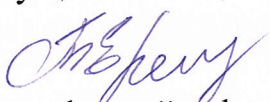


Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Допущена к защите


Зав. кафедрой д.ф.-м.н., проф.
Т. Р. Ерёмкина

Кафедра промышленной
океанологии и охраны
поверхностных вод

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА

Изменчивость запасов и уловов минтая в
Дальневосточных морях России за 50 лет

Выполнил:

Л.А. Милюткина
гр. О -55

Руководитель:

д.г.н., доцент А. С. Аверкиев

Санкт-Петербург 2016

Министерство Образования и Науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Допущена к защите

Кафедра промысловой
океанологии и охраны
поверхностных вод

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., проф.
Т. Р. Ерёмина

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА

**Изменчивость запасов и уловов минтая в
Дальневосточных морях России за 50 лет**

Выполнил:

Л.А. Милютина
гр. О -55

Руководитель:

д.г.н., доцент А. С. Аверкиев

Санкт-Петербург 2016

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | Ошибка! Закладка не определена. | 3 |
| 1. Берингово море..... | Ошибка! Закладка не определена. | 5 |
| 1.1. Природно-климатическая характеристика | | 5 |
| 1.2 Антропогенное воздействие на морскую среду..... | | 133 |
| 2. Охотское море. | Ошибка! Закладка не определена. | 15 |
| 2.1 Природно-климатическая характеристика | Ошибка! Закладка не определена. | 15 |
| 2.2. Антропогенное воздействие на морскую среду..... | | 23 |
| 3. Изменчивость запасов и улов минтая | | 25 |
| 3.1. Характеристика вида и методы лова..... | | 25 |
| 3.2. Изменчивость запасов и уловов минтая в дальневосточных морях | | 31 |
| 4. Оценка возможного изменения запасов минтая с помощью модели Шефера | | 367 |
| 4.1 Модель Шефера..... | | 377 |
| 4.2 Расчет изменений запасов минтая при различных уровнях изъятия..... | | 41 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | | 446 |
| Список использованной литературы..... | | 488 |

ВВЕДЕНИЕ

Развитие рыбного хозяйства зависит от природных условий, ресурсной базы, от экономических потребностей, технических возможностей и международных условий хозяйственной деятельности. К этому в последние 30-40 лет добавились обострение экологической ситуации во многих традиционных районах промысла и резкое сокращение акваторий полностью открытых для рыболовства. Всё это в полной мере сказывается на запасах и промысле самого массового вида – минтая. Поэтому любые исследования, касающиеся состояния этого вида рыб являются актуальными и представляют как научный, так и практический интерес.

Цель настоящей работы – оценка и возможная экстраполяция на 2-4 года вперед запасов минтая в Охотском море и российской части Берингова моря.

В литературных источниках указано, что берингоморская и охотоморская популяции минтая практически не пересекаются, поэтому расчет и оценки их запасов и уловов ведутся по отдельности. В представленных расчетах и анализе мы действовали таким же образом, т.е. рассматривали состояние этих двух популяций по отдельности, независимо друг от друга.

Для достижения цели работы были поставлены и решены следующие задачи.

1. Подобраны по информационным и литературным источникам ряды значений промыслового, нерестового и общего запасов охотоморского минтая за 1984-2015 гг. и общего запаса Берингоморского моря за 1965-2015 гг.

2. Составлены ряды уловов минтая в Охотском и Беринговом морях за те же периоды.

3. Для анализа и экстраполяции выбраны ряды общего запаса для берингоморской популяции минтая и нерестового запаса для охотоморской популяции, как наиболее полные и репрезентативные.

4. Восстановлены значения общего запаса и уловов минтая Охотского моря в годы, за которые не были найдены обработанные и осредненные данные.

5. Проведен анализ рядов запасов и уловов минтая Охотского моря за период 1984-2015 гг. и Берингова моря за 1965-2015 гг.

6. По модели Шефера произведена экстраполяция рядов запасов популяций Охотского и Берингова морей на 2016-2019гг при разных значениях промыслового изъятия.

Информация о запасах и уловах до 2005г получена из книги Кляшторин Л.Б., Любушин А.А [18], сведения о запасах и уловах после 2005г - из работ [4,8,9] и интернет –ресурсов [13-16] .

1 БЕРИНГОВО МОРЕ

1.1. Природно-климатическая характеристики

Географическое положение. Море относится к полузамкнутым, и является самым северным из окраинных морей Тихого океана (между 51 и 66° с.ш.). Наибольшая протяженность моря по меридиану около 1600км, а по широте – около 2400км.

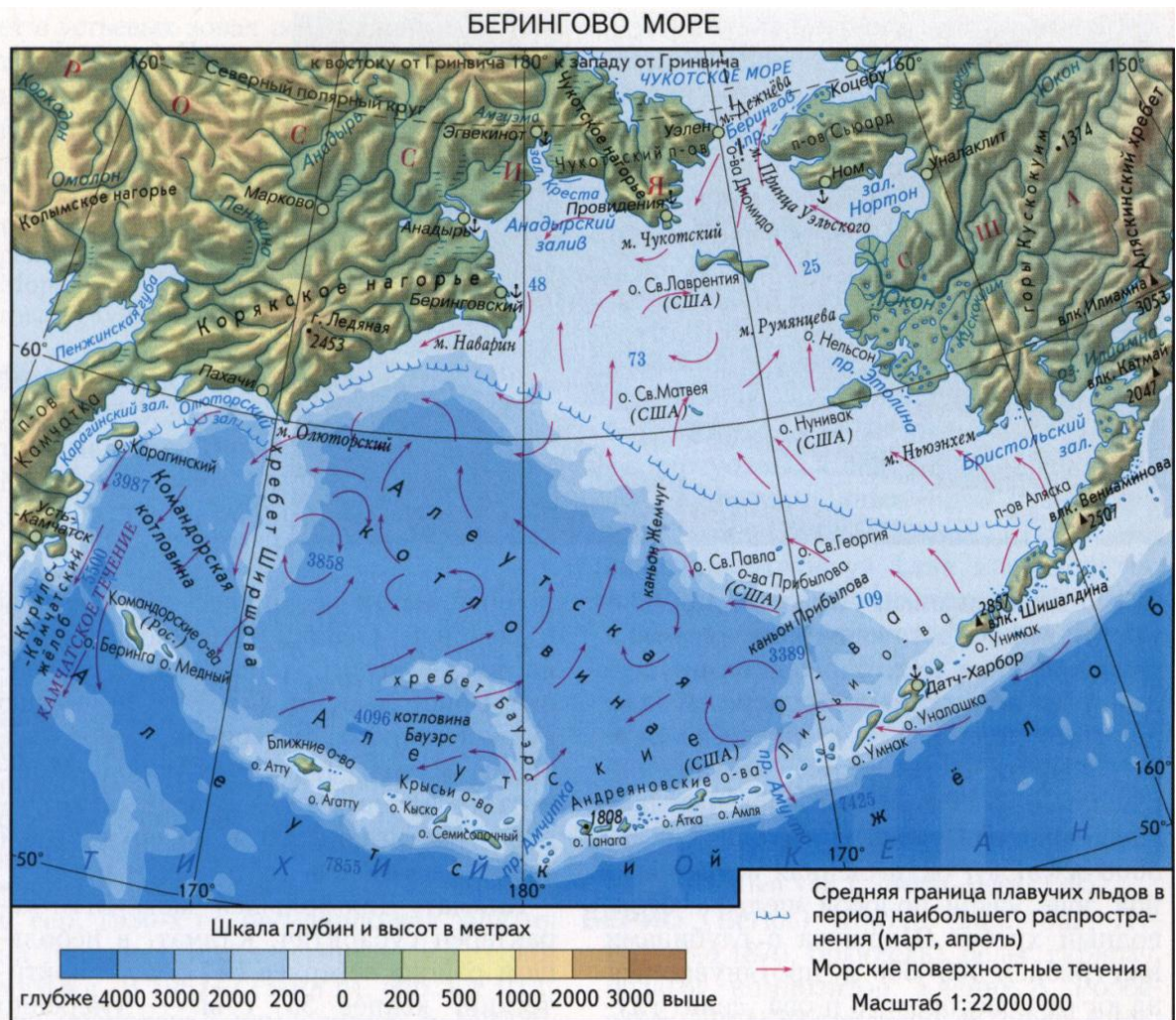


Рис. 1. Карта Берингова моря.

Взаимодействие холодных и теплых вод, зимняя вертикальная конвекция и обширность шельфа создают условия для формирования

высокой биологической продуктивности моря. Пролив между Камчаткой и Командорскими островами имеет глубину более 4400м, через него широко сообщаются воды моря и океана. Восточнее ширина и глубина проливов уменьшаются, в них наблюдаются исключительно сильные (до 4- 6м/с) приливно-отливные течения, которые складываются с зыбью и ветровыми волнами и усложняют условия плавания. Граница с Северным Ледовитым океаном (Чукотским морем) проходит по Берингову проливу шириной 90км и глубиной 50м. Водообмен происходит лишь в поверхностных слоях, глубинные воды Северного Ледовитого океана в Берингово море не проникают. В море впадают крупные реки Юкон и Анадырь. Море четко делится на две части – мелководную шельфовую северо-восточную (46% площади моря) и глубокую юго-западную (37%). Между ними – крутой континентальный склон (17%). В северо-восточной части преобладают глубины 50-80м и песчаный грунт, в юго-западной - глубины 4097м. Шельф на западе очень узкий. Мелководная часть моря многократно была сушей, здесь проходил «мост» между Азией и Америкой и происходил обмен сухопутной флорой и фауной. От мыса Олюторского на юг тянется подводный хребет Ширшова, разделяющий Алеутскую и Командорскую котловины, а на юге моря от острова Кыска по направлению к хребту Ширшова - хребет Бауэрс. Западный берег моря гористый, с обширными бухтами, берег Аляски преимущественно равнинный. Алеутские и Командорские острова гористые, с вулканами, Южнее островов расположен Алеутский желоб. Этот район моря подвержен землетрясениям и цунами. К наиболее крупным также относятся – Св. Лаврентия, Карагинский, Нунивак и Св. Матвея.

Климат Берингова моря субарктический, муссонный; преобладают холодные ветры с севера; бесснежные месяцы – лишь июль и август. На самом юге климат умеренный морской, очень влажный; обильны дожди (до 1500мм осадков в год), часты сильные ветры и штормы. Летом над морем

большая (5-8 баллов) облачность, часты (30%) дожди и туманы. Зимой лед толщиной до 2 м и покрывает до 80% площади на востоке, севере и полосу вод у Камчатки. Однако из-за большой динамичности вод сплошной ледяной покров не образуется. Подвижки льда создают торосы до 10м высотой. Некоторое количество льда поступает из Чукотского моря.

ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ

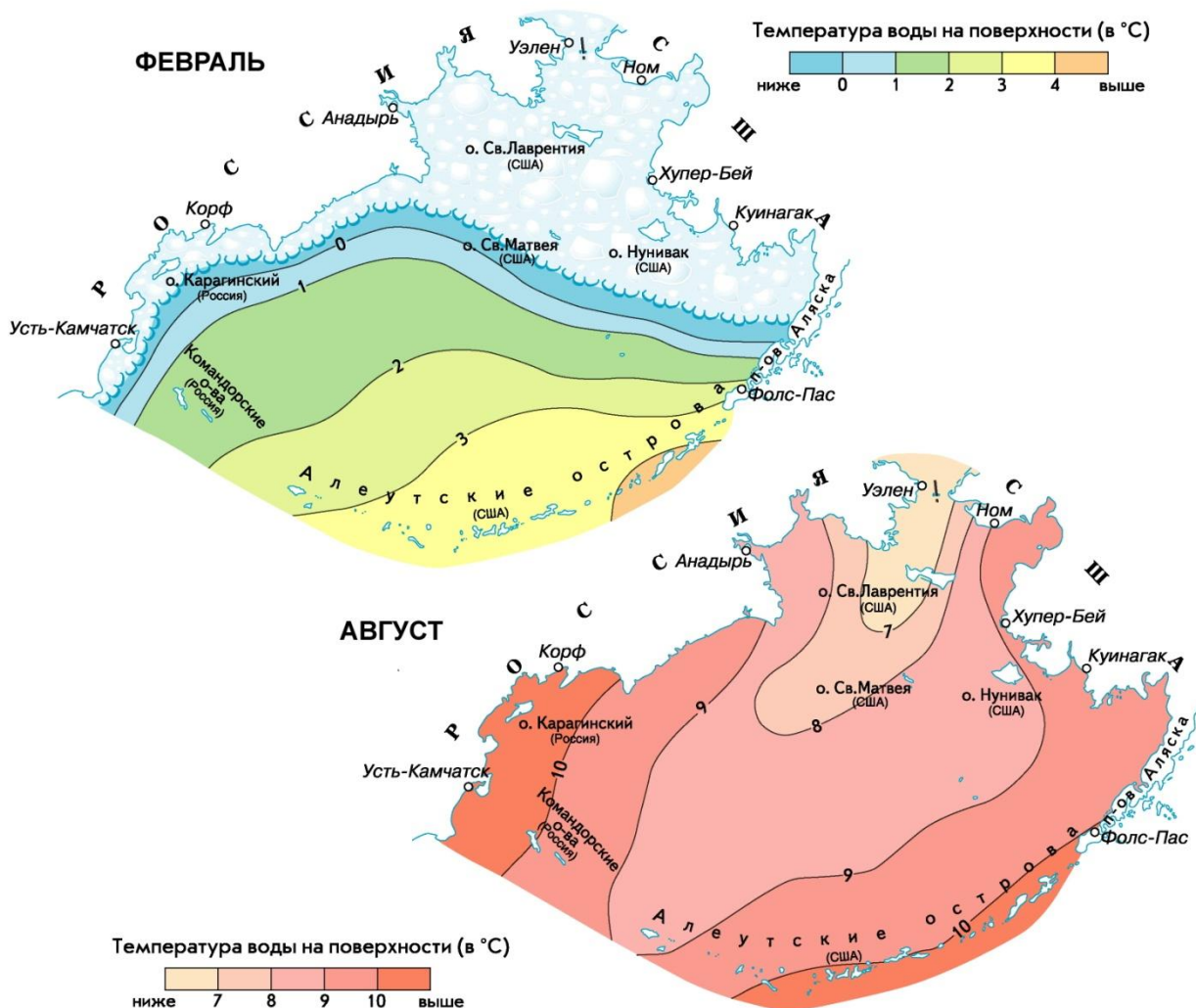


Рис.2. Температура воды на поверхности Берингова моря.

Южная часть Берингова моря, куда проникают теплые воды из океана, свободна ото льда. Теплое Алеутское течение входит в море с юга, через проливы. Особенно сильно оно летом при южных ветрах. Зимой приток теплой воды слабее. В море образуется несколько полузамкнутых циклонических, против часовой стрелки, круговоротов вод. Основная струя

обходит глубокую часть моря, частично заходит на шельф. Небольшая струя проникает в Чукотское море около Аляски, а от мыса Дежнева вдоль западного берега моря на юг идет холодное течение. Зимой и весной оно несет тяжелые льды, а за пределами моря, в океане, дает начало Курильскому течению.

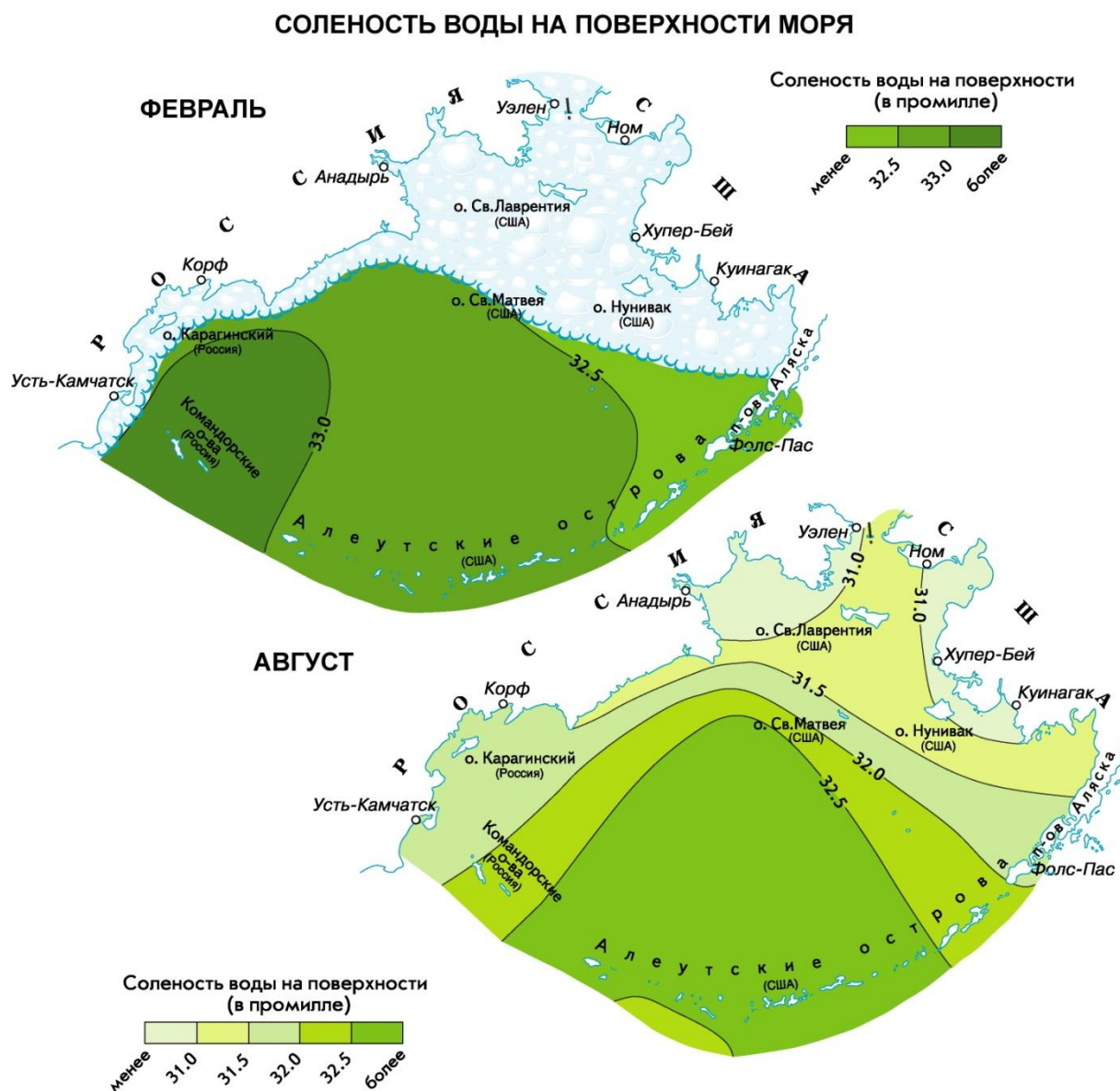


Рис.3. Соленость воды на поверхности Берингова моря.

Поверхностный слой воды летом на юге прогревается до 10°C. Зимой, в результате охлаждения и замерзания, развивается интенсивная термохалинная вертикальная циркуляция, в процессе которой формируется холодная промежуточная вода и возникает поток этой воды на юг. На

глубине 50-200м всегда находится эта промежуточная вода (температура около 0°, соленость 34‰), образовавшаяся в минувшую зиму. Еще глубже, на 200-500м, расположена тихоокеанская промежуточная вода (2,5-4,0°, 34‰), а большая часть котловин занята глубинной водой (1,5-3,0°, 34,3-34,8‰). Поверхностный слой летом (из-за таяния льда и стока Юкона) опресняется местами до 30- 25‰. Вертикальная циркуляция распространяется до глубины нескольких сотен метров и приводит к обогащению глубинных слоев воды кислородом, а поверхностных – биогенами. В холодную половину года в поверхностных слоях накапливаются большие запасы биогенов. Весной происходит мощная вспышка развития диатомовых и других водорослей (до 1,5г/м²). Биопродуктивность вод относится к высокой. Остатки водорослей образуют диатомовый ил котловин. В зоопланктоне преобладают ракообразные – копеподы (калянус) и эуфаузииды в слое 0- 100м общей массой 200мг/м³, это отличный корм для многих рыб.

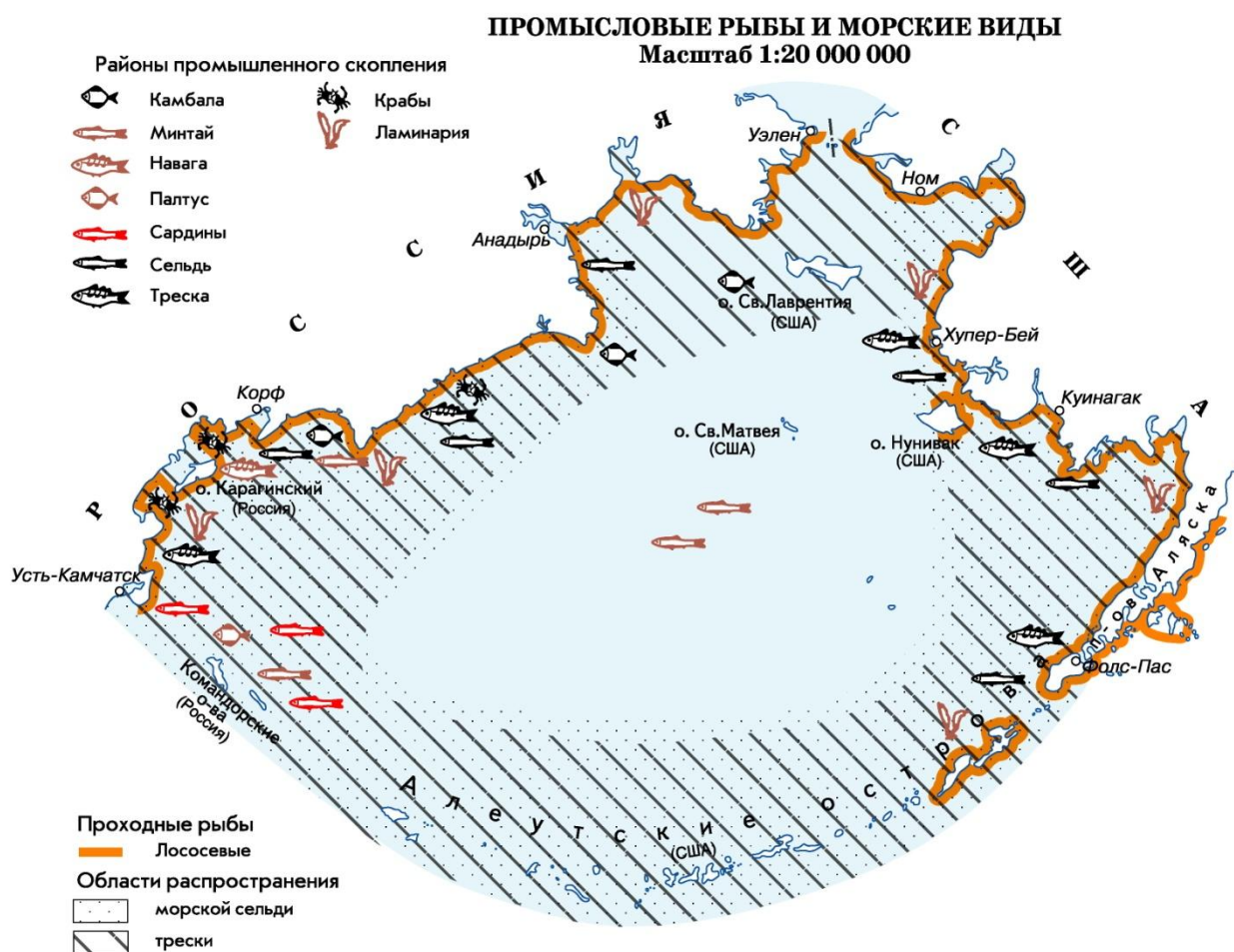


Рис. 4. Промысловые рыбы и морские виды Берингова моря.

Здесь обитает более 300 видов рыб, в том числе около 30 промысловых. Главный продуктивный район – обширный шельф, площадью около 1 млн. км², со скоплениями ценных рыб (камбаловые, сельдь, треска) и беспозвоночных; в реки на нерест заходят лососевые. Из беспозвоночных важны камчатские крабы и креветки. На островах и берегах континентов обитают тюлени, сивучи, каланы. На Командорских островах и островах Прибылова находятся лежбища морских котиков. В море заходят усатые киты, кашалоты, касатки. На берегах и островах расположены птичьи базары [11].

Рассмотрим подробнее минтай, как объект промысла, и его ареал обитания. Минтай – *Theragra halcogramma* (Pallas) относится к семейству тресковых (*Gadidae*), отличительным признаком которого является наличие у рыбы трех спинных плавников, усика на подбородке, перед грудными

располагаются брюшные плавники. Тело минтая имеет продолговатой формы, линия по бокам с резким изгибом, окраска его пятнистого цвета, глаза имеют большую округлую форму, обитает в водах северной части Тихого океана (рис. 5)..

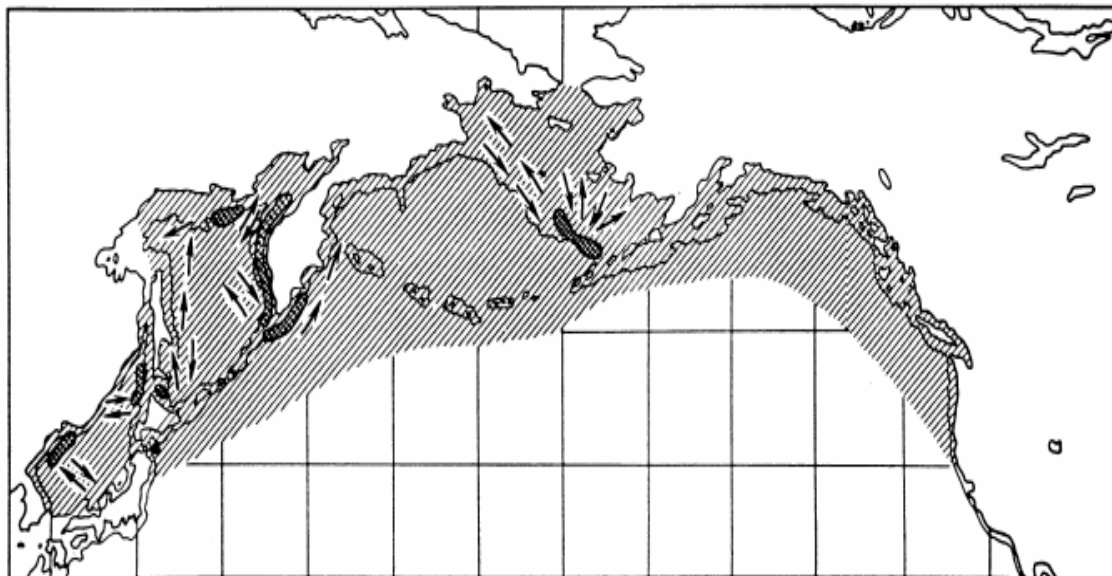


Рис. 5. Ареал минтая (редкая штриховка) и места его интенсивного нереста (частая штриховка). Стрелками указано направление локальных миграций

У этой рыбы, икра пелагическая, нерест порционный. В восточной части Берингова моря предельные размеры и масса рыбы: 82 см и 4,8 кг, а в водах западной Камчатки ее размеры достигают 84 см и 4,1 кг.

Уловы особей преобладающих и минимальных и размеров зависят от улова по сезону, состояния запасов и урожайности поколений. Там, где промысел ведется в период размножения на нерестовых и преднерестовых скоплениях, или на больших глубинах минтай более крупнее, поскольку преобладают половозрелые рыбы. В районах когда совмещается нагульный и нерестовый ареал, минимальные размеры минтая определяются размерами ячеи, применяемых в промысле тралов (селективность лова). При вступлении в состав промыслового стада урожайных поколений, а также при перелове размеры средние минтая в улове уменьшаются.

Для минтая в основном характерен осенне-зимне-весенний нерест со смещением на более поздние сроки на севере ареала. На севере Берингова моря, с марта по сентябрь идет наиболее поздний нерест. Будучи экологически - пластичным видом и имея широкое распространение в Дальневосточных морях, в том числе и в глубоководных котловинах, непосредственно в тихоокеанских водах минтай тяготеет к окраинам океана. Здесь встречается он обычно над шельфом, материковым склоном и в непосредственно прилегающих к ним водах.

Минтай обитает большей частью при низких положительных или близких к нулю отрицательных температурах. Нижний предел его встречаемости близок к крайним отрицательным значениям температуры морской воды, а верхний составляет около 12-14°C. При этом оптимальный диапазон в суровых северных районах сдвинут в сторону более низких температур (-1 - +4°C).

Минтай по типу питания – это планктофаг, питающийся различными планктонными организмами, в основном ракообразными – эвфаузидами, копеподами, амфиподами, а также аппендикуляриями, гребневиками и другими. По мере роста в рационе возрастает доля нектонных гидробионтов – кальмаров и рыб, составляющих в некоторых районах и в некоторые сезоны до половины рациона и более. Также свойственен минтаю и каннибализм – это рыбы крупные поедают личинок и молодь своего же вида.

В Беринговом море обитают две крупные популяционные группировки минтая – западно-берингоморская и восточно- берингоморская.

Центр воспроизводства первой (наиболее мощной не только в Беринговом море, но и в Тихом океане) из них расположен на юго-востоке моря, вдоль восточной части Алеутской гряды и между островами Прибылова и полуостровом Аляска; второй - в водах шельфа и свала глубин Олюторского залива. Кроме того, менее масштабный нерест минтая наблюдается в районе Командорских островов, в заливах Карагинском,

Озерном, а также в Олюторско-Наваринском районе. В восточной части Берингова моря размножение минтая происходит с середины февраля до середины марта с пиком конец февраля в начале марта. В западной части моря, нерест в целом запаздывает по сравнению с более теплой юго-восточной частью начинается в марте, а пик приходится на май. Биомасса восточно-берингоморской группировки минтая приблизительно на порядок превосходит биомассу западно-берингоморской, а общая в настоящее время оценивается величиной около 8-10 млн.т.

1.2 Антропогенное воздействие на морскую среду

В Мировой океан поступают загрязняющие вещества через атмосферные осадки, с отходами промышленности, сельскохозяйственными смывами, речными и бытовыми стоками, в процессе морских перевозок или добычи нефти и прочих полезных ископаемых. Атмосферный перенос загрязняющих веществ существенно влияет на глобальное распространение загрязняющих веществ в Мировом океане. В атмосферных осадках были обнаружены такие вредные вещества, как бензопирен, полихлорированные бифенилы, ртуть, свинец, кадмий.

Антропогенное воздействие на Берингово море выражается в загрязнении его вод нефтью, тяжелыми металлами (наиболее опасна ртуть).

Накопление и передача по пищевой цепи ряда тяжелых металлов, и, прежде всего ртути, кадмия, свинца, представляют серьезную экологическую проблему. Известно, что некоторые морские организмы имеют склонность к накоплению отдельных тяжелых металлов. Ртуть активно аккумулируется планктоном. Как мы знаем, планктон является пищей для рыбы, в том числе и промысловой. В период первой советско-американской экспедиции в Беринговом море в августе 1977 г. на борту советского НИСП «Волна» были проведены специальные работы по изучению загрязнения воды и

планктонных организмов. Они показали, что содержание металлов (кобальт, железо, ртуть, цинк, хром, сурьма, скандий) в воде соответствовало природным концентрациям этих элементов. Однако концентрация этих металлов и особенно ртути в планктонных организмах оказалась значительно выше, чем в окружающей среде. Механизм и причина биоаккумуляции тяжелых металлов до конца не выяснены, но существуют доказательства серьезного поражения организмов, содержащих высокие концентрации металлов. Токсические металлы вызывают также генетические повреждения гидробионтов.

Значительно загрязнение вод нефтью и нефтепродуктами. Устойчивые поля загрязнения, как правило, формируются у берегов, в районах морских перевозок. В Беринговом море особенно загрязнены воды у Аляски.

Наиболее интенсивной антропогенной нагрузке подвергаются прибрежные части моря: Анадырский лиман, бухта Угольная, а также шельф полуострова Камчатка (Камчатский залив). Анадырский лиман и бухта Угольная загрязняются нефтяными углеводородами большей частью со сточными водами предприятий жилищно-коммунального хозяйства. В Камчатский залив нефтяные углеводороды и хлорорганические пестициды поступают со стоком реки Камчатка. Открытые и прибрежные районы моря испытывают незначительные загрязнения тяжелыми металлами [13].

2 ОХОТСКОЕ МОРЕ

2.1 Природно-климатическая характеристика

Охотское море – это полузамкнутое отделено от океана грядой Курильских островов и полуостровом Камчатка.

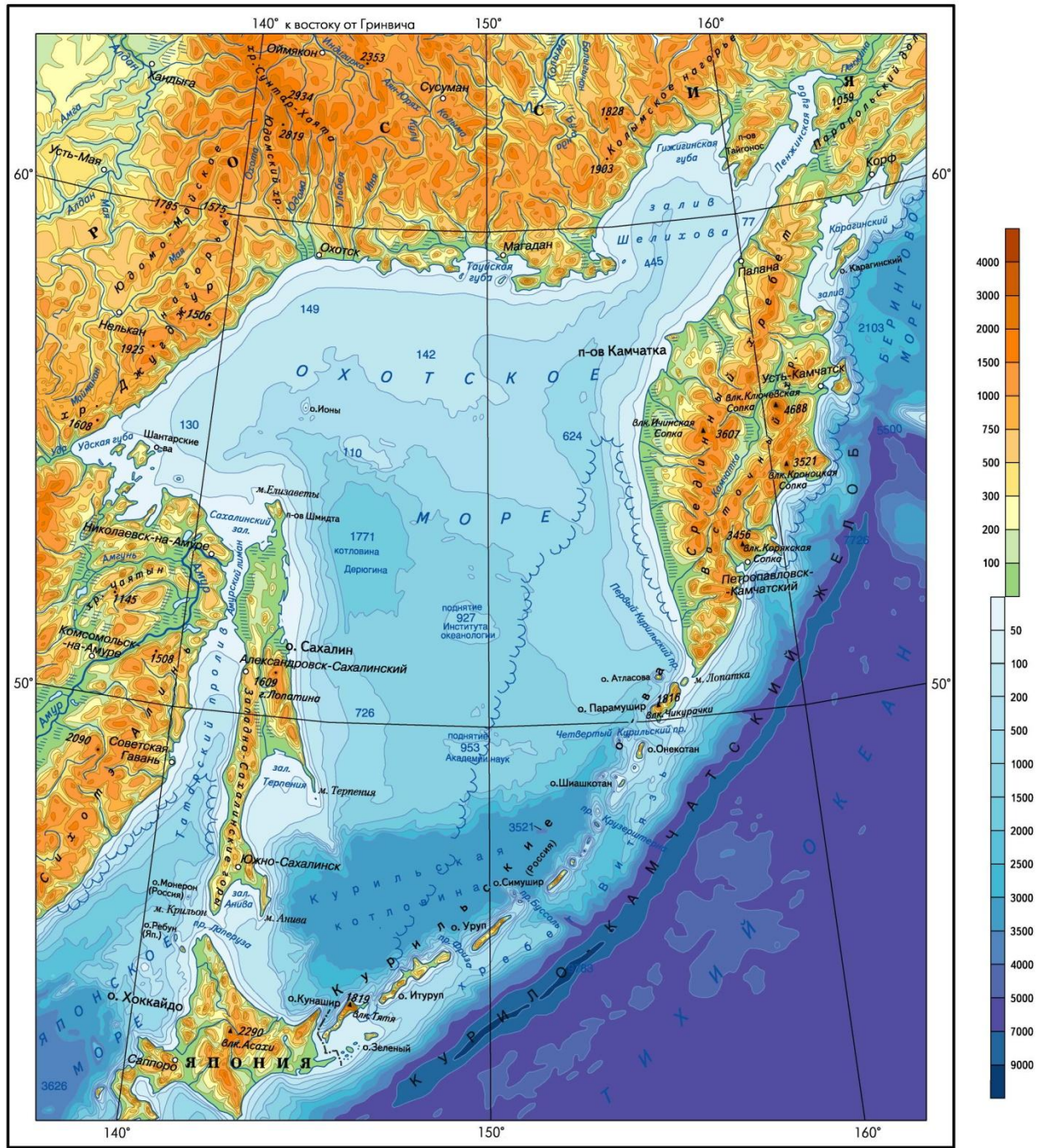


Рис. 6. Карта Охотского моря

Площадь моря составляет 1603 тыс. км², объем воды – 1230 тыс. км³, средняя глубина – 774 м, наибольшая – 3521 м. Берега преимущественно возвышенные, скалистые, в северной части о. Сахалин и северо-восточной части о. Хоккайдо в основном низменные. Рельеф дна северной части представляет собой материковую отмель (22 % поверхности моря). Большая часть (70 %) находится в пределах материкового склона (от 200 до 1500 м); остальная часть представляет собой участок ложа.

Протяженность моря с северо-востока на юго-запад около 2500 км. Большая часть моря относится к субполярному поясу, где формируются холодные промежуточные воды. Между островами Курильской гряды море сообщается с Тихим океаном многими глубокими и широкими проливами. Основной водообмен моря происходит через пролив Буссоль (40% обмена) и Крузенштерна (около 25%). Проливы Лаперуза и Невельского, ведущие в Японское море, мелководны. Водообмен через них невелик. Море окружено гористой сушей. На северо-востоке находится большой залив Шелихова с Гижигинской и Пенжинской губами. На западе – Сахалинский залив с Амурским лиманом, на юге, у о-ва Сахалин – залив Анива и Терпения. Западный берег Камчатки – прямолинейный, аккумулятивный. Наиболее крупные острова - Шантарские, а также о-ва Завьялова и Спафарьева – располагаются у берегов. В открытом море находится только небольшой о-в Ионы. Курильские о-ва – вулканические, 28 крупных и много мелких островов и скал располагается на двойной антиклинали, причем на островах внутренней гряды 39 действующих вулканов, а на дне – несколько подводных. Курильские острова – район активной сейсмичности и вулканической деятельности. Землетрясения на островах достигают 9 баллов. Берега подвержены цунами. В районе Сахалинского залива в море впадает крупная река Амур. Ее сток около 370 км³ в год.

Мелководные северная и западная части моря, находящиеся на материковой отмели, занимают более 42% площади моря, ширина шельфа достигает 220 миль (400 км). Южная и юго-восточная части моря близ

Курильских островов представляют собой глубокую (до 3521м) котловину, занимающую свыше 9% площади моря. Среднюю часть моря занимает пологий материковый склон и ложбины с впадинами (областями недавнего опускания). Они чередуются с подводными возвышенностями. Эта часть моря занимает более 48% его площади. В прибрежной зоне преобладают терригенные осадки, на больших глубинах к ним присоединяются диатомовые илы, у Курильских островов – вулканические отложения.

ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ

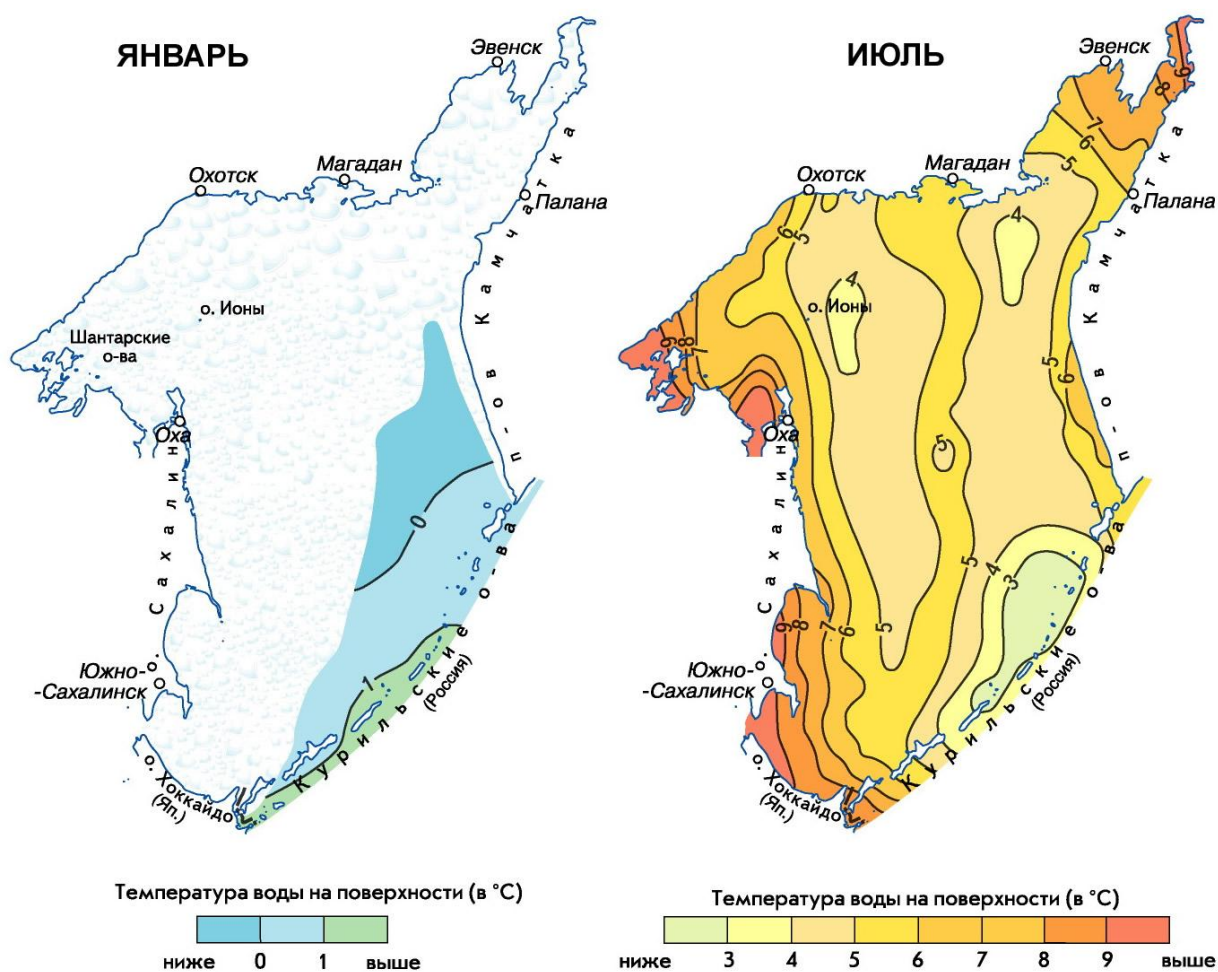


Рис. 7. Температура воды на поверхности Охотского моря.

Климат моря в основном субполярный, на юге – умеренный, муссонный. Климатическая особенность моря – наличие муссонной циркуляции. Зимой устойчиво (75% времени), дуют северный или северо-западный ветры, морозы достигают до -25° . Более половины поверхности моря

покрыто льдом в течение 6-7 месяцев. Развивается вертикальное перемешивание до глубины в несколько сотен метров. Летний муссон слабее зимнего. Поверхностный слой моря прогревается до 10-18°. Глубже 50м, до 500м, всегда находится промежуточная холодная (температура до -1.6°) «зимняя» вода. Глубина основных Курильских проливов достигает 2300м, в связи с этим, водообмен происходит и на больших глубинах. В море входит океаническая вода (температура +2,5°, Соленость 33,6 ‰) и распространяется под холодной «зимней» на глубинах 750-1500м. В южную часть моря через пролив Лаперуза входит слабая ветвь Кюросио (Цусимское течение), приносящая планктон с юга.

СОЛЕНОСТЬ ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ

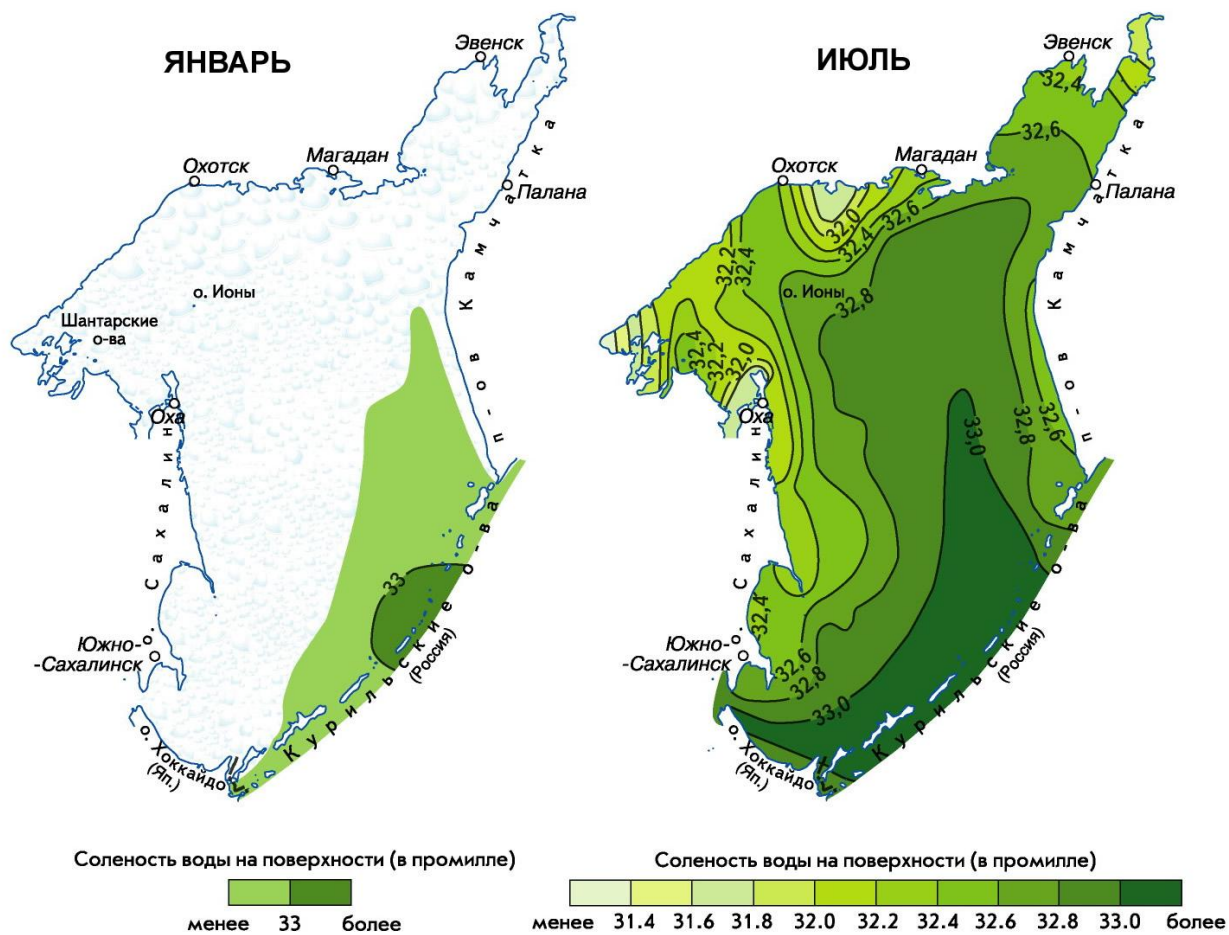


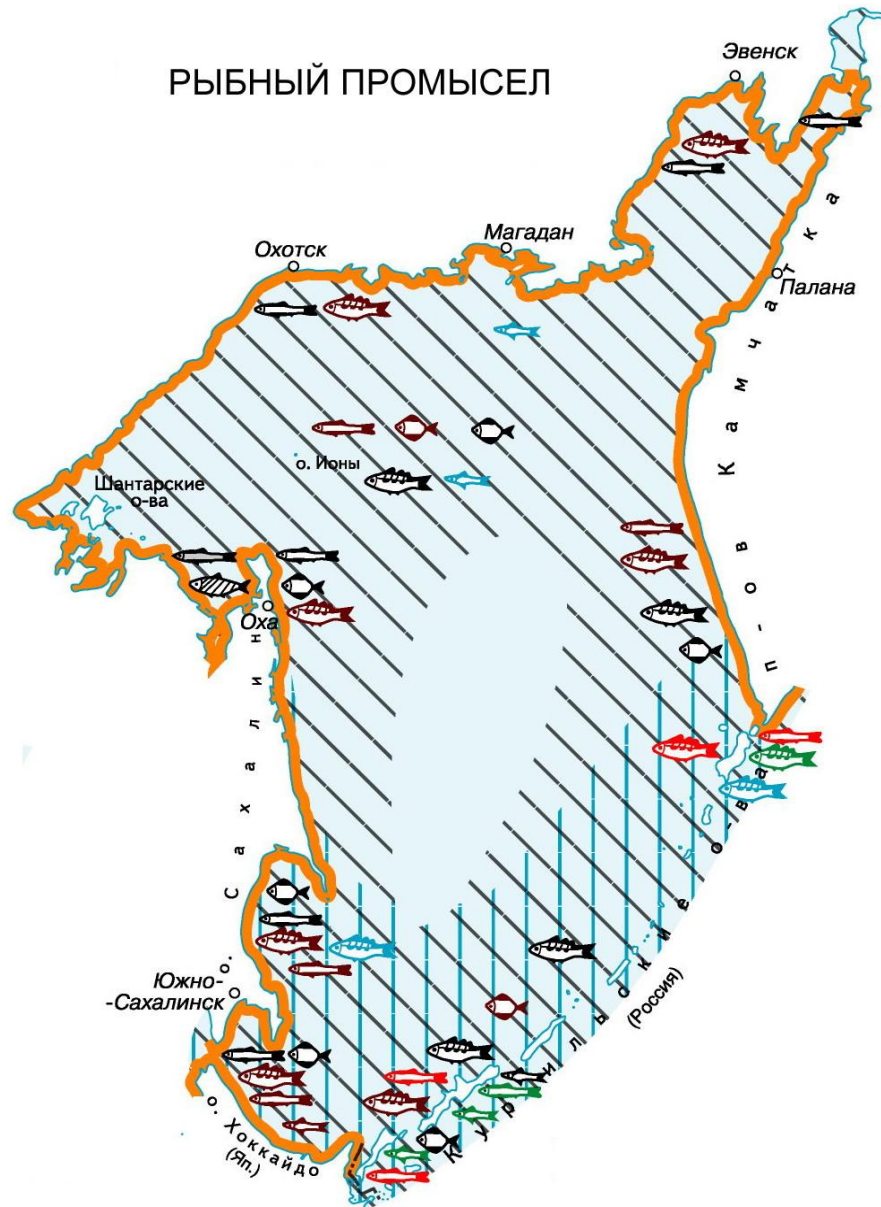
Рис. 8. Соленость воды на поверхности Охотского моря.

Осадки – на юге до 1240мм в год, в основном приносит летний юго-восточный муссон, в связи с чем соленость воды на поверхности здесь 30-

33‰. В море развивается до больших глубин циклоническая система течений. Приливная волна, входящая с океана, создает в проливах сильные течения, в узкой северо-восточной части моря величина прилива возрастает и в постепенно суживающейся Пенжинской губе достигает 13,2м. Это самый большой прилив у берегов России. Штормы развиваются при усилении зимнего муссона и летом – при прохождении тайфунов с океана. Высота волн доходит до 10м. Характерное явление для охотского моря – свечение воды и льдов.

Содержание кислорода и биогенов в воде большое, биопродуктивность моря высокая. В основном это холодноводные диатомовые. Биомасса зоопланктона в слое 0-100м составляет 200-500мг/м³. Вдоль берегов много макрофитов (ламинария, фукусы). Самое ценное животное бентоса - очень крупные камчатский краб. Ихтиофауна насчитывает 300видов, в их числе 30 промысловых, Особенно важны здесь ценные проходные лососевые – горбуша, кета, кижуч, чавыча. Среди пелагических рыб наиболее важна сельдь (охотоморская популяция рода *Clupea*), а из донных и придонных – камбала и треска. В море обитают тюлени, сивучи; летом появляются кашалоты [11].

РЫБНЫЙ ПРОМЫСЕЛ



Районы промышленного скопления

- | | | | |
|--|----------|--|-------------|
| | Анчоус | | Песчанка |
| | Камбала | | Сайра |
| | Корюшка | | Сардина |
| | Лемонема | | Сельдь |
| | Макрурус | | Терпуг |
| | Минтай | | Треска |
| | Мойва | | Толстолобик |
| | Навага | | Щука |
| | Палтус | | |

Области распространения

- | | | | |
|----------------|-----------|-----------------|--------|
| Проходные рыбы | | трески и сельди | |
| | Лососевые | | сардин |

Рис. 9. Промысловые рыбы Охотского моря.

Минтай Охотского моря. Ранее жизненный цикл минтая связывался в основном с водами шельфа и материкового склона. Однако, как показали исследования лаборатории прикладной биоценологии ТИНРО, минтай заселяет всю эпи и мезопелагиаль Охотского моря.

В течение продолжительного времени абсолютное значение в воспроизводстве минтая Охотского моря отводилось западно-камчатским нерестилищам. По современным представлениям, наибольшие по площади и численности производителей места нереста минтая расположены вдоль нижней части шельфа и материкового склона от южной оконечности Камчатки до южной части зал. Шелихова (рис.10).

Второе по мощности нерестилище минтая располагается южнее Тауйской губы в водах внешней части шельфа и на восточных склонах впадины ТИНРО. Менее значительные нерестилища находятся на северо-западе моря по внешнему шельфу и свалу глубин впадины Дерюгина, т.е. в отрогах впадины к северу и юго-западу от о. Ионы, а также у северо-восточного побережья Сахалина (рис. 10). Более существенно, что нерестилища над западным отрогом впадины Дерюгина и у северо-восточного побережья Сахалина являются единым районом размножения.

Нерестовый период минтая в Охотском море очень протяженный и охватывает зимне-весенний период и частично летний сезоны. Так в Кунаширском проливе (южные Курилы) размножение начинается еще в январе, наиболее интенсивно протекает в середине февраля. В водах западной Камчатки пик нереста приходится на вторую половину марта и первую половину апреля, в притауйском районе (северный шельф), на конец апреля и начало мая, а у северо-восточного Сахалина - на конец мая - начало июня. Таким образом, нерест в более теплых районах моря (южная и восточная части) заметно опережает по срокам, нерест в более холодных (северо-западная и западная части моря).

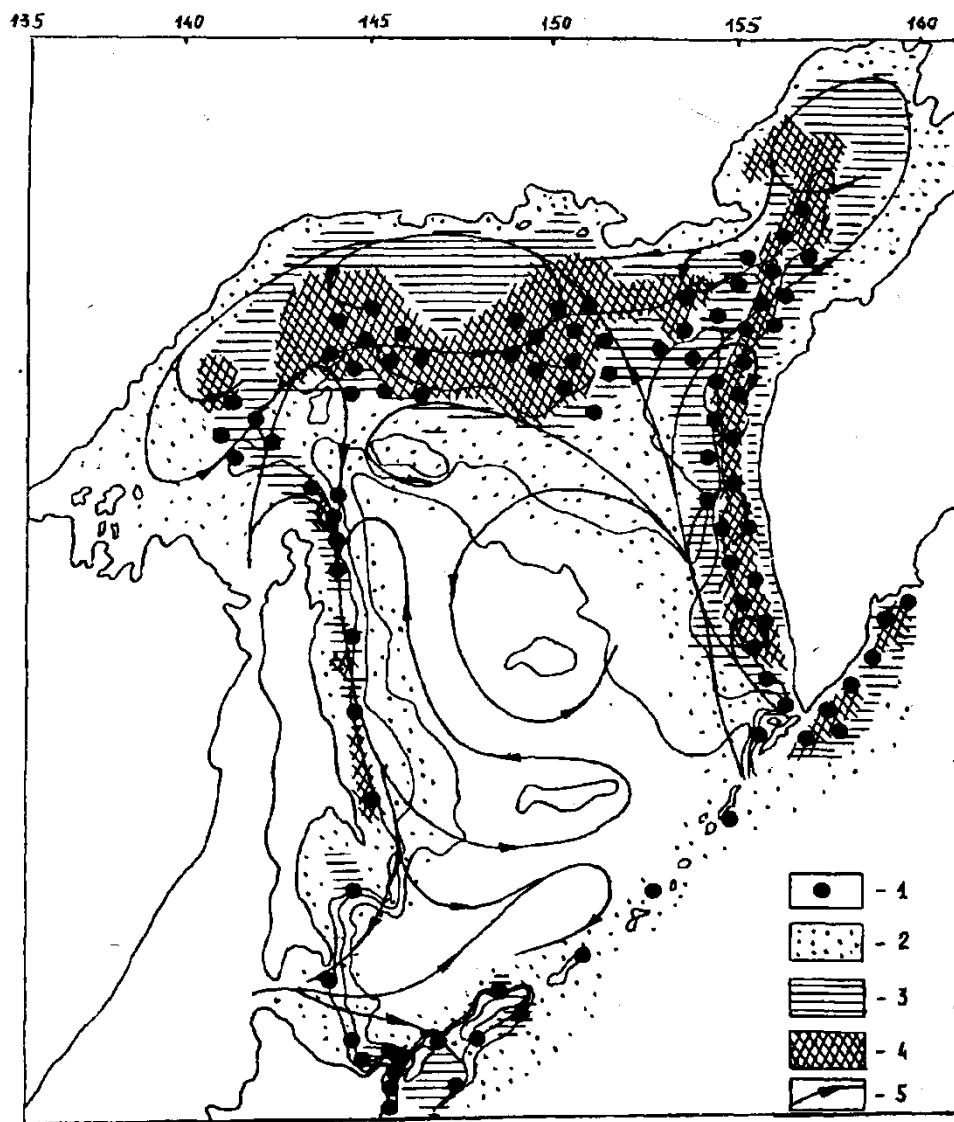


Рис. 10. Осредненная схема репродуктивной части ареала минтая в Охотском море по:

- 1 - нерестилища,
- 2-4 - плавающая икра, интенсивность штриховки соответствует плотности концентраций,
- 5 - генерализованная схема течений. Сплошной линией показаны изобаты 200, 500 и 1000 м

Большая часть взрослого минтай обитает при низких положительных или близких к нулю отрицательных температурах. Нижний предел его встречаемости близок к крайним отрицательным значениям температуры морской воды, а верхний составляет около 12-14 °С.

При этом точный диапазон в северных районах сдвинут в сторону более низких температур (-1 - +4 С), а в южной части ареала – к более высоким значениям температур (0.5-5 С).

По современным представлениям, в Охотском море существует две крупных популяционных системы - южная, включающая в себя нерестовые группировки Южных Курильских островов и вод о-ва Хоккайдо и северная, в которую включают западнокамчатскую и североохотскую нерестовую группировки, которые, в свою очередь, состоят из нескольких более мелких. Необходимо отметить, что в отличие от Берингова моря, основной промысел минтая в Охотском море базируется на скоплениях преднерестового минтая в зимне-весенний период. Общая биомасса минтая в Охотском море в настоящее время оценивается величиной около 5-6 млн.т, тогда как в 1980-х гг. она была как минимум вдвое выше.

2.2. Антропогенное воздействие на морскую среду

У острова Сахалин Шельфовая зона загрязняется предприятиями угле-нефте-газодобычи, целлюлозно-бумажными комбинатами, рыбопромысловыми и перерабатывающими судами и предприятиями, сточными водами коммунально-бытовых объектов. Ежегодное поступление нефтепродуктов в юго-западную часть моря примерно оценивают в 1,1 тыс. т, при этом 75–85% с речным стоком. В Сахалинский залив нефте-углероды больше попадают, в основном, со стоком реки Амур, поэтому максимальные их концентрации, как правило, отмечаются в центральной и западной частях залива по оси поступающих амурских вод. Восточная часть моря, шельф полуострова Камчатка – загрязняется речным стоком, с которым в морскую среду поступает основная часть нефте-углеродов.

С 1991 г. произошло уменьшение объема сточных вод, сбрасываемых в прибрежную зону моря, в связи с сокращением работ на рыбоконсервных предприятиях полуострова . Северная часть моря – залив Шелихова, Тауйская и Пенжинская губы – наиболее загрязненный район моря со средним содержанием в воде нефте-углеродов в 1–5 раз превышающим предел допустимой концентрации. Это определяет не только антропогенной нагрузкой на акваторию, но и невысокими среднегодовыми температурами воды и, следовательно, низкой способностью экосистемы к самоочищению. Наиболее достаточно высокий уровень загрязнения северной части Охотского моря был отмечен в период с 1989 по 1991 гг. Южная часть моря – пролив Лаперуза и залив Анива – подвергаются интенсивному нефтяному загрязнению в весенне-летний период торговым и рыболовецким флотами. В среднем содержание нефте-углеродов в проливе Лаперуза не превышает предела допустимой концентрации. Залив Анива загрязнен чуть больше. Наибольший уровень загрязнения в данном районе отмечался у порта Корсаков, еще раз точно подтверждая, что порт является источником интенсивного загрязнения морской среды. Загрязнение прибрежной зоны моря вдоль северо-восточной части острова Сахалин связано, в основном, с разведкой и добычей нефти и газа на шельфе острова и до конца 80-х годов прошлого века не превышало предельно допустимую концентрацию [15].

3 ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗАПАСОВ И УЛОВОВ МИНТАЯ

3.1. Характеристика вида и методы лова

Минтай – пелагическая, придонная холодолюбивая рыба семейства тресковых, рода минтаев. Наиболее распространённая тресковая рыба в северной части Тихого океана. Является одной из главных промысловых рыб России.

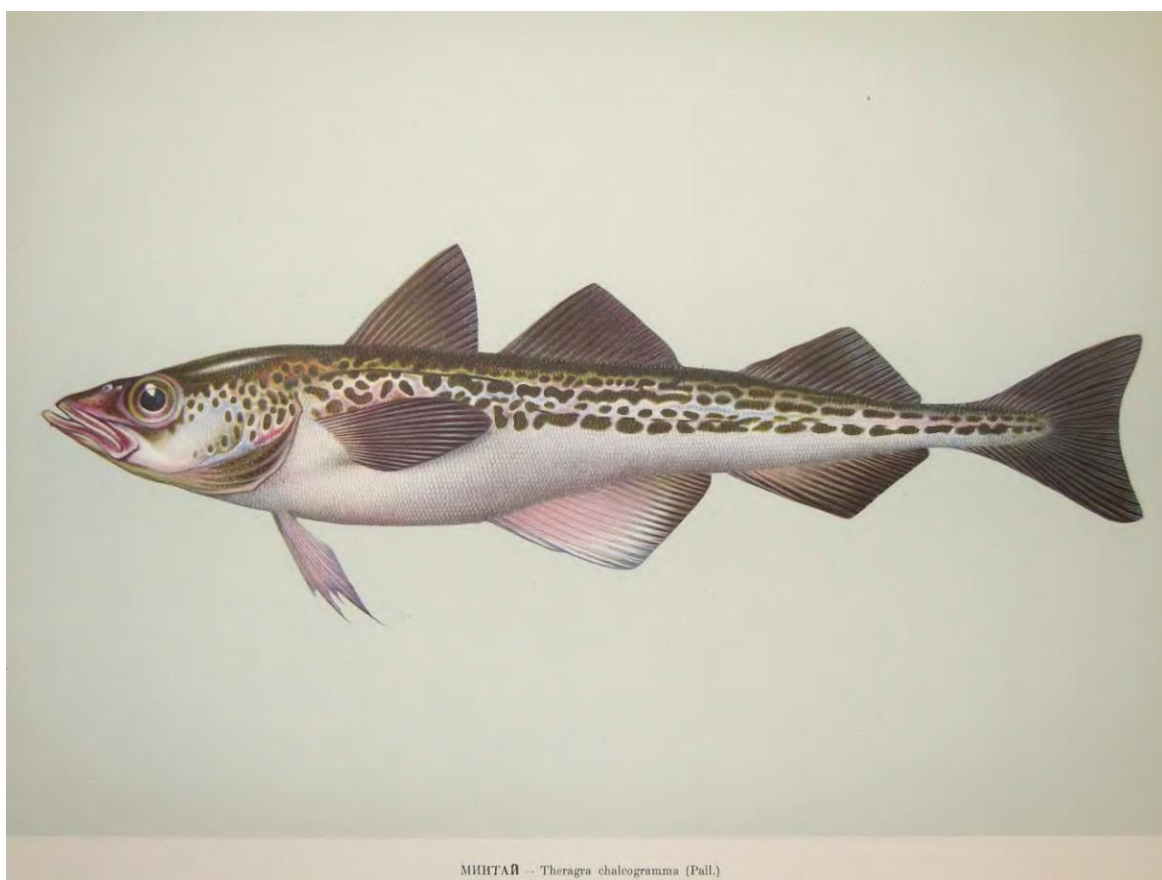


Рис. 11. Минтай - *Theragra halcoogramma* (Pallas) [6]

Минтай – *Theragra halcoogramma* (Pallas) относящаяся к роду тресковых (*Gadidae*) отличительным признаком которого является наличие у рыбы трех спинных плавников, усика на подбородке, брюшные плавники располагаются перед грудными. Тело у минтая имеет продолговатую форму, боковая линия с резким изгибом, окраска пятнистая, глаза большие, круглой формы.

Обитает эта рыба в водах северной части Тихого океана. По азиатскому побережью распространен в Японском, Охотском и Беринговом морях. Южная граница ареала проходит по широте Вонсана (п-ов Корея) и провинции Ямагути на юго-западном Хонсю. В океанских водах распространяется до Сангарского пролива, южнее встречается редко. По американскому побережью, помимо Берингова моря имеются скопления в заливе Аляска, на юг доходит до залива Монтерей. Является самым многочисленным видом северной части Тихого океана.

Минтай размножается в холодное время года, нерест у него порционный, икра пелагическая. Достигает размер длины 93 см, массой 5 кг. Такие экземпляры редко встречаются в юго-западной части Охотского моря, а вот в восточной части Берингова моря предельные размеры у такой рыбы и масса несколько меньше: 82 см и 4,8 кг., и в водах западной Камчатки, размер достигает 84 см длиной и 4,1 кг.

Уловы минимальных и преобладающих размеров зависят от сезонности лова, состояния запасов и урожайности поколений. Там, где промысел ведется в период размножения на нерестовых и преднерестовых скоплениях или на больших глубинах минтай крупнее, поскольку преобладают половозрелые рыбы. В районах совмещения нерестового и нагульного ареала минимальные размеры минтая определяются размерами ячеи, применяемых в промысле тралов (селективность лова). При перелове средние размеры минтая уменьшаются при вступлении в состав промыслового стада урожайных поколений.

Между линейными размерами и массой минтая, существует высокая положительная корреляция. Нарастание массы с увеличением длины наиболее быстро происходит у минтая восточной части Берингова моря и наиболее медленно у особей юго-восточной Камчатки.

Возраст такой рыбы предельный до 16 лет максимум, однако, рыбы старше 8-летнего возраста встречаются редко. Преобладание характерно в стадах двух, трех возрастных групп. Это обычно бывают 4-6 годовики, реже 2-4 и 5-7 годовики, в зависимости от урожайности поколений и промысловой смертности. Естественная их годовая смертность разных стад колеблется от 28 (север Татарского пролива) до 39% (западная Камчатка). У восточно-берингоморского минтая колеблется смертность от 32 до 40%. Достигает поколение максимальной биомассы в 3-5 годовалом возрасте. Максимальная биомасса обычно совпадает с возрастом массового полового созревания.

Половой зрелости минтай достигает в возрасте 3-4 года, при длине 31-39см. Плодовитость его колеблется от 38тыс. до 560тыс. икринок в восточной части Берингова моря; от 91тыс. до 315 тыс. у берегов западного Сахалина; от 102тыс. до 2106тыс. в заливе Аляска (при длине рыбы 32-72см). Развивается икра в основном в 50-метровом поверхностном слое. В целом характерно для минтая осенне-зимне-весенний нерест со смещением на более поздние сроки на севере ареала; наиболее поздний нерест – на севере Берингова моря с марта по сентябрь [3].

Икринки пелагические, прозрачного вида, без жировых капель, диаметром 1,36-1,45 мм. Длительность инкубации икринок при температуре воды 9°C-11°C - от 7 до 9 дней. При выклеве личинки имеют длину 3 мм.

Признаки. Три спинных плавника и два анальных. Промежуток мал между первым и вторым спинными плавниками, а между вторым и третьим велик, равен диаметру глаза. Основание короткое первого анального плавника, не более половины расстояния от вершины рыла до начала этого плавника; начало плавника находится позади вертикали начала первого спинного. Челюсть нижняя выдается вперед. На подбородке имеется усик, хотя и слабо развитый. Хвостовой плавник, слабо выемчатый, полулунный. Жаберных тычинок 34-40, позвонков 50.

Родственные формы. Сайка наиболее близка, *Voreogadus saida*, от которой минтай отличается слабо выемчатым полулунным хвостовым плавником и заметно большим промежутком между вторым и третьим спинными плавниками, чем между первым и вторым (эти промежутки равны у сайки).

Питание. Главным образом минтай питается рачками *Mysidae* и мелкими *Amphipoda*, поедает крабов *Chionocoetes opilio*, значительно реже.

Его враги. В северных водах минтай служит пищей для морских котиков.

Миграции. Для нереста он подходит к берегам на меньшие глубины, а после нереста вновь уходит на более глубокие места, причем в первую очередь уходят самки и старшие возрастные группы рыб; самцы же и более молодые особи задерживаются на небольших глубинах несколько дольше. В летние месяцы июне и августе на глубинах менее 55 м у берегов Камчатки преобладают самцы, на глубинах же от 80 до 235 м - самки. Рыбы молодые которые достигают двух и трехлетнего возраста, длиной 18-27 см, ближе к осени подходят на мелководье, в середине летнего сезона в июле они встречаются на глубине 180-200 м, в августе - на 100-135 м, в сентябре же - на глубине всего около 60 м. В это же время (сентябрь) ближе к берегам подходят и крупные особи.

Техника и ход промысла. Лов Минтая в Японии производится при помощи ярусов (нобонава) и, кроме того, ставными неводами. С катеров ловят, кавасаки и кунгасов. Рыбаки Российские преимущественно добывают минтай тралами, ловят его также ставными неводами. Для икрометания Минтай собирается большими стаями в начале апреля, и в это время его уловы становятся весьма велики. С марта по июнь ловят эту рыбу в Приморье ставными неводами. В Беринговом и Охотском морях уловы бывают наибольшие весной и в первую половину лета.

Использование. Минтая заготавливают в замороженном, соленом, сушеном и сушено-вяленом виде. Используются икра, мясо, печень, хвосты

и плавники . Мясо у минтая, как и мясо многих тресковых рыб , бедное жиром и содержит очень много воды, в основном используется для приготовления паст. Икра, очень вкусна , составляющая до 11,5% веса рыбы. Из печени, достигающей у мелких 1,3-1,8% и у крупных 2-3,5% веса тела, добывается жир, богатый витаминами D и A. Печень содержит жира от 26,6 до 77,8% (в среднем 56-57%), при сильном заражении паразитами 17-18%.

Спрос восточных рынков на ястычную икру и филе из минтая сделал его одним из важных объектов международной торговли, став дополнительным стимулирующим эффектом для развития промысла этого объекта. В то же время это стало одной из главных причин загрязнения океанических вод выбросами в море некондиционной части улова, особенно на промысле, нацеленном только на производство икры. Расширяется одновременно неселективный промысел минтая судами практически всех осуществляющих его стран – России, США, Японии, Китая, Польши и Южной Кореи [10]. Ситуация более подобна и характерна для многих видов морских биоресурсов, промысел которых ведется в Мировом океане. Объемом выбросов «ненужной» части уловов в море доходит до 25 млн. т (ФАО, 1995 г.). Быстрая либерализация внешнеторговых связей спровоцировала нерациональное использование природных запасов добываемыми отраслями в странах, где экспорт преимущественно имеет сырьевую направленность. В условиях реформ, происходящих в России, это связано в первую очередь с отсутствием в рыболовстве необходимой законодательной базы. На государственном уровне механизмы контроля вырабатываться не успевают, а другие попытки регулирования внешнеторговых операций с рыбой пока неэффективны. Торговля продукцией рыболовства в значительной степени вышла из поля зрения государственных органов в последние годы, призванных осуществлять контроль в этой области. В данной ситуации негативных последствий достаточно много.

В первую очередь это рост неконтролируемого промысла, а значит, и нерационального промысла минтая как российскими, так и зарубежными судами. Значительно превышаются рамки рациональных объемов изъятия. Можно это объяснить только отсутствием надежной законодательной базы ресурсосберегающего характера. Например, в США существует несколько десятков федеральных законов, направленных на охрану конкретных видов промысловых гидробионтов, касающихся, в том числе и минтая. 17 декабря 1994 г. был подписан Федеральный закон РФ «О ратификации Конвенции ООН о сохранении ресурсов минтая и управлении ими в центральной части Берингова моря». Участниками Конвенции стали Россия, США, Китай, Республика Корея, позднее Япония и Польша. В рамках установленной этой Конвенции мораторий на промысел минтая был вызван его нерациональным промыслом в центральной части Берингова моря и резким снижением запаса [10]. При решении охотоморской проблемы главным фактором убеждения в пользу прекращения нерегулируемого промысла минтая в открытой части моря стала предоставляемая Россией иностранным судам возможность продолжения работы в пределах российской 200-мильной зоны, но на условиях оплаты и под строгим контролем.

Внешнеторговой деятельности упорядочение – это один из путей выработки механизмов обеспечения рационального промысла, в том числе и минтая. В этом контексте постановление Правительства РФ от 30 июля 1998 г. № 872 «О мерах контроля за внешнеторговыми операциями с продукцией морского рыбного промысла за пределами таможенной территории РФ» может стать базой для последующих действий в данном направлении. В сложившейся наиболее важным является срочное принятие базового закона о рыболовстве РФ с изложением основных принципов ведения рационального и ответственного рыболовства. Учитывая огромное значение минтая не только для устойчивой экономики дальневосточного рыболовства, но также и для социальной стабильности (промысел минтая

обеспечивает до 70% занятости дальневосточных рыбаков), нужен специальный закон о минтае.

Восточная часть Охотского моря, входящая по схеме районирования ФАО в район СЗТО – основной район промысла минтая в пределах российской экономической зоны. В 1995–1997 гг. улов здесь превышал 1 млн т, а в 1999 г. уменьшился вдвое. Снизилась биомасса нерестового запаса восточноохотоморского стада по сравнению с 1996 г. более чем в 4 раза. До этого времени колебания численности минтая под влиянием изменений климато-океанологического фона с периодом 10–11 лет носили плавный характер, и столь резкого падения запасов ранее не отмечалось. Специалисты КамчатНИРО [7] связывают такое обвальное снижение биомассы минтая с интенсивным воздействием промысла, негативное влияние которого обусловлено переловом этого объекта сверх установленного общего допустимого улова (ОДУ). Кроме того, ежегодный прилов молоди минтая длиной менее промысловой меры (30 см) в 1992–1998 гг., по официальным данным, колебался от 2,9 до 35,7%.

3.2. Изменчивость запасов и уловов минтая в дальневосточных морях

Промысел минтая в Беринговом море начался в конце 50-х годов и стал активно развиваться. В начале 60-х годов основная промысловая нагрузка была связана преимущественно с шельфом восточной части моря, где в 1972 году был достигнут первый исторический максимум - 1,9 млн. тонн, в дальнейшем отмечалось снижение вылова.

В конце 70-х годов, с введением 200-мильных Исключительных экономических зон (ИЭЗ), произошло вытеснение отечественных рыбаков из ИЭЗ США, что явилось основной причиной освоения нового промыслового района – Наваринского.

Если в середине 70-х годов вылов здесь не превышал 100 тыс. тонн, то в 1981 г. был достигнут исторический максимум - 900 тыс. тонн. С тех пор Наваринский район является важным районом промысла минтая, в котором в 1988 и 1996 гг. отечественный вылов достигал значительной величины – 852 и 753 тыс. тонн, соответственно. Совершенно уникальной является история освоения минтая Алеутской котловины. Вытеснение японских рыбаков из ИЭЗ США, имевшее место в середине 80-х годов, позволило открыть новый район промысла, находящийся за пределами юрисдикции (анклав) США и РФ. В 1986 г. В.П.Шунтовым был открыт еще один новый район промысла минтая – в Командорской котловине. Столь бурного роста вылова в нетрадиционных районах (над значительными глубинами) и такого катастрофически резкого падения уловов история еще не знала. Всего за 5 лет вылов увеличился со 181 до 1448 тыс. тонн, а через 3 года после достижения максимума, он практически прекратился.

Наибольшие суммарные уловы были достигнуты в 1987-1990 гг. – до 4 млн. т. – за счет интенсивной эксплуатации всех промысловых подрайонов Берингова моря. Затем в течение 90-х гг. уловы значительно снизились, но оставались на относительно стабильном уровне в 1.7-2.0 млн. т. Однако специалисты оценивали состояние запаса как близкое к критическому, были приняты меры по ограничению уловов или запрету в отдельных подрайонах, и суммарные уловы в конце прошлого века не превышали 1.5 млн. т.

К сожалению, несмотря на обилие литературы, найти обобщенные и достоверные данные по запасу и уловам минтая в Беринговом море после 2000г нам не удалось. Данные по вылову в 2011-2015 годах получены методом расчета – из общего улова минтая в Дальневосточных морях вычли улов по Охотскому морю. Оценка дальнейшего состояния запаса этой популяции была выполнена по модельному расчету. По оценкам специалистов, в последние годы запасы минтая в российских водах находятся в неудовлетворительном состоянии.

В некоторых районах в настоящее время запрещен вылов минтая.

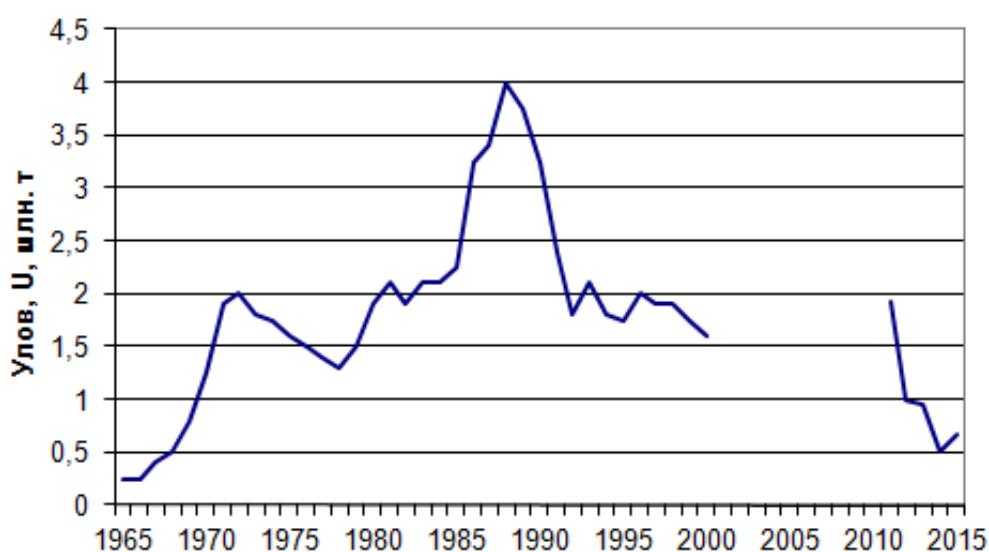


Рис. 12. Вылов берингоморского минтая

Данные о состоянии общего запаса берингоморского минтая представлены на рисунке 13. Видно, что в 60-70-е гг. запас устойчиво рос, однако известно, что в это время происходило освоение новых промысловых подрайонов в Беринговом море, поэтому оценка запаса в начальный период вероятно занижена. В конце 70-х гг. наблюдался спад в биомассе запаса, а затем в следующее десятилетие значительный рост. Абсолютный максимум был достигнут в 1989г и составил более 35 млн. т. Однако почти нерегулируемый в то время вылов и, вероятно, естественный спад численности, привели к существенному снижению запаса до 15 млн. т к концу 90-х гг. В настоящее время необходимо максимально снизить объемы уловов минтая. И минтай в Беринговом море должен использоваться только в качестве прилова на других видах промысла.

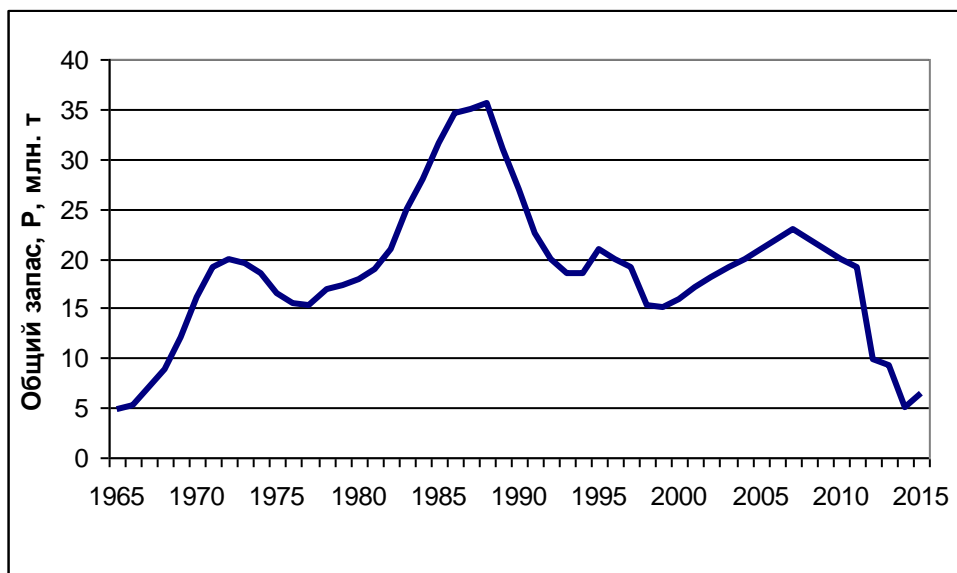


Рис. 13. Общий запас беринговоморского минтая

Данные о вылове минтая Охотского моря представлены на рисунке

14.

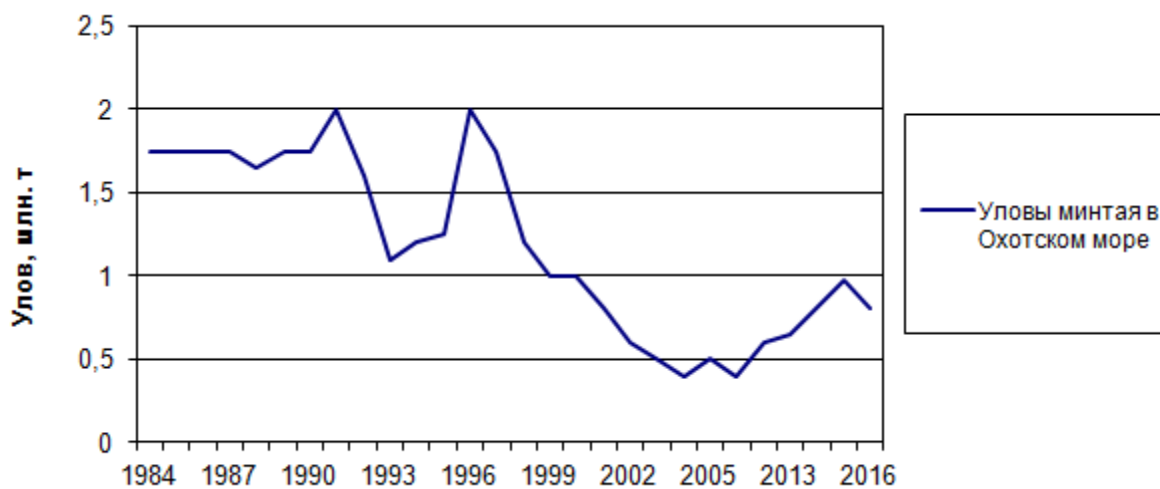


Рис.14. Динамика изменения уловов минтая в Охотском море.

Из рисунка 14 видно, что вылов охотоморского минтая в течении нескольких десятилетий претерпевал существенные изменения. В середине 70-х гг уловы выросли до 1,75 млн. т., а затем сократились до 1 млн. т, и вновь выросли в середине 80-х гг., достигнув максимума в 1991г. – 2 млн.т. Значительное снижение уловов до 1,1-1,2 млн. т отмечалось в 1993-1995 гг. Последний максимум в 2 млн. т. был достигнут в 1996 г. и затем, начиная с 1998 г., уловы только снижались до самых низких значений в 0.4 и 0.5 млн. т. в 2004 и 2005гг.

В настоящее время уловы увеличились и в последние несколько лет их значения колеблется в пределах 0,8-1 млн. т.

Данные о нерестовом запасе охотоморского минтая представлены на рисунке 15. Отметим, что в случае с берингоморской популяцией мы имели дело с биомассой общего запаса, а здесь были выбраны и представлены значения биомассы нерестового запаса, поэтому абсолютные значения запасов отличаются в 2-3 раза.



Рис. 15. Нерестовый запас минтая в Охотском море.

Временной ход биомассы нерестового запаса охотоморского минтая свидетельствует о значительной изменчивости этой величины и несомненном подавленном состоянии в настоящее время. Так, максимальные значения запаса (до 9,7 млн. т. в 1987 г.) имели место во второй половине 80-х гг. Затем до 1993 г. отмечалось снижение запаса до 4 млн. т., что не повлияло на значительные уловы в этот период). Возможно, естественные колебания численности и такая переэксплуатация запаса популяции сказалась на длительности периода спада в запасае. В середине 90-х гг. отмечен рост нерестового запаса до 8,8 млн. т в 1995 г., но интенсивный лов в 1996-1997гг. привел к затяжному спаду, который продолжался до 2004г. В настоящее время специалисты отмечают некоторое увеличение нерестового запаса до 6 млн. т., но несомненным является подавленное состояние запаса, и вылов минтая этой популяции, также как и берингоморской, существенно ограничен в последние годы.

4 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ЗАПАСОВ МИНТАЯ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ШЕФЕРА

4.1 Модель Шефера

В настоящее время рыболовство регулируется установлением квот и лимита вылова на основе принципа оптимального использования биологических ресурсов без нарушения их естественного воспроизводства. При оптимальной эксплуатации запасов важно не переходить границу максимального прироста промысловой популяции, которая обеспечивает наибольший максимальный вылов. При этом прирост и состояние популяции в целом определяется гидрометеорологическими условиями, биологическими и промысловыми факторами.

Предполагается, что эксплуатируемая популяция стремится к стабилизации, то есть стремится к такому состоянию, когда размер вылова будет равен общему приросту. Такой улов называется уравновешенным. Концепция уравновешенного улова легла в основу построения модели Шефера [12].

Модель Шефера удобна тем, что использует общие понятия, такие как запас, улов, промысловое усилие, и для своей реализации не требует никаких других данных, кроме промысловых. Рассматривается один изолированный вид с биомассой $P = P(t)$, где t - это время, под P может пониматься как биомасса общей, так и промысловой или нерестовой части популяции. Исходное уравнение модели имеет вид:

$$\frac{dP}{dt} = P(A - BP) - qfP \quad (4.1)$$

Изменения биомассы предполагаются непрерывными во времени, а их скорость пропорциональна P . Постоянные параметры: A – коэффициент воспроизводства и B - коэффициент естественной смертности, определяются только внутренними свойствами популяции. При отсутствии промысла биомасса возрастает с течением времени по логистическому закону, стремясь к своей предельной величине определяемой соотношением параметров A/B .

Вклад промысла в убыль популяции определяется последним членом в уравнении (4.1). Поскольку dP/dt является мгновенной скоростью изменения биомассы популяции, то выражение qfP следует рассматривать, как улов в единицу времени, под f понимается мгновенное промысловое усилие, q – это так называемый коэффициент улавливаемости. Обычно, в реальных расчетах используют промысловые данные за год, тогда вместо производной по времени рассматривают изменение биомассы P , приходящееся на 1 год, в качестве улова в единицу времени используют годовой улов, а вместо мгновенного промыслового усилия - аккумулярованное за год.

Зная значения коэффициентов A и B и величину запаса на данный момент, к примеру величину запаса за прошлый год, можно с помощью уравнения (4.1) оценить запас на некоторый будущий момент при отсутствии промысла, а если к тому же известен коэффициент q и задана величина промыслового усилия на промежуток времени, отделяющий момент прогноза от данного, то можно оценить величину улова и оценить дальнейшее изменение запаса при определённом уровне промысла.

Запишем уравнение модели Шефера в следующем виде:

$$\frac{dP}{dt} = (A - BP)P - U \quad (4.2)$$

где U - улов за год

$$U = CP, \quad (4.3)$$

и C представляет собой коэффициент промыслового изъятия.

Если определены коэффициенты A , B , и известен годовой улов CP в уравнении (4.2), то решение задачи прогноза становится возможным.

Для нахождения коэффициентов A и B применяется метод наименьших квадратов [1]. Дифференциальное уравнение Шефера в виде (4.2) приведем к дискретному виду, считая шаг по времени $\Delta t = 1$ году. Проводим ряд преобразований этого уравнения, и применяем метод наименьших квадратов, действуем по следующему алгоритму.

$$P_{i+1} - P_i = P_i(A - BP_i) - C_i P_i \quad (4.4)$$

$$\frac{P_{i+1} - P_i}{P_i} = A - BP_i - C_i \quad (4.5)$$

$$K_i = \frac{P_{i+1} - P_i}{P_i} \quad (4.6)$$

$$\sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i)^2 = \min \quad (4.7)$$

$$\frac{\partial f}{\partial A} = \frac{\partial}{\partial A} \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i)^2 = 2 \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i) \left(\frac{\partial A}{\partial A} - \frac{\partial BP_i}{\partial A} - \frac{\partial C_i}{\partial A} - \frac{\partial K_i}{\partial A} \right) = 0 \quad (4.8)$$

$$2 \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i) = 0 \quad (4.9)$$

$$\frac{\partial f}{\partial B} = \frac{\partial}{\partial B} \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i)^2 = 2 \sum_{i=2}^n (A - BP_i - C_i - K_i) \left(\frac{\partial A}{\partial B} - P_i \frac{\partial B}{\partial B} - \frac{\partial C_i}{\partial B} - \frac{\partial K_i}{\partial B} \right) = 0 \quad (4.10)$$

$$2 \sum_{i=2}^n [(A - BP_i - C_i - K_i) P_i] = 0 \quad (4.11)$$

Из формулы (4.9) получаем для коэффициента A :

$$A = \frac{1}{N} \left(B \sum_{i=2}^n P_i + \sum_{i=2}^n C_i + \sum_{i=2}^n K_i \right) \quad (4.12)$$

Из формулы (4.11) получаем коэффициент B :

$$B \sum_{i=2}^n P_i^2 = - \sum_{i=2}^n C_i P_i - \sum_{i=2}^n K_i P_i + \sum_{i=2}^n A P_i \quad (4.13)$$

Подставив выражение (4.12) в формулу (4.13), получаем выражение для коэффициента B :

$$B = \frac{1}{\sum_{i=2}^n P_i^2} \left[\sum_{i=2}^n C_i P_i + \sum_{i=2}^n K_i P_i - \frac{\sum_{i=2}^n P_i}{N} \left(B \sum_{i=2}^n P_i + \sum_{i=2}^n C_i + \sum_{i=2}^n K_i \right) \right] \quad (4.14)$$

$$B = \frac{\sum_{i=2}^n P_i \sum_{i=2}^n C_i + \sum_{i=2}^n P_i \sum_{i=2}^n K_i - N \sum_{i=2}^n P_i C_i - N \sum_{i=2}^n P_i K_i}{N \sum_{i=2}^n P_i^2 - \sum_{i=2}^n P_i \sum_{i=2}^n P_i} \quad (4.15)$$

Таким образом, имея исходные данные в виде промысловой информации за несколько лет, и оценив величины коэффициентов A , B , можно превратить уравнение (4.1) в инструмент прогноза.

Для того чтобы использовать модель Шефера в качестве инструмента прогноза биомассы популяции необходимо проинтегрировать уравнение (4.2):

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{(-BP^2 + (A-C)P)} = \int_{t_0}^t dt \quad (4.16)$$

Это табличный интеграл, решение которого представлено в виде:

$$\frac{1}{(A-C)} \ln \frac{BP-(A-C)}{P} \Big|_{P_0}^P = t \Big|_{t_0}^t \quad (4.17)$$

$$P(t) = \frac{P_0(A-C)}{BP_0 - (BP_0 - A + C)\exp(-t(A-C))} \quad (4.18)$$

Тогда, как уже говорилось раньше, зная значения коэффициентов A , B , C можно будет использовать уравнение (4.18) для оценки биомассы популяции на последующий период.

4.2 Расчет изменений запасов минтая при различных уровнях изъятия

При расчете мы использовали коэффициенты воспроизводства и естественной смертности, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты воспроизводства и естественной смертности.

| | Коэффициент воспроизводства - A | Коэффициент естественной смертности - B |
|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| Минтай берингоморский | 0,240907 | 0,005729 |
| Минтай охотоморский | 0,5767406 | 0,06280952 |

Абсолютные значения коэффициентов воспроизводства (A) и естественной смертности (B) для популяций существенно различаются. Это объясняется тем, что для берингоморского минтая был выбран общий

запас, а для охотоморского минтая – нерестовый запас, который существенно меньше по абсолютной величине.

Для проверки работоспособности модели Шефера значения запаса были восстановлены «пошагово» с рассчитанными постоянными коэффициентами воспроизводства (A) и естественной смертности (B), и при известных уловах. Восстановленные значения отличаются от фактических на 5-8% (рис. 16 и 17, синие кривые – фактические значения, сиреневые – восстановленные), но основные особенности временного хода запасов отражены правильно.

Экстраполяция или прогнозирование запасов по модели Шефера проводилось при трёх или четырех различных значениях коэффициентов промыслового изъятия для каждой популяции, при которых запас возрастал, оставался на том же уровне или падал. Так для охотоморской популяции заданные возможные коэффициенты промыслового изъятия составляли 15, 20 и 25 %, а для берингоморской – 10, 15, 20 %.

Результаты расчетов прогнозируемых запасов по формуле (4.18) представлены в таблицах 2 и 3, а на рисунках 16 и 17 - в виде разветвляющихся кривых прогнозируемых значений.

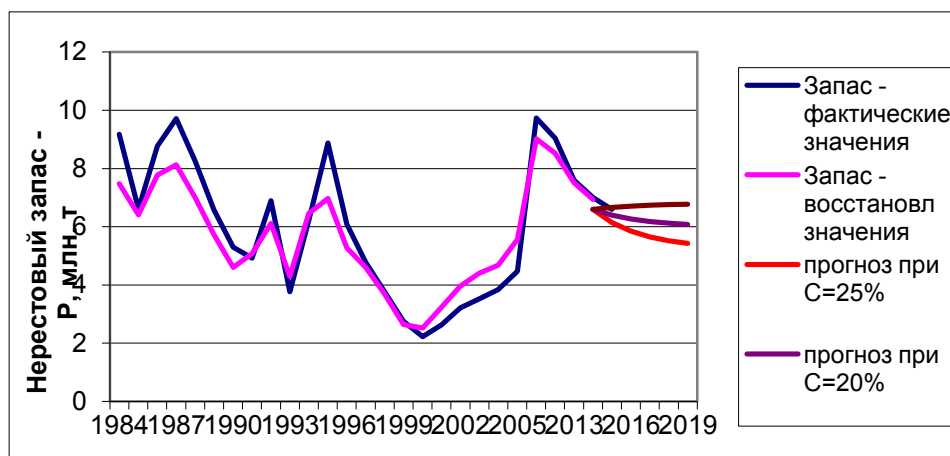


Рис. 16. Фактические и прогнозируемые значения нерестового запаса минтая в Охотском море

Таблица 2

Фактическое значение за 2015г и спрогнозированные значения общего запаса охотоморского минтая при различных уровнях изъятия (С) с 2016 по 2019 год (млн. т)

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-------|------|------|------|------|------|
| C=15% | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.8 |
| C=20% | 6.6 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.1 |
| C=25% | 6.6 | 6.1 | 5.8 | 5.6 | 5.5 |

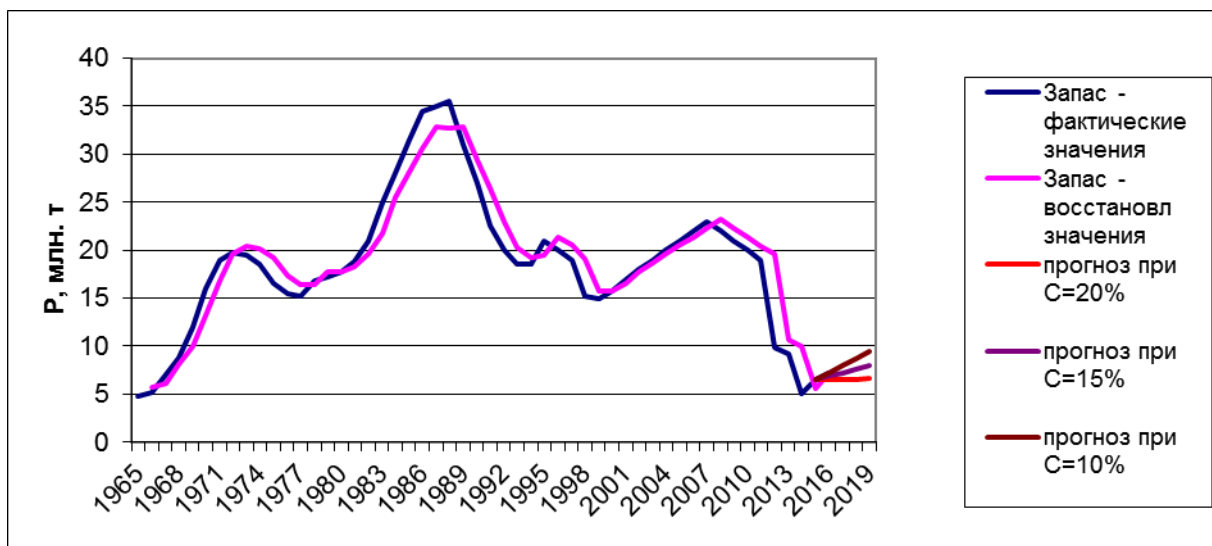


Рис.17. Фактические значения и прогнозируемые значения запаса минтая в Беринговом море.

Таблица 3

Фактическое значение за 2015г и спрогнозированные значения общего запаса берингоморского минтая при различных уровнях изъятия (С) с 2016 по 2019 год (млн. т)

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-------|------|------|------|------|------|
| С=10% | 6.5 | 7.2 | 7.9 | 8.7 | 9.5 |
| С=15% | 6.5 | 6.9 | 7.2 | 7.5 | 7.9 |
| С=20% | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.6 | 6.6 |

На основе расчетов и представленных таблиц и диаграмм мы можем сделать выводы:

- Для стабилизации популяции охотоморского минтая коэффициент изъятия не должен в ближайшие годы превышать 15%.

- В Беринговом море для стабилизации популяции коэффициент изъятия может составлять 20%;

Заметим, что как мы уже упоминали, по мнению специалистов, обе популяции находятся в угнетенном состоянии, и уловы сокращаются, поэтому коэффициенты изъятия должны быть ниже, как в Беринговом, так и в Охотском море, но особенно в Беринговом море.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сформулируем основные результаты выполненной работы.

1. Составлены ряды запасов и уловов указанных популяций минтая Берингова и Охотского морей. Восстановлены недостающие значения ряда запасов охотоморского минтая, исходя из анализа изменчивости состояния популяции и процента изъятия, преобладавшего в пропущенные годы.

2. Исследованы возможные варианты изменения запасов наиболее массового промыслового вида - берингоморского и охотоморского минтая.

3. Для расчетов и оценки запасов популяций минтая использовалась модель Шефера, в которой коэффициенты воспроизводства – A и естественной смертности – B были рассчитаны методом наименьших квадратов по имеющимся временным рядам запасов и уловов. Коэффициенты A и B при всех расчетах считались постоянными.

4. Результаты прогнозирования запасов по модели Шефера приведены для трёх различных значений коэффициентов промыслового изъятия для каждой популяции, при которых запас возрастал, оставался на том же уровне или падал.

5. Показано, что допустимый уровень изъятия из запаса составляет для берингоморского минтая 20 %, для охотоморского минтая – не более 15%. При больших значениях коэффициента изъятия запасы будут снижаться. Прогнозы выполнялись до 2019г. на 4 шага.

6. Так как, по мнению специалистов, обе популяции находятся в угнетенном состоянии, запасы и уловы сокращаются, то коэффициенты изъятия должны быть ниже, как в Беринговом, так и в Охотском море.

Рациональное управление рыболовством должно включать в себя изучение запасов и меры по их сохранению; регулирование промысла (установление сроков, квот, орудий лова и т. д.); контроль за промысловой

деятельностью, включая меры пресечения и наказания; правовое обеспечение рыболовства (выработку нормативных актов и законодательства) и другие меры. Результаты данной работы могут быть использованы для оценки состояния запасов и рационального регулирования промысла.

Список использованной литературы

1. Аверкиев А. С., Карпова И.П., Густоев Д.В. О прогнозировании рыбопромысловых характеристик. // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 1. М.; Изд-во ВНИРО, 2004. – С 296-305
2. Балыкин П.А. 2006. Состояние и ресурсы рыболовства в западной части Берингова моря // М.: изд-во ВНИРО. — С.142
3. Балыкин П.А. Изменчивость сроков нереста и смертность развивающейся икры у минтая западной части Берингова моря// исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. – Петропавловск-Камчатский: Камчатское отделение ТИНРО. – Вып. 2. 1993 –С. 166-176
4. Балыкин П.А., Бонк А.А., Станцев А.В. Оценка состояния запасов и управления запасами промысловых рыб. Учебное пособие. – Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. – С. 63
5. Балыкин П.А., Буслов А.В., Варкентин А.И. Межгодовая динамика запасов минтая в восточной части Охотского моря и их современное состояние // Вопр. рыб-ва. — 2002. — Т. 3, № 4(12). — С. 667–674.
6. Берг А.С. и др. (ред.). Промысловые рыбы СССР. Всероссийский научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО). Пищпромиздат 1949г.
7. Варкентин А.И., Золотов А.О., Буслов А.В. Недоучет вылова минтая как один из факторов снижения численности // Докл. 2-й Камчатской обл. науч.-практ. конф. «Проблемы сохранения и рационального использования биоресурсов Камчатки». – Петропавловск-Камчатский, 2000.
8. Зонн И.С., Костяной А.Г. Охотское море. Энциклопедия. - М.: Междунар. отноше ния, 2009. - 256 е., ил. С. 214-250.
9. Зонн И.С., Костяной А.Г., Куманцов М.И. Берингово море, Энциклопедия. – М.: Междунар. отношения, 2012. – 264 с., илл. С. 229-254.

10. Курмазов А. Минтай: промысел и проблемы // Рыбное хоз-во. – 1999. – № 2. – С. 7.
11. Лукьянова Т.С., Михаськов В.В. Океаны и моря. – М.: МГОУ, 2006, 400с.
12. Промысловая океанография / под ред. Д. Е. Гершанович. – М.: Агропром-издат, 1986. – 335 с.
13. Берингово море. Источник: <https://geographyofrussia.com/morya-rossii-beringovo-more/> Проверено: 11.05.2016г.
14. Большая Российская энциклопедия: Берингово море Режим доступа: <http://knowledge.su/b/beringovo-more> Проверено: 11.05.2016г.
15. Охотское море. Источник: <https://geographyofrussia.com/morya-rossii-oxotskoe-more/> Проверено: 11.05.2016г.
16. Энциклопедия морей: Берингово море (бассейн Тихого океана) Режим доступа: <http://megaribolov.ru/index.php/entsiklopediya-rybolova/opisanie-vodoemov/entsiklopediya-morej/1858-beringovo-more-bassejn-tikhogo-okeana> Проверено: 09.05.2016г.
17. Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л. Современное состояние запасов и перспективы промысла минтая в Северной части Охотского моря./ Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток: ТИПРО-центр, 2008. – 9-12 С.
18. Кляшторин Л.Б., Любушин А.А.. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. – М.: Изд. ВНИРО, 2005, 235 С.