

РАЗМНОЖЕНИЕ, ЗАПАСЫ И ПРОМЫСЕЛ МИНТАЯ В ЯПОНСКОМ МОРЕ

© 2024 г. О.А. Булатов (spin: 2222-6984),
Д.А. Васильев (spin: 7423-0857)

*Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, 105187
E-mail: obulatov@vniro.ru*

Поступила в редакцию 2.04.2024 г.

В течение 50-летнего периода промысла минтая с 1970 по 2020 гг., исторический максимум, составивший 2,1 млн т, отмечен в 1981 г. и основан на появлении многочисленных поколений 1973–1977 годов рождения. Стремительное сокращение запасов в период с 1982 по 2000 гг. произошло из-за появления череды неурожайных поколений, вызванных резким потеплением климата, известным как «сдвиг климата» (climate shift), которые наблюдались в северной части Тихого океана в 1977–1978 гг. и в конце 80-х гг. Полученные результаты показали, что для минтая, обитающего у побережья западного Сахалина, Приморья и Хоккайдо, в последние годы сложились благоприятные климатические условия, которые позволили положительно повлиять на появление урожайных поколений. Достоверная информация о динамике запасов минтая в экономзоне КНДР отсутствует, но, вероятно, и в этом районе тоже условия для воспроизводства в последние годы были благоприятные. Оценка промыслового потенциала минтая Японского моря основана на значениях максимальных устойчивых уловов для всех единиц запасов и составила более 1 млн т. Однако при наступлении благоприятных условий для появления урожайных поколений минтая с той же периодичностью, что и ранее, наряду с поддержанием рационального ведения промысла, рекомендуемый вылов может превышать величину MSY.
Ключевые слова: минтай, размножение, промысел, климат, запасы.

ВВЕДЕНИЕ

В исторических хрониках первые упоминания о минтае Японского моря относятся к XIV в. Статистика промысла, связанная с освоением запасов минтая, ведёт начало с 1910 г. (Kang, Kim, 2015). Минтай долгие годы является традиционным блюдом японской и корейской кухонь. Известно, что у берегов полуострова Корея отмечались периоды больших уловов, которые затем сменялись полным отсутствием этого вида в промысле. Корейские учёные (Kim et al., 2022) обнаружили, что при «малых ледниковых периодах» численность минтая была высока и, наоборот, в тёплые периоды минтай практически не встречался в уловах. Авторы сообщают, что особенно многочисленными скопления

минтая были в XIX–XX вв. Однако в конце XX в. и в первые десятилетия XXI в. численность минтая у побережья полуострова Корея находилась на экстремально низком уровне.

Столь значительная изменчивость численности минтая в XX в. отмечалась также у западного побережья Японии и япономорского побережья России (Фадеев, 2005, 2009). Согласно обобщённым данным отечественных исследователей (Шунтов и др., 1993) икра минтая в ихтиопланктонных сборах отмечалась повсеместно на акватории Японского моря. Однако эти наблюдения основаны на данных 80-х гг. XX в., и не включают наблюдения предшествующего периода.

В настоящей статье авторы поставили цель обобщить данные по особенностям пространственно-временного распределения икры, динамике запасов и промыслу минтая в различных районах Японского моря. Наряду с изменчивостью запасов важной задачей является поиск закономерностей, определяющих их особенности. Особую значимость это приобретает в современный период, когда наблюдается очередная смена «климатических эпох», и за периодом потепления, наступит период похолодания, который может оказать влияние на успешность воспроизводства и состояние запасов минтая в Японском море.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве исходных данных для оценки запасов минтая Японского моря использовались материалы по уловам, возрастному составу, коэффициентам естественной смертности, уловам на единицу промыслового усилия, а также доступные данные научных съёмов.

Оценка численности, биомассы и промысловой смертности для четырёх единиц запаса минтая выполнена с использованием модели TISVPA (Васильев, 2015; Vasilyev, 2005), основанной на применении принципов робастной статистики, что повышает надёжность результатов в условиях значительного информационного дефицита и низкого качества входных данных.

Оценки максимального устойчивого улова (MSY) и соответствующих значений мгновенного коэффициента промысловой смертности (F_{MSY}) для каждой из единиц запасов рассчитывались в соответствии с методикой, принятой в Международном совете по исследованию моря (ИКЕС). Значения величины F_{MSY} рассчитывались как значение F , которое обеспечивает максимальный вылов с учётом ошибки текущей оценки, а также биологических и промысловых параметров (Булатов, Васильев, 2023;

ICES, 2021). Пополнение в стохастических расчётах моделировалось случайной выборкой из множества «наблюдённых» значений пополнения с добавлением шума, отражающего ошибку оценки. Значения численности для первого года стохастических расчётов (как правило – оценки, полученной для терминального года ретроспективных расчётов), а также используемые в расчётах значения селективности промысла также были зашумлены. Расчёты проводились на перспективу в 50 лет. Результаты представляют собой среднее от 1000 итераций.

РАЗМНОЖЕНИЕ

Южное побережье полуострова Корея (ИЭЗ Республики Корея)

Сведения в литературе относительно размножения минтая в этом районе весьма скудны. Известно (Bang et al., 2018; Kangsu et al., 2020), что нерест минтая в юго-западной части Японского моря отмечается в зимний период – с ноября по декабрь в прибрежных водах провинции Кёнбук (Gyeongbuk) на юге и в провинции Кангон (Gangweon) на севере (Gong, Zhang, 1986). Основное нерестилище расположено в зал. Дон-хан (Dong-han). Оптимальная температура, при которой смертность минимальна, находится в диапазоне 2–5°C (Jung et al., 2024).

Размножение протекает над глубинами 50–100 м, в тёмное время суток. Личинки встречаются обычно в приповерхностном слое воды. Межгодовая изменчивость температуры воды в период массового появления личинок в планктоне, варьировала от умеренной (10,5°C), до аномально низкой в середине 1980-х гг. (8,5°C), которая затем в конце 1980-х гг. сменилась на аномально высокую и превышала 12°C. Температура воды существенно влияла на успешность выживания личинок. Аномально высокие температуры оказывали негативное влияние на воспроизводство минтая в этом районе Японского моря.

*Северное побережье полуострова Корея
(ИЭЗ КНДР)*

Советскими и корейскими исследователями (Веденский, 1949, 1971; Кагановская, 1951; Gong, Zhang, 1986) условия размножения минтая в данном районе изучены достаточно подробно. Согласно данным корейских учёных нерест начинается при снижении температуры воды у дна с 5 до 2°C, над глубинами 70–150 м, в дальнейшем смещаясь в более мелководную часть Восточно-Корейского (Вонсанского) залива. По данным Веденского (1971) температура воды у дна в ноябре – декабре, в период максимума нереста, составляла 2,2 и 1,6° С. Следовательно, несмотря на то, что данный район расположен значительно южнее основных центров воспроизводства минтая, расположенных в Охотском и Беринговом морях, оптимальные температуры размножения имеют очень близкие значения.

Результаты исследований корейских учёных (Gong, Zhang, 1986), показали, что в декабре 1933 г. максимальные уловы икры минтая в поверхностных слоях воды Восточно-Корейского залива достигали 48 тыс. шт. Положительные уловы отмечались в относительно компактном районе – в центральной части Восточно-Корейского залива, за пределами которого икра практически не встречалась.

Дальнейшие исследования, выполненные отечественными учёными (Веденский, 1949, 1971) в конце ноября – начале декабря 1947 г. позволили установить, что икра в горизонтальных 10-минутных ловах мальковой сети также встречалась в значительном количестве на обширной акватории, преимущественно в центральной части Восточно-Корейского залива. Если в конце ноября область распространения икры была ограничена Восточно-Корейским заливом и уловы в его центральной части не превышали 250 г/лов, то исследования, выполненные в начале декабря, показали расширение акватории, на которой отмечались положитель-

ные уловы. Северная граница распространения икры достигала вод юго-западной части зал. Петра Великого.

В первом приближении можно оценить межгодовую изменчивость численности икры за сравниваемый период – с 1933 по 1947 гг. Судя по уловам, в 1947 г. произошло резкое увеличение нерестовой активности по сравнению с 1933 г. Если максимальный улов в 1933 г. составил 48 тыс. шт/лов, то в 1947 г. численность икры была существенно больше. «Количество» икры в уловах декабря 1947 г. варьировало от 1 г до 8 кг за один лов, а на одной из станций, сетка, не выдержав веса улова, порвалась. С учётом того, что в 1 грамме улова количество икры составляло в среднем 295 шт., можно рассчитать, что в максимальном улове было зарегистрировано более 2 млн шт. Такие уловы могут свидетельствовать об исключительно высоких значениях нерестового запаса в декабре 1947 г.

Максимальная доля рыб с гонадами на V стадии зрелости отмечалась в конце ноября, а максимальные уловы икры зарегистрированы в первой декаде декабря (Веденский, 1949, 1971). Следовательно, данные физиологического состояния самок минтая и учтённой икры свидетельствуют о том, что пик нереста минтая в этом районе Японского моря наблюдался в конце ноября – начале декабря.

Побережье Приморья. Залив Петра Великого

Изучению особенностей размножения минтая обитающего у побережья Приморского края посвящены работы ряда авторов (Веденский, 1949, 1971; Кагановская, 1951, 1954; Нуждин, 1998, 2008; Буслов и др., 2022).

Результаты исследований показали, что икра минтая в ихтиопланктонных сборах 1951–1952 гг. в западной части зал. Петра Великого встречалась на акватории, граничащей с водами КНДР, и отмечалась до побережья северного Приморья. Положительные уловы регистрировались с октября по

апрель, т.е. в период исследований икра минтая встречалась регулярно. В октябре в уловах значительно преобладала икра на первой стадии развития, что указывает на начальную фазу нереста. Пик нереста согласно данным качественного состава икры в ихтиопланктонных сборах отмечался в ноябре (табл. 1). В декабре в уловах, хотя и преобладала икра на первой стадии развития, но икра на четвёртой стадии развития составляла уже более 16%, а в уловах уже отмечались личинки. Доля отнерестившихся особей минтая в траловых уловах в декабре достигала 54,0% (Кагановская, 1954), что указывает на то, что максимум нерестовой активности уже пройден.

Нерестовая активность в январе 1961, 1962 гг., а также в феврале 1965, 1969 гг. и марте 1974, 1979 гг. оставалась на высоком уровне. Доля икры на первой стадии развития составляла более 60%. В апреле нерестовая активность значительно снизилась, на что указывают как низкая доля икры на первой стадии и высокая доля личинок.

Таким образом, основной нерест отмечался в зимний период – в ноябре. Существование весеннего нереста не вызывает сомне-

ний, однако, его масштабы в 1960-е гг., видимо, существенно уступали зимнему.

Развитие основной массы икры в 1957–1966 гг., согласно наблюдениям Веденского (1971) протекало в довольно суровых условиях – при температуре воды на поверхности от 1 до 2°C. В этом диапазоне температуры встречалось 67,1% от общего количества выловленной икры.

В центральной части зал. Петра Великого икра минтая встречалась в ихтиопланктонных сборах с октября по март. В этом районе также максимум нерестовой активности отмечался в ноябре – январе, однако весенний нерест выражен более отчётливо. В марте 1974, 1979 гг. доля икры на первой стадии развития превышала 80%, а в апреле 1960, 1979 гг. отмечалось снижение доли икры на первой стадии развития до 66,4% на фоне существенного увеличения в уловах личинок (табл. 2).

В восточной части зал. Петра Великого икра минтая встречалась в ихтиопланктонных сборах с октября по апрель. В этом районе максимум осенне-зимней нерестовой активности по сравнению с западной частью зал. Петра Великого выражен недостаточно чётко. Доля икры на первой стадии развития

Таблица 1. Качественный состав икры минтая в западной части зал. Петра Великого в 1958–1979 гг., %% (по: Фадеев, 2009)

Период сбора	1 стадия	2 стадия	3 стадия	4 стадия	Всего
Октябрь 1960 г.	87,8	8,7	3,5	0	100,0
Ноябрь 1958–1961 гг.	51,8	24,6	21,8	1,8	100,0
Декабрь 1958–1961 гг.	42,8	22,2	18,7	16,2	99,9*
Январь 1961, 1962 гг.	70,8	26,4	2,2	0,6	100,0
Февраль 1965, 1969 гг.	62,6	35,0	2,1	0,3	100,0
Март 1959–1963 гг.	31,7	17,4	29,2	20,9	99,2*
Март 1974, 1979 гг.	85,4	9,7	14,3	0,5	109,9
Апрель 1960, 1979 гг.	31,2	15,7	22,0	11,5	80,4*

Примечание: * – остальная часть – личинки; до 1973 г. производились только горизонтальные уловы, в дальнейшем – вертикальные.

Таблица 2. Качественный состав икры минтая в центральной части зал. Петра Великого в 1958–1979 гг., %% (по: Фадеев, 2009)

Период сбора	1 стадия	2 стадия	3 стадия	4 стадия	Всего
Октябрь 1960 г.	65,3	32,2	2,5	0	100,0
Ноябрь 1958–1961 гг.	85,8	8,4	5,2	0,6	100,0
Декабрь 1958–1961 гг.	55,2	19,2	14,1	11,4	99,9*
Январь 1961, 1962 гг.	79,6	19,7	0,7	0,0	100,0
Февраль 1965, 1969 гг.	37,3	57,5	3,4	1,8	100,0
Март 1959–1963 гг.	38,1	17,1	20,6	24,2	100,0
Март 1974, 1979 гг.	80,6	8,9	10,3	0,1	100,9
Апрель 1960, 1979 гг.	66,4	17,6	13,7	2,2	99,9*

Примечание: * – оставшая часть – личинки; до 1973 г. производились только горизонтальные уловы, в дальнейшем – вертикальные.

значительно преобладала в уловах в октябре, что указывает на начальную фазу нереста, а преобладание в уловах икры на второй стадии развития в ноябре – декабре свидетельствует о том, что выполненная съёмка, вероятно, не захватила максимум нереста. В ранне-весенний период в марте 1959–1963 гг. доля икры на первой стадии развития составляла всего 39,2%, а на поздних стадиях развития – 37,6%, что указывает на завершающую фазу нереста. Поэтому можно предположить, что максимум нереста наступил в феврале. В марте 1974, 1979 гг. доля икры на первой стадии развития вновь возросла и составила 86,3%, а в апреле 1960, 1979 гг. икра на первой стадии развития значительно преобладала – 96,0% на фоне появления в уловах личинок (табл. 3). Следовательно, весенний нерест в этом районе проявился более отчётливо по сравнению с другими районами.

Следует отметить, что центры размножения минтая в юго-западной по сравнению с центральной и восточной частями зал. Петра Великого пространственно разобщены (Кагановская, 1951; Нуждин, 2008). Различаются также экологические особенности размножения. В юго-западной части залива нерест про-

текает при сезонном снижении температуры (как у минтая, размножающегося в Восточно-Корейском заливе), а в центральной и восточной частях, наоборот, при весеннем прогреве воды.

Согласно данным Фадеева (2009) сезонная изменчивость количества учтённой икры минтая в зал. Петра Великого показала, что в его западной части в ноябре 1973–1987 гг. средние значения уловов икры составляли 49,5 шт./м². В декабре-феврале отмечалось существенное снижение показателей: от 11,6–12,5 до 8,4 шт./м². В конце марта наблюдался рост уловов до 10,8 шт./м², после чего в апреле уловы снижались до 4,3–6,4 шт./м², а в мае значения увеличились до 9,2–13,0 шт./м². Отсюда следует, что в западной части залива количественно превалировал осенне-зимний нерест над весенним, и ориентировочно соотношение составляло 4:1. Если в апреле количество личинок в уловах в среднем составляло 0,04 шт./м², то в мае оно возросло в 100 раз и достигало 4,4 шт./м².

В центральной части залива в январе 1982–1987 гг. средние уловы достигали 22,7 шт./м², увеличившись по сравнению с

Таблица 3. Качественный состав икры минтая в восточной части зал. Петра Великого в 1958–1979 гг., %% (по: Фадеев, 2009)

Период сбора	1 стадия	2 стадия	3 стадия	4 стадия	Всего
Октябрь 1960 г.	99,4	0,0	0,6	0	100,0
Ноябрь 1958–1961 гг.	35,5	39,9	21,4	3,0	99,8*
Декабрь 1958–1961 гг.	38,6	39,0	14,3	8,1	100,0
Январь 1961, 1962 гг.	49,7	47,5	2,8	0,0	100,0
Февраль 1965, 1969 гг.	45,5	44,4	7,0	3,1	100,0
Март 1959–1963 гг.	39,2	23,3	19,2	18,4	100,1
Март 1974, 1979 гг.	86,3	4,3	9,4	0,0	100,0
Апрель 1960, 1979 гг.	96,0	0,4	3,2	0,3	99,9*

Примечание: * – остальная часть – личинки; до 1973 г. производились только горизонтальные уловы, в дальнейшем – вертикальные.

декабрём 1973 г. в 20 раз. В феврале-марте 1981–1987 гг. отмечено снижение показателей до 3,6–7,4 шт./м², после чего вновь наблюдалось существенное увеличение икры в апреле 1981–1987 гг. и резкий рост в начале мая 1981–1987 гг. до 133,0 шт./м², что совпадало с преобладанием в уловах икры на первой стадии развития. В конце мая доля икры на первой стадии значительно снизилась, и в планктоне массово появились личинки минтая.

Таким образом, в центральной части залива отмечено значительное преобладание весеннего нереста над зимним. Ориентировочно их соотношение характеризуется 6:1.

В восточной части залива в 1973–1987 гг. икра в уловах встречалась, начиная с ноября. В декабре-январе в уловах в среднем отмечалось 3,9–4,6 шт./м². В феврале показатели уловов на одну станцию увеличились в 10 раз, а в конце марта-начале апреля – в 40 раз по сравнению с данными декабря-января. Качественный состав икры в марте характеризовался значительным преобладанием икры на первой стадии развития. Следовательно, в этой части залива в значительной степени превалирует весенний нерест.

На значительную межгодовую изменчивость в интенсивности зимнего и весеннего нереста минтая указывает Нуждин (1998). Согласно данным этого автора в 1980-е гг. наблюдалось значительное снижение нерестовой активности в осенне-зимний период в юго-западной части моря по сравнению с 1950–1960-ми гг., тогда как в центральной и восточной частях залива, наоборот, нерестовая активность увеличилась в несколько раз, и стал значительно преобладать весенний нерест. Однако через 10 лет произошло существенное снижение запасов и отмечена катастрофически низкая численность икры во время весеннего нереста (Фадеев, 2009).

В связи с этим ихтиопланктонные работы, направленные на изучение весеннего размножения минтая были прекращены вплоть до 2004 г. (Буслов и др., 2022). В дальнейшем нерегулярные исследования вновь подтвердили, что нерестовая активность минтая продолжала оставаться на экстремально низком уровне. Лишь после обнаружения в траловых уловах урожайного поколения 2014 г. рождения, регулярные ихтиопланктонные исследования были возобновлены, начиная с 2019 г.

Результаты исследований учёных Тихоокеанского филиала (ТИНРО) в 2021 г. показали, что нерестовая активность минтая в весенний период вновь оказалась на высоком уровне. Основной центр воспроизводства, как и в 1950-е гг., отмечался в зал. Восток, где максимальные уловы достигали 10 тыс. шт./м², что даже превышало уровень 80-х гг. прошлого века. Значение Уссурийского залива в весеннем нересте минтая оказалось существенно меньше.

Исследования, выполненные в 2022 г. позволили установить исторический максимум – более 20 тыс. шт./ м² в зал. Восток и более 5 тыс. шт./м² в Уссурийском заливе. Массовый нерест начался в первой декаде апреля, однако пик нереста отмечался, как и в предыдущие годы, в середине апреля. В третьей декаде апреля центр размножения сместился в Уссурийский залив, о чём свидетельствовали уловы с преобладанием в уловах икры на ранних стадиях развития (Буслов и др., 2022).

Таким образом, нерест минтая в зал. Петра Великого наблюдался как в зимнее, так в весеннее время, однако межгодовая изменчивость нерестовой активности столь значительна, что в отдельные периоды продолжительное время находилась на экстремально низком уровне, что, видимо, связано с изменением нерестовой биомассы, вызванным изменением климато-океанологических факторов.

Северное побережье Приморья

В данном районе существует локальное нерестилище минтая, о чём в сводной работе упоминал Н.С. Фадеев (2009). Икра в весенний период 1981–1992 гг. встречалась в уловах на акватории от пос. Преображение до м. Белкина и далее на север. Нерест начался в феврале, а пик нерестовой активности, судя по качественному составу икры, отмечался в начале апреля, когда в ихтиопланктонных сборах значительно преобладала икра на первой стадии развития. Коли-

чественно пробы невелики. Если в начале апреля в среднем улов составлял 12,3 шт./м², то в середине и конце апреля уловы сокращались в 6 раз, что свидетельствует о снижении нерестовой активности.

Побережье Западного Сахалина

Как в юго-западной части Японского моря, так и у побережья Сахалина отмечается зимний и весенний нерест (Зверькова, 1977, 2003). Выполненные в феврале-марте 1968 г. ихтиопланктонные работы показали наличие локального нерестилища у юго-западного побережья. Концентрация икры в уловах в центре превышала 100 шт./м². Данных по весеннему нересту минтая для этого периода обнаружено в литературе не было. В апреле 1981 г. у побережья западного Сахалина над глубинами 30–100 м отмечались значительные концентрации икры – более 500 шт./м², которые были пространственно разобщены на 2 ядра. В апреле-мае 1989 г. в том же районе вновь были обнаружены повышенные концентрации икры минтая, превышавшие 500 шт./м². Согласно данным Н.С. Фадеева (2009) севернее м. Ламанон в апреле-начале мая средние уловы икры составляли от 105 до 242 шт./м². Анализ качественного состава показал, что значительно преобладала икра на первой стадии развития, что свидетельствует о наличии здесь нерестилища. Исследования, выполненные у побережья западного Сахалина в этот же период, также показали высокую нерестовую активность, но средние уловы были ниже – от 72,7 до 95,3 шт./м². Икра на первой стадии значительно преобладала, на поздних стадиях отмечались единичные уловы. Южные разрезы ихтиопланктонных съёмок показали, что в уловах икра отсутствовала. Это позволило оконтурить скопления икры и подтвердить существование местного нереста минтая у побережья Сахалина, пространственно разобщенного от районов размножения минтая у о. Хоккайдо.

Межгодовая изменчивость нерестовой активности минтая у западного побережья

Сахалина, как и в зал. Петра Великого, показала смещение сроков нереста в 1980-е гг. на более позднее время и перемещение нерестилищ в более северные участки побережья по сравнению с 1960–1970-ми гг.

Побережье Японии

Известно (Tsuji 1990; Maeda et al. 1989), что размножение минтая отмечается у побережья о. Хонсю, на акватории префектур Ниигата и Тоёма. Однако основные нерестилища расположены севернее – в прибрежной зоне о. Хоккайдо, над глубинами 150–250 м в заливах Иванай и Исикари, а также у побережья Отобе и островов Ребун. Температура воды, при которой размножаются особи минтая, составляет от 2 до 3°C. Нерест протекает в зимний период – с декабря по март, пик нерестовой активности отмечен в январе-феврале. Максимальное количество икры в уловах в феврале-марте 1968 г. на отдельных станциях превышало 1000 шт./м². (Зверькова, 2003). В феврале икра развивалась при температуре воды в поверхностном слое 4–6°C, тогда как у побережья Сахалина наблюдались более суровые условия – от 0 до 2°C.

Суммируя всё изложенное, можно схематично отразить сроки размножения и расположение нерестилищ минтая в Японском море. Как видно на рисунке 1, локализация зимних нерестилищ тяготеет к тёплым водам Цусимского и Северо-Корейского течений. В северных районах моря, находящихся под влиянием холодных вод, преобладает весенний нерест.

ПРОМЫСЕЛ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ

Побережье Кореи

Промысел минтая в этом районе ведется несколько столетий, а статистика вылова насчитывает более 100 лет. В водах Республики Корея ежегодные уловы были незначительны до 1970-х гг. Несмотря на то, что для северо-бореального вида, которым является минтай, воды Республики Корея являются

южной границей ареала, с 1972 г. начался 25-летний период высоких уловов, многократно превышавших уловы предыдущих десятилетий. В это время в среднем вылов составлял 310 тыс. т, а исторический максимум был отмечен в 1986 г. – 618 тыс. т. В дальнейшем отмечалось постепенное снижение уловов вплоть до полного отсутствия минтая в водах побережья южной Кореи. В среднем ежегодно добывалось 194 тыс. т.

Статистика промысла минтая в водах КНДР известна с середины 1950-х гг. В течение 20 лет объёмы вылова изменялись от 92 до 430 тыс. т. В период с 1974 г. по 1986 г. отмечались рекордные уловы, которые изменялись от 0,5 до 1,6 млн т (Фадеев, Веспестад, 2001). В дальнейшем вылов стал снижаться с 337 тыс. т и достиг исторического минимума в 15 тыс. т (1996 г.). Объёмы вылова на уровне 60 тыс. т, сообщаемые КНДР в последние годы, скорее декларативны, что позволяет усомниться в их реалистичности. Среднегодовой вылов минтая за период 1970–2020 гг. составил 320 тыс. т.

Таким образом, в 1980-е гг. вылов минтая у побережья полуострова Корея достиг исторического максимума и составил 1,9 млн т. Для сравнения можно отметить, что этот вылов немного меньше рекордного в Охотском море, хотя Японское море имеет существенно меньшую площадь шельфа.

В качестве исходной информации для оценки запасов минтая использовались данные по возрастному составу уловов КНДР (Веденский, 1971; Гаврилов, Безлюдный, 1986; Фадеев, 2005), приведённые к суммарным уловам КНДР и Республики Корея.

Расчёты показали, что в период с 1956 по 1971 гг. промысловый запас минтая находился на стабильном уровне, варьируя от 0,5 до 0,7 млн т. Однако с 1971 по 1981 гг. наблюдался стремительный рост промысловой биомассы с 0,5 млн т до 3,7 млн т. (рис. 2). В дальнейшем произошло снижение запасов в 1987 г. до уровня 2,4 млн т. Динамика нерестового запаса также изменялась синхронно динамике

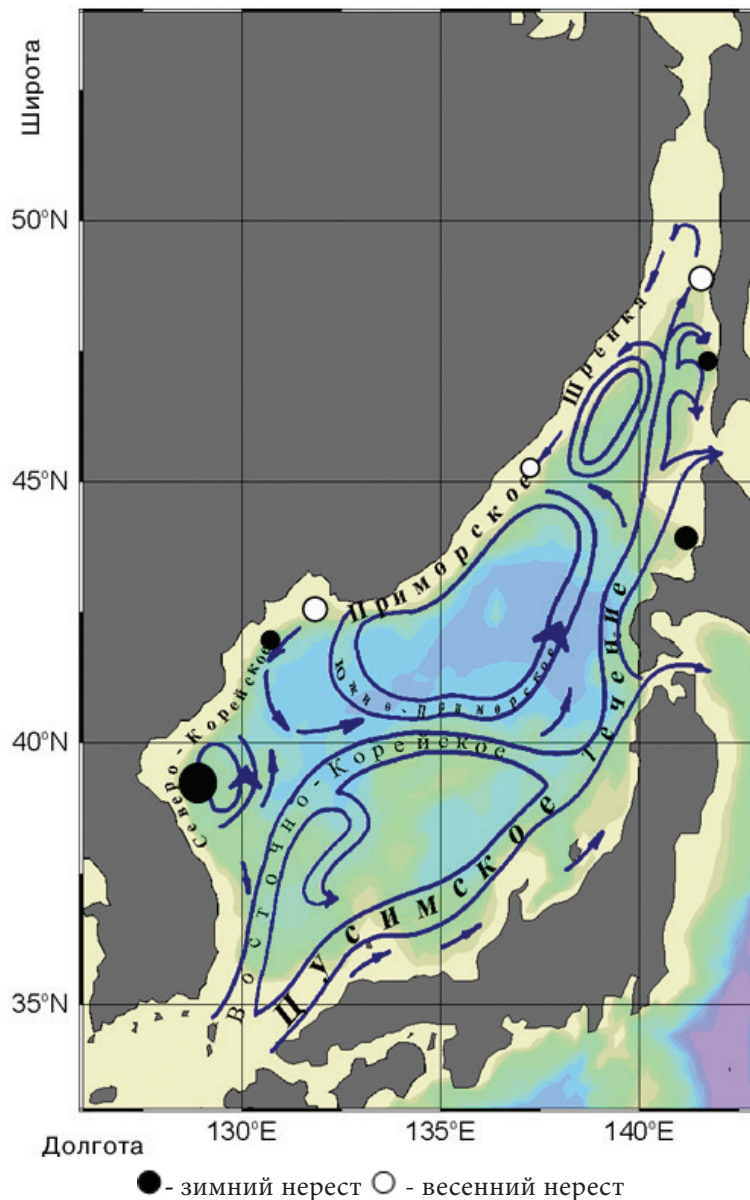


Рис. 1. Схема течений в Японском море и расположения основных центров размножения минтая.

вылова. С 1956 по 1971 гг. биомасса находилась на относительно стабильном уровне – от 0,3 до 0,5 млн т, после чего, начиная с 1972 г. наблюдался стремительный рост промыслового запаса, который достиг исторического максимума в 1981 г. и составил 3,7 млн т.

Следует отметить, что авторами настоящей статьи впервые получены данные по динамике запасов минтая для периода 1956–1987 гг. в этом районе. Отсутствие данных по возрастному составу не позволило продолжить ряд наблюдений. Отдельные упоминания

в литературе (Шунтов и др., 1993) подтверждают полученный авторами вывод о том, что в начале 1980-х гг. отмечен исторический максимум запасов.

Следовательно, максимальные уловы – 1,6 млн т и максимальный уровень запасов минтая – 3,7 млн т в водах полуострова Корея отмечены в 1981 г.

На рисунке 3 представлены данные, характеризующие изменчивость пополнений минтая в возрасте 3 года в период с 1956 по 1986 гг. С 1956 по 1971 гг. численность попол-

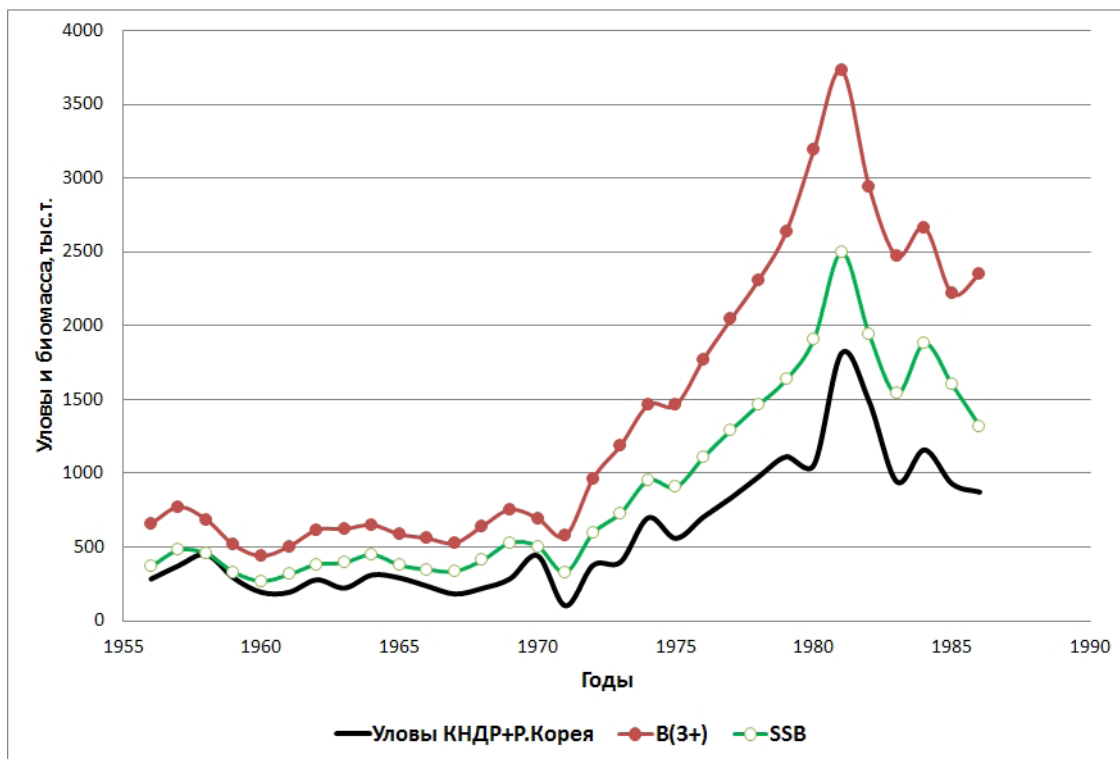


Рис. 2. Вылов, динамика биомассы промыслового (B(3+)) и нерестового (SSB) запасов минтая у побережья Кореи.

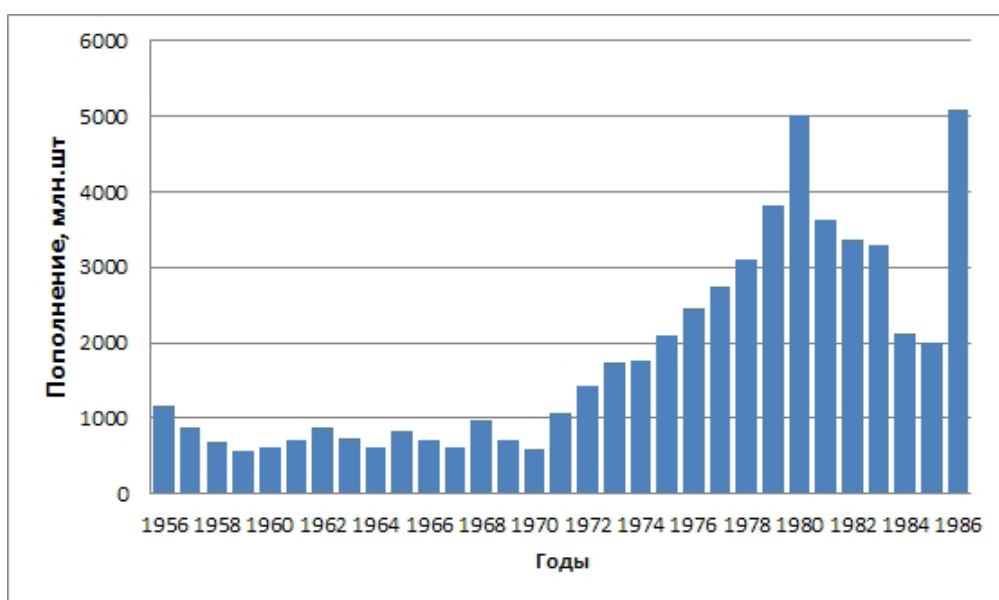


Рис. 3. Численность пополнения минтая в возрасте трёх лет у побережья КНДР.

нения находилась на низком уровне и лишь в отдельные годы несколько превышала 1 млрд шт. С 1972 г. численность пополнения

стремительно росла и в 1980 г. достигла максимума – 5 млрд шт., после чего отмечался период снижения численности до уровня

2 млрд шт. в 1985 г. В 1986 г. вновь численность пополнения достигла максимальных значений.

Таким образом, за 30-летний период появление череды урожайных поколений 1973–1977 и 1983 гг. рождения обеспечили «взрывной» рост биомассы минтая.

Высокие значения промысловой смертности, отмеченные в 1981–1982 гг. и в 1984 г. могли являться одной из причин, вызвавшей стремительное сокращение запасов (рис. 4).

Выполненные расчёты позволили впервые установить зависимость величины устойчивых уловов минтая побережья Кореи от промысловой смертности (рис. 5). Оценка максимально устойчивого улова MSY, равная 814 тыс. т, оказалась практически вдвое ниже исторического максимума ежегодных уловов. При этом полученные оценки исторических значений промысловой смертности оказались более чем в 2 раза выше оптимальных значений, что свидетельствует о имевшей место на рассмотренном интервале лет чрезмерной промысловой нагрузке.

Если, благодаря выполненным расчётам, ситуация с динамикой запасов в период после 1950-х гг. стала ясной, то вопрос об

уровне запасов в предшествующий период совершенно не изучен. Попробуем привести полученные рекордные результаты количественного учёта икры в декабре 1947 г. к современным стандартам, т.е. к шт./м² условной поверхности моря. Специальные исследования (Булатов, 1982), позволили установить, что в поверхностном 1-метровом слое в Беринговом море учитывалось всего 5–10% от общего количества икры. По данным Веденского (1949) в 1-граммовой навеске выловленной икры содержалось от 291 до 298 шт. Если определить среднее количество 295 шт. икринок, то в 8-килограммовой пробе количество икры достигало 2,35 млн шт. С учётом скорости лова и горизонтального раскрытия мальковой сети площадь облова за 10 мин. составила 700 м². (Веденский, 1949). Следовательно, максимальная концентрация икры в поверхностном слое воды в Восточно-Корейском заливе в декабре 1947 г. составляла 3357 шт./м². С учётом особенностей вертикального распределения икры минтая в зоне шельфа полученный результат, по крайней мере, необходимо умножить в 10 раз. В таком случае, при условии выполнения вертикального облова, максимальный

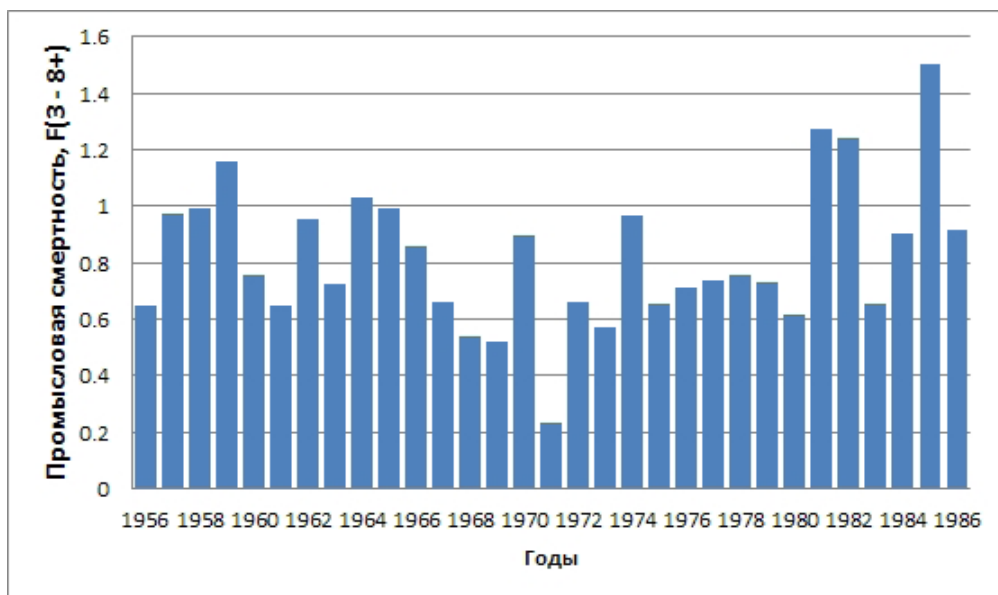


Рис. 4. Оценки промысловой смертности минтая побережья КНДР.

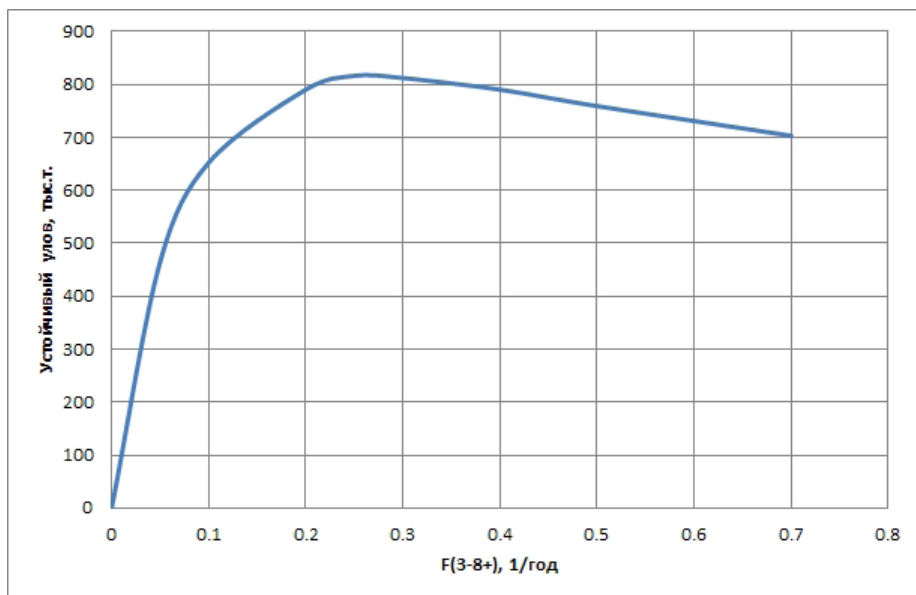


Рис. 5. Зависимость устойчивых уловов минтая побережья КНДР от промысловой смертности.

улов мог составить 33,6 тыс. шт./м². Сравним в первом приближении полученный результат с максимальными значениями уловов из других районов обитания минтая. Максимально известный улов икры минтая отмечен в 1984 г. недалеко от о. Богослова в Беринговом море – 69 тыс. шт./м². Оценка нерестового запаса показала, что нерестовая биомасса минтая в этом районе достигала тогда значительной величины – 12 млн т (Булатов, 2014). Следовательно, сравнивая эти показатели, можно с уверенностью предполагать, что биомасса нерестового запаса минтая в Восточно-Корейском заливе в декабре 1947 г. достигала уровня 5 млн т, что близко к оценкам корейских учёных (цит по: Шунтов и др., 1993).

Известно, что в северной части Тихого океана серьёзный «сдвиг климата» произошёл в 1977–1978 гг. По-нашему мнению, именно с этого периода начали ухудшаться условия воспроизводства минтая, повлекшие за собой снижение численности пополнения в возрасте 3 лет, отмеченные в 1980–1985 гг. (рис. 3).

В дальнейшем, как показали исследования корейских учёных (Jung et al., 2024), изменения океанологических условий в запад-

ной части Японского моря в конце 1980-х гг. имели еще более негативные последствия для успешного воспроизводства минтая. Авторы считают, что именно это явилось основным климатическим фактором, вызвавшим значительное снижение биомассы минтая. Изменения климата в конце 1980-х гг. хорошо документированы и наблюдались в различных морских экосистемах в северной части Тихого океана, включая северо-восточную часть Тихого океана, субтропический район течения Куроисио и корейские воды Японского моря. В конце 1980-х гг. повышение температуры воздуха и воды создало неблагоприятные условия для выживаемости минтая, что явилось причиной депрессии запасов, наблюдавшейся в течение 30 лет.

Побережье Японии

Промысел минтая в восточной части Японского моря ведётся как у побережья о. Хоккайдо, так и у о. Хонсю. В более южном районе объёмы вылова традиционно невелики. Если в 1970–1977 гг. вылов, достигая рекордных значений, составлял всего 13–28 тыс. т, то в дальнейшем, с 1978 г. вплоть до 2019 г. отмечалось 200-кратное снижение

уловов с 9 тыс. т до 44 т, что свидетельствует об исключительной неустойчивости условий для промысла.

История промысла минтая у берегов о. Хоккайдо имеет многолетнюю историю. За 50-летний период, начиная с 1970 г. по 2020 г., отмечены три периода максимальных уловов – в 1972 г. (155 тыс. т), в 1978–1980 гг. (144–169 тыс. т) и 1988–1992 гг. (132–146 тыс. т). Промысел минтая вёлся как в прибрежных районах, так и в более мористых районах (FRA-SA2020-SC03-1). Максимальные уловы в прибрежье в течение этого времени достигли максимума в 1977–1981 гг., составляя 50–57 тыс. т. В более удалённых районах трижды отмечены ежегодные уловы, превышавшие 100 тыс. т – в 1972, 1975, 1979 гг.

В дальнейшем, начиная с 1993 г. по 2019 г. общий вылов у берегов Японии сократился с 91 тыс. т до 5 тыс. т, т.е. в 18 раз, но не столь драматично, как у побережья о. Хонсю. В прибрежных и мористых районах в последние годы вылов существенно сократился и составил около 2,5 тыс. т в каждом из них. Среднегодовой вылов минтая у побережья о. Хоккайдо в период 1970–2020 гг. составил 74 тыс. т.

Расчёты, выполненные японскими специалистами (FRA-SA2020-SC03-1), с использованием метода когортного анализа с настройкой Поупа показали, что за 50-летний период промысловая биомасса исключительно высоких значений достигала в 1987–1992 гг., от 712 до 868 тыс. т., что совпало с периодом высоких уловов. Начиная с 1993 г. отмечалось постепенное снижение промыслового запаса с 600 тыс. т до 75 тыс. в 2013 г., однако появившиеся в 2013–2014 гг. многочисленные поколения явились основой для восстановления биомассы до уровня 154 тыс. т. в 2019 г.

Максимальные значения нерестового запаса отмечены с 1989 по 1993 гг. – 300 тыс. т и более. После кратковременного снижения биомассы в 1994 г. до 237 тыс. т, нерестовый запас в 1996 г. вновь превысил 300-тысячную отметку. Согласно данным японских учёных (FRA-SA2020-SC03-1) столь значительный

рост запасов обеспечили урожайные поколения 1982–1984 и 1986 годов рождения. Существенное, шести-кратное сокращение запасов началось в 1998 г. и продолжалось вплоть до 2014 г. Следует отметить, что японские учёные обнаружили первые признаки восстановления запасов, начиная с 2015 г. Так промысловый запас к 2019 г. увеличился до 154 тыс. т, а нерестовый – до 56 тыс. т.

Авторы данного сообщения в расчётах не использовали материалы до 2007 г., поскольку они не являлись фактическими («наблюдёнными»), а были получены путём перерасчёта через весовой состав уловов. Выполненные авторами расчёты по модели TISVPA показали, что в 2007–2012 гг. промысловая биомасса находилась на относительно стабильном уровне, составляя 100–130 тыс. т. Затем начался стремительный рост запасов, который в 2022 г. достиг уровня 600 тыс. т., превысив уровень 2007–2012 гг. в 5 раз (рис. 6). Ранее такой уровень запасов отмечался в 1993 г., т.е. почти 30 лет назад. Восстановление запасов до уровня выше среднеегодового значения обеспечили, согласно нашим данным, урожайные поколения 2015, 2016 и частично 2018 годов рождения (рис. 7). Однако отсутствие урожайных поколений после 2018 г. может стать причиной снижения запасов в ближайшие годы.

Следует отметить, что, несмотря на значительный рост биомассы минтая у берегов Японии в последние годы, вылов практически не изменился, оставаясь на историческом минимуме, что явилось причиной того, что значения промысловой смертности находились на исключительно низком уровне (рис. 8).

График зависимости устойчивых уловов минтая от значений промысловой смертности представлен на рисунке 9. Оценка величины максимального устойчивого улова, составившая 80 тыс. т, достигается при весьма высоком значении промысловой смертности ($F_{MSY} = 1$). Это может свидетельствовать о недоиспользовании промыслом запасов минтая в данном районе.

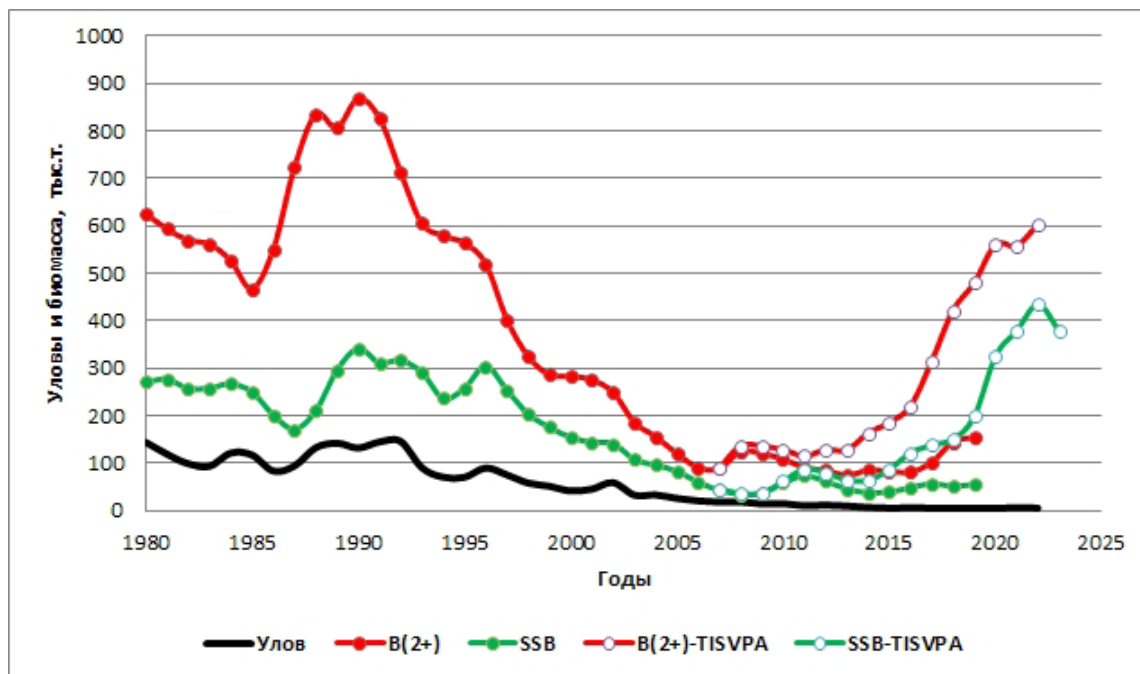


Рис. 6. Вылов, динамика промыслового (B (2+)) и нерестового (SSB) запасов минтая у побережья Японии (B (2+)-TISVPA, SSB- TISVPA – данные авторов).

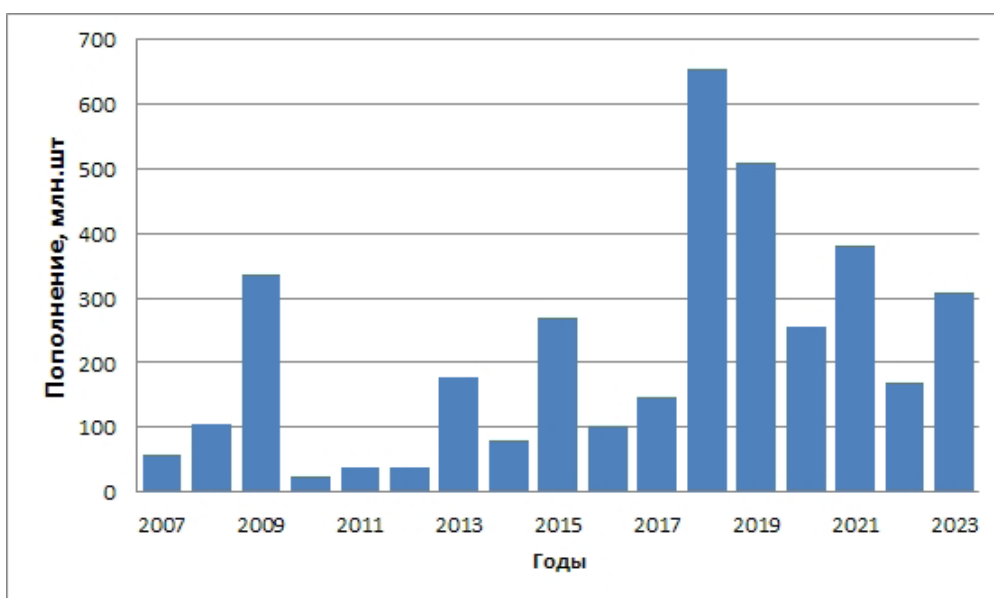


Рис. 7. Оценки пополнения минтая в возрасте трёх лет у побережья Японии.

На рисунке 10 представлены значения пополнения в зависимости от биомассы нерестового запаса минтая, обитающего у побережья о. Хоккайдо. Между этими параметрами отсутствует статистически значимая связь.

Побережье Западного Сахалина

Максимальные уловы минтая у побережья западного Сахалина в начале 1960-х гг. достигали 45 тыс. т. Следующий пик уловов отмечен в начале 1990-х гг., когда вылов пре-

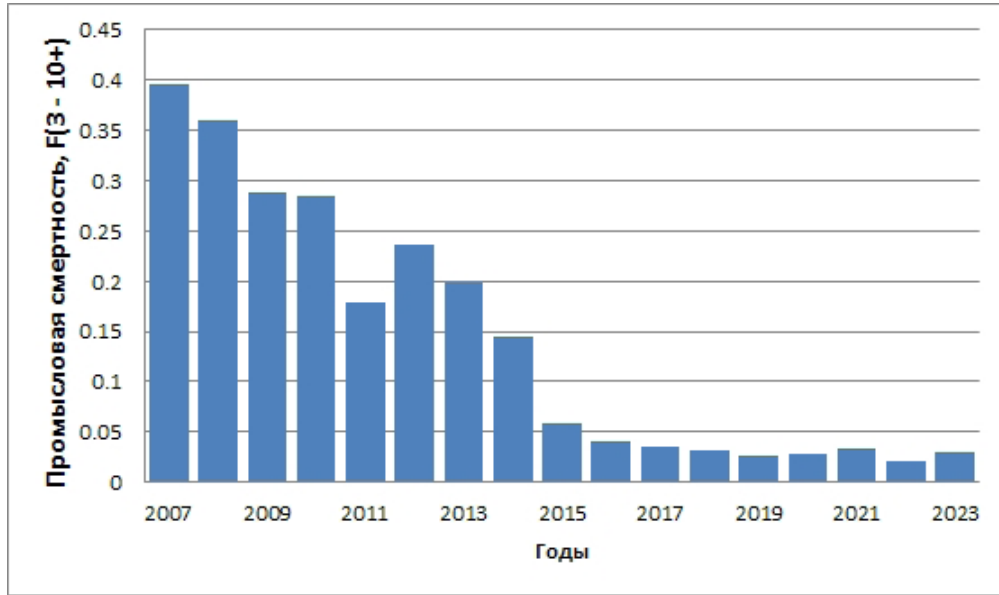


Рис. 8. Оценки промысловой смертности минтая у побережья Японии.

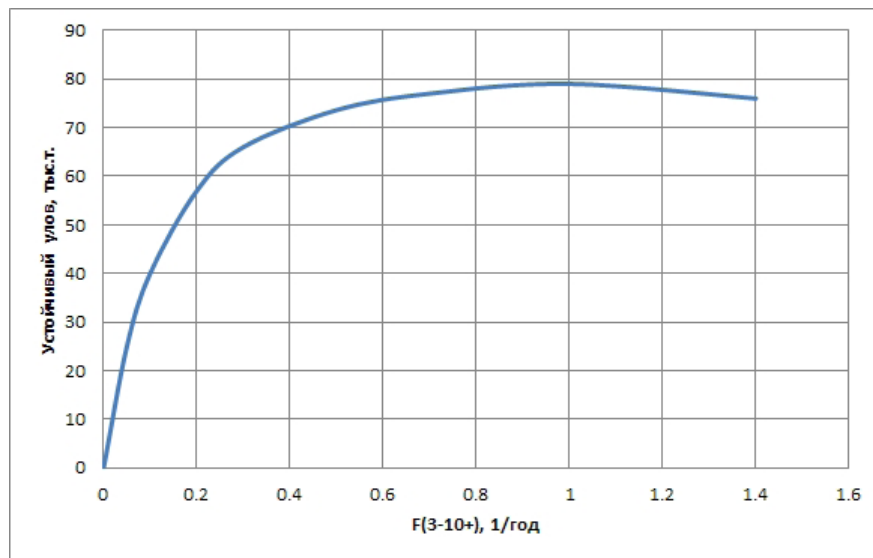


Рис. 9. Зависимость устойчивых уловов минтая у побережья Японии от промысловой смертности.

высил 30 тыс. т. Затем уловы снизились в 30 раз, и лишь в 2023 г. увеличились до 12 тыс. т. В наших расчётах по модели TISVPA использовались те же данные по степени половозрелости, средней массе и мгновенному коэффициенту естественной смертности по возрастным группам, что использовал сотрудник Сахалинского филиала (СахТИНРО) Ким Сен Ток в своих расчётах по модели

«Синтез». Согласно нашим расчётам в течение 2011–2019 гг. нерестовый запас находился на экстремально низком уровне, а в последние годы был отмечен «взрывной» рост запасов. В 2023 г. нерестовый и промысловый запасы выросли многократно по сравнению с периодом депрессии, наблюдавшейся продолжительное время, и достигли 60 тыс. т и 180 тыс. т, соответственно (рис. 11).

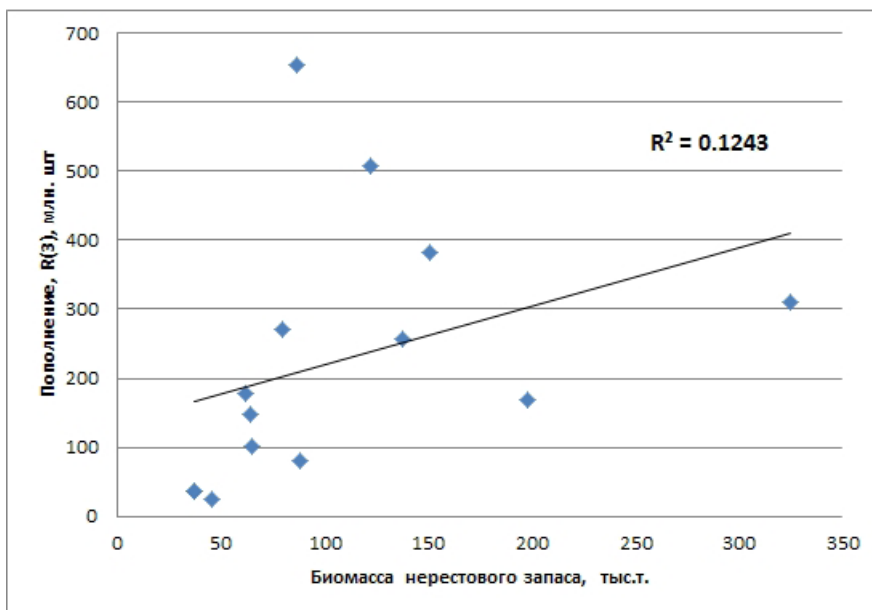


Рис. 10. Зависимость пополнения от нерестового запаса (SSB) минтая у побережья Японии.

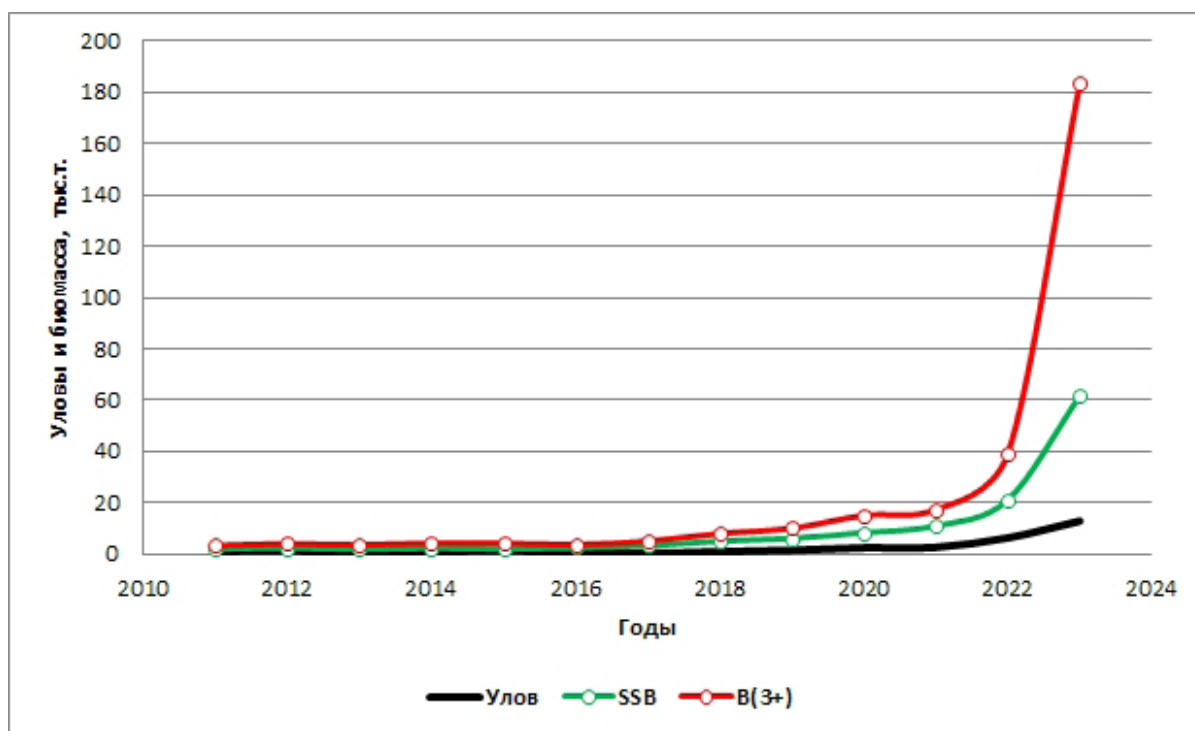


Рис. 11. Динамика вылова и запасов минтая западного Сахалина.

Согласно нашим оценкам численность пополнения минтая в возрасте одного года в 2011–2019 гг. находилась на историческом минимуме, но, начиная с 2021 г. наблюда-

лось резкое увеличение численности пополнения.

Таким образом, урожайные поколения 2020–2022 годов рождения (рис. 12) обеспе-

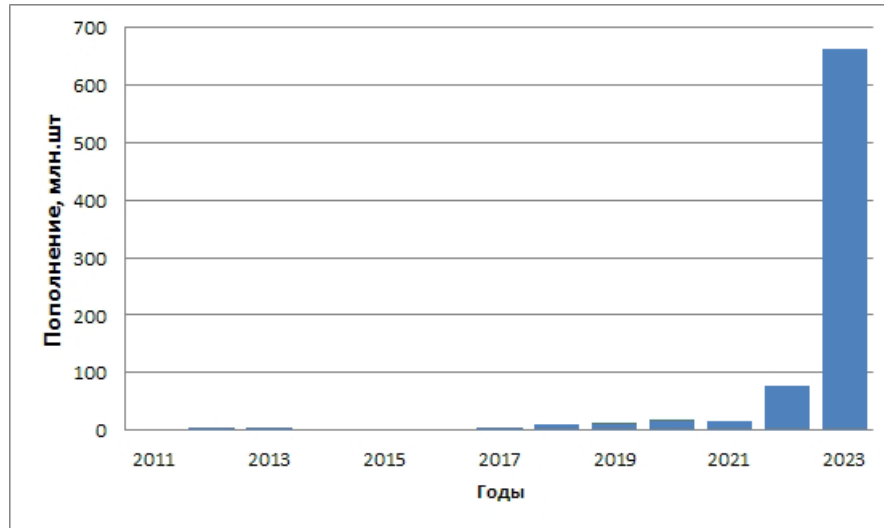


Рис. 12. Оценки пополнения минтая в возрасте трёх лет у побережья западного Сахалина.

чили «взрывной» рост промысловой биомассы в 2023 г. При низком уровне запаса, наблюдавшемся в 2011–2015 гг., показатели промысловой смертности достигали максимальных значений, несмотря на небольшой объём вылова. В 2017–2023 гг. значения промысловой смертности находились на более низком уровне (рис. 13).

Зависимость устойчивых уловов минтая западного Сахалина представлена на рисунке 14. Величина максимального устойчивого улова оценивается в 110 тыс. т. и достигается при умеренных значениях промысловой смертности ($F_{MSY} = 0,25$). Подчеркнём, что данная оценка максимального устойчивого улова относится к уловам возрастных групп двух лет и старше.

Побережье Приморья

В этом районе запасы минтая начали осваиваться промыслом, начиная с конца 1940-х гг. (Гаврилов, Безлюдный, 1986; Нуждин, 1998; Буслов и др., 2022). В 1950-е гг. вылов сдерживался в связи с отсутствием спроса (Веденский, 1971), но, начиная с 1958–1959 гг. объёмы вылова возросли до 20 тыс. т, а к 1960–1961 гг. вылов превысил 55 тыс. т. Следует отметить, что в это время значительная часть вылова относилась к западной части зал. Петра Великого.

Исторический максимум вылова минтая в подзоне Приморье отмечен в 1980 г. – 128 тыс. т. В дальнейшем отмечалось плавное снижение вылова вплоть до середины-конца 1990-х гг., когда объёмы ежегодных уловов уменьшились до 5 тыс. т. Кратковременное увеличение вылова отмечалось в 2001–2002 гг. до 16 тыс. т, однако в 2006–2009 гг. отмечались уже исторические минимумы уловов, которые не превышали 1 тыс. т. В дальнейшем эпизодически уловы достигали 12 тыс. т (2011 г.), но затем вновь снижались. Положительная тенденция роста уловов отмечается после 2016 г., когда вылов составил всего 3 тыс. т, а через пять лет достиг уровня 2001–2002 гг. В среднем ежегодный вылов составил 15 тыс. т.

В водах северного Приморья в 1977–1985 гг. существенный промысел отмечен в районе от зал. Рында до мыса Золотого. Максимальный вылов в этом районе в 1980 г. достигал 99 тыс. т, из них 45 тыс. т вылавливали японские рыбаки (Фадеев, 2009). Интенсивный промысел просуществовал всего два года и к 1986 г. объёмы вылова снизились до двух тыс. т.

А.Н. Вдовин с соавторами (2017) на основе анализа результатов учётных траловых съёмов (в расчётах коэффициент уловис-

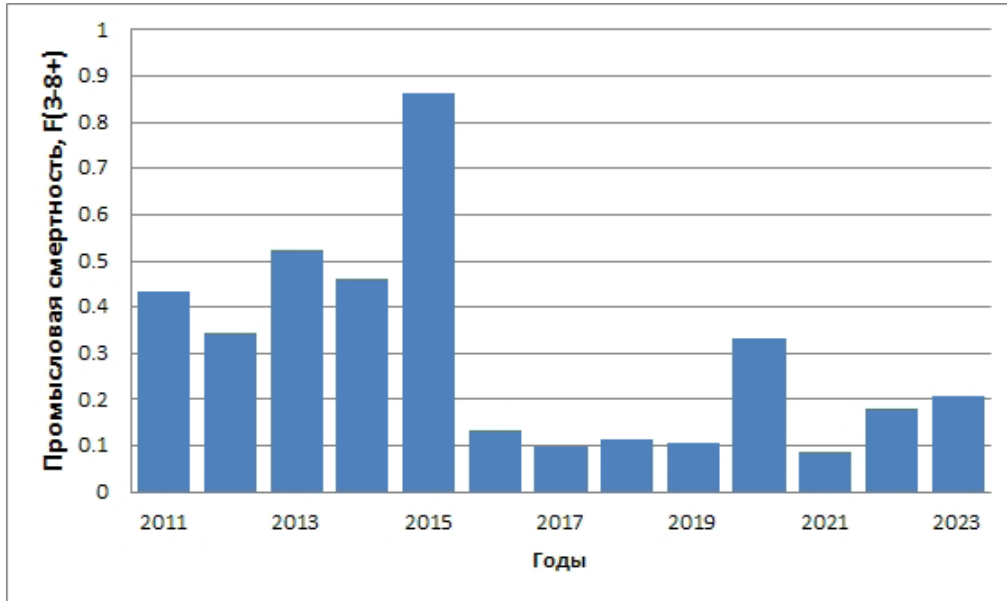


Рис. 13. Оценки промысловой смертности минтая западного Сахалина.

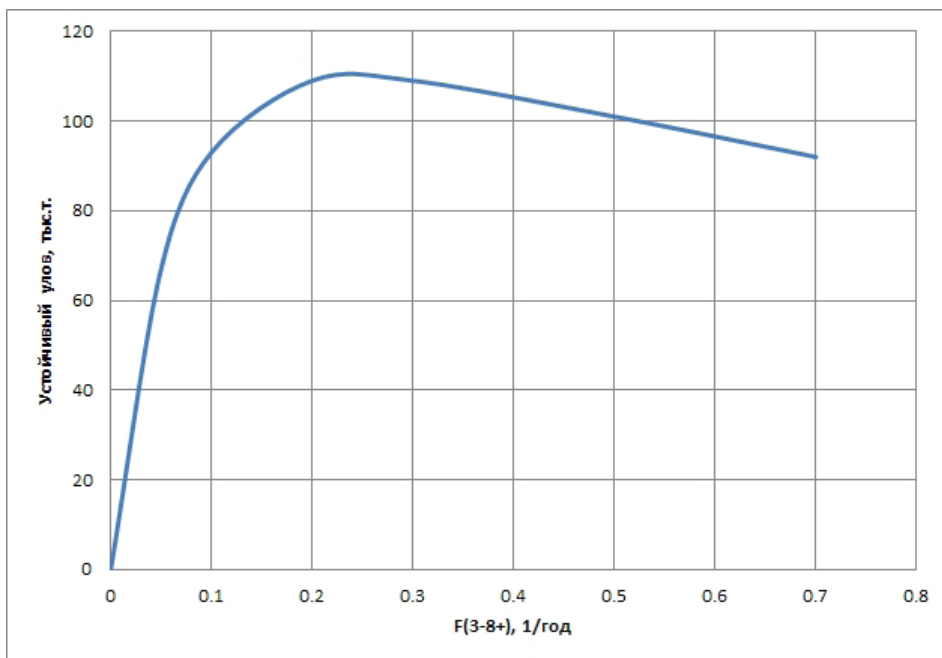


Рис. 14. Зависимость устойчивых уловов минтая западного Сахалина от промысловой смертности.

тости принят равным 0,25), выполненных в 1976–2016 гг., оценили динамику биомассы и промысловой смертности приморского минтая. Высокий и относительно стабильный уровень запасов отмечался 1978–1986 гг. (в среднем 308 тыс. т.), в дальнейшем наблюдалось

снижение биомассы более чем в 2 раза. Максимальные значения отмечены в 1979 и 1982 гг. (около 360 тыс. т.), а также в 2000 г. – около 330 тыс. т. В период с 2000 по 2015 гг. промысловый запас изменялся от 90 до 30 тыс. т. На основании полученных результатов авто-

рами был сделан прогноз изменения запасов. По их мнению, к 2020 г. запасы приморского минтая должны были восстановиться до уровня 180 тыс. т.

Согласно данным А.В. Буслова с соавторами (2022) динамика промыслового запаса характеризовалась высокой степенью изменчивости. В 1980 г. биомасса составляла 275 тыс. т, после чего наблюдалось стремительное её снижение до 115 тыс. т в 1984 г., а в следующем году произошел дву-кратный рост запасов, который вновь сменился постепенным снижением биомассы до 29 тыс. т в 1995 г. После достижения в 2000–2003 гг. относительно высоких значений – 100 тыс. т и более, в 2004–2009 гг. запасы достигли экстремально низкого уровня – от 8 до 17 тыс. т. В последние годы ситуация с запасами также не отличалась стабильностью. После исторического максимума – 465 тыс. т, отмеченного в 2019 г., биомасса вновь резко сократилась и достигла 157 тыс. т в 2022 г.

Расчёты, выполненные авторами, показали, что период депрессии запасов завершился в 2016 г., после чего был отмечен «взрывной» рост биомассы и в настоящее время нерестовый запас превысил 200 тыс. т. (рис. 15). Отметим, что результаты наших расчётов позволили подтвердить прогнозируемый А.Н. Вдовиным с соавторами (2017) рост запасов к 2020 г. Однако, запасы до прогнозируемого уровня восстановились несколько позже – в 2023 г.

Следует отметить, что наши результаты оценки запасов оказались близки к результатам сотрудников Тихоокеанского филиала (ТИНРО) Е.Е. Овсянникова, А.В. Смирнова и А.Е. Жильцова. Указанные авторы, применив в расчётах продукционную модель Combi (Бабаян и др., 2018), также обнаружили значительный рост биомассы промыслового запаса, который с 5 тыс. т. в 2008 г. вырос до 243 тыс. т. в 2022 г. Полученные нами оценки пополнения показали, что за 30-летний период отмечались 3 урожайных поколения, оказавших влияние на запасы – 1997,

2006 и 2014 годов рождения (рис. 16). Следует отметить, что поколения 2017–2022 гг. рождения относятся к малочисленным, поэтому в ближайшие годы следует ожидать снижения запасов минтая.

Промысловая смертность минтая зал. Петра Великого представлена на рисунке 17. Высокий уровень промысловой смертности отмечен для периода низких значений биомассы в 1992–2012 годах (рис. 17). Низкая промысловая смертность, отмеченная в 2015–2023 гг., объясняется недостаточным промысловым освоением запасов.

Анализ зависимости численности пополнения от биомассы нерестового запаса минтая зал. Петра Великого показал, что между этими явлениями отсутствует статистически значимая связь (рис. 18).

Таким образом, и в этом районе обитания минтая не обнаружена зависимость численности пополнения от биомассы нерестового запаса.

Зависимость устойчивых уловов минтая зал. Петра Великого представлена на рисунке 19. Оценка величины максимального устойчивого улова составляет около 18 тыс. т. и достигается при значениях промысловой смертности ($F_{MSY} = 0,2$), что примерно соответствует промысловой смертности последних лет.

Характеризуя динамику промысла минтая в Японском море на протяжении 50-летнего периода, следует отметить, что, начиная с 1970 г. вылов стремительно увеличился и достиг в 1981 г. 2,1 млн т. Основным «игроком» в добыче минтая являлась КНДР, огромный вылов (1,6 млн т) которой обеспечила череда урожайных поколений минтая 1973–1977 гг. рождения. В дальнейшем отмечалось снижение численности пополнения, которое привело к сокращению запасов.

Суммарный вылов минтая 4 странами (Республикой Корея, КНДР, Японией и РФ) после 1981 г. стал стремительно снижаться и достиг исторического минимума

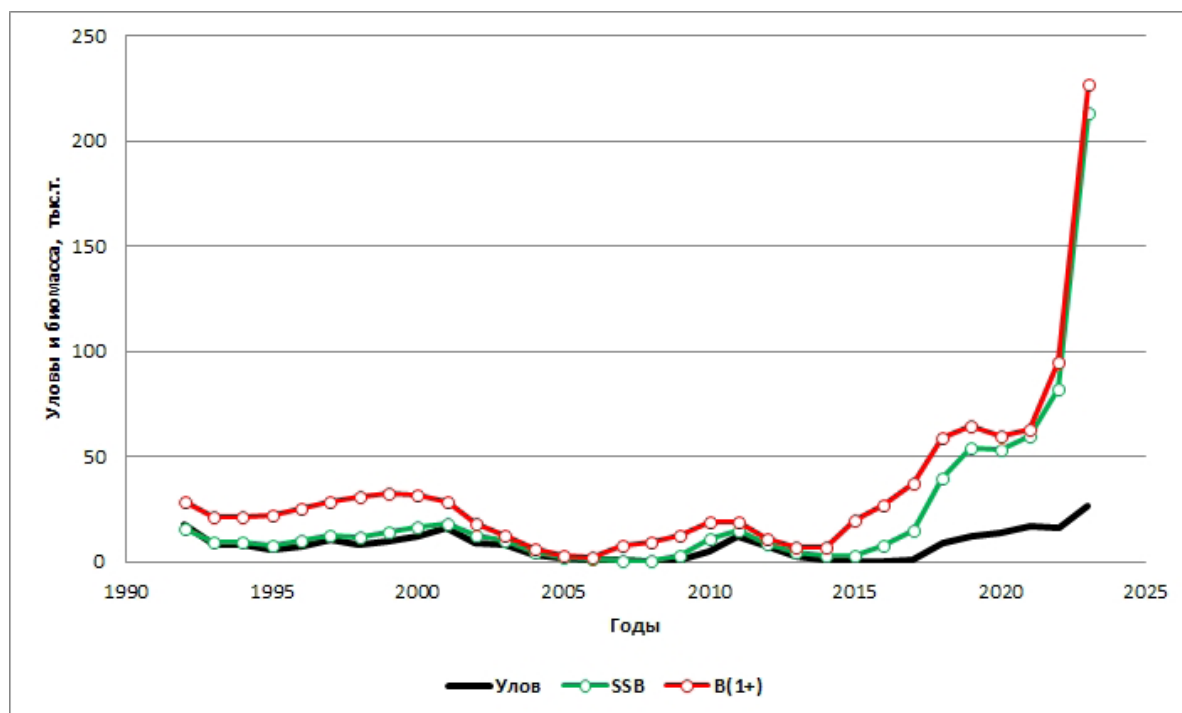


Рис. 15. Вылов, динамика биомассы общего (B (1+)) и нерестового (SSB) запасов минтая зал. Петра Великого.

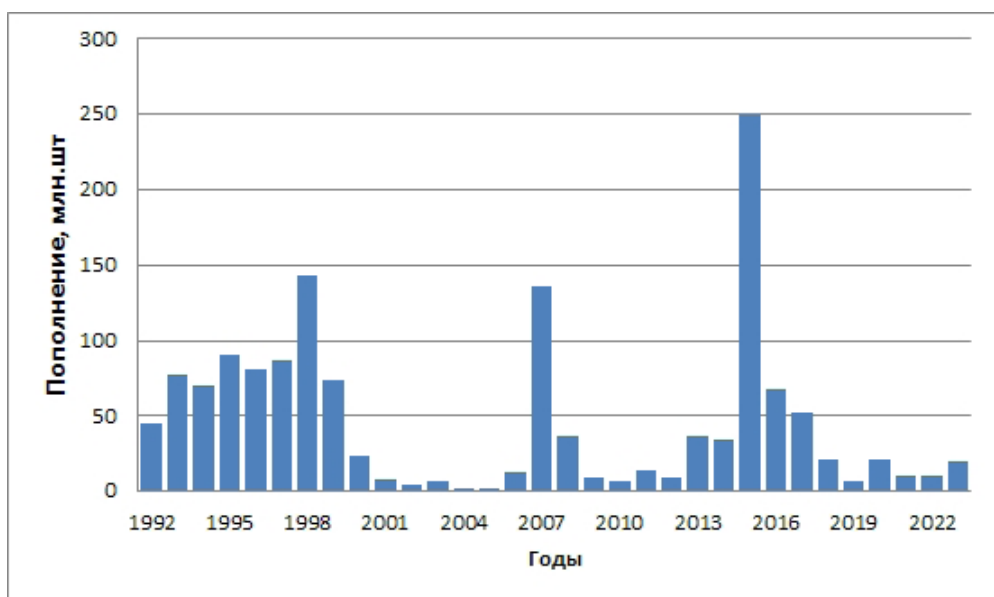


Рис. 16. Оценки пополнения минтая зал. Петра Великого в возрасте одного года.

в 2007 г. (рис. 20), снизившись более, чем в 20 раз, и составив величину в 100 тыс. т. Период депрессии запасов продолжался более 20 лет и захватил все районы обитания минтая. В некоторых районах, напри-

мер, в Республике Корея, минтай на долгие годы вообще исчез из промысловых уловов. В экономической зоне России в период депрессии запасов ежегодный вылов минтая составлял всего 1–2 тыс. т.

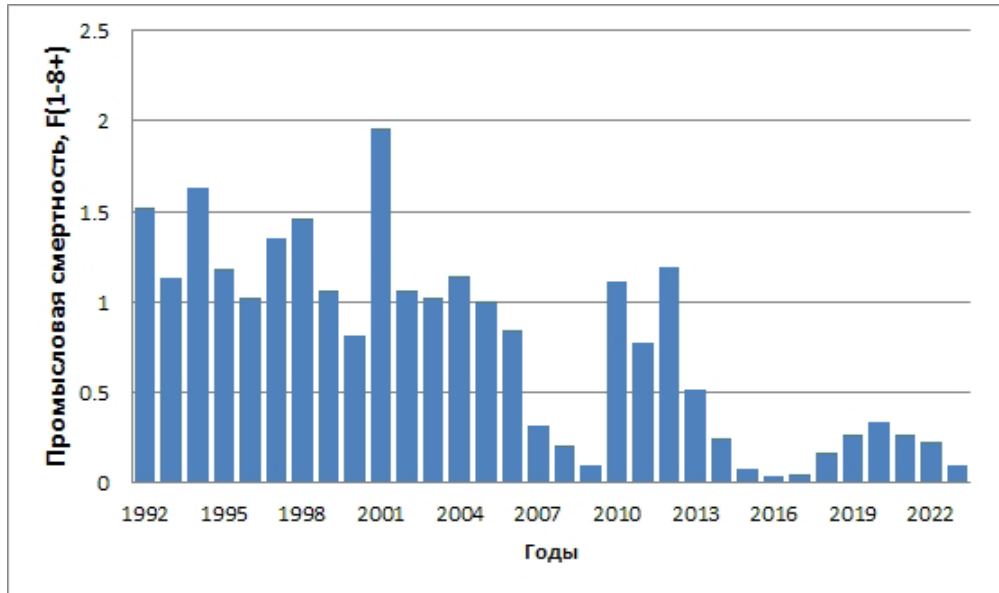


Рис. 17. Оценки промысловой смертности минтая зал. Петра Великого.

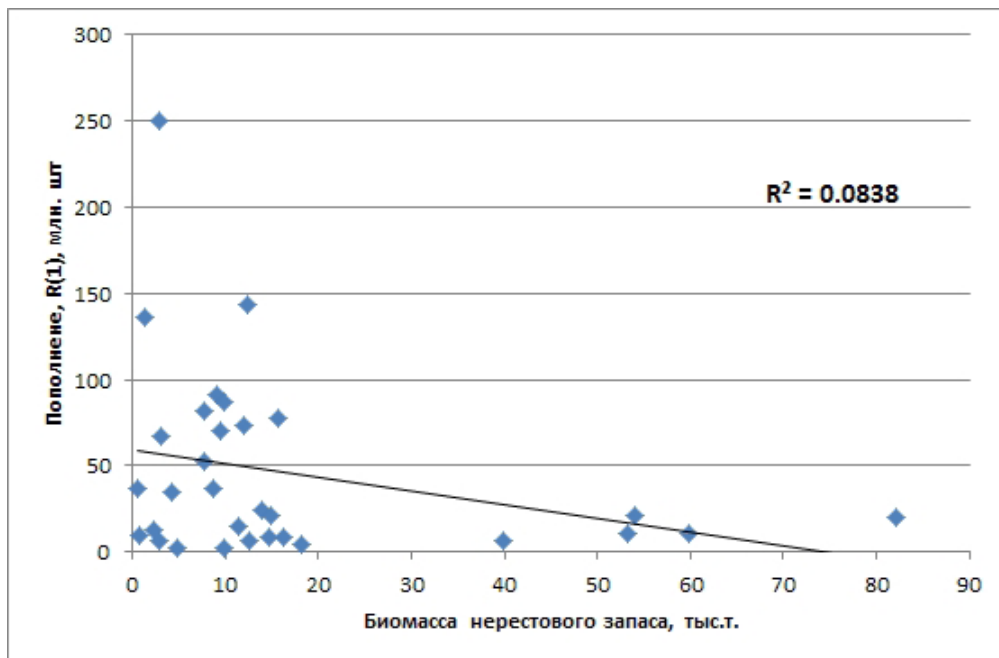


Рис. 18. Зависимость численности пополнения минтая зал. Петра Великого в возрасте одного года от нерестового запаса (SSB).

Основной причиной, повлиявшей на резкое снижение вылова в Японском море, являлось резкое потепление климата, известное как «сдвиг климата» (climate shift), которое наблюдалось в северной части Тихого океана в 1977–1978 гг. и в конце 1980-х гг., что привело

к появлению ряда неурожайных поколений. Кстати, именно в период первого «сдвига климата» в восточной части Берингова моря появилось сверхурожайное поколение, которое привело к «взрывному» росту запасов богословского и шельфового минтая. Это подт-

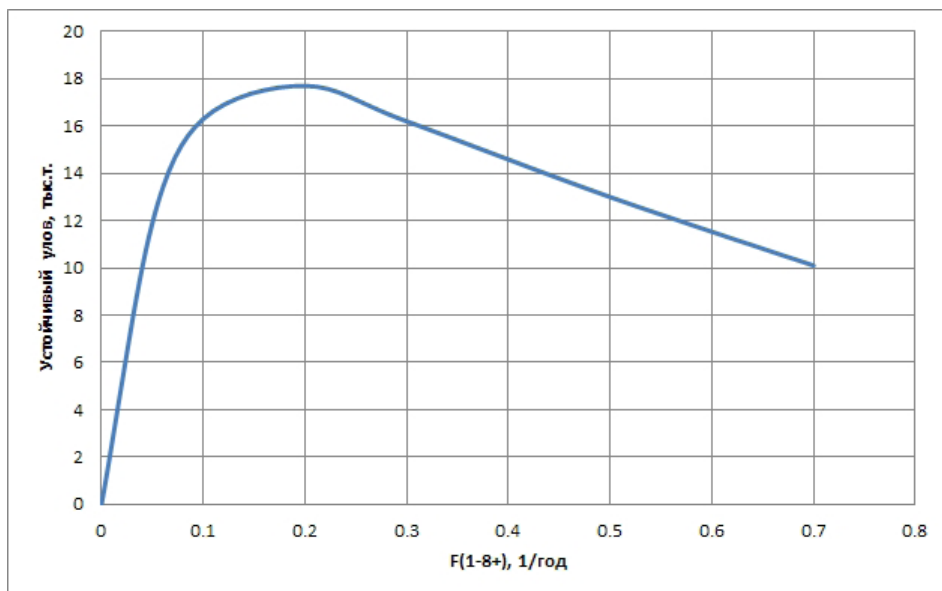


Рис. 19. Зависимость устойчивых уловов минтая зал. Петра Великого от промысловой смертности.

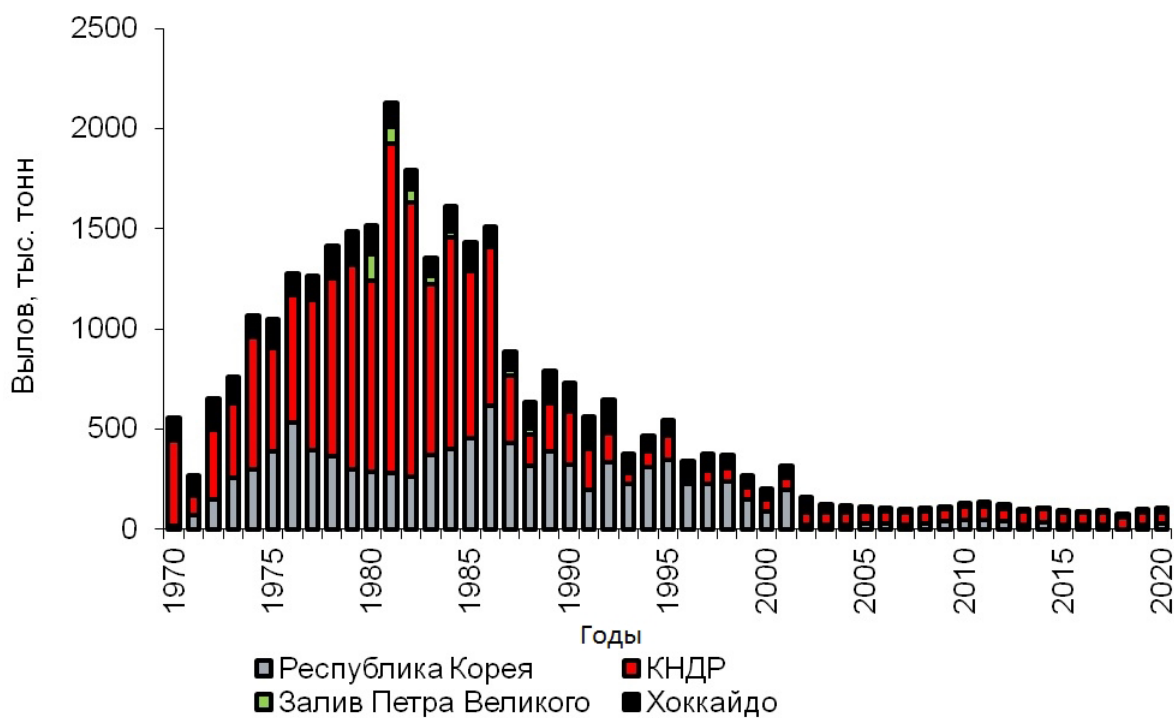


Рис. 20. Промысел минтая в Японском море прибрежными государствами в 1970–2020 гг.

верждает гипотезу о том, что положительные фазы климата благоприятны для северных популяций, но оказывают негативное влияние на запасы южных популяций. И это неудивительно, так как минтай, являясь бореальным

видом, занимает в южной части Японского моря южную границу ареала.

Сведения о размножении и изменчивости состояния запасов минтая Японского моря характеризующие особенности нереста

и их масштабы каждой единицы запасов, представлены в таблице 4.

Следует отметить, что неустойчивость состояния запасов и, как следствие, значительная изменчивость объёмов промысла характерны для всех единиц минтая, обитающих в Японском море. При наступлении потепления зимний нерест минтая практически прекращается, а весенний, наоборот, начинает превалировать.

Результаты расчётов, выполненных авторами в соответствии с концепцией максимального устойчивого улова (MSY), позволили оценить параметры запасов и теоретически обосновать возможное воздействие промысла на различные единицы запасов минтая, обитающего в Японском море (табл. 5).

Оценка промыслового потенциала минтая Японского моря, основанная на значениях максимальных устойчивых уловов, суммарно составила около 1 млн т. При этом

«львиная доля» приходится на восточно-корейский запас.

Для хоккайдской единицы запаса нерестовая биомасса до 2005 г. в целом превышала SSB_{MSY} , что позволяло в некоторые годы изымать уловы по объёму больше, чем рекомендовано MSY. По нашим расчётам, с 2015 г. запас снова стал превышать SSB_{MSY} , уловы же пока остались на низком уровне.

У западно-сахалинского запаса в последние годы наблюдается резкий рост биомассы, однако нерестовый запас достиг лишь 13% от SSB_{MSY} , что пока не позволило безопасно для запаса достичь более высокого вылова в 2023 г. более чем 12 тыс. т.

Расчёты подтвердили, что период депрессии единицы запаса зал. Петра Великого прекратился, и в настоящее время биомасса нерестового запаса более чем в 2 раза превысила уровень SSB_{MSY} , что открывает перспективы для значительного увеличения объёмов вылова.

Таблица 4. Размножение и изменчивость запасов минтая Японского моря

Параметр	Республика Корея	КНДР	Приморье	Западный Сахалин	Япония
Нерест	зимний	зимний	зимний, весенний	зимний, весенний	зимний
Масштабы нереста	незначительные	значительные	умеренные	умеренные	умеренные
Изменчивость запасов	значительная	значительная	значительная	значительная	значительная

Таблица 5. Параметры запасов и промысла, соответствующие концепции MSY

Единица запаса	MSY, тыс.т.	SSB_{MSY} , тыс.т.	F_{MSY} , 1/год
Восточно-корейская	814	3600	0,25
Хоккайдская	80	100	1,0
Западно-сахалинская	110	450	0,25
Зал. Петра Великого	18	80	0,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение 50-летнего периода промысла минтая в Японском море с 1970 по 2020 гг., исторический максимум, составивший 2,1 млн т, отмечен в 1981 г. и основан на многочисленных поколениях 1973–1977 годов рождения.

Стремительное сокращение запасов в период с 1982 по 2000 гг. произошло из-за появления череды неурожайных поколений, вызванных резким потеплением климата, известным как «сдвиг климата» (climate shift), которые наблюдались в северной части Тихого океана в 1977–1978 гг. и в конце 80-х гг.

Полученные результаты показали, что для минтая, обитающего у побережья западного Сахалина, Приморья и Хоккайдо, в последние годы сложились благоприятные климатические условия, которые положительно повлияли на появление урожайных поколений в последние годы. Достоверная информация о динамике запасов минтая в экономической зоне КНДР отсутствует, но, вероятно, и в этом районе тоже условия для воспроизводства были благоприятные.

Оценка промыслового потенциала минтая Японского моря, основанная на значениях максимальных устойчивых уловов всех единиц запасов, составила значительную величину – 1 млн т, что, однако примерно вдвое меньше, чем исторический максимум уловов. При этом необходимо учитывать, что полученная оценка промыслового потенциала по своей сути является среднесрочной величиной. При условии, когда для определённых единиц запасов складываются исключительно благоприятные условия для воспроизводства, биомасса может увеличиться «взрывным» образом и превысить уровень SSB_{MSY} , как это имело место в прошлом и происходит в настоящее время у побережья Японии, западного Сахалина и в зал. Петра Великого. В таком случае рекомендуемый вылов может существенно превышать теоретически рассчитанную величину MSY .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабаян В.К., Бобырев А.Е., Булгакова Т.И., Васильев Д.А. и др. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. 312 с.

Булатов О.А. Сравнительный анализ результатов поверхностных и вертикальных ловов сетью ИКС-80 // Биол. Моря. 1982. Вып. 6. С. 46–49

Булатов О.А. Промысел и запасы минтая *Theragra chalcogramma*: возможна ли турбуленция? // Вопр. рыболовства. 2014. Т. 15. № 4. С. 350–390.

Булатов О.А., Васильев Д.А. Регулирование промысла минтая: «предосторожный подход» или максимальный устойчивый улов? // Вопр. рыболовства. 2023. Т. 24. № 3. С. 7–20.

Буслов А.В., Байталюк А.А., Овсянников Е.Е., Смирнов А.В. Воспроизводство, ресурсы и промысел минтая зал. Петра Великого в современный период // Тр. ВНИРО. 2022. Т. 189. С. 145–161.

Васильев Д.А. Методическое пособие по применению модели TISVPA для оценки запасов промысловых рыб // М.: Изд-во ВНИРО. 2015. 125 с.

Вдовин А.Н., Четырбоцкий А.Н., Нуждин В.В. Динамика численности приморского минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814 (Gadiformes: Gadidae) в Японском море // Биология моря. 2017. Т. 43. №5. С. 321–328.

Веденский А.П. Опыт поисков скоплений минтая по плавающей икре. // Изв. ТИНРО. 1949. Т. 29. С. 35–49.

Веденский А.П. О локальности и особенностях формирования нерестовых скоплений минтая западной части Японского моря. // Изв. ТИНРО. 1971. Т. 79. С. 42–57.

Гаврилов Г.М., Безлюдный А.М. Динамика численности минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) юго-западной части Японского моря // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО, 1986. С. 5–28.

ЕСИМО. Единая Государственная система информации об обстановке в Мировом океане.

- http://portal.esimo.ferhri.ru/portal/portal/poi/main_pacificKISWindow;jsessionid=51D4418D27C12AB029F766928095FF0C?action=2&uri=%2Fjapan%2Fhydrology%2F%3F5%2F
- Зверькова Л.М. Созревание, плодовитость и районы размножения минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) северо-западной части Японского моря // Вопр. ихтиологии. 1977. Т. 17. Вып. 3. С. 462–468.
- Зверькова Л.М. Минтай. Биология, состояние запасов. Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. 248 с.
- Кагановская С.М. Новые данные по минтаю залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 1951. Т. 34. С. 81–87.
- Кагановская С.М. О распределении икры и личинок некоторых рыб в зал. Петра Великого // Изв. ТИНРО. 1954. Т. 42. С. 165–175.
- Нуждин В.А. Минтай северо-западной части Японского моря – особенности биологии, размножения, промысел // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 123. С. 53–73.
- Нуждин В.А. Биология и состояние запасов минтая *Theragra chalcogramma* в водах Приморья // Автореф. дисс... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. 24 с.
- Фадеев Н.С. Биология и промысел минтая Восточно-Корейского залива // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 142. С. 113–133.
- Фадеев Н.С. Минтай Японского моря. Сроки и районы нереста, популяционный состав // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 70–100.
- Фадеев Н.С., Веспестад В. Обзор промысла минтая // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 128. С. 58–74.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. Минтай в экосистеме дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО, 1993. 425 с.
- Bang M., Kang S., Kim S., Jang C.J. Changes in the Biological Characteristics of Walleye Pollock Related to Demographic Changes in the East Sea During the Late 20th Century // Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science 10:91–99, 2018 <https://doi.org/10.1002/mcf2.10004>
- FRA-SA2020-SC03-1. Stock Assessment of Walleye Pollock Northern Sea of Japan Stock in 2020 // http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/peer_review/2020/39.pdf. 89 p.
- Gong Y., Zhang C. The Pollock (*Theragra chalcogramma*) stock in Korean waters // Int. North Pac. Fish. Com. Bull. 1986. Vol. 45. P. 21–38.
- ICES. ICES fisheries management reference points for category 1 and 2 stocks. Technical Guidelines // Report of the ICES Advisory Committee. 2021. ICES Advice 2021. Section 16.4.3.1. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7891>.
- Jung H.K., Park J.W., Yang J.H. et al. The Long-Term Dynamics of Walleye Pollock Stocks in Relation to Oceanographic // Changes in the East Sea Water. 2024. V. 16. P. 955. <https://doi.org/10.3390/w16070955>
- Kang S., Kim S. What caused the collapse of walleye Pollock populations in Korean waters? // Int. J. Marine Affairs and Fish. 2015. V. 7. Issue 1. P. 43–58.
- Kangsu S., Chung-Il L., Hae-Kun J. Long Term Changes in Sea Surface Temperature Around Habitat Ground of Walleye Pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the East Sea // J. the Korean Society of Marine Environment & Safety Research Paper. 2020. Vol. 26. No. 2. P. 195–205. <https://doi.org/10.7837>.
- Kim Y-Y, Kang Y-K, Lee S-T. et al. Potential Impact of Late 1980s Regime Shift on the Collapse of Walleye Pollock Catch in the Western East / Japan Sea // Front. Mar. Sci. 2022. 9:802748. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.802748>.
- Kim J-G., Kim J-S. Climate Change and Depletion of Walleye Pollock Resources in the East Sea // J. Environ. Health Sci. 2018. V. 44 N. 3. P. 259–266. <https://doi.org/10.5668/JEHS.2018.44.3.259>
- Maeda T., Nakatani T., Takahashi T. et. al. Hokkaido nanseibu no nihonkaigan ni okeru suketoudara no kaihi ni tsuite (Migration of walleye pollock along the Sea of Japan off the Southwest of Hokkaido). // Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanography. 1989. V. 53. P. 38–43.
- Tsuji S. Alaska pollack population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, II// Reproductive ecology and problems in population studies. Mar. Behav. Physiol. 1990. V. 16. P. 61–107.
- Vasilyev D. Key aspects of robust fish stock assessment. M.: VNIRO Publ. 2005. 105 p.

REVIEWS

**POLLOCK SPAWNING, STOCKS AND FISHERY
IN THE SEA OF JAPAN/EAST SEA**

© 2024 y. O.A. Bulatov, D.A. Vasilyev

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Russia, Moscow, 105187*

During the 50-year period of pollock fishery from 1970 to 2020, the historical maximum catch of 2,1 million tons was recorded in 1981 and is based on numerous generations born in 1973–1977. The rapid decline in stocks between 1982 and 2000 was due to the emergence of a series of weak generations caused by a climate change, known as the «climate shift», which was observed in the North Pacific Ocean in 1977–1978 and in the end of 80s. The results showed that favorable climatic conditions have developed in recent years for pollock living off the coast of western Sakhalin, Primorye and Hokkaido, which have allowed a positive impact on the emergence of high abundance generations. There is no reliable information on the dynamics of pollock stocks in the economic zone of the DPRK, but probably conditions for reproduction were favorable in this area, too. The assessment of the fishing potential of pollock in the Sea of Japan, based on the values of maximum sustainable yield for all units of stocks, amounted to a significant value – more than 1 million tons. However, this value has an average long-term meaning and is theoretically possible if favorable conditions for the emergence of productive generations of pollock occur with the same frequency as in retrospective, along with maintaining rational level of fishing.

Key words: walleye Pollock, spawning, fishery, climate, stock assessment.