5 кустов на 1 м².

Основные запасы цистозир сконцентрированы в Охотском море у северо-западного побережья (порядка 7,5 млн т* [257]) (табл. 19.1). Данные по запасам цистозир экспертного характера и требуют уточнения.

Цистозира — многолетняя водоросль, служит субстратом для икры охотской сельди.

Широко распространена в Охотском море ламинария Гурьяновой, растущая на глубине от 0,5 до

50 м (у берегов Сахалина — 80 м) на илисто-песчаных грунтах с вкраплениями ракушки и гальки. Ширина зарослей колеблется от 50 до 600—3000 м [186]. У открытых побережий ламинария Гурьяновой растет вместе с лессонией, аларией и цистозирой, а в заливах с затухающим течением образует мощные заросли, вытесняя все конкурирующие ламинариевые и цистозир.

Биомасса зарослей ламинарии Гурьяновой может изменяться от 0,4 до 42,0 кг/м², число слоевищ — от 4 до 56 экз/м². Длина пластины колеблется от 1,5 до 8,5 м, ширина у основания 4 см, у вершины — 70 см (табл. 19.2).

Массовым видом следует считать лессонию — эндемик Охотского моря, которая растет от уреза воды до глубины 11 м, однако оптимальная для нее глубина до 5 м, где, по нашим данным, отмечены наибольшие ее концентрации. Биомасса лессонии изменяется от 0,7 до 8,0 кг/м², количество слоевищ достигает 210 экз/м² (табл. 19.2). Лессония обычно растет с другими ламинариевыми. Ее общие запасы у северо-западного побережья Охотского моря составляют 27—35 тыс. т.

Отмечено, что водоросли являются хорошим субстратом для икры, и сельдь откладывает ее на различные виды макрофитов, однако на одних водорослях ее больше, на других — меньше. Больше всего икры откладывается на бурых (цистозире, лессонии, аларии, ламинарии Гурьяновой) и красных (тихокарпусе, пtilоте, одонтании, гипофиллуме) водорослях. Такие водоросли, как пtilота, тихокарпус и одонтания, покрываются сплошной многослойной кладкой икры [228].

* Здесь и далее цифры по биомассе и запасам даны в сырой массе.

Глубина произрастания, размеры и масса доминирующих бурых водорослей в Охотском море

Вид	Глубина произрастания, м	Биомасса, кг/м ²				Длина растения, м	Ширина растения, см	Масса растения, г
		Южные Курилы у о. Итуруп	Средние и Северные Курилы	Материковая часть Охотского моря	Шантарские острова			
<i>Laminurus japonica</i> Aresch.	0,5—15,0	0,5—120,0	—	—	—	1,5—11,0	6,5—52,0	0,2—7,0
<i>L. gurjanovae</i> A. Zin.	0,5—50,0	—	—	—	0,4—42,0	0,3—8,8	4,0—70,0	0,1—3,7
<i>L. angustata</i> Kjellm.	0,5—15,0	1,5—65,0	—	—	—	0,7—20,0	5,5—25,0	0,2—3,0
<i>L. cichorioides</i> Migabe	0,5—25,0	1,0—88,0	—	—	—	0,7—5,0	10—35,0	0,03—0,75
<i>L. dantigera</i> Kjellm.	1,5—25,0	—	4,0—36,0	—	—	1,5—5,0	20—46,0	0,02—0,7
<i>L. appressirhiza</i> Ju. Petr. et V. Voz.	0,5—12,0	—	—	0,5—3,0	1,0—3,0	0,5—1,5	50—90,0	0,25—0,7
<i>L. inclinatarhiza</i> Ju. Petr. et V. Voz.	0,5—12,0	—	—	0,5—3,0	0,1—7,2	0,5—2,0	10,0—30,0	0,1—0,55
<i>L. Longipes</i> Bory	0—20,0	—	0,5—20,0	—	—	0,5—2,3	2,0—7,0	0,2—0,7
<i>L. yezoensis</i> Miyabe	1,0—30,0	1,6—8,0	7,0—30,8	—	—	0,6—3,5	30,0—76,0	0,2—2,0
<i>Cymathera japonica</i> Miyabe et Tokida	1,0—36,0	1,6—53,6	—	—	—	1,2—3,5	30,0—84,0	0,2—1,4
<i>C. triplicata</i> Post. et Rupr.	1,0—27,0	—	8,0—27,0	—	—	1,0—4,0	7,0—18,0	0,2—0,5
<i>Cumathera fibrosa</i> Nagai	0—27,0	—	12,0—88,0	—	—	1,0—4,2	5,0—18,0	0,2—0,4
<i>Costaria costata</i> (Turn.) Saund	0—15,0	0,5—24,0	—	—	—	0,5—4,2	19,0—86,0	0,05—0,43
<i>Agarum cribrosum</i> Bory	7,0—40,0	0,5—11,2	0,2—6,8	0,4	0,3	0,1—2,0	3,0—55,0	0,03—0,5
<i>Lessonia laminarioides</i> Post. et Rupr.	1,0—11	—	—	0,7—8,0	0,3—5,1	0,18—2,6	6,0—33,0	0,05—0,95
<i>Arthrothamnus bifidus</i> (Gmel.) J. Ag.	0,5—19,0	0,1—37,0	—	—	—	1,0—5,0	4,3—6,5	0,1—0,9
<i>A. kurilensis</i> Rupr.	0—30,0	—	0,5—36,0	—	—	1,0—2,0	3,0—7,0	0,5—6,0
<i>Alaria fistulosa</i> Post. et Rupr.	4,0—40,0	—	1,0—54,0	—	—	2,0—60,0	25,0—110,0	0,2—7,5
<i>A. marginata</i> Post. et Rupr.	0,5—25,0	0,5—4,2	0,1—15,0	—	2,2—7,0	0,6—11,0	9,0—70,0	0,08—0,8
<i>Thallussiophyllum clathrus</i> Post. et Rupr.	3,0—25,0	—	1,5—60,0	—	—	0,3—1,6	—	0,2—1,5
<i>Fucus evanescens</i> C. Ag.	0—1,5	0,9—20,0	3,2—20,2	1,5—18,7	0,5—70,0	0,2—0,5	—	—
<i>Pelvetis wrightii</i> (Harv.) Okam.	0—1,5	0,5—44,0	—	—	—	15,0—60,0	—	—
<i>Cystoseiza crassipes</i> (Turn.) C. Ag.	0,5—20,0	3,1—15,0	0,5—32,0	0,5—30,0	2,7—5,6	0,3—5,0	—	0,5—6,5
<i>Sargassum pallidum</i> (Turn.) C. Ag.	0,5—20,0	0,5—30,0	—	—	—	0,5—5,0	—	0,5—9,5

Границы зоны размножения сельди в зависимости от ледовой обстановки меняются, и нерест сельди наблюдается не ежегодно. В связи с этим возможна миграция ее в соседние районы, и практически на большей части охотского побережья промысел водорослей исключен.

Ресурсы водорослей-макрофитов материковой части Шантарского района сравнительно мало изучены. В целом заросли промысловых видов ламинариевых в районе Сахалинского залива и Удской губы приурочены к входным мысам заливов и бухт. Общие запасы составляют 45 тыс. т. Доминирующее положение принадлежит ламинарии Гурьяновой, заросли ее приурочены к глубине 8—10 м, ширина полей местами достигает 900 м при проективном покрытии дна водорослями на 40—55 % и биомассе до 3 кг/м².

У Шантарских островов и материкового побережья (юго-западного и северо-западного) имеющиеся сырьевые ресурсы бурых водорослей промышленностью по ряду причин не используются. Во-первых, цистозирю нельзя добывать, так как она является субстратом для икры сельди; во-вторых, эта водоросль многолетняя и нерациональный промысел легко подорвет ее запасы; в-третьих,

технология добычи цистозирю еще не разработана; и последнее, в настоящее время отсутствует перерабатывающая база для получения технических продуктов из водорослей вообще и цистозирю в частности.

Промысел ламинарии в Охотском море широко-масштабно не ведется, однако в отдельные годы предпринимались попытки его организации. Так, в 1974—1975 гг. в губах Лошадиной и Ейринейской водолазами осуществлялась добыча лессонии в незначительных количествах для нужд местного населения. Учитывая, что лессония по общему химическому составу близка к ламинарии японской и имеет тонкое слоевище, которое легко измельчить, рекомендуется использовать ее для приготовления салатов, консервов и других пищевых продуктов [229].

В 1987 г. на больших глубинах в районе Шантарских островов проводился экспериментальный промысел ламинарии Гурьяновой. Так как эта водоросль хрупкая, то около 2/3 сырца при добыче пошло в отходы.

В случае организации промысла ламинарии Гурьяновой необходимо искать способ добычи, который не подорвал бы ее запасы и наладил поставку качественного сырья.

Глубина произрастания, биомасса и размеры массовых видов красных водорослей в Охотском море

Вид	Глубина произрастания растений, м	Биомасса, кг/м ²				Длина растений, см	Масса растений, г
		Южные Курилы и о. Итуруп	Средние и Северные Курилы	Материковая часть Охотского моря	Шантарские острова		
<i>Cirrulicarpus gmelini</i> (Gmel.) Tok. et Mas.	1—21	0,4—1,3	мало	+	+	22	18
<i>Clathromorphum loculosum</i> (Kjellm) Fosl.	1—40	0,5—4,1	0,2—10,2	+	+	6	—
<i>Neoptilota asplenioides</i> (Turn.) J. Ag.	0—25	0,1—2,8	0,3—4,4	2,0	1,8	29	54
<i>Odonthelia corymbifera</i> (Gmel.) J. Ag.	1—19	0,2—4,0	мало	+	+	23	45
<i>Odonthelia setacea</i> (Turn.) Perest.	1—28	—	0,7—2,1	мало	мало	23	26
<i>Palmaria stenogana</i> Perest.	0—12	0,1—0,5	0,1—6,0	+	+	29	24
<i>Pterosiphonia bipinnata</i> (P. et R.) Falkenb.	2—37	мало	0,1—0,7	0,3	0,5	8	4
<i>Ptilota</i> J. Ag.	0—27	0,1—1,4	0,3—11,0	2—4	1,1	13	30
<i>Phodomenia pertusa</i> (P. et R.) J. Ag.	4—28	0,2—0,5	0,6—1,2	0,5	0,7	24	36
<i>Turnerella mertensiana</i> (P. et R.) Schm.	6—40	0,3—1,0	0,3—1,4	+	+	16	28
<i>Chondrus armatus</i> (Harv.) Okam.	0—9	0,3—9,0	мало	—	—	15	—
<i>Neorhodomela larix</i> (Turn.) Masuda	0—5	0,2—0,4	мало	0,3	0,2—2,0	20	—
<i>Hypophyllum middendorffii</i> (Rupr.) Kyl.	0,5—14	0,2—0,5	+	0,5	1,5	20	—
<i>Constantines rosa-marina</i> (Gmel.) P. et R.	10—35	0,2—0,5	0,2—4,0	+	—	12	—
<i>Ahnfeltia tobuchiensis</i> (Kanno et Mat-sub.) Mak.	0—9	0,3—36,0	—	—	—	10	—
<i>A. plicata</i> (Huds.) Fries.	0—15	—	—	мало	мало	15	—
<i>Tuchocarpus crinitus</i> (Gmel.) Rupr.	0—24	0,1—1,6	+	2,2	1,2—4,5	15	—

Примечание. Усл. обозначения см. в табл. 13.1.

Как правило, бурым водорослям сопутствуют красные, характеризующиеся наибольшим видовым разнообразием и значительной частотой встречаемости, но уступающие бурым по биомассе [228].

Из красных водорослей на первом месте по частоте встречаемости и сравнительно большой биомассе (0,5—6,0 кг/м²) стоят такие багрянки, как *Tichocarpus crinitus*, *Ptilota filicina*, *Odonthalia ochotensis*, *Chondrus platynus* (табл. 19.3).

Ряд багрянок встречается повсеместно, но биомасса их, как правило, невелика (порядка 0,3 кг/м²). К ним относятся: *Pantoneura baerii*, *Cullophyllis rhynchocarpa*, *Halosaccion microsporum*, *Phodomela tenuissima*, *Hypophyllum middendorffii*.

Некоторые виды — *Turnerella mertensiana*, *T. glaphyra*, *Porphyra variegata*, *Crossocarpus lamuticus*, *Kallymeniopsis circinata* — находили только в выбросах (в основном эти водоросли растут на глубине более 12 м).

Отдельные виды багрянок встречаются редко. К ним относятся: *Ceramium kondoi*, *Dumontia incrassata*, *Cigartina ochotensis*, *Odonthalia corymbifera*, *Phycodrys rigii*, *Pseudophyendrys rainosukei*.

Некоторые макрофиты встречаются как эпифиты, и в то же время их находили растущими на грунте. Это: *Porphyra variegata*, *Pantoneura bacrii*, *Callophyllis cristata*, *Ahnfeltia plicata*, *Rhodophyllis veprecula*, *Ceramium kondoi*, *Nitophyllum yezoense*.

По данным В. Б. Возжинской [44], Е. И. Блиновой и В. Б. Возжинской [21], по всему материковому побережью Охотского моря господствующее положение в сублиторали принадлежит ламинариевым, причем в верхней части сублиторали преобладают виды с цельной пластиной (ламинария Гурьяновой, лессония), глубже — виды с рас-

сеченной пластиной (ламинария наклоненная и прижатая).

Для северного побережья (от п-ова Лисьянского до м. Матугина), как и для северо-западного, характерно преобладание ламинарии Гурьяновой и лессонии, биомасса которых составляет порядка 3—5 кг/м².

Для северо-восточного побережья (западная Камчатка) характерно преобладание мягких грунтов, как правило, лишенных богатых зарослей. Это связано как с типом грунтов, так и с притоком большого количества пресной воды, вносимой реками. Бедность растительности связана также со слабой защищенностью берега от прямого воздействия прибоев и с сильными приливо-отливными течениями, уносящими споры и молодые проростки [44]. По данным Е. И. Блиновой [19], на отдельных участках биомасса ламинарии Гурьяновой достигает 80 кг/м², лессонии 14,9 кг/м².

У юго-восточного побережья (юго-западная Камчатка) водоросли встречаются только в местах выхода твердых пород. На юге, у мыса Камбального, растут представители флоры Курильских островов — артротамнус двураздельный, алария гигантская или полая. Заросли последней простираются от 2 до 10 м, образуя огромные подводные поля с биомассой 25—35 кг/м². Длина пластин аларии гигантской достигает 10—15 м [44]. Видовой состав красных водорослей такой же, что и у материкового побережья, причем биомасса некоторых видов достигает больших значений: *Chondrus platynus* — 2,8, *Tichocarpus crinitus* — 2,6, *Neoptilota asplenioides* — 4,2, *Cerallina pilolifera* — 4,1, *Rhodomela Larix* — 2,4 кг/м².

Для сублиторали охотоморского побережья Курильского архипелага, состоящего из многочисленных, больших и малых островов, протянувшихся

длинной цепью в северо-восточном направлении от о. Хоккайдо до южной Камчатки, характерны богатые подводные поля макрофитов. По технологическим качествам многие ламинариевые водоросли могут служить хорошим сырьем для получения альгинатов, другие — для пищевых целей.

В первую очередь это наиболее массовые виды: ламинария японская, узкая и зубчатая, артротамнус двураздельный и курильский, циматера японская и трехскладчатая, алария полая, окаймленная и узкая, таллассиофиллум решетчатый, а также ламинариевые, встречающиеся в меньших количествах: ламинария цикоревидная, длинночерешковая и йезоенская, костария ребристая, челланиелла кольцевая, циматера двухскладчатая, агарум решетчатый. Промышленностью добывается в настоящее время под общим названием «морская капуста» три вида ламинариевых: ламинария японская и узкая, циматера японская, которые используются для пищевых целей. Кроме перечисленных, на о. Парамушир для пищевых целей в незначительных количествах добывается ламинария Бонгарда (из ламинариевых с рассеченной пластиной).

В районе островов Малой Курильской гряды, находящихся на стыке вод различных систем, в результате конвергенции разных водных масс и подъема вод океана, содержащих огромное количество биогенных элементов, особенно интенсивно накапливаются органические вещества в поверхностных водах. Сильные приливно-отливные и постоянные течения, частые штормы способствуют хорошему перемешиванию, быстрой смене и высокой аэрации вод. Преобладающее воздействие вод теплого течения Соя и эпизодическое проникновение к островам течения Куроисио, создают благоприятные условия для существования многих тепловодных форм макрофитов, отсутствующих к северу от этих островов.

Наибольший интерес представляет о. Зеленый, окруженный каменистой отмелью, особенно широкой у северного и юго-западного берегов с довольно ровным рельефом дна. У этого острова сконцентрированы самые обширные заросли морской растительности в системе архипелага. Они окружают его сплошным мощным поясом. Со стороны Южно-Курильского пролива ширина его достигает 2500—3000 м, со стороны океана — 50—900 м. Массовые заросли ламинарии распространены до глубины 8—10 м, местами — до 12—15 м. На глубинах от 3 до 10 м доминируют ламинариевые водоросли. Сплошные заросли ламинарии японской расположены на глубинах 3—7 м. Глубже, где прибойность меньше, ламинария уступает место циматере японской. Глубже 10 м исчезают заросли циматеры, появляется бурая водоросль десмарестия зеленая, с глубины 13—20 м — редкие заросли агарума.

Отдельные поля ламинарии японской расположены между островами Зеленым и Танфильева на глубине 30—35 м [208]. У о. Зеленого ламинария японская крупная: средняя длина ее пластин от 3,7 до 7,3 м (максимальная 11 м), ширина 14—52 см, масса одного слоевища от 0,2 до 7,0 кг. Биомасса сильно варьирует в зависимости от глубины обитания — на мелководье она составляет 5—10 кг/м², на глубине — 20—60 кг/м² (максимальная — 120 кг/м²). По данным В. Ф. Сарочан и

А. Д. Вялова [208], запасы ламинарии японской только у о. Зеленого определены в 720 тыс. т.

Циматера японская у о. Зеленого обычно встречается вместе с ламинарией японской, образуя смешанные заросли. Циматера японская по внешнему виду, внутреннему строению и химическому составу очень сходна с ламинарией японской. Однако средняя длина циматеры японской не превышает 3,5 м, ширина — 30—40 см, масса — 1,1 кг, биомасса — 1,6—53,6 кг/м². Запасы циматеры японской определены в 92 тыс. т.

С океанской стороны до глубины 7 м растет ламинария узкая. По мере увеличения глубины преобладает артротамнус курильский (от 3 до 10, местами до 12—15 м) и костария (от 4 до 15 м). Глубже 15—20 м преобладают пустой скалистый грунт и большие участки подвижного песка.

Длина пластин ламинарии узкой достигает 20 м, в среднем — 7—8 м, ширина до 25 см, биомасса колеблется от 1,5 до 65 кг/м². Запасы определены в 106 тыс. т.

По данным Хасегавы [307] и Сасаки [335], ламинария узкая имеет трехлетний цикл развития.

У о. Танфильева заросли макрофитов не образуют таких мощных полей, как у о. Зеленого. Ширина зарослей ламинарии японской варьирует от 100 до 1600 м, глубина произрастания — от 1 до 12 м. На глубине 1—3 м, как и у о. Зеленого, встречаются заросли цистозира, высота которой достигает 3—4 м. Биомасса ламинарии японской колеблется от 10 до 92 кг/м², запасы составляют 106 тыс. т.

Остров Полонского окружен широкими каменистыми мелководьями. Ламинарии японской здесь меньше, чем у островов Зеленого и Танфильева, и она растет только в двух северных бухтах, образуя заросли на глубине 8—10 м. На глубине 7—15 м расположены смешанные заросли ламинарии японской и циматеры японской. Длина слоевищ ламинарии японской здесь превышает 7,5 м, биомасса ее колеблется от 10 до 104 кг/м². Запасы ламинарии японской определены в 3,3 тыс. т [208]. На остальных участках растут ламинария цикоревидная, ламинария узкая и артротамнус курильский. Ламинария цикоревидная встречается вокруг всего острова, кроме того, занимает всю южную отмель на глубинах от 4 до 13 м. Это единственное место, где заросли ее представлены столь обширной площадью. Здесь она крупнее, чем в прибрежье других островов архипелага. Длина пластин достигает 4,6 м, масса — 1,3 кг, биомасса — от 3 до 24 кг/м². Запасы определены в 64 тыс. т [350].

Ламинария узкая растет на глубине от 1 до 6 м, биомасса ее колеблется от 3,8 до 11,5 кг/м², запасы составляют 3,9 тыс. т.

Артротамнус растет на глубинах от 1 до 17 м, сначала с ламинарией узкой, глубже — самостоятельно. Биомасса его варьирует от 2,7 до 18,1 кг/м², запасы составляют 11 тыс. т.

У о. Шикотан растет циматера японская (со стороны Южно-Курильского пролива), биомасса ее колеблется от 10 до 35 кг/м², запасы определены в 4,3 тыс. т. В незначительных количествах встречаются ламинария цикоревидная, артротамнус, костария и цистозира.

Подводя итог вышеизложенному, следует отметить, что, по данным В. Ф. Сарочан и А. Д. Вялова [208], запасы ламинариевых у островов Малой

Курильской гряды в целом определены в 1100 тыс. т. До 1987 г. у этих островов промысел ламинарии осуществлялся в незначительных количествах, запасы водорослей-макрофитов были велики и стабильны. Затем начался экспериментальный промысел модернизированной норвежской или водорослевой гребенкой (или гревод), который перешел в стадию промышленного и сильно подорвал запасы ламинариевых у о. Танфильева и в большей степени у о. Зеленого. Действительно, греводы обладают высокой уловистостью и производительностью, но бесконтрольный лов большим количеством судов (более 40 ед.) нанес огромный ущерб, последствия которого пока трудно определить. В результате интенсивного промысла изменился видовой состав водорослевого сообщества. Доминирующими видами вместо ламинариевых, промысловых, стали саргассовые, непромысловые водоросли, в настоящее время не представляющие интерес для водорослевой промышленности.

За период 1987—1989 гг. промышленностью добыто более 15 тыс. т воздушно-сухой ламинарии (110 тыс. т сырца). Наибольшее количество ламинарии добыто в 1988 г. — 58 тыс. т сырца. Причем данные приведены по выходу готовой продукции, и совершенно не учитывается большой процент (иногда 10—40 %) отходов в процессе приготовления пищевых продуктов.

Кроме того, при добыче водорослевой гребенкой часть водорослей падает на дно и затем выбрасывается штормами на берег. Таким образом, в августе—октябре и позже на побережьях островов образуются колоссальные штормовые выбросы, насчитывающие десятки тысяч тонн сырца, которые никак не используются промышленностью, загрязняют берега, что ухудшает экологическую обстановку на островах.

У о. Кунашир, по данным Л. А. Балконской [10], более детально обследовано юго-восточное побережье, где в промысловых количествах растут ламинария японская и узкая, циматера японская и артротамнус двураздельный. Промыслом используются два вида ламинарии и циматера. Добыча осуществляется канзой на глубинах до 4—5 м.

Сырьевые ресурсы водорослей макрофитов охотоморского побережья средних и северных Курильских островов представлены ламинариевыми иного состава, чем у о. Кунашир и островов Малой Курильской гряды. К тому же добыча их здесь запрещена (за исключением Второго Курильского пролива) из-за обитания ценных, млекопитающих — каланов и котиков.

Сведения о запасах макрофитов островов Итуруп, Уруп и Симушир, собранные в 1965—1968 и 1971 гг., обобщены И. С. Гусаровой [71]. По ее данным, у охотоморского побережья этих островов запасы наиболее массовых ламинариевых водорослей составляют 636 тыс. т. Доминирующими видами являются алария полая и артротамнус курильский.

У охотоморского побережья о. Итуруп водорослевый пояс прерывистый и неравномерный по ширине. В составе макрофитобентоса доминирует артротамнус курильский. Заросли его неширокие (до 50 м), но плотные и расположены на глубине от 0 до 10 м; биомасса 8—13 кг/м² при проективном покрытии дна 40 %.

Однако большинство запасов ламинариевых (до 94 %) сконцентрировано у охотоморского побережья о. Уруп. Почти сплошной водорослевый пояс шириной от 50 до 400 м протянулся на 285 км. Плотные поселения обнаруживаются прежде всего на обширном мелководье на скалисто-каменистых грунтах. Повсеместно на глубинах 6—35 м произрастает алария полая; биомасса ее составляет 7—9 кг/м², запасы — 212 тыс. т. Артротамнус курильский растет на глубине 8—10 м при ширине зарослей в 50—200 м и биомассе 6—12 кг/м². Запасы его определены в 162 тыс. т. Из других ламинариевых 66 тыс. т приходится на ламинарию зубчатую. Запасы циматеры трехскладчатой и ламинарии длинночерешковой составляют 12 тыс. т, смешанные заросли в северо-западной части острова (в составе вышеуказанных видов) — 128 тыс. т. Алария полая заслуживает особого внимания технологов, так как содержит альгиновой кислоты 30—35 % сухого вещества.

У о. Симушир берега приглубые, грунт в основном мелкозернистый. Водорослевый пояс шириной 50—150 м представлен аларией полой (до 800), ламинарией длинночерешковой и двумя циматерами: трех- и двухскладчатой (см. табл. 19.1).

Сведения о состоянии запасов промысловых водорослей охотоморского побережья о. Парамушир были получены в середине 60-х годов [224]. В Курильском архипелаге этот остров второй по величине. Плотные промысловые заросли занимают юго-западную часть и приурочены к скалисто-каменистым грунтам. Ширина зарослей достигает 400 м. Алария полая встречается на глубинах от 4 до 20 м и формирует самостоятельные поля или входит в состав сообществ с другими ламинариевыми. Биомасса аларии полой составляет 12—22 кг/м², запасы — 40 тыс. т. Промысловые заросли артротамнуса двураздельного сосредоточены в южной части острова (биомасса до 12 кг/м², запасы — 20 тыс. т).

Красные водоросли, или багрянки, распространены во всех дальневосточных морях. Они занимают литораль и сублитораль (до глубины 40—45 м). Среди багрянок наиболее широко распространены одонталлия, тихокарпус, хондрус, родомела, родимения, пtilота и анфельция (прикрепленная форма). Все перечисленные водоросли (кроме анфельции неприкрепленной формы) не образуют самостоятельных зарослей, прикрепляются к субстрату маленькой подошвой, растут в основном под пологом крупных бурых водорослей, занимающих в биоценозах доминирующее положение [113].

Анфельция (неприкрепленная форма) — *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matzubara), V. Mak. — многолетняя водоросль. Слоевище высотой 7—10 см и толщиной 300—450 мм образовано спутанными «кустиками», не имеющими органов прикрепления. Размножение вегетативное.

В зал. Измены (о. Кунашир) и лагуне Буссе (о. Сахалин) она образует на глубинах от 1,5 до 10 м скопления в виде сплошной дерновины, лежащей на дне, или шарообразные скопления, свободно перемещаемые по дну течением. Скопления анфельции приурочены к участкам с песчано-илистым или илесто-песчаными грунтами и слабыми течениями. Последнее имеет важное значение для образования скоплений водорослей на дне,

Промысловые запасы анфельции в Охотском море,
тыс. т сырца

Район	Глубина, м	Биомасса, кг/м ²	Проективное покрытие, %	Площадь, га	Запасы сырца, т
Лагуна Буссе	0,5—5,0	1,4—16,5	60—100	190—384	12—18
Залив Измены	0,5—9,0	0,2—36,6	60—100	1986—2027	100—150

так как в местах с сильными течениями анфельцию сносит в халистатические зоны или выбрасывает на берег. Во время штормов значительные количества анфельции (до нескольких тысяч тонн) срываются с залегающих и выбрасываются на берег, при этом образуются иногда огромные скопления в прибойной зоне или на берегу. Биомасса, проективное покрытие и запасы анфельции приведены в табл. 19.4.

В связи с уменьшением запасов анфельции во всех районах ее промысла чрезвычайно важно восстановление и охрана ее естественных зарослей. Поскольку анфельция растет медленно, размножается только вегетативно и плохо переносит изменение экологических условий, активная и нерегламентированная эксплуатация ее запасов, как правило, приводит к резкому их уменьшению. Так произошло с зарослями анфельции в лагуне Буссе, где в течение многих лет велся интенсивный промысел, приведший к тому, что с 1971 г. и по настоящее время добыча анфельции в лагуне Буссе разрешена только водолазами. Однако промысел в данное время не проводится, так как этот способ очень дорогой.

Как видно из табл. 19.4, основные запасы анфельции приходится на зал. Измены, где в последние годы количество добываемой анфельции колеблется от 8 до 12 тыс. т сырца. Промысел осуществляется рыбонасосом. По рекомендации СахТИНРО, в целях предотвращения выбросов анфельции на берег промысел начинают с мелко-

водья и лишь затем переходят в центральную часть поля.

В последние годы огромные штормовые выбросы, доходящие в отдельные годы до 10—15 тыс. т, обычно не собирались, долгие годы лежали на берегу, а затем снова попадали в залив, загрязняя поле анфельции. Промышленность не заготавливает такую анфельцию по той причине, что скопления водорослей часто образуются в местах, где трудно осуществить ее сбор.

В зарослях анфельции зал. Измены отмечена значительная примесь сопутствующей красной водоросли — хондрус. В отдельных пробах, взятых с поля анфельции в зал. Измены, доля хондруса колебалась от 10 до 83 %.

По сообщению Ю. Г. Локтина — сотрудника СахТИНРО, запасы хондруса составляют порядка 12—20 тыс. т. Хондрус является хорошим сырьем для получения ценного загустителя — карагенина.

Подводя итог вышеизложенному, следует отметить, что не все регионы Охотского моря изучены равномерно. Несмотря на огромные ресурсы водорослей-макрофитов, не везде еще ведется их промысел, что связано с отсутствием перерабатывающей базы. В то же время в таких районах, как острова Малой Курильской гряды, промысел ведется очень интенсивно и нерационально, и большая часть добытой ламинарии идет в отходы. Не полностью или совсем не заготавливаются штормовые выбросы анфельции на побережьях зал. Измены и лагуны Буссе.

20. ПРОМЫСЛОВЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ

Интенсивный промысел беспозвоночных, прежде всего камчатского краба (*Paralithodes camtchatica*), начал развиваться сначала на юге Охотского моря в начале XX в. В 20-е годы наиболее объемный промысел переместился на западно-камчатский шельф, где уже в 1927 г. вылов достиг 30 млн крабов.

Согласно гипотезе Марукавы (1933 г.), центром воспроизводства западно-камчатского краба является северная часть его ареала, откуда личинки течением переносятся в воды северо-западного побережья Камчатки, где оседают на дно и проводят первые годы жизни.

Для камчатского краба характерна относительная обособленность миграционных группировок и установлена большая специфичность группировок тепловодного озерновского района, где преобладают крупные самцы и почти полностью отсутствует летняя линька, столь характерная для особей более северных районов [125].

Ю. И. Галкин [58] в своих работах развивает гипотезы Марукавы. Правда, Ю. И. Галкин счи-

тал, что дрейфа личинок краба вдоль Камчатки на север не происходит, а пополнение всех районов западно-камчатского шельфа формируется только в хайрюзовском районе, т. е. к северу от 57° с. ш. Считая, что в различных районах западно-камчатского шельфа обитают не отдельные стада, а так называемые миграционные группировки краба, Ю. И. Галкин предлагал отлавливать в северном репродуктивном районе молодь и выпускать ее в южных районах шельфа, наиболее благоприятных для нагула и роста. Это предположение не потеряло своего значения и сейчас.

Позднее Л. Г. Виноградовым [39] было показано, что только мальки краба встречаются вдоль всей прибрежной зоны Камчатки, но абсолютно преобладающая их часть действительно концентрируется в северных водах между 57°—61°51' с. ш. Было также доказано, что массовый дрейф личинок краба в северном направлении не только возможен, но и обязателен. Оказалось, что основное количество краба первые годы жизни проводит в восточной части зал. Шелихова, включая Пенжинскую

губу. Сеголетки и годовики краба концентрируются на глубинах менее 20 м среди обильной эпифауны на имеющих широкое распространение в этих районах каменных и скалистых грунтах.

Л. Г. Виноградов [39] показал, что хайрюзовская группировка относится к независимой популяции, ичинская — к полузависимой, колпаковская и кихчикская — к зависимым популяциям. Озерновский район рассматривается как стерильная зона выселения, населенная псевдопопуляционной группировкой краба. Представления об обитании на западно-камчатском шельфе крупной, но единой суперпопуляции краба принимаются исследователями и сейчас. Границы между хайрюзовским, ичинским, колпаковским, кихчикским и озерновским районами, к каждому из которых тяготеет соответствующая миграционная группировка, проведены по $56^{\circ}50'$, $55^{\circ}10'$ и 53° с. ш.

В. И. Родиным и М. М. Лаврентьевым [197] было показано, что в холодные в гидрологическом отношении годы (например, 1966, 1967 гг.) выход краба в прибрежную зону задерживается, поэтому самки выметывают икру, находясь еще в мористой части шельфа. В такие сезоны наблюдается широкий разнос личинок и гибель их в связи с попаданием в неблагоприятные условия, что и является причиной появления неурожайных поколений. В менее суровые годы выклев личинок происходит в прибрежных водах, поэтому над глубинами 30—50 м они образуют скопления, откуда благополучно сносятся в восточную часть зал. Шелихова, весьма благоприятную для обитания молоди. В такие годы появляются урожайные поколения, что и было отмечено в 1958, 1963, 1970 и 1971 гг. В 1981 г. поколения 1970 и 1971 гг. достигли миграционного состояния и начали заселять более южные участки шельфа.

Основной репродуктивной частью ареала аяно-шантарской популяции является аянский район, откуда личинки выносятся в шантарский район, чему способствует существующая циркуляция вод. Достигнув миграционного состояния, молодые крабы распространяются на север, при этом в наиболее северной части ареала преобладают крупные самцы. В аяно-шантарском районе обитают 42,5 млн, в охотском — 6,2 млн, в охотско-тауйском — 2 млн самцов. Принципиальные черты дислокации аяно-шантарской популяции такие же, как и западно-камчатской суперпопуляции, но если у последней цепь от независимой группировки к зависимой ориентирована с севера на юг, то в северо-западной части моря — с юга на север, т. е. в обоих районах она согласуется с генеральной схемой течений.

Пример с аяно-шантарской популяцией свидетельствует о способности камчатского краба успешно приспосабливаться к обитанию в очень суровых условиях, чему помимо экологического потенциала краба способствует формирование летом в прибрежной зоне на севере моря более теплой зоны. Однако суровость гидрологического режима является причиной тугорослости здешнего краба (средний размер самок 72 мм, самцов 140 мм, а в водах Камчатки соответственно 106 и 156 мм), более мелких размеров его при созревании (самки длиной 55 мм вместо 75—80 мм у западно-камчатской популяции) и значительно более

низкой плодовитости (соответственно 32 тыс. и 60—220 тыс. икринок). Несомненно перспективность промысла в этом районе с объемом вылова не менее 4—6 тыс. т в год.

Изучение других, менее крупных популяций камчатского и других видов крабов, в Охотском море носит ограниченный характер. Несколько лучше изучены крабы-стригуны (например, *Chionocetes opilio*). В частности, показано тяготение их к холодным пятнам придонных вод. Оказалось, что, в отличие от камчатского краба, основной ареал западно-камчатской популяции *Ch. opilio* является центральная часть шельфа между 54 и 56° с. ш. К северу и югу от этого района обитают крупные особи. Примечательно, что районы зал. Шелихова, благоприятные для камчатского краба, оказываются совсем непригодными для молоди стригуна.

Отечественным промыслом в 1964—1968 гг. ежегодно вылавливалось 25,5—28,3 млн самцов камчатского краба, причем к северу от 57° с. ш., т. е. в районе основного воспроизводства, вылавливали 60—70 % общей добычи (в 1962 — только 23 %). В связи с дефицитом самцов в северных водах возросла яловость самок — с 6 % в 1969 г. до 23 % в 1974 г. С 1964 по 1976 г. площади, занятые скоплениями половозрелых самцов, уменьшились с 31,5 до 14,4 тыс. км², самок — с 14,5 до 7,5 тыс. км². Общая численность самцов размером от 6 до 23 см за эти годы уменьшилась с 180 до 74 млн шт. По предложению ТИНРО с 1974 по 1979 г. промысловики перешли на добычу краба ловушками, а с 1975 г. был прекращен японский промысел. Были увеличены также площади запретных для лова районов, и к северу от 54° с. ш. был запрещен крупнотоннажный промысел рыбы донными травами. Основной промысел сместился с репродуктивной части ареала популяции в более южные районы шельфа, и если в 1971 г. севернее 57° с. ш. было выловлено 48,7 % общей добычи на западно-камчатском шельфе, то в 1981 г. — только 21,4 %. Распределение промысловых нагрузок, таким образом, стало осуществляться с учетом результатов исследований функциональной структуры ареала краба, и основной пресс промысла был перенесен на полузависимые и зависимые субпопуляционные группировки. В результате запасы краба начали возрастать. В 1976 г., по данным В. Е. Родина, численность половозрелых самцов составляла всего 74 млн шт., а в 1984 г. их оказалось вдвое больше — 131 млн шт. Внедрение охранных и регулирующих мероприятий совпало с вступлением в промысловую часть популяции урожайного поколения.

Четкая тенденция в росте численности западно-камчатского краба, большой комплекс осуществляемых охранных и регулирующих промыслов мероприятий дают основание ожидать быстрого и полного восстановления его запасов.

За исключением промысла камчатского краба, отечественный промысел других видов краба в Охотском море практически не ведется, хотя общий вылов волосатого, разношипового крабов и краба-стригуна может быть достаточно высоким. Японский промысел краба в Охотском море давал в отдельные годы до 23—26 тыс. т, в том числе 15,7—18,8 тыс. т стригуна.

21. ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ВЫСОКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Охотское море является одним из высокопродуктивных водоемов Мирового океана, что подтверждается результатами исследований планктона, бентоса, рыб, млекопитающих и птиц, а также эффективным промыслом. Высокая динамичность вод Охотского моря как важнейшее условие его повышенной продуктивности хорошо соотносится с другим важнейшим фактором для развития жизни — богатством биогенными элементами. По химическому составу Охотское море представляет собой залив Тихого океана и, исключительно высокие концентрации биогенных элементов, характерные для высокопродуктивных сопредельных районов Тихого океана, свойственны и ему. Но в период летне-осенней стабилизации режима благодаря четкой стратификации вод верхний продуцирующий слой отделяется от богатых биогенными элементами глубинных вод холодным промежуточным слоем и снабжение фотического слоя моря биогенными элементами осуществляется только в местах апвеллинга, интенсивного перемешивания вод и в меньшей степени в результате речного стока. Очень высокие концентрации биогенных элементов отмечаются в районе Курильских островов, а по богатству поднимаемых течениями биогенных элементов вход в зал. Шелихова и сам залив относятся к одной из самых продуктивных зон Мирового океана [26, 292].

Значительную роль в формировании характерных черт биопродуктивности моря в целом, а также в распределении высоко- и малопродуктивных зон и участков играют течения. Для циркуляции вод деятельного слоя (0—200 м) Охотского моря характерно наличие макро-, мезо- и микроциркуляции квазипостоянных систем.

У берегов западной Камчатки формируется береговая конвергенция с опусканием теплых поверхностных вод в летне-осенний период и до глубины 40—150 м образуется сравнительно теплая полоса прибрежных вод шириной до 10—60 миль. Значение этой зоны в жизни пелагических и донных организмов исключительно велико.

Благодаря ей многие беспозвоночные и рыбы не только заселили суровые по гидрологическим условиям районы, но достигли в них высокой численности [292].

Биологическая продуктивность Охотского моря определяется прежде всего комплексом факторов среды, стимулирующих либо лимитирующих образование первичной органической продукции (фитопланктона), являющейся первичной основой для функционирования всего сообщества гидробионтов. При всех прочих условиях биомасса фитопланктона больше в тех районах, где выше содержание в воде соединений азота, фосфора и кремния.

В морях умеренных широт максимальное продуцирование гидробионтов приходится на теплое время года, когда происходит массовое развитие организмов после нереста, нагул молоди и взрослых особей. По этой причине общей для всех морей умеренного пояса закономерностью распределения биогенов по вертикали летом является увеличение их количества с глубиной, так как в слое фотосинтеза они интенсивно потребляются фитопланктоном.

В холодное время года поверхностный эвфотический слой моря обогащается биогенами в результате зимней вертикальной циркуляции, обусловленной первоначально уменьшением теплосодержания верхнего слоя вследствие сезонного охлаждения, а затем осолонением при ледообразовании.

В Охотском море первая наиболее мощная вспышка «цветения» фитопланктона происходит в конце марта—апреле, когда прекращается ледообразование, появляются разводья и полыньи и устанавливается сравнительно устойчивая ясная погода.

Первая вспышка «цветения» поглощает основную массу биогенов в слое фотосинтеза, и продуцирование фитопланктона летом продолжается лишь в тех районах Охотского моря, где существуют стационарные условия для вертикального водообмена, способствующего выносу биогенных элементов с глубины к поверхности, и в меньшей мере — в зонах сброса пресных вод с материка, тоже являющихся источником биогенных веществ в слое фотосинтеза.

Для интенсивного продуцирования гидробионтов в Охотском море важнейшее значение приобретают структурные особенности поля течений, приводящие вследствие тех или иных квазистационарных условий к вертикальному обмену вод [275].

В Охотском море вертикальный водообмен в летнее время затруднен плотностной стратификацией, возникающей и усиливающейся в процессе прогрева вод и таяния гигантских масс льда, образовавшихся зимой. Тем не менее существует ряд факторов, в результате действия которых вертикальное перемешивание вод становится возможным.

Отметим основные из них:

1) проникновение в деятельный слой моря относительно теплых и соленых океанических вод, физико-химические свойства которых отличаются от охотоморских вод. В результате их контакта развивается вертикальная циркуляция вод;

2) контакт движущихся вод с рельефом дна и берегами;

3) взаимодействие вод в потоках, движущихся относительно друг друга (конвергенции, дивергенции, гидрологические фронты);

4) сильно выраженное приливное перемешивание вод в шельфовой зоне, особенно в узкостях и приливах, в районах островов и банок.

В таких зонах отмечается максимум биомассы растительного и животного планктона, к ним приурочены скопления массовых промысловых рыб. Межгодовые колебания биомассы гидробионтов в этих зонах могут быть значительными, тем не менее в них всегда достигается максимум по сравнению с продуктивностью смежных акваторий. Колебания биомассы в пределах сезона и в межгодовом аспекте в преобладающей мере определяются колебаниями интенсивности горизонтальных потоков в море.

Границы взаимодействия океанических ветвей в пределах Охотского моря с собственно охотоморскими водами можно определить с помощью таких индикаторов среды, как теплосодержание вод деятельного слоя ниже термоклина (где различия

в количестве тепла становятся особенно значительными), положение и конфигурация ядер холода, свидетельствующих помимо всего прочего о степени суровости предшествовавшей зимы и интенсивности адвекции тепла из океана. С последней связано усиление или ослабление градиентов океанологических характеристик в Охотском море, а следовательно, и возникновение условий, усили-

В настоящее время в Охотском море можно выделить следующие системы (рис. 21.1).

Восточно-склоновая шельфовая система. Включает в себя апвеллинги топографического характера у юго-западной Камчатки и перед входом в зал. Шелихова, антициклонический круговорот над банкой Лебеда (в водах юго-западной Камчатки), вытянутый в меридиональном направлении;

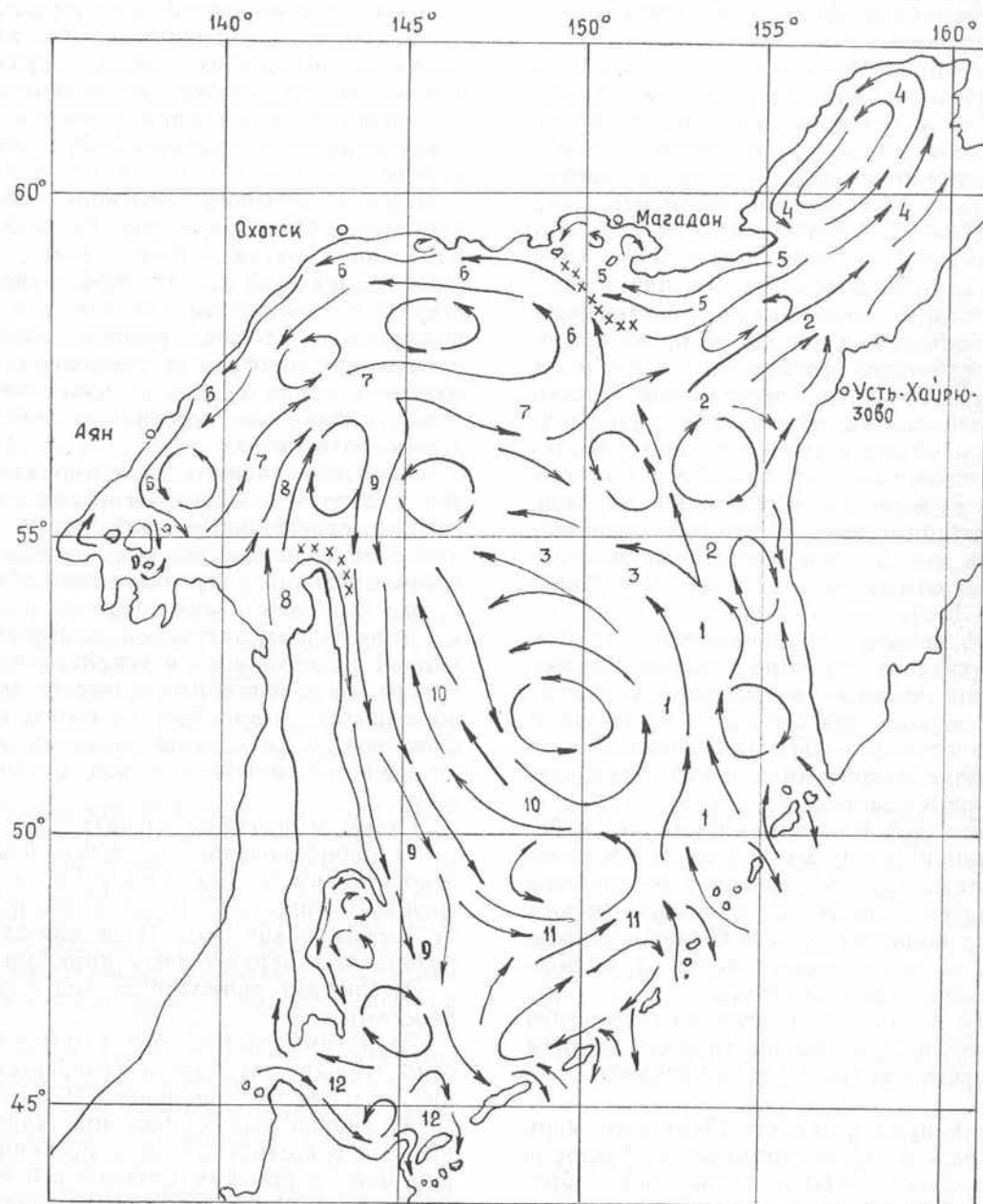


Рис. 21.1. Принципиальная схема общей циркуляции вод деятельного слоя Охотского моря в теплый период (июнь—сентябрь).

1 — Западно-Камчатское течение; 2 — северная ветвь; 3 — Срединное течение; 4 — Пенжинское течение; 5 — Ямское течение; 6 — Северо-Охотское течение; 7 — Северо-Охотское противотечение; 8 — Амурское течение; 9 — Восточно-Сахалинское течение; 10 — Восточно-Сахалинское противотечение; 11 — Северо-Восточное течение; 12 — течение Соя. Крестиками показаны гидрологические фронты.

вающих либо ослабляющих процессы вертикального перемешивания вод, что в конечном счете отобразится его биопродуктивностью.

По географическому признаку можно выделить отдельные гидродинамические системы, в пределах которых происходят сложное взаимодействие и трансформация вод, приводящие к обогащению продуктивного слоя моря питательными веществами.

антициклонический круговорот над склоном и шельфовыми банками восточнее желоба Лебеда (54—55° с.ш.); восточную периферию крупного антициклонического круговорота, стационарно формирующегося над впадиной ТИНРО; воды западно-камчатского шельфа, опресненные и подверженные сильному приливному перемешиванию. Вследствие благоприятного сочетания природных факторов западно-камчатский район является одной из

богатейших биопродуктивных зон Охотского моря. Здесь находятся районы воспроизводства и нагула минтай, камбалы, мойвы, наваги, трески, палтуса. Хорошая аэрация вод и богатая кормовая база способствуют развитию донных гидробионтов, в частности камчатского краба.

Центрально-северо-восточная система. Включает в себя зону дивергенции Западно-Камчатского течения на Срединное течение и северную ветвь Западно-Камчатского течения; антициклонический круговорот над впадиной ТИНРО; серию блуждающих циклонических вихрей в зоне контакта Ямского течения и северной ветви Западно-Камчатского течения; квазистационарный Пенжинский циклонический круговорот; воды апвеллинга и приливной трансформации в зоне Ямского течения; фронтальную зону к югу от Тауйской губы; Тауйскую губу; зону сброса пресных вод из Тауйской губы. Биопродуктивность этого обширного района также является одной из богатейших в Охотском море. Здесь нагуливается основная масса охотской сельди, образует мощные нагульные скопления минтай, нерестятся и обитают навага, мойва и многие другие виды рыб, креветки и колючий краб. К югу от п-ова Кони образуют крупнейшее в Охотском море скопление букциниды, являющиеся объектом масштабного отечественного и конвенционного лова.

Северо-западная система. В нее входят: циклонический круговорот южнее п-ова Лисянского; охотский апвеллинг в сочетании с речным стоком; квазистационарный аянский циклонический круговорот северо-восточнее Шантарского архипелага; ионо-кашеваровская зона вертикального интенсивного обмена; мощный пресный поток Амурского течения; стационарный апвеллинг в районе банки Кашеварова; северосахалинский фронтальный раздел. Это основной район нереста сельди и нагула ее молоди. Здесь проходят посленерестовые миграционные пути сельди, образует нагульные концентрации минтай, на котором, как и в Притауйском районе, базируется летне-осенний отечественный промысел. Вдоль склона впадины Дерюгина обитает синекорый палтус, в районе побережья наблюдаются мощные нерестовые подходы мойвы.

Восточно-сахалинская система. Включает в себя восточно-сахалинский шельф и зону контакта Восточно-Сахалинского течения с его противотечением. Здесь сравнительно высока продуктивность зоопланктона и бентоса, а сама зона осваивается нагульным минтаем.

Юго-западная система. Она образуется в результате контакта вод холодного Восточно-Сахалинского течения и теплого течения Сойя — ветви Цусимского течения, проникающего из Японского моря. В этом районе образуются два стационарных круговорота: антициклонический к юго-востоку от Сахалина и циклонический в самом юго-западном углу моря, у берегов Хоккайдо. Сложное вихревое поле формируется в зал. Терпения, где чаще всего оно представлено двумя круговоротами: на севере — антициклоническим, а на юге — циклоническим. Основные промысловые объекты в районе — минтай, камбалы и песчанка. В годы интенсивного развития течения Сойя промысловые концентрации образуют сардина, иваси и сайра.

Выделенные по географическому признаку гидродинамические системы в общем хорошо согла-

суются с выделенными на акватории Охотского моря областями с квазиоднородными физико-химическими свойствами [85].

Своеобразие Охотского моря состоит в том, что его можно отнести как к морям полярного типа, так и к морям умеренных широт вследствие близости и значительного влияния на его режим ядра холода Северного полушария и одновременно водообмена с теплыми водами Тихого океана. Эти особенности географического положения моря очень важны для продукционных процессов. Северная часть моря 6—7 мес покрыта льдами, здесь очень непродолжительные лето и весна и, по всей видимости, происходит один продукционный цикл. В юго-восточной части моря, куда постоянно поступают теплые тихоокеанские воды, годовой ход продукционного цикла имеет два явно выраженных пика «цветения» фитопланктона — весной (апрель—май) и осенью (октябрь—ноябрь).

Относительно низкая температура воды в течение всего года, наличие мощного слоя скачка плотности летом и существование обширного ледяного покрова зимой должны, на первый взгляд, приводить к полному потреблению биогенных элементов к началу лета и прекращению фотосинтеза до осенней вспышки. Однако уровень концентрации биогенных элементов в Охотском море в этот период не приближается к аналитическому нулю.

Примечательным является североохотоморский шельф, где сильные приливно-отливные течения способствуют мощному подтоку промежуточных вод на шельф и где вследствие интенсивного вертикального перемешивания происходит постоянная подпитка поверхностных вод питательными веществами. Наряду с этим квазистационарный ямский апвеллинг в зал. Шелихова, как и все циклонические вихри, поставляет богатые биогенными элементами промежуточные воды в поверхностные слои. В дальнейшем эти обогащенные воды переносятся прибрежными течениями практически по всему северному шельфу.

Другим важным в продукционном отношении районом является юго-восточная часть моря. При поступлении тихоокеанских вод через проливы Курильской гряды здесь происходит вынос глубинных вод к поверхности и затем распространение их Срединным и Западно-Камчатским течениями. В районе юго-западной Камчатки благодаря интенсивному вертикальному водообмену и постоянному поступлению питательных солей в эвфотический слой фотосинтез не прекращается практически в течение всего года.

Замечательным районом Охотского моря является район банки Кашеварова. Наличие квазистационарного циклонического вихря над банкой приводит к мощному подъему промежуточных тихоокеанских вод от дна к поверхности. Даже зимой этот район, находящийся в суровой северной части моря, не замерзает. Температура воды в этот период больше 1 °C, а летом не более 4 °C. Над банкой Кашеварова практически отсутствуют вертикальные градиенты океанологических характеристик. Поступление промежуточных вод на банку настолько мощное, что даже в период интенсивного развития фитопланктона насыщенность вод кислородом не превышает 95 %. При этом биомасса сетного фитопланктона нередко достигает 5000 мг/м², что характеризует его как один из высокопродуктив-

ных районов не только Охотского моря, но и Мирового океана.

Огромное значение для обогащения биогенными элементами фотического слоя в Охотском море имеет наличие подповерхностного максимума биогенных элементов, расположенного на нижней границе холодного подповерхностного слоя и совпадающего, как правило, с нижней границей весеннего «цветения» фитопланктона. Формирование этого слоя носит сезонный характер. По мере развития фитопланктона и летней стратификации вод мощность эвфотического слоя уменьшается, затрудняется обмен между слоями, а уровень концентрации биогенных элементов здесь остается достаточно высоким. При малейшем нарушении летней стратификации вод (при шторме, образовании синоптических вихрей, осенней конвекции и т. д.) этот слой может моментально поставлять биогенные элементы в эвфотический слой. По всей видимости, именно этот слой играет важную роль в продукционных процессах юго-западного и центрального районов Охотского моря.

Климат и океанологический режим Охотского моря подвержены большой межгодовой изменчивости, вызывающей цепь изменений в условиях воспроизводства и обитания их населения, а тем самым и в результате промысла [292].

Большое влияние на гидрометеорологический режим вод Охотского моря оказывают атмосферные процессы. Особенности развития этих процессов, характерные для различных лет, отражаются в таких гидрологических показателях, как ледовитость, теплосодержание вод, усиление или ослабление квазистационарных течений.

Так, например, теплосодержание холодного промежуточного слоя в Охотском море на весь год определяется процессами в атмосфере в холодную часть года. В теплые годы дальневосточная ложбина, протянувшаяся из арктических районов вдоль азиатского побережья, бывает смещенной к юго-востоку в районе Охотского моря и Камчатки. В холодные годы ложбина сдвигается на Магаданскую область и Приморье. При переходе от зимы к весеннему сезону географическое положение основных барических образований сохраняется.

Для охотской популяции сельди определяющим фактором в формировании численности поколений рыб является лед, блокирующий в некоторые годы нерестилища. Поэтому, когда весной у юго-восточного побережья Камчатки увеличивается повторяемость атмосферных циклонов (холодные годы), формируются благоприятные условия для воспроизводства этой популяции сельди, так как преобладание на севере Охотского моря ветров северных четвертей (с суши на море) способствует раннему очищению нерестилищ сельди ото льда. Неблагоприятные условия формируются в теплые

годы, когда над северной частью Охотского моря повышается интенсивность циклонической циркуляции при преобладающих южных ветрах, способствующих блокированию льдом нерестилищ сельди и снижению численности родившихся в эти годы поколений рыб [77].

Влияние океанологических условий сказывается также и на других гидробионтах.

Так, в холодные годы выход краба в прибрежную зону задерживается, поэтому самки крабов выметывают икру, находясь еще в мористой части шельфа. В такие годы наблюдается широкий разнос личинок и их гибель в связи с попаданием в неблагоприятные условия, что и является причиной появления неурожайных поколений [197].

Было установлено, что динамика численности минтая в целом определяется также влиянием климатических факторов: усилением воспроизводства в периоды потепления и усилением притока теплых тихоокеанских вод в море.

Для большинства популяций наваги Охотского моря установлена зависимость урожайности ее поколений от температурного режима на нерестилищах. Высокочисленные поколения, как правило, появляются в теплые типы сезонов.

Охотское море является одной из наиболее продуктивных в биологическом отношении акваторий Мирового океана. Однако, как и на любой обширной акватории, здесь встречаются районы, значительно отличающиеся по уровню биологического продуцирования, который во многом зависит от океанологических условий тех или иных районов моря.

Так, например, низкий показатель рыбопродуктивности в водах Сахалина по сравнению с западно-камчатским шельфом, по-видимому, связан с менее благоприятным океанологическим режимом (суровость, небольшое число круговоротов воды) и более низкими биомассами планктона и бентоса. Вполне объясним и наиболее низкий выход рыбопродукции на североохотоморском шельфе, где сосредоточены основные ресурсы планктона и бентоса и где циркуляционные системы являются благоприятными для богатого развития жизни. Если не считать возможного недоучета промысловых животных, это во многом определяется суровым гидрологическим режимом и наличием в течение всего года значительных пятен холодных вод. Низкие температуры воды, длительность сохранения ледяного покрова, несомненно, замедляют темп биологического продуцирования, а сохранение в течение всего года отрицательных температур в промежуточных слоях, которые покрывают значительную площадь шельфа, сильно ограничивает благоприятную для обитания многих промысловых объектов зону жизни [292].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К ЧАСТИ II

1. Абакумов А. И. Применение концепции максимального уравновешенного улова (МУ) для оценки общего допустимого улова на примере минтая//Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. — Владивосток, 1987. — С. 58—64.
2. Авдеев Г. В. Экологические особенности паразитофауны Подонемы (*Podonema Longipes*) в районе Японских и Курильских островов. — Владивосток, ТИНРО, 1985. — 21 с.
3. Акимущкин И. И. Основной объект питания бутылконоса (*Hyperoodon rostratus* Muller)//ДАН СССР. — 1954. — Т. 95, № 2. — 419 с.
4. Андриевская Л. Д. Пищевые взаимоотношения тихоокеанских лососей в море//Вопросы ихтиологии. — 1966. — Т. 6, вып. 1. — С. 84—90.
5. Андриевская Л. Д. Питание молоди тихоокеанских лососей в море//Изв. ТИНРО. — 1968. — Т. 64. — С. 73—80.
6. Андрияшев А. П. К познанию ихтиофауны Берингова и Чукотского морей//Исследования морей СССР. — Л., 1937. — Вып. 25. — С. 292—355.
7. Андрияшев А. П. Рыбы северных морей СССР. — М.: Изд. АН СССР, 1954. — 287 с.
8. Аксюткина З. М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. — М.: Пищевая промышленность. — 1968. — 288 с.
9. Аюшин Б. В. О причинах снижения запасов охотской сельди и мерах по ее восстановлению//Биология моря. — 1980. — № 2. — С. 69—74.
10. Балконская Л. А. Макрофитобентос литорали и сублиторали юго-восточного побережья острова Кунашир//Промысловые водоросли и их использование. — М., 1981. — С. 51—59.
11. Безруков П. А. Донные отложения Охотского моря//Тр. ИОАН. — 1960. — Т. 32. — С. 15—95.
12. Бенко Ю. К., Богаткин Ю. Н., Фахрутдинов Р. К. Биологические основы применения искусственных нерестилищ или воспроизводства охотской сельди//Биология моря. — 1987. — № 1. — С. 56—61.
13. Бирман И. Б. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей. — М.: Агропромиздат, 1985. — 207 с.
14. Бирман И. Б. О миграции лососей в Охотском море//Изв. ТИНРО. — 1986. — Т. 62. — С. 35—42.
15. Бирштейн А. Я., Виноградов М. Е. Заметки о питании глубоководных рыб Курило-Камчатской впадины//Зоологический журнал. — 1955. — Т. 34, вып. 4. — С. 842—849.
16. Благодаров А. И., Маркина Н. П. Охотское море//Биологические ресурсы Тихого океана. — М., 1986. — С. 406—417.
17. Блинова Е. И. Видовой состав и вертикальное распределение морских водорослей в Пенжинской губе (Охотское море)//Океанология. — 1968. — Т. 8, вып. 2. — С. 279—280.
18. Блинова Е. И. Морские водоросли северо-восточной части Охотского моря//Новости сист. низших растений. — 1968. — Т. 5. — С. 33—38.
19. Блинова Е. И. Подводные исследования водорослевого пояса в северо-восточной части Охотского моря//Морские подводные исследования. — М., 1969. — С. 114—120.
20. Блинова Е. И. Фитобентос литорали и sublиторали северной части Охотского моря (Тауйская губа, полуострова Кони и Пягина)//Тр. ВНИРО. — 1977. — Т. 124. — С. 12—21.
21. Блинова Е. И., Возжинская В. Б. Водорослевая флора и растительность залива Шелихова (Охотское море)//Тр. ВНИРО. — 1974. — Т. 99. — С. 143—153.
22. Борец Л. А. Состав и биомасса донных рыб на шельфе Охотского моря//Биология моря. — 1985. — № 4. — С. 54—65.
23. Борец Л. А. Запасы донных рыб на западно-камчатском шельфе//Рыбное хозяйство. — 1988. — № 3. — С. 29—32.
24. Борец Л. А. Видовой состав и биомасса донных рыб в районе южно-курильского мелководья. — 1989. — С. 1—20. — Деп. в ВНИИХ 29.03.89. № 1019.
25. Борец Л. А., Смирнов А. В. Распределение личинок минтая в северной части Охотского моря. — Владивосток, 1986. — С. 60—68.
26. Бруевич С. В., Богоявленский А. Н., Мокиевская В. В. Гидрохимическая характеристика Охотского моря//Тр. ИОАН. — 1960. — Т. 42. — С. 125—198.
27. Бульон В. В. Зависимость рыбопродуктивности водоемов от первичной продукции//Тр. ГОСНИОРХ. — 1983. — Вып. 196. — С. 3—11.
28. Бухрякова Л. К., Леванидов И. П. Химический состав ламинариевых сахалино-курильского района//Растительные ресурсы. — 1969. — Т. 5. — С. 183—187.
29. Васильков В. П., Глебова С. Ю. Факторы, определяющие урожайность поколений минтая Западной Камчатки//Вопросы ихтиологии. — 1984. — Т. 24, вып. 4. — С. 561—570.
30. Великанов А. Я. Анализ внутривидовой дифференциации мойвы шельфовых вод о. Сахалин по морфологическим данным//Биологические ресурсы шельфа, их рациональное использование и охрана. — Владивосток, 1983. — С. 16—17.
31. Великанов А. Я. К экологии размножения дальневосточной мойвы *Mallotus villosus socialis* у берегов о. Сахалин//Вопросы ихтиологии. — 1984. — Т. 24, вып. 3. — С. 425—430.
32. Великанов А. Я. Плодовитость дальневосточной мойвы *Mallotus villosus socialis* прибрежных вод Сахалина//Вопросы ихтиологии. — 1986. — Т. 26, вып. 6. — С. 965—973.
33. Великанов А. Я. Тихоокеанская мойва//Биологические ресурсы Тихого океана. — М., 1986. — С. 135—146.
34. Великанов А. Я. Сезонные особенности распределения мойвы в шельфовых водах Сахалина//Рыбное хозяйство. — 1986. — № 12. — С. 24—26.
35. Великанов А. Я. Условия воспроизводства и формирования численности поколений мойвы *Mallotus villosus socialis* в Татарском проливе//Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей. — Владивосток, 1986. — С. 80—92.
36. Великанов А. Я. Данные об икринках и личинках дальневосточной мойвы *Mallotus villosus socialis* у берегов Южного Сахалина//Вопросы ихтиологии. — 1988. — Т. 28, вып. 4. — С. 644—648.
37. Вернадский В. И. Биологические очерки. — М.: Изд. АН СССР, 1940.
38. Вернидуб М. Ф., Панин К. И. Некоторые данные о систематическом положении и биологии тихоокеанского представителя *Reinhardtius Gilb*//Зп. зап. ЛГУ. — 1937. — Т. 3, вып. 15. — С. 3—10.
39. Виноградов М. Е. О механизме воспроизводства запасов камчатского краба в Охотском море у западного побережья Камчатки//Тр. ВНИРО. — 1969. — Т. 65. — С. 337—344.
40. Виноградов М. Е., Шушкина Э. А. Функционирование планктонных сообществ эпипелагиали океана. — М.: Наука, 1987. — 240 с.
41. Виноградова К. Л. Ульвовые водоросли (*Chlorophyta*) морей СССР. — Л.: Наука, 1974. — 165 с.
42. Виноградова К. Л. Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зеленые водоросли. — Л.: Наука, 1979. — 146 с.
43. Власова Р. С., Иванкова З. Г., Фадеев Н. С. Состояние запасов и принципы регулирования промысла камбалы в водах Сахалина//Изв. ТИНРО. — 1971. — Т. 76. — С. 3—44.
44. Возжинская В. Б. Экология и распределение водорослей материкового берега Охотского моря//Тр. ИОАН. — 1966. — Т. 81. — С. 153—175.
45. Возжинская В. Б. Новые водоросли для северных побережий Охотского моря//Новости сист. низших растений. — 1967. — Т. 4. — С. 138—140.
46. Возжинская В. Б., Блинова Е. И. Материалы по распределению и составу водорослей Камчатки (Охотское море)//Тр. ИОАН. — 1970. — Т. 88. — С. 299—307.
47. Возжинская В. Б., Селицкая (Вишневская) Н. М. Редкие и новые виды водорослей для северных и западных побережий Охотского моря//Новости сист. низших растений. — 1968. — Т. 5. — С. 53—56.
48. Возжинская В. Б., Селицкая (Вишневская) Н. М. Видовой состав, распределение и запасы фукоидов в Охотском море//Тр. ИОАН. — 1970. — Т. 88. — С. 281—288.

49. Возжинская В. Б., Селицкая (Вишневская) Н. М. Морская растительность побережья острова Большой Шантар (Охотское море)//Тр. ИОАН.—1970.—Т. 88.—С. 289—298.
50. Волков А. Ф. Состояние кормовой базы основных промысловых объектов Охотского моря в осенний период//Тресковые дальневосточных морей.—Владивосток, 1986.—С. 122—123.
51. Волков А. Ф., Ефимкин А. Я. Стратегия питания минтая//Изв. ТИНРО.—1990.—Т. 111.—С. 123—132.
52. Воронина Э. А., Привалихин А. М. Особенности созревания и формирования плодовитости минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas)//Тезисы 4-й Всесоюз. конф. по раннему онтогенезу рыб.—М., 1988.—С. 45—47.
53. Вышегородцев В. А. Поведение и распределение охотской сельди в зависимости от температурных условий осенне-зимнего периода 1970 г./Изв. ТИНРО.—1973.—Т. 86.—С. 26—33.
54. Вышегородцев В. А. Притаунская популяция минтая//Экология, запасы и промысел минтая.—Владивосток, 1981.—С. 89—99.
55. Вышегородцев В. А. Минтай северной части Охотского моря.—Автореф. дис. ... канд. биол. наук.—М., 1986.—25 с.
56. Вышегородцев В. А. К вопросу репродуктивной изоляции североохотоморской популяции минтая//Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.—Владивосток, 1987.—С. 39—47.
57. Гайл Г. И. Промысловые водоросли Сахалина и Курильской гряды.—Владивосток: Дальневосточн. книжн. изд-во, 1949.—88 с.
58. Галкин Ю. И. Акклиматизация и перевозки камчатского краба//Тр. Мурманского морского биологического института.—1960.—Вып. 2(6).—С. 251—270.
59. Гирса И. И., Данилов А. Н. Оборонительное поведение песчанки *Ammodytes hexapterus* Pallas Белого моря//Вопросы ихтиологии.—1976.—Т. 16, вып. 5(100).—С. 949—951.
60. Голувань Г. А., Пахоруков Н. П., Сыса В. Н. Особенности распределения и поведения некоторых глубоководных рыб в районе Курильских островов по материалам визуальных наблюдений//Тезисы Всесоюз. совещ. «Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР».—Владивосток, 1985.—С. 29—30.
61. Горбатенко К. М. Суточная ритмика питания охотоморского минтая в осенний период//Популяционная структура, динамика численности и экология минтая.—Владивосток, 1987.—С. 189—202.
62. Горбатенко К. М., Чеблукова Л. В. Условия обитания и состав сообществ эпипелагиали Охотского моря в летний период//Вопросы ихтиологии.—1990.—Т. 30, вып. 1.—С. 21—30.
63. Горбунова Н. Н. Размножение и развитие минтая *Theragra chalcogramma*//Тр. ИОАН.—1954.—Т. 11.—С. 132—193.
64. Гордеев В. Д. Состояние и перспектива тралового промысла на Дальнем Востоке//Изв. ТИНРО.—1949.—Т. 29.—С. 2—49.
65. Гордеева К. Т. Питание палтусов в Беринговом море//Изв. ТИНРО.—1954.—Т. 39.—С. 111—134.
66. Гурьева В. Д. Питание и пищевые взаимоотношения молоди сельди, минтая, наваги и песчанки, обитающих в северо-западной части Охотского моря//Биологические ресурсы морей Дальнего Востока.—Владивосток, 1975.—С. 21—23.
67. Гусарова И. С. Новые водоросли некоторых островов Большой Курильской гряды//Новости сист. низших растений.—1972.—Т. 9.—С. 32—34.
68. Гусарова И. С. К биологии сублиторальной зоны островов Итуруп, Уруп и Симушир (по макрофитам)//Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана.—Л., 1974.—С. 73—74.
69. Гусарова И. С. Макрофитобентос сублиторальной зоны островов Итуруп, Уруп, Симушир (Большая Курильская гряда).—Автореф. дис. ... канд. биол. наук.—Л., 1975.—20 с.
70. Гусарова И. С. Макрофиты сублиторальной зоны островов Итуруп, Уруп, Симушир (Большая Курильская гряда)//Новости сист. низших растений.—1975.—Т. 12.—С. 111—118.
71. Гусарова И. С. Характеристика доминантных видов макрофитов и запасы ламинариевых водорослей сублиторали островов Итуруп, Уруп, Симушир (Большая Курильская гряда)//Растительные ресурсы.—1984.—Т. 20.—С. 48—54.
72. Гусарова И. С., Петров Ю. Е. Новый род и вид ламинариевых водорослей с Курильских островов//Новости сист. низших растений.—1970.—Т. 7.—С. 87—90.
73. Гусарова И. С., Петров Ю. Е. Новый род и вид ламинариевых водорослей с острова Симушир (Курильские острова)//Новости сист. низших растений.—1972.—Т. 9.—С. 39—44.
74. Гусарова И. С., Семкин Б. И. Сравнительный анализ конкретных флор сублиторали северо-западной части Тихого океана//Биология шельфовых зон Мирового океана.—Владивосток, 1982.—С. 18—19.
75. Гусарова И. С., Семкин Б. И. Сравнительный анализ флор макрофитов некоторых районов северной части Тихого океана с использованием теоретико-графовых методов//Ботанический журнал.—1986.—Т. 71, № 6.—С. 781—789.
76. Давыдов И. В. О сопряженности развития океанологических условий в основных рыбопромысловых районах дальневосточных морей//Изв. ТИНРО.—1984.—Т. 109.—С. 3—16.
77. Давыдов И. В. К вопросу о долгосрочном рыбохозяйственном прогнозировании в дальневосточных морях//Долгопериодная изменчивость условий среды и некоторые вопросы рыбопромыслового прогнозирования.—М., 1989.—С. 153—177.
78. Дерюгин К. М. Тихоокеанская экспедиция Государственного гидрологического института 1932 г./Исследования дальневосточных морей СССР.—1933.—Вып. 2.—С. 5—33.
79. Долганова Н. Т. Питание сеголеток минтая в Охотском море осенью//Тресковые дальневосточных морей.—Владивосток, 1986.—С. 69—78.
80. Дубровский А. Н. Перспективы лова палтуса в камчатских водах//Рыбное хозяйство.—1938.—№ 7.—20 с.
81. Дулепова Е. П. Планктонные ресурсы в Охотском море и их использование рыбами//Экология моря.—1991.—Вып. 37.—С. 1—7.
82. Дулепова Е. П., Борец Л. А. Состав, трофическая структура донных сообществ на шельфе Охотского моря//Результаты экосистемных исследований биоресурсов дальневосточных морей.—Владивосток, 1990.—Т. 111.—С. 39—48.
83. Дьяков Ю. П. Популяционная структура черного палтуса северной части Тихого океана.—Автореф. дис. ... канд. биол. наук.—Владивосток, 1985.—19 с.
84. Елкин Е. Я. Пособие по поиску охотской сельди с использованием декадных карт частоты встречаемости ее скоплений.—Владивосток, 1988.—19 с.
85. Жигалов И. А., Матвеев В. И. Выделение типовых акваторий на поверхности Охотского моря и оценка их биологической продуктивности//Тезисы докл. 7-й Всесоюз. конф. по промысловой океанографии.—М., 1987.—С. 252—253.
86. Завернин Ю. П. Влияние гидрометеорологических условий на сроки подхода охотской сельди на нерест и урожайность ее поколений//Изв. ТИНРО.—1972.—Т. 81.—С. 44—51.
87. Заика В. Е. Сравнительная продуктивность гидробиотиков.—Киев: Наукова думка, 1983.—205 с.
88. Зверькова Л. М. О нересте минтая в водах западного побережья Камчатки//Вопросы ихтиологии.—1969.—Т. 9, вып. 2.—С. 270—275.
89. Зверькова Л. М. Размножение минтая у юго-западного побережья Сахалина//Изв. ТИНРО.—1971.—Т. 76.—С. 62—75.
90. Зверькова Л. М. К вопросу о нересте минтая в северной части Японского моря//Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии.—Владивосток, 1973.—Вып. 4.—С. 129—135.
91. Зверькова Л. М. О распространении минтая, размножающегося в восточной части Охотского моря//Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии.—Владивосток, 1978.—Вып. 9.—С. 81—87.
92. Зверькова Л. М. Внутривидовая структура минтая в Охотском море//Экология, запасы и промысел минтая.—Владивосток, 1981.—С. 41—56.
93. Зверькова Л. М., Швецова Г. М. К биологии нагульного минтая юго-западной части Охотского моря//Изв. ТИНРО.—1971.—Т. 76.—С. 76—86.
94. Зинова А. Д. Список морских водорослей Южного Сахалина и южных островов Курильской гряды//Исследования

ния дальневосточных морей СССР. — 1959. — Вып. 6. — С. 109—132.

95. Зинова А. Д. Представители семейства *Delesseriaceae* (*Rhodophyta*) в северной части Тихого океана//Новости сист. низших растений. — 1972. — Т. 9. — С. 65—82.

96. Зинова А. Д. Новые и интересные виды красных водорослей из дальневосточных морей СССР//Новости сист. низших растений. — 1972. — Т. 9. — С. 82—87.

97. Зинова А. Д., Возжинская В. Б., Гусарова И. С. Фитогеографический состав и характеристика донной альгофлоры Охотского моря//Донная флора и продукция краевых морей СССР. — М., 1980. — С. 4—29.

98. Зинова А. Д., Гусарова И. С. Представители рода *Kallymenopsis* *Peresl.* (*Crossocarpaceae* *Rhodophyta*) у берегов Урупа и Симушира (Курильские острова)//Новости сист. низших растений. — 1977. — Т. 14. — С. 24—33.

99. Зинова А. Д., Перестенко Л. П. Список водорослей литорали Курильских островов//Растительный и животный мир Курильских островов. — Новосибирск, 1974. — С. 332—338.

100. Золотов О. Г. О дрейфе икры и личинок у западного побережья Камчатки//Тезисы 4-й Всесоюз. конф. по раннему онтогенезу рыб. — М., 1988. — С. 106—108.

101. Иваненков В. Н. Первичная продукция Берингова моря//Тр. ВНИРО. — 1961. — Т. 51. — С. 35—56.

102. Иваненков В. Н. Питание горбуши у северо-западного побережья о. Итуруп//Изв. ТИНРО. — 1964. — Т. 55. — С. 75—81.

103. Иваненков В. Н. Круговорот и баланс биогенных элементов в Мировом океане//Биологические ресурсы океана. — М., 1985. — С. 40—48.

104. Иваненков В. Н., Землянов И. В. Продукция кислорода и углерода при фотосинтезе в Охотском море//Изв. ТИНРО. — 1985. — Т. 110. — С. 151—152.

105. Ильинский Е. Н. Состав и количественное распределение мезопелагических рыб Охотского моря//Оценка и освоение биологических ресурсов океана. — Владивосток, 1988. — С. 8—10.

106. Кагановская С. М. Материалы к познанию минтая//Изв. ТИНРО. — 1950. — Т. 32. — С. 103—119.

107. Казаков М. В. Вопросы дальневосточного рыболовства//Бюлл. рыбного хозяйства. — 1925. — № 10. — С. 1—2.

108. Казанова И. И. Материалы по размножению и развитию некоторых видов рыб из вод Южного Сахалина и Южных Курильских островов//Исследования дальневосточных морей СССР. — 1959. — Вып. 6. — С. 132—140.

109. Казарновский М. Я. Японский промысел лососей в северо-западной части Тихого океана. — М.: ВНИРО, 1987. — 103 с.

110. Карпенко В. И. Кормовая база и питание молодых горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* W. и кеты *Oncorhynchus keta* W. в прибрежных водах Карагинского залива Берингова моря//Вопросы ихтиологии. — 1981. — Т. 21, вып. 4. — С. 675—686.

111. Качина Т. Ф. О динамике численности сельди и минтая в морях Дальнего Востока//Рыбное хозяйство. — 1979. — № 3. — С. 7—9.

112. Качина Т. Ф., Сергеева Н. П. Методика расчета нерестового запаса восточно-охотского минтая//Рыбное хозяйство. — 1978. — № 12. — С. 13—14.

113. Кизеветтер И. В., Суховеева М. В., Шмелькова Л. П. Промысловые морские водоросли и травы дальневосточных морей. — М.: Легкая промышленность, 1981. — 113 с.

114. Ключкова Н. Г., Демешкина Ж. В. Кораллиновые водоросли (*Cryptonemiales*) дальневосточных морей СССР. Род *Clathromorphum* *Foslie emond. Aday*//Новости сист. низших растений. — 1985. — Т. 22. — С. 72—85.

115. Ключанов В. А. Систематические отношения атлантической и тихоокеанской форм *Mallotus villosus*//Зоологический журнал. — 1972. — Вып. 6. — С. 855—862.

116. Кодолов Л. С., Куликов М. Ю. Особенности распределения и образования концентраций глубоководных рыб в северной части Тихого океана. — 1980. — 44 с. — Деп. в ЦНИИЭИРХ 15.09.80, № 207.

117. Кодолов Л. С., Паутов Г. П. Лемонема//Биологические ресурсы Тихого океана. — М., 1986. — С. 181—186.

118. Кодолов Л. С., Фадеев Н. С. О возможности концентрации рыб в слое минимума кислорода//Рыбохозяйственные исследования умеренных вод Тихого океана. — Владивосток, 1980. — С. 93—98.

119. Коновалов С. М. Научные основы рационального промысла тихоокеанских лососей и его принципиальная схема//Биология моря. — 1985. — № 3. — С. 4—14.

120. Коновалов С. М. Лососи в северной части Тихого океана//Биологические ресурсы Тихого океана. — М., 1986. — С. 118—135.

121. Коновалова Г. В., Орлова Т. Ю. Структура фитопланктона мелководий северо-западной части Японского моря//Биология моря. — 1988. — № 5. — С. 10—20.

122. Коновалова Г. В., Тяпки В. С. Биомасса фитопланктона в заливе Посёта Японского моря//Биология моря. — 1982. — № 2. — С. 12—19.

123. Корсак М. Н. Первичная продукция в Беринговом море и северо-западной части Тихого океана//Всесторонний анализ экосистемы Берингова моря. — Л., 1987. — С. 51—78.

124. Костарев В. Л. Современное состояние запасов охотских лососей, их воспроизводство и промышленное использование//Тр. ВНИРО. — 1975. — Т. 106. — С. 78—84.

125. Куликова Е. Б. Питание камчатского краба в весенне-летний период у берегов Камчатки и Сахалина//Изв. ТИНРО. — 1955. — Т. 43. — С. 21—42.

126. Куликова Е. Б. Исследование роста глубоководных рыб//Тр. проблем. и тематич. совещания ЗИН АН СССР. — 1956. — Вып. 6. — С. 132—135.

127. Куликова Е. Б. Рост и возраст глубоководных рыб//Тр. ИОАН. — 1957. — Т. 20. — С. 347—355.

128. Куренков И. И. Введение//Проблемы фертилизации лососевых озёр Камчатки. — Владивосток, 1988. — С. 3—7.

129. Кусакин О. Г. Некоторые закономерности распределения фауны и флоры и осушной зоне Южных Курильских островов//Исследования дальневосточных морей СССР. — 1961. — Вып. 8. — С. 312—343.

130. Кусакин О. Г. Некоторые итоги изучения качественного и количественного состава макробентоса осушной зоны Курильских островов. — Владивосток, 1970. — С. 273—277.

131. Лагунов И. И., Позднов Р. Н. Скопления мойвы у побережья Камчатки//Природа. — 1973. — № 5. — С. 125—126.

132. Лебецкий А. С. Песчанка северной части Охотского моря//Рыбное хозяйство. — 1981. — № 4. — С. 40.

133. Легеза М. И. Экология и распределение бычковых рыб в водах Южного Сахалина и Южных Курильских островов//Тр. проблем. и тематич. совещ. ЗИН АН СССР. — Вып. 6. — С. 122—131.

134. Линдберг Г. У. О систематике и распространении песчанки рода *Ammodytes*//Вестник дальневосточного филиала АН СССР. — 1937. — № 27. — С. 85—91.

135. Линдберг Г. У., Дулькейт Г. Д. Материалы по рыбам Шантарского моря//Изв. ТИНРО. — 1929. — Т. 3. — С. 1—138.

136. Линдберг Г. У., Красюкова З. В. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 4. — Л.: Наука, 1975. — С. 197—199.

137. Линдберг Г. У., Легеза М. И. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 2. — М.: Наука, 1965. — 392 с.

138. Лука Г. И. Наставление по круглогодичному поиску баренцево-морской мойвы. — Мурманск: ВНИРО, 1977. — 135 с.

139. Лукин В. И. Сообщества макрофитобентоса сублиторали о. Симушир//Биология шельфа Курильских островов. — М., 1979. — С. 11—60.

140. Макушок В. М. Долгохвосты (сем. *Macrouridae* или *Coryphaenoididae*)//Тихий океан. Кн. 3. Биология Тихого океана. Рыбы открытых вод. — М., 1967. — С. 200—227.

141. Малкин Е. М., Чуриков А. А. О нересте мойвы у восточного побережья Сахалина//Рыбное хозяйство. — 1972. — № 8. — С. 19—22.

142. Мамаева Н. В. Состав и количественное распределение инфузорий в пелагиали Тихого океана//Всесторонний анализ экосистемы Берингова моря. — Л., 1987. — С. 174—192.

143. Маркина Н. П. Биологическая продуктивность Японского, Охотского и Берингова морей//Тезисы 5-го съезда ВГБО. Ч. 1. — Куйбышев, 1986. — С. 22—23.

144. Маркина Н. П., Благодеров А. И., Соболевский Е. И. Биологическая продуктивность Охотского моря//Тезисы докл. 2-й Всесоюз. конф. по морской биологии. — Владивосток, 1982. — С. 150—151.

145. Маркина Н. П., Чернявский В. И. Количественное распределение планктона и бентоса в Охотском море//Изв. ТИНРО. — 1984. — Т. 109. — С. 109—119.

146. Микулич Л. В. Некоторые данные по питанию минтая//Изв. ТИНРО. — 1949. — Т. 29. — С. 51—66.

147. Микулич Л. В. Питание камбал у берегов Южного Сахалина и Южных Курильских островов//Изв. ТИНРО. — 1954. — Т. 39. — С. 135—235.
148. Микулич Л. В. О питании минтая в северной части Берингова моря//Изв. ТИНРО. — 1954. — Т. 42. — С. 177—190.
149. Микулич Л. В. Икринки и личинки рыб из северной части Охотского моря//Изв. ТИНРО. — 1959. — Т. 47. — С. 193—195.
150. Михайлова Н. В. Распределение высших водорослей вдоль берегов острова Шикотан//Ботанический журнал. — 1959. — Т. 44, вып. 3. — С. 379—386.
151. Моисеев П. А. Некоторые данные о траловом промысле у берегов западной Камчатки//Изв. ТИНРО. — 1938. — Т. 14. — С. 37—44.
152. Моисеев П. А. Камчатская камбала и ее использование//Рыбное хозяйство. — 1940. — № 3. — С. 8—9.
153. Моисеев П. А. Треска и камбалы дальневосточных морей//Изв. ТИНРО. — 1953. — Т. 40. — 288 с.
154. Моисеев П. А. Стрелозубый и черный палтусы//Тр. ИОАН. — 1955. — Т. 14. — С. 56—59.
155. Моисеев П. А. Рыбопродуктивность Мирового океана//Биологические ресурсы океана. — М., 1985. — С. 153—165.
156. Моисеев П. А. Биологические ресурсы Мирового океана. — М.: Агропромиздат, 1989. — 368 с.
157. Мусиенко Л. Н. Ихтиопланктон Берингова моря//Тр. ВНИРО. — 1963. — Т. 48. — С. 239—269.
158. Науменко Е. А., Давыдов В. Г. Некоторые особенности распределения и нагула восточноокеанской мойвы и личиночно-мальковый период развития//Тезисы 4-й Всесоюз. конф. по раннему онтогенезу рыб. — М., 1988. — С. 22—23.
159. Несис К. Н. Биомасса пелагических головоногих моллюсков и ее распределение в Мировом океане//Биологические ресурсы океана. — М., 1985. — С. 153—165.
160. Николотова Л. А. Питание и пищевые взаимоотношения донных рыб западнокамчатского шельфа. — Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. — 21 с.
161. Новиков Н. П. Биология малоглазого долгохвоста *Chalinura pectoralis* в северной части Тихого океана//Изв. ТИНРО. — 1970. — Т. 72. — С. 300—326.
162. Новиков Н. П. Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана. — М.: Пищевая промышленность, 1974. — 308 с.
163. Оленич М. А. Распределение, особенности развития, роста и численности сеголеток минтая в Охотском море//Оценка и освоение биологических ресурсов океана. — Владивосток, 1988. — С. 20—22.
164. Парин Н. В. Ихтиофауна океанской эпипелагиали. — М.: Наука, 1968. — 186 с.
165. Паутов Г. П. Возраст и рост малоглазого, пепельного и черного макуросов в северной части Тихого океана//Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 96. — С. 181—185.
166. Паутов Г. П. Распределение и биология лемонемы (*Lacmonema longipes* Schmidt, 1938)//Изв. ТИНРО. — 1980. — Т. 11. — С. 157—162.
167. Перестенко Л. П. Красные водоросли дальневосточных морей СССР *Turnerella Schmitz Opuntella Kylin (Solieriaceae, Gigartinales)*//Новости сист. низших растений. — 1976. — Т. 13. — С. 39—50.
168. Перестенко Л. П. Виды рода *Porphyra Ag.* в дальневосточных морях СССР//Новости сист. низших растений. — 1982. — Т. 19. — С. 16—29.
169. Перестенко Л. П. О принципах зонального биогеографического районирования шельфа Мирового океана и о системах зон//Морская биогеография. — М., 1982. — С. 99—144.
170. Перестенко Л. П. Род *Phycodryas Kütz.* и его характерные признаки//Новости сист. низших растений. — 1983. — Т. 20. — С. 45—50.
171. Перестенко Л. П. Новые виды водорослей дальневосточных морей СССР//Новости сист. низших растений. — 1984. — Т. 21. — С. 41—50.
172. Перестенко Л. П. Красные водоросли дальневосточных морей СССР. Новые представители семейства *Crossocarpaceae*//Новости сист. низших растений. — 1986. — Т. 23. — С. 88—97.
173. Перцева-Остроумова Т. А. Размножение и развитие дальневосточных камбал. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 484 с.
174. Петипа Т. С. Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах. — Киев: Наук. думка, 1981. — 241 с.
175. Петров Ю. Е. Систематика некоторых дальневосточных видов рода *Laminaria Lamour.*//Новости сист. низших растений. — 1972. — Т. 9. — С. 47—58.
176. Петров Ю. Е. Ламинариевые и фукусомые водоросли в морях СССР//Растительные ресурсы. — 1973. — Т. 9, вып. 1. — С. 123—127.
177. Петров Ю. Е., Возжинская В. Б. Новый род и вид ламинариевых водорослей из Охотского моря//Новости сист. низших растений. — 1966. — Т. 3. — С. 100—102.
178. Петров Ю. Е., Возжинская В. Б. Новые виды рода *Laminaria* из Охотского моря//Новости сист. низших растений. — 1970. — Т. 7. — С. 81—87.
179. Петров Ю. Е., Суховеева М. В. *Laminaria multiplicata* sp. nov. из Охотского моря//Новости сист. низших растений. — 1976. — Т. 13. — С. 51—53.
180. Печень-Финенко Г. А. Пищевая ценность детрита для морских планктонных животных//Продукционно-гидробиол. исследования водных экосистем. — Л., 1987. — С. 142—151.
181. Погребов В. Б. Донные сообщества верхней сублиторали залива Львиная Пасть (о. Итуруп)//Биология шельфа Курильских островов. — М., 1979. — С. 61—84.
182. Полотов И. А. и др. Промысловые рыбы Камчатки. — Петропавловск-Камчатский: Камчатская правда, 1966. — 134 с.
183. Помазанов Н. П. Поверхностные течения в северном и восточном промысловых районах Охотского моря в летние месяцы//Тр. ДВНИГМИ. — 1970. — Вып. 30. — С. 94—103.
184. Поплаухин Н. П., Бобров В. А. К вопросу о влиянии биотических и абиотических факторов на выживаемость молоди охотской сельди//Тезисы докл. Всесоюз. совещ. «Биологические ресурсы дальневосточных морей СССР». — Владивосток, 1975. — С. 37—38.
185. Потехина А. В. Распределение и видовой состав макрофитов сублиторали острова Большой Шантар//Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. — Владивосток, 1972. — Вып. 7. — С. 100—108.
186. Потехина А. В. Промысловая характеристика зарослей ламинариевых у берегов Шантарских островов//Изв. ТИНРО. — 1973. — Т. 87. — С. 139—144.
187. Потехина А. В., Паймеева Л. Г. Морские водоросли, новые для побережья Шантарских островов (Охотское море)//Новости сист. низших растений. — 1972. — Т. 9. — С. 37—39.
188. Правдин И. Ф. Обзор исследований дальневосточных лососей//Изв. ТИНРО. — 1940. — Т. 18. — С. 1—107.
189. Пушников В. В. Популяционная структура минтая Охотского моря и состояние его запасов. — Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1982. — 23 с.
190. Пушников В. В., Швецов Ф. Г. Оценка запасов минтая северо-восточного побережья Сахалина//Экология, запасы и промысел минтая. — Владивосток, 1981. — С. 100—109.
191. Расс Т. С. Значение исследований размножения рыб для оценки возможных уловов//Рыбное хозяйство. — 1953. — № 2. — С. 23—25.
192. Расс Т. С. К познанию тихоокеанских *Moridae (Pisces Gadiformes)*//Тр. ИОАН. — 1954. — Т. 11. — С. 56—62.
193. Расс Т. С. Новые районы и новые объекты рыбного промысла в дальневосточных морях//Вопросы ихтиологии. — 1955. — Вып. 4. — С. 71—81.
194. Расс Т. С. Глубоководные рыбы//Изв. АН СССР. — 1959. — Т. 1. — С. 285—315.
195. Расс Т. С., Желтенкова М. В. Некоторые данные об ихтиопланктоне Западной Камчатки//Изв. ТИНРО. — 1984. — Т. 28. — С. 139—149.
196. Рихтер В. А., Ефанов В. Н. Об одном из подходов к оценке естественной смертности рыбных популяций//Тр. АтлантНИРО. — 1977. — Вып. 73. — С. 77—85.
197. Родин В. Е., Лаврентьев М. М. К изучению воспроизводства камчатского краба у западной Камчатки//Гидробиология и биогеография шельфовых холодных и умеренных вод Мирового океана. — Л., 1974. — С. 65—66.
198. Румянцев А. И. Мойва Японского моря//Изв. ТИНРО. — 1946. — Т. 22. — С. 35—75.
199. Румянцев А. И. Мойва-уек (*Mallotus villosus socialis*)//Тр. ИОАН. — 1955. — Т. 14. — С. 41—43.
200. Рыбаков О. С. Водоросли прибрежных вод острова Юрий (Малая Курильская гряда)//Изв. ТИНРО. — 1968. — Т. 65. — С. 201—211.

201. Рыбаков О. С. Промысловые водоросли прибрежных вод Шантарских островов//Изв. ТИНРО. — 1971. — Т. 75. — С. 160—164.
202. Сабитов Э. Х., Зверькова Л. М. Промысловая и биологическая характеристика нерестовых скоплений минтая в водах западной Камчатки (по материалам 1963—1965 гг.)//Аннотации научных работ, выполненных ТИНРО в 1965 г. — Владивосток, 1967. — С. 54.
203. Савич А. Б. К вопросу оценки запасов лемонемы *Podonema Longipes* (Schmidt) *Moridae Gadiformes* в северо-западной части Тихого океана//Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей. — Владивосток, 1986. — С. 133—139.
204. Савичева Э. А. Некоторые данные по биологии мойвы западного побережья Камчатки//Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 97. — С. 45—51.
205. Савичева Э. А. Плодовитость мойвы восточной части Охотского моря//Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. — Владивосток, 1975. — С. 70—76.
206. Савичева Э. А. Эмбриональное развитие дальневосточной мойвы *Mallotus villosus socialis* восточной части Охотского моря//Вопросы ихтиологии. — 1982. — Т. 22, вып. 2. — С. 253—258.
207. Сарочан В. Ф. Изучение биологии промысловых водорослей района Малой Курильской гряды//Аннотации научных работ, выполненных ТИНРО в 1965 г. — Владивосток, 1967. — С. 21—22.
208. Сарочан В. Ф., Вялов А. Д. Промысловые водоросли и их использование. — М.: ВНИРО, 1981. — С. 44—51.
209. Сафронов С. Н. Энергетический баланс и рацион тихоокеанской наваги у юго-восточного побережья Сахалина//Биология моря. — 1985. — № 2. — С. 25—31.
210. Сафронова Р. К. Вертикальное распределение макропланктона и его роль в питании и поведении нагульного минтая в шельфовой зоне восточного Сахалина//Экология, запасы и промысел минтая. — Владивосток, 1981. — С. 79—85.
211. Световидов А. Н. К познанию семейства *Moridae* (*Pisces, Gadiformes*)//Зоологический журнал. — 1967. — Т. 16, вып. 11. — С. 1684—1693.
212. Световидов А. Н. Типы видов рыб, описанных П. С. Палласом в «Zoodrapia Rosso-Asiatica» — Л.: Наука, 1978. — 34 с.
213. Семенченко Л. И. Питание тихоокеанской наваги в Охотском, Беринговом и Чукотском морях в зимне-весенний период//Изв. ТИНРО. — 1970. — Т. 71. — С. 70—96.
214. Сергеева Н. П. Плодовитость восточноохотского минтая//Экология, запасы и промысел минтая. — Владивосток, 1981. — С. 73—79.
215. Смирнов А. В. Опыт применения ихтиопланктонных съемок в Охотском море для оценки численности (биомассы) нерестового минтая//Исследование и рациональное использование биоресурсов дальневосточных и северных морей СССР и перспективы создания технических средств для освоения неиспользуемых ресурсов открытого океана. — Владивосток, 1985. — С. 60—62.
216. Смирнов А. В., Раклистова М. М. Состояние запасов охотоморского минтая в связи с регулированием его промысла//Оценка и освоение биологических ресурсов океана. — Владивосток, 1988. — С. 19—20.
217. Соболевский Е. И. Морские млекопитающие Охотского моря, их распределение, численность и роль как потребителей других животных//Биология моря. — 1983. — № 5. — С. 12—20.
218. Соколовский А. С., Глебова С. Ю. Структура популяции и продуктивность восточноберинговоморского минтая//Изв. ТИНРО. — 1985. — Т. 110. — С. 29—37.
219. Соколовский А. С., Глебова С. Ю. Долгопериодные флюктуации численности минтая в Беринговом море//Изв. ТИНРО. — 1985. — Т. 110. — С. 38—42.
220. Солдатов В. К., Линдберг Г. У. Обзор рыб дальневосточных морей//Изв. ТИНРО. — 1930. — Т. 5. — 563 с.
221. Сорокин Ю. И. Продукция микрофлоры//Биологическая продуктивность океана. — М., 1977. — С. 209—233.
222. Сорокин Ю. И. Черное море. Природа, ресурсы. — М.: Наука, 1982. — 216 с.
223. Сорокин Ю. И. Продукция бактерий и микрозоопланктона//Биологические ресурсы океана. — М., 1985. — С. 71—86.
224. Субботина (Гусарова) И. С. Промысловые водоросли зал. Кроноцкий (юго-восточная Камчатка) и о. Парамушир (Большая Курильская гряда)//Аннотации научных работ, выполненных ТИНРО в 1966 г. — Владивосток, 1970. — С. 44—46.
225. Суворов Е. К. и др. Материалы по возрастному составу камбал западной Камчатки//Уч. зап. ЛГУ. — 1937. — Т. 3, вып. 5. — С. 241—249.
226. Суховеева М. В. Распределение и запасы промысловых водорослей острова Кунашир и на Южно-Курильском мелководье (июль—сентябрь) 1964 г.//Аннотации научных работ по исследованию сырьевой базы рыбной промышленности Дальнего Востока в 1963—1964 гг. — Владивосток, 1967. — 26 с.
227. Суховеева М. В. Водоросли сублиторали Южно-Курильского мелководья//Тр. ТИНРО. — 1972. — Вып. 7. — С. 88—99.
228. Суховеева М. В. Видовой состав и распределение макрофитов в районах размножения сельди у северо-западного побережья Охотского моря//Изв. ТИНРО. — 1976. — Т. 100. — С. 144—149.
229. Суховеева М. В., Шмелькова Л. П. Новые виды сырья и перспективы использования водорослей промышленности. — М.: Наука, 1981. — С. 39—43.
230. Сучкова М. Г. Некоторые данные о плодовитости минтая//Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. — Владивосток, 1987. — С. 138—143.
231. Сучкова М. Г. Размеры и возраст впервые созревающего минтая Охотского моря//Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана. — Владивосток, 1988. — С. 22—27.
232. Таранец А. Я. Краткий определитель рыб советского Дальнего Востока и прилегающих вод//Изв. ТИНРО. — 1937. — Т. 11. — 200 с.
233. Таранец А. Я. Классификация и происхождение бычков семейства *Cottidae*//Изв. АН СССР. — 1941. — Т. 3. — С. 427—447.
234. Темных О. С. Функциональная структура ареала минтая в Охотском море//Биология моря. — 1990. — № 6. — С. 22—30.
235. Теплинская Н. Г. Бактериопланктон и бактерии-деструкторы органического вещества//Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря. — Мурманск, 1985. — С. 74—99.
236. Тихонов В. И. Запасы камбал западного побережья Камчатки должны быть сохранены//Рыбное хозяйство. — 1966. — № 3. — С. 6—8.
237. Тихонов В. И. Плодовитость желтоперой камбалы западного побережья Камчатки//Изв. ТИНРО. — 1968. — Т. 64. — С. 339—346.
238. Тихонов В. И. Рост желтоперой камбалы западного побережья Камчатки//Изв. ТИНРО. — 1970. — Т. 73. — С. 127—140.
239. Тихонов В. И. Весовой рост западно-камчатской желтоперой камбалы//Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 98. — С. 99—105.
240. Тихонов В. И. Изменение плодовитости и скорости созревания желтоперой камбалы//Биология моря. — 1977. — № 3. — С. 64—69.
241. Тихонов В. И. Плодовитость камбал западно-камчатского шельфа//Биология моря. — 1982. — № 3. — С. 21—26.
242. Токранов А. М. Распределение керчаковых (*Cottidae, Pisces*) на западно-камчатском шельфе в летний период//Зоологический журнал. — 1981. — Т. 60, вып. 2. — С. 229—237.
243. Токранов А. М. О размножении многоглазого бычка *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Pallas) (*Cottidae*) прикамчатских вод//Вопросы ихтиологии. — 1984. — Т. 24, вып. 4. — С. 601—608.
244. Токранов А. М. Биология массовых видов рогатковых (семейство *Cottidae*) прикамчатских вод. — Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. — 22 с.
245. Токранов А. М. Питание рогатковых рода *Gymnacanthus Swainson* (*Cottidae*) прикамчатских вод//Вопросы ихтиологии. — 1985. — Т. 25, вып. 3. — С. 433—437.
246. Токранов А. М. Керчаки и полусеичевые бычки//Биологические ресурсы Тихого океана. — М., 1986. — С. 319—328.
247. Токранов А. М. Особенности роста керчаков (*Cottidae*) в прикамчатских водах//Ихтиология, гидробиология, энтомология и паразитология. — 1986. — Вып. 4. — С. 62—63.
248. Токранов А. М. О размножении рогатковых рода *Gymnacanthus* (*Cottidae*) в прибрежных водах Камчатки//Вопросы ихтиологии. — 1987. — Т. 27, вып. 6. — С. 1026—1030.
249. Токранов А. М. Видовой состав и биомасса рогатковых (*Pisces: Cottidae*) в прибрежных водах Камчатки//

- Бюлл. МОИП, отд. биологии. — 1988. — Т. 93, вып. 4. — С. 61—69.
250. Токранов А. М. Размножение массовых видов корчаковых рыб прикамчатских вод//Биология моря. — 1988. — № 4. — С. 28—32.
251. Токранов А. М. Питание многоиглового керчака *Muohoccephalus polyacanthorephalus* и керчака-яока *jaok* (*Guvier Cottidae*) в прибрежных водах Камчатки//Вопросы ихтиологии. — 1986. — Т. 26, вып. 6. — С. 980—989.
252. Тупоногов В. Н. Распределение, возраст и динамика запасов малоглазого долгохвоста у Курильских островов в 1974—1985 гг.//Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей. — Владивосток, 1986. — С. 100—109.
253. Тупоногов В. Н., Куренной А. А. Малоглазый макрurus//Биологические ресурсы Тихого океана. — М., 1986. — С. 233—241.
254. Тюрин П. В. Фактор естественной смертности рыб и его значение при регулировании рыболовства//Вопросы ихтиологии. — 1952. — Т. 2, вып. 3. — С. 405—427.
255. Тюрин П. В. Фактор естественной смертности рыб и его значение при регулировании рыболовства//Вопросы ихтиологии. — 1962. — Т. 2, вып. 3. — С. 403—427.
256. Тюрин П. В. «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности как теоретическая основа регулирования рыболовства//Изв. ГОСНИОРХ. — 1972. — Т. 71. — С. 71—128.
257. Тюрин Б. В. Запасы сельди в водах северо-западной части Охотского моря и их рациональное использование//Проблемы развития производительных сил Магаданской области. Т. 3. — Магадан, 1968. — С. 16—23.
258. Тюрин Б. В. Нерестовый ареал сельди//Изв. ТИНРО. — 1973. — Т. 86. — С. 12—21.
259. Фадеев Н. С. О численности камбал в водах Сахалина//Тр. совещания по биологическим основам океанического рыболовства. — М. 1960. — С. 173—175.
260. Фадеев Н. С. Промыслово-биологическая характеристика желтоперой камбалы Южного Сахалина//Изв. ТИНРО. — 1963. — Т. 49. — С. 3—64.
261. Фадеев Н. С. Биология и промысел тихоокеанских камбал. — Владивосток: Дальиздат, 1971. — 100 с.
262. Фадеев Н. С. Минтай//Биологические ресурсы Тихого океана. — М., 1986. — С. 187—200.
263. Фадеев Н. С. Распределение икры и личинок минтая в северной части Охотского моря//Биология моря. — 1986. — № 6. — С. 15—22.
264. Фадеев Н. С. Северотихоокеанские камбалы. — М.: Агропромиздат, 1987. — 175 с.
265. Фадеев Н. С. Регулирование промысла минтая на севере Охотского моря//Рыбное хозяйство. — 1988. — № 11. — С. 33—36.
266. Фадеев Н. С., Смирнов А. В. Оценка численности икры и производителей минтая в северной части Охотского моря//Биология моря. — 1987. — № 4. — С. 19—25.
267. Фадеев Н. С., Сучкова М. Г. Распределение нагульного минтая на севере Охотского моря//Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. — Владивосток, 1987. — С. 23—28.
268. Федоров В. В. Ихтиофауна материкового склона Берингова моря и некоторые аспекты ее происхождения и формирования//Изв. ТИНРО. — 1973. — Т. 87. — С. 3—41.
269. Флусова Г. Д., Богданов Л. В. Популяционная структура минтая по данным генетических исследований//Тресковые дальневосточных морей. — Владивосток, 1986. — С. 79—88.
270. Хлупова А. С. Рыбы Сахалина как сырье для получения медицинских жиров и витамина А//Изв. ТИНРО. — 1950. — Т. 32. — С. 135—153.
271. Худя В. Н., Рыбникова И. Г. О внутривидовой дифференциации песчанки шельфа Сахалина и Южных Курил//Итоги исследований по вопросам рационального использования и охраны водных, земельных и биологических ресурсов Сахалина и Курильских островов. — Южно-Сахалинск, 1986.
272. Цыбань А. В., Корсак М. Н. Первичная и бактериальная продукция в Беринговом море//Биология моря. — 1987. — № 6. — С. 15—21.
273. Чернявский В. И. Гидрологический фронт северной части Охотского моря//Изв. ТИНРО. — 1970. — Т. 71. — С. 3—11.
274. Чернявский В. И. О зависимости уловов нагульной охотской сельди от температуры воды//Изв. ТИНРО. — 1970. — Т. 71. — С. 51—58.
275. Чернявский В. И. Циркуляционные системы Охотского моря//Изв. ТИНРО. — 1981. — Т. 105. — С. 10—13.
276. Чулакин В. М., Каев А. М. Распределение и некоторые черты биологии молоди горбуши и кеты в прибрежье острова Итуруп//Изв. ТИНРО. — 1980. — Т. 104. — С. 116—121.
277. Шадрин А. М. Способность дальневосточных корюшковых разбиваться в условиях различных солесностей//Тезисы 4-й Всесоюз. конф. по раннему онтогенезу рыб. — М., 1988. — С. 124—125.
278. Швецова Г. М. Питание минтая у юго-западного побережья Камчатки//Изв. ТИНРО. — 1974. — Т. 93. — С. 102—107.
279. Шевцов Ф. Г. К вопросу о локальности стад двухлинейной камбалы в районе северных Курильских островов//Изв. ТИНРО. — 1973. — Т. 91. — С. 97—99.
280. Шевцов Ф. Г. Состояние запасов и рекомендации по рациональному промыслу двухлинейной камбалы в районе западного побережья островов Парамушир и Шумшу//Изв. ТИНРО. — 1974. — Т. 93. — С. 42—59.
281. Шилин Ю. А. Некоторые черты биологии мойвы *Mallotus villosus socialis* в северной части Охотского моря//Изв. ТИНРО. — 1970. — Т. 71. — С. 231—239.
282. Шилин Ю. А. Опытный лов мойвы и песчанки на электросвет//Рыбное хозяйство. — 1978. — № 9. — С. 62—63.
283. Шилин Ю. А. О биологической дифференциации мойвы Охотского моря//Состояние запасов и динамика численности пелагических рыб Мирового океана. — Калининград, 1979. — С. 93—94.
284. Шилин Ю. А. Особенности сезонного хода созревания половых желез и размножения охотоморской мойвы как адаптация к условиям обитания//Биология шельфовых зон Мирового океана. Ч. 3. — Владивосток, 1982. — С. 49—50.
285. Шилин Ю. А., Лабеев А. С. Мойва северной части Охотского моря//Рыбное хозяйство. — 1978. — № 1. — С. 12—13.
286. Шмидт П. Ю. Три новые глубоководные рыбы из Охотского моря//ДАН СССР. — 1938. — Т. 19. — С. 653—656.
287. Шмидт П. Ю. Рыбы Охотского моря. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. — 370 с.
288. Шунтов В. П. Вертикальная зональность в распределении рыб в верхней батнали Охотского моря//Зоологический журнал. — 1965. — Т. 44, вып. 11. — С. 1678—1689.
289. Шунтов В. П. Распределение черного и стрелозубого палтуса в северной части Тихого океана//Тр. ВНИРО. — 1965. — Т. 58. — С. 155—163.
290. Шунтов В. П. Некоторые данные по биологии черного палтуса Охотского моря//Тр. ВНИРО. — 1966. — Т. 60. — С. 271—278.
291. Шунтов В. П. Новые данные о распространении глубоководных рыб Охотского моря//Вопросы ихтиологии. — 1967. — Т. 7, вып. 1. — С. 178—182.
292. Шунтов В. П. Биологические ресурсы Охотского моря. — М.: Агропромиздат, 1985. — 224 с.
293. Шунтов В. П. Состояние изученности многолетних циклических изменений численности рыб дальневосточных морей//Биология моря. — 1986. — № 3. — С. 3—14.
294. Шунтов В. П. О рыбопродуктивности дальневосточных морей//Вопросы ихтиологии. — 1987. — Т. 27, вып. 5. — С. 747—754.
295. Шунтов В. П., Борец Л. А., Дулепова Е. П. Некоторые результаты экосистемных исследований биологических ресурсов дальневосточных морей//Результаты экосистемных исследований биоресурсов дальневосточных морей. — Владивосток, 1990. — С. 20—30.
296. Шунтов В. П. и др. Состав и современное состояние сообществ рыб эпипелагиали Охотского моря//Вопросы ихтиологии. — Владивосток, 1990. — С. 3—26.
297. Шунтов В. П. и др. Особенности формирования продуктивных зон в Охотском море в осенний период//Биология моря. — 1986. — № 4. — С. 57—65.
298. Яновская Н. В. и др. Уловы тихоокеанских лососей 1900—1986 гг. — М.: ВНИРО, 1989. — 213 с.
299. Alverson D. L., Carney N. A. A graphic review of the growth decay of population cohort//J. Cons. Int. Explor. Mer. — 1975. — N 36(2). — P. 131—134.
300. Alverson D. L., Pereyra W. T. Demersal fish exploration fishing methods and analytical approaches to stock size yield forecast//J. Fish. Res. Bd. Canada. — 1969. — Vol. 2. — P. 1985—2001.
301. Avdeev G. V. Plerocercoids of some Cestoda as bioindicators of the population structure of *Podonema Longipes*//Parasitology and pathology of marine organisms of the World Ocean. — NOAA Nech. rep. NMFS25, 1986. — P. 79—82.

302. Gilbert Ch. H., Burke Ch. V. Fishes from the Bering Sea and Kamchatka//Bull. U. S. Bureau Fish. — 1912. — Vol. 30.
303. Gilbert Ch. H., Hubbs C. L. Reports on the Japanese macrourid fisher collected by the U. S. steamer «Albatross» in 1906, with a synopsis of genera//Proc. U. S. Nat. Mus. — 1917(1916). — Vol. 51. — P. 135—214.
304. Gmelin S. G. Historia fucorum. — Petropoli. — 1768. — 239 p.
305. Gordan D. S., Tanaka S., Snyder J. O. A catalogue of the fishes of Japan//J. Coll. Sci. Imp. Univ. — 1913. — Vol. 33, art. 1. — P. 1—497.
306. Grunow A. Algae Reise seiner Majstat Fregatte Novara um die Erde//Botan. — 1867. — T. 1. — S. 1—104.
307. Hasegawa E. An ecological study of *Laminaria angustata* Kjellman on the coast of Hidaka prov., Hokkaido//Bull. Hokk. Reg. Fish. Res. Lab. — 1962. — N 24. — P. 116—138.
308. Hashimoto H. Population structure of sand-eel around Japan//Bull. Sci. Fish. — N 5(8). — P. 1357—1365.
309. Idshicava G., Matsuura K. Preliminary catalogue of fishes including Dipnoi, Cyhal orchoda in the collection of the Natural History Department. Imp. Mus. — 1897. — Vol. 25.
310. Jordan D. S., Stark E. S. A review of the Flounders and Soles of Japan//Proc. U. S. Nat. Mus. — 1907. — Vol. 31.
311. Kitagushi T. Information of the fishery and the biology of sand lance (*Genus Ammodytus*) in waters around the Soua Strait//Coll. Rep. Hokkaido Nakkanaï Fish. Exp. Stat. — 1977. — N 4. — P. 1—22.
312. Kitagushi T. A taxonomic study of sand lance (*Genus Ammodytus*) in waters of northern coast of Hokkaido//Coll. Rep. Hokkaido Nakkanaï Fish. Exp. Stat. — 1979. — N 5. — P. 17—30.
313. Marshall N. B. Systematic and biological studies of the macrourid fishes (*Acanthini, Teleostei*)//Deep-Sea Res. — 1965. — Vol. 12, N 3.
314. Matsubara K. Studies on the deep sea fishes of Japan. IX Description of new gadid fish//Bull. Jap. Sci. Fish. — 1938. — N 7, 2. — P. 61—62.
315. McAllister G. E. A revision of the smelt family *Osmeridae*//Bull. Nat. Mus. Canada. — 1963. — N 191. — 53 p.
316. McRoy C. P., Goering J. H. Annual budget of primary production in the Bering Sea//Mar. Sci. Comm. — 1976. — Vol. 2, N 5. — P. 255—267.
317. McRoy C. P., Goering J. H., Shields W. E. Studies primary production in the eastern Bering Sea//Biological Oceanography of the Northern Pacific Ocean. — Tokyo, 1972. — P. 250—265.
318. Meyer Th. L., Cooper R. A., Langton R. W. Relative abundance, behaviour and food habits of the American sand lance *Ammodytes americanus* from the Gulf of Marine//Fish. Bull. — 1979. — Vol. 77, N 1. — P. 243—254.
319. Miyabe K. Algae in Saghalien//J. Fish. Soc. — 1908. — 310 p.
320. Miyabe K. On occurrence of a certain Bering and Kurile species of *Laminariaceae* in a small isolated region of the Southern extremity of Saghalien//Proc. Third Pan-Pac. Sci. Congr. — 1928. — Vol. 1. — P. 954—958.
321. Miyabe K. *Laminariaceae* of Hokkaido//Marine algae of Japan. — 1936. — P. 283—300.
322. Miyabe K. On the *Laminariaceae* of Hokkaido//J. Sapporo. Agricult. Coll. — 1957. — Vol. 1. — P. 1—50.
323. Miyabe K., Nagai M. *Cymataere crassifolia* (Post. et Rupr.) De Toni from the southern Kuriles//Proc. Imp. Acad. — 1932. — Vol. 8, pt. 4. — P. 123—126.
324. Miyabe K., Nagai M. On *Hedophyllum bongardianum* (Post. et Rupr.) Yendo and five species of *Laminaria* from the North Kuriles//Trans. Sapporo Nat. Hist. — 1932. — Soc. 12, pt. 4. — P. 194—205.
325. Miyabe K., Nagai M. *Pleuropterum paradiseum* a new genus and species of *Alariaceae* from the Northern Kuriles//Proc. Imp. Acad. — 1932. — Vol. 8, pt. 4. — P. 127—130.
326. Miyabe K., Nagai M. *Laminariaceae* of the Kurile islands//Trans. Sapporo Nat. Hist. — 1933. — Soc. 13, pt. 2. — P. 85—102.
327. Motoda S., Minoda T. Plankton of the Bering Sea//Oceanography of the Bering Sea with emphasis on renewable resources. — 1974. — P. 207—242.
328. Nagai M. Marine algae of the Kurile islands//J. Fac. Agr., Hokk. Imp. Univ. — 1940. — Vol. 46, pt. 1. — P. 1—138.
329. Nishimura S. Ochotsk Sea, Japan Sea, East China Sea//Estuaries and Enclosed Sea. Ecosyst. world. — 1983. — Vol. 26. — P. 376—401.
330. Okamura O. Macrourina (Pisces)//Fauna Japania. — Acad. Press of Japan, 1970. — 261 p.
331. Postels A., Ruprecht F. Illustrations Algarum. — Petropoli. — 1840. — 22 p.
332. Richards S. W., Perlmutter A., McAney D. C. A taxonomic study of the *Genus Ammodytes* from the North America coast (Teleostei; Ammodytes). — Coreia, 1963. — P. 358—377.
333. Ruprecht F. I. Bemerkungen über den Ban und das Wachstum einiger grossen Algen — Stamme, und über die Mittel, das Alter derselben zu bestimmen. — Petersburg: Mem. d. L'Acad. Imp. Des. Sci. Nat., 1848. — N 6. — S. 59—70.
334. Ruprecht F. I. Tange des Ochotskischen Meers//A. Th. V. Middendorf sibirischen reise Botan. Lief. — 1851. — N 2. — S. 191—435.
335. Sasaki S. Studies on the life history of *Laminaria angustata* var. *longissima* (M.) Miyabe//Hokkaido Kushiro Fish. Exp. Stat. — 1973. — 141 p.
336. Taniguti M. The study of marine algae vegetation in the Far East. — Univ. Kyushu, 1987. — 292 p.
337. Tokida I. The marine algae of Southern Saghalien//Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. — 1954. — Vol. 2, pt. 1. — 264 p.
338. Ueno T. List of marine fishes of the waters of Hokkaido and adjacent regions//Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stat. — 1971. — Vol. 13. — P. 61—102.
339. Winters G. H. Life history and geographical patterns of growth in capelin, *Mallotus villosus* of the Labrador and Newfoundland Areas//J. Northw. Atlant. Fish. Sci. — 1982. — Vol. 3. — P. 105—114.
340. Yamada Y. Notes on some Japanese Algae//J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. 5. — 1932. — Vol. 1, N 3. — P. 109—123; Ser. 5. — 1933. — Vol. 2, N 3. — P. 277—285; 1938. — Vol. 2, N 1. — P. 117—130.
341. Yama Yamashita Y., Aoyama. Hatching time, yolk sac absorption, onset of feeding and early growth of the Japanese sand-eel *Ammodytes personatus*//Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. — 1985. — 51(11). — P. 1777—1780.
342. Yendo K. Notes on algae new to Japan//Bot. Mag. — 1909. — Vol. 23. — P. 117—133.
343. Yendo K. A monograph of the genus *Alaria*//J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo. — 1919. — Vol. 43, pt. 1. — P. 1—145.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3	12.1. Систематическая принадлежность и внутри- видовая дифференциация	109
Часть I. Гидрохимические условия	6	12.2. Структура популяций, рост, половое созре- вание	110
Введение	—	12.3. Особенности питания, пищевые взаимоотно- шения	—
1. Изученность гидрохимического режима	—	12.4. Воспроизводство	111
2. Используемые материалы и методы их обработки	9	12.5. Распределение, поведение, миграции	—
3. Солевой состав	15	12.6. Сезонная и годовая динамика уловов	—
4. Газовый режим	18	12.7. Состояние и динамика запасов	112
4.1. Особенности вертикального распределения рас- творенного кислорода	—	12.8. Урожайность поколений	—
4.2. Короткопериодная изменчивость содержания растворенного кислорода	23	13. Макрурысы	—
4.3. Внутригодовая изменчивость содержания рас- творенного кислорода	28	13.1. Систематическая принадлежность и внутри- видовая дифференциация	113
4.4. Особенности пространственно-временного рас- пределения растворенного кислорода	29	13.2. Структура популяций, рост, половое созре- вание	—
5. Элементы карбонатной системы вод	40	13.3. Особенности питания, пищевые взаимоотно- шения	114
5.1. Вертикальное распределение pH	—	13.4. Воспроизводство	—
5.2. Суточная изменчивость pH	42	13.5. Распределение, поведение, миграции	115
5.3. Внутригодовая изменчивость pH	43	13.6. Промысел и состояние запасов	116
5.4. Особенности пространственно-временного рас- пределения pH	45	14. Черный палтус	—
5.5. Вертикальное распределение щелочности	49	14.1. Систематическая принадлежность и внутри- видовая дифференциация	117
5.6. Внутригодовая изменчивость щелочности	51	14.2. Структура популяций, рост, половое созре- вание	—
5.7. Особенности пространственно-временного рас- пределения щелочности	—	14.3. Особенности питания, пищевые взаимоотно- шения	118
6. Режим биогенных веществ	56	14.4. Воспроизводство	—
6.1. Вертикальное распределение фосфатов	—	14.5. Распределение, поведение, миграции	120
6.2. Внутригодовая изменчивость содержания фос- фатов	58	14.6. Промысел и состояние запасов	—
6.3. Особенности пространственно-временного рас- пределения фосфатов	—	15. Охотская сельдь	121
6.4. Вертикальное распределение кремния	63	15.1. Биология, жизненный цикл и динамика чис- ленности охотской сельди	—
6.5. Внутригодовая изменчивость содержания крем- ния	65	15.2. О роли абиотических условий в воспроизвод- стве охотской сельди	125
6.6. Особенности пространственно-временного рас- пределения кремния	—	15.3. Влияние океанологических условий на рас- пределение охотской сельди в период нагуль- ных миграций	126
6.7. Вертикальное распределение нитритов	70	15.4. Прогнозирование условий среды в районах обитания охотской сельди	129
6.8. Внутригодовая изменчивость содержания нит- ритов	72	16. Сахалино-хоккайдская и гижигинско-камчатская сельдь	130
6.9. Особенности пространственно-временного рас- пределения нитритов	73	17. Тихоокеанские лососи Охотского моря	131
Заключение	78	18. Минтай	136
Список литературы к части I	80	19. Водоросли-макрофиты	145
Часть II. Океанологические основы формирования био- логической продуктивности	81	19.1. Флора и ее особенности	—
Введение	—	19.2. Растительность, ее структура и распростра- нение	148
7. Биологический баланс, современное состояние био- и рыбопродуктивности экосистемы Охотского моря и элементы ее функционирования	—	19.3. Сырьевые ресурсы водорослей-макрофитов	149
8. Камбалы	93	20. Промысловые беспозвоночные	155
9. Бычки, или рогатковые	97	21. Океанологические основы формирования зон высо- кой биологической продуктивности Охотского моря	157
10. Песчанка	100	Список литературы к части II	161
11. Мойва	105		
12. Лемонема	109		

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Проект «Моря»

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ГИДРОХИМИЯ МОРЕЙ

Том IX. Охотское море

Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности

Редактор А. С. Чапчикова. Художественный редактор Б. А. Бураков. Технический редактор Г. В. Ивкова. Корректор Л. Б. Лаврова. Сдано в набор 3.09.92. Подписано в печать 20.01.93. Формат 60 × 90¹/₈. Бумага книжная. Литературная гарнитура. Печать высокая. Печ. л. 21,0. Кр.-отт. 21,5. Уч.-изд. л. 24,44. Тираж 550 экз. Индекс ОЛ-99. Заказ № 157. Заказное. Гидрометеондздат. 199397, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38.

Ордена Трудового Красного Знамени ГП «Техническая книга» типография № 8 Мининформпечати РФ. 190000, г. Санкт-Петербург, Прачечный пер., д. 6.