

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 639.2.053.7.001.57 (262.54)

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОДУКЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
(ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММЫ СОМВИ 3.0) ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕМОВ
РЕКОМЕНДОВАННОГО ВЫЛОВА АЗОВСКОЙ ХАМСЫ И БЫЧКОВ**

© 2017 г. В.А. Шляхов, О.А. Петренко, В.П. Надолинский*, У.Н. Александрова*

*Южный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, Керчь, 298300*

**Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,
Ростов-на-Дону, 344002
E-mail: vladshlyahov@rambler.ru*

Поступила в редакцию 25.08.2016 г.

По материалам рыбопромысловой статистики и мониторинга промысла, проведенного ЮгНИРО и АзНИИРХ в 2000–2014 гг., выполнены оценки уловов на единицу промыслового усилия и промысловых усилий для российского и украинского промысла азовской хамсы *Engraulis encrasicolus maeoticus* кошельковыми неводами и разноглубинными тралами и азовских бычков сем. Gobiidae — бычковыми драгами. Эти оценки использованы для обоснования и расчета их рекомендуемого вылова на основе прикладной программы СОМВИ 3.0, представленной ВНИРО в г. Сочи в октябре 2015 г. на Отраслевом методологическом семинаре по изучению современных методов оценки состояния запасов и рационального использования водных биологических ресурсов. Описаны особенности работы с программой в части принятия решений относительно выбора наилучшего варианта расчетов. Показана перспективность динамических продукционных моделей применительно к короткоцикловым промысловым рыбам Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна.

Ключевые слова: хамса, бычки, промысловые усилия, улов на стандартное усилие, вылов, запас, продукционные модели, Азовское и Черное моря.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных функций Российско-украинской комиссии по вопросам рыболовства в Азовском море (РУК) является разработка и согласование мер по регулированию промысла водных биологических ресурсов Азовского моря на основе наилучших имеющихся научных данных. При определении запасов важнейших промысловых короткоцикловых рыб, к числу которых относятся азовская хамса *Engraulis encrasicolus maeoticus* и бычки сем. Gobiidae, РУК использует исключительно эмпирические методы (площадной метод по данным учетных съемок лампарой, тралами и бычковыми драгами). В отличие от аналитических методов, основанных на анализе промы-

слово-биологических данных, эти методы не обеспечивают в должной мере выполнение современных требований к обоснованию величины общего допустимого улова (ОДУ) или же рекомендуемого объема добычи/вылова (РВ), таких как оценка ориентиров управления, обоснование правила регулирования промысла (ПРП), оценка эффективности принятой схемы управления. Применению аналитических методов отводится дублирующая роль на случай срыва базовой учетной съемки или ее непоказательности. Такая ситуация является следствием как объективных причин (искажение и неполнота национальных статистических данных, отсутствие оценок незаконного, нерегулируемого и несообщаемого (ННН) промысла и

пр.), так и плохой методической подготовленности специалистов, занимающихся оценением запасов и разработкой обоснований РВ промысловых рыб Азовского моря в части применения современных математических методов и моделей, использующихся в отечественной и мировой рыбохозяйственной практике. Между тем имеющаяся в распоряжении или доступная РУК информация обеспечивает проведение как минимум ограниченного аналитического оценивания состояния запаса и РВ азовских популяций хамсы и бычков.

Цель настоящей работы — показать возможности динамических производственных моделей для обоснований рекомендаций к региональному управлению азовскими запасами важнейших промысловых рыб при использовании прикладной программы СОМВІ 3.0 (Бабаян и др., 2011). Эта программа разработана в лаборатории системного анализа водных биологических ресурсов ВНИРО (далее — разработчик) и рекомен-

дована к применению Отраслевым методологическим семинаром по изучению современных методов оценки состояния запасов и рационального использования водных биологических ресурсов, прошедшем в октябре 2015 г. в г. Сочи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Статистические сведения о вылове хамсы (хамсы азовской) и бычков в морских районах за 2000–2014 гг. взяты из отчетов Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства и органов рыбоохраны Госрыбгентства Украины. Использованы оценки ЮгНИРО и АзНИИРХ усилий и уловов на усилии азовской хамсы и бычков на промысле, а также их запасов по данным учетных съемок (табл. 1–3). Сведения о принятых РУК оценках запасов этих рыб и общесейсовых РВ взяты из протоколов XVI–XXVII сессий РУК.

Таблица 1. Вылов (*C*), промысловые усилия (*E*) и уловы на единицу усилия (средний вылов на одно судно за год, *U*) хамсы (азовской хамсы) в Азовском и Черном морях в 2000–2013 гг.

Год	<i>C</i> , т			<i>E</i> , число судов			<i>U</i> , т		
	Крым	Кавказ	Всего	Крым	Кавказ	Всего	Крым	Кавказ	В среднем
2000	8671,0	4222,0	12893,0	15,8	13,1	29,0	321	505	445
2001	9753,0	7459,0	17212,0	15,9	15,0	30,9	496	603	557
2002	6202,0	9192,4	15394,4	11,9	17,2	29,1	534	521	529
2003	4824,0	6936,1	11760,1	12,7	15,8	28,5	438	375	412
2004	3696,0	7322,8	11018,8	8,2	18,6	26,8	394	447	412
2005	732,0	5997,9	6729,9	4,9	21,9	26,7	274	66	252
2006	2794,0	4792,2	7586,2	16,1	17,4	33,5	275	143	226
2007	5437,0	5008,5	10445,5	9,8	12,8	22,6	391	529	463
2008	7268,0	9491,7	16759,7	12,7	12,8	25,5	744	547	658
2009	9988,0	10596,5	20584,5	11,0	11,1	22,1	958	904	932
2010	17371,0	12800,5	30171,5	10,1	9,2	19,3	1392	1696	1567
2011	17990,0	15428,6	33418,6	7,3	6,8	14,1	2279	2450	2371
2012	23062,0	18400,0	41462,0	6,5	7,5	14,0	2440	3367	2956
2013	33685,0	20800,0	54485,0	12,4	7,7	20,0	2718	2718	2718

Таблица 2. Вылов (*C*), промысловые усилия (*E*) и уловы на единицу усилия (средний вылов на одну драгу за год, *U*) бычков в Азовском море в 2004–2013 гг.

Год	<i>C</i> , т			<i>E</i> , число мехдраг			<i>U</i> , т (в среднем)
	Россия	Украина	Всего	Россия	Украина	Всего	
2004	1289	12380	13669	4	10	14	976
2005	1393	11660	13053	6	20	26	502
2006	1699	9912	11611	6	20	26	447
2007	1615	7622	9237	15	20	35	264
2008	1956	8687	10643	10	20	30	355
2009	985	7623	8608	6	15	21	410
2010	1926	8748	10674	9	15	24	445
2011	1658	5975	7633	4	15	19	402
2012	4145	9345	13490	8	12	20	675
2013	4007	13102	17109	6	9	15	1141

Таблица 3. Запасы хамсы и бычков Азовского моря по оценкам ЮгНИРО и АзНИИРХ, выполненным различными методами, а также принятые Российской-украинской комиссией (РУК) значения запасов и общесейного объема добычи (РВ) для 2000–2016 гг.

Год	Хамса азовская			Бычки		
	Запас, т		РВ РУК	Запас, т		РВ РУК
	Лампарные съемки	РУК		Траловые съемки*	РУК	
2000	55000	—	5000	—	—	840
2001	100000	—	23000	—	—	650
2002	110000	—	12500	—	—	3200
2003	70000	—	40000	—	—	6100
2004	60000	—	15000	47600	—	12500
2005	45000	75000	20000	36000	55000	14200
2006	60000	55000	15000	27300	26000	7800
2007	116000	70000	15000	25800	30000	9000
2008	250000	100000	25000	27000	30000	9000
2009	150000	175000	50000	30000	27000	8000
2010	480000	175000	50000	15000	30000	9000
2011	650000	300000	60000	34000	15000	4500
2012	510000	300000	100000	32500	34000	10000
2013	367000	270000	80000	26100	50000	15000
2014	250000*	280000	80000	23500	60000	18000
2015	**	240000	65000	74800	80000	24000
2016	**	240000	65000	97500	100000	30000

Примечание. *По съемкам только АзНИИРХ; **съемка непоказательна из-за неблагоприятных гидрометеорологических условий и плохой работы лампы, «—» — оценки отсутствуют.

Расчеты ориентиров управления, биомассы запаса, обоснование ПРП и ОДУ (РВ) выполнены на основе прикладной программы ВНИРО СОМВИ 3.0 и инструкции разработчика к ней. В программе предусмотрено использование трех продукционных моделей — Шефера (Schaefer, 1954), Фокса (Fox, 1970) и Пелла—Томлинсона (Pella, Tomlinson, 1969). Теоретические значения уловов на единицу промыслового усилия \bar{U} восстанавливались программой по полному набору входных данных, полученных из статистики вылова и материалов мониторинга промысла ЮгНИРО и АзНИИРХ (табл. 1, 2: колонки «всего» и «в среднем»), с помощью динамической модели вида:

$$\bar{U} = U_{i-2} + r \times (U_{i-1} + U_{i-2}) \times G\left(\frac{U_{i-1} + U_{i-2}}{2q}\right) - 2qC_{i-1},$$

где r — параметр популяционного роста, q — коэффициент улавливаемости, U — наблюдаемые значения улова на единицу промыслового усилия, C — общий вылов, G — продукционная функция запаса, описывающая годовой прирост биомассы и зависящая от формулировки модели.

Для оценки степени согласованности между принятыми РУК оценками запаса \hat{B} и общебассейнового объема добычи \hat{C} хамсы или бычков и соответствующими показателями B и C , оцененными на СОМВИ 3.0, использовали стандартное отклонение вида

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 2}},$$

где y представляет собой \hat{B} или \hat{C} , а \hat{y} — B или C .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Считается, что имеющаяся промыслово-биологическая информация по азовской хамсе малопригодна для непрямого (аналитического) оценивания ее запаса и ОДУ по следующим причинам (Chashchin et al., 2015):

— ненадежность статистики вылова азовского подвида хамсы в украинских водах в связи с трудностями подвидовой идентификации состава вылова хамсы;

— отсутствие данных об уловах азовской хамсы в водах Грузии и Республики Абхазия, где вылов этой рыбы сопоставим с общим выловом Российской Федерации и Украины или, возможно, превышает его;

— большинство не прямых методов не подходят для хамсы как короткоциклового вида с высокими флуктуациями пополнения.

Первая из указанных причин практически снималась мониторингом подвидового состава промысловых уловов хамсы специалистами ЮгНИРО, на основе которого ежегодно на местах зимовки устанавливалась граница между азовской и черноморской хамсой в водах у берегов Крыма и до 2014 г. велся отдельный статистический учет этих подвигов хамсы. Вторая причина в значительной степени может быть устранена путем организации мониторинга промысла хамсы в абхазских водах на основе соглашения между Российской Федерацией и Республикой Абхазия в области рыболовства.

При регулировании промысла бычков РУК устанавливает общебассейновые объемы добычи только для районов открытого моря; РВ (или лимиты) для прибрежной 5-километровой зоны Азовского моря Российская Федерация и Украина в прилегающих к своим берегам водах определяют самостоятельно. Раздельной статистики по вылову бычков в открытом море и прибрежной зоне Азовского моря нет (выловом бычков в лиманах можно пренебречь из-за его незначительности). Мы сделали допущение о том, что весь улов бычков в 2004—2013 гг. приходился на механизированные драги и относился только к открытому морю.

Анализ входных данных 2000—2013 г. показал отрицательную корреляцию между U и E (от $-0,862$ до $-0,883$ для разных моделей) на промысле хамсы, что свидетельствует об их пригодности для дальнейших расчетов в продукционных моделях. Для быч-

ков также имеется отрицательная корреляция между U и E (от $-0,613$ до $-0,634$). Положительная корреляция между U и оценками запаса азовской хамсы по лампарному учету ($R^2 = 0,790$), а также оценками запаса бычков по траловым съемкам ($R^2 = 0,495$) указывает на приемлемость одного из важнейших допущений продукционного моделирования — улов на единицу промыслового усилия является индексом величины (плотности) запаса.

Выбор модели с наиболее приемлемым вариантом параметризации рекомендован разработчиком по минимальному значению целевой функции L (сумма квадратов отклонений, логарифмическая сумма квадратов отклонений или медианное отклонение), описывающей степень отклонения модельных значений \bar{U}_i от наблюдаемых U_i . Для длинных рядов входных данных в СОМВИ 3.0 предусмотрена возможность тестирования качества аппроксимации путем сопоставления прогнозных и наблюдаемых значений уловов на усилие. В нашем случае короткие ряды для хамсы и бычков (менее 15 лет) не позволяют использовать эту возможность. Поэтому в качестве главного критерия выбора между моделями и вариантами параметризации нами принята наилучшая согласованность оценок запаса и вылова СОМВИ 3.0 соответствующим оценкам РУК (табл. 3, колонки «РУК» и «РВ РУК»), характеризующая минимальным значением суммы стандартных отклонений ΣSd для запаса (2005–2016 гг.) и вылова (2014–2016 гг.). Важным условием выбора является попадание оцененных ориентиров управления в биологически приемлемые для исследуемого запаса диапазоны.

Работа с СОМВИ 3.0 состояла из двух этапов: предварительной параметризации, позволяющей осуществить формализованный выбор модели и варианта ее параметризации, и окончательного выбора ПРП, ориентиров управления, прогнозных значений биомассы и ОДУ (РВ).

При использовании заданных разработчиком начальных условий вкладки «оцен-

ка параметров модели» имеется возможность выбора вариантов параметризации каждой модели тремя способами:

1) оценивание параметров r , K (емкость среды, или девственный запас) и q при трех целевых функциях сразу для всех моделей и затем выбор модели с одной из целевых функций, то есть выбор одного из 9 возможных вариантов выпадающего списка вкладки «выбор модели»;

2) оценивание параметров при трех целевых функциях для одной модели и затем работа с выбранной целевой функцией, то есть выбор одного из трех возможных вариантов выпадающего списка вкладки;

3) оценивание параметров для одной выбранной модели и целевой функции, то есть выбор и работа с единственным вариантом.

Оцененные приведенными выше способами значения параметров для выбранной модели и целевой функции не всегда совпадают и могут существенно различаться. Данную особенность СОМВИ 3.0, представленную разработчиками как β -версия, следует учитывать.

Предварительная параметризация для обоих запасов по каждому из трех способов осуществлялась при начальных условиях и выборе ПРП в СОМВИ 3.0 по умолчанию, в которых, в частности, верхняя граница диапазона параметра K установлена равной стократному значению максимально наблюдаемого вылова S_{\max} . Для хамсы это дает $K = 5448,5$ тыс. т, а для бычков — $K = 1710,9$ тыс. т.

Для логистической функции популяционного роста наибольший чистый годовой прирост наблюдается при биомассе популяции, равной около 50% от ее девственного уровня. Исторические максимальные оценки запаса азовской хамсы и бычков, при которых был возможен их максимальный вылов, составляли 650 и 160 тыс. т соответственно (Ревина, 1972; Chashchin et al., 2015). Из этих соображений предварительная параметризация была произведена и при верхней границе K , равной удвоенному максимальному значению запасов B_{\max} этих рыб с сохране-

нием всех остальных условий по умолчанию, также для трех способов параметризации. Таким образом, для каждого вида рыбы на первом этапе были рассмотрены 54 варианта параметризации.

В ходе предварительной параметризации в вариантах, в которых значения параметра популяционного роста r равнялись 0 или 1, то есть находились на границе диапазона возможных значений этого параметра, на основании рекомендаций разработчика дальнейшие расчеты не производили. Выяснилось, что выбор между моделями по минимальному значению целевой функции L зачастую не может быть осуществлен, поскольку в таких вариантах расчет ОДУ на СОМВИ 3.0 или технически невозможен, или же дает нереальные оценки биомассы запаса и вылова на прогнозе.

Для азовской хамсы в 25 из 54 вариантов предварительной параметризации расчеты ориентиров управления и ОДУ (РВ) оказались либо невозможными, либо давали нулевые уловы или же отрицательные значения биомассы запаса в прогнозируемом периоде. В вариантах, в которых расчеты оказались возможными, значения среднегодового вылова на прогнозе (C_{cp}) были разбросаны в диапазоне от 42 до 295 тыс. т (соответственно по моделям Фокса и Шефера) при разбросе L от 93,18 до 472,21 (соответственно по моделям Пелла—Томплинсона и Фокса). Для дальнейшей работы выбрана модель Фокса с медианной функцией при 1-м способе параметризации (с верхней границей диапазона емкости среды $K = 2B_{max}$ и управлением FMSY, линейно-кусочное ПРП-1,11), дающим минимальную оценку суммы стандартных отклонений запаса и вылова $\Sigma Sd = 0,79$.

Применительно к бычкам на этапе предварительной параметризации кроме 18 вариантов с медианной целевой функцией все остальные 36 оказались пригодны для оценки ориентиров управления и ОДУ (РВ), в которых разброс оценок C_{cp} еще более впечатляющий — от 0,6 (модель Пелла—Томплинсона) до 507,0 (модель Фокса) тыс. т. Согласно принятому нами критерию качества

прогнозных оценок, для дальнейшей работы наиболее приемлема модель Шефера с функцией логарифмической суммы квадратов при 2-м способе параметризации (с верхней границей диапазона емкости среды $K = 100C_{max}$ и управлением FMSY, линейно-кусочное ПРП-1,11) и при 1-м способе параметризации (с верхней границей диапазона емкости среды $K = 2B_{max}$ и управлением FMSY, линейно-кусочное ПРП-1,11), в которых значения суммы стандартных отклонений ΣSd минимальны и составляют 1,27. Среди этих двух вариантов для дальнейшей работы сделан выбор в пользу варианта с верхней границей диапазона емкости среды $K = 2B_{max}$, в котором значение целевой функции $L = 17,89$ ниже, чем в варианте с $K = 100C_{max}$ ($L = 18,97$).

Дальнейшая работа на втором этапе параметризации с выбранными вариантами моделей заключалась в окончательном выборе ПРП на основе минимизации ΣSd и соответствия текущим целям управления, в частности, приемлемости для РУК значения параметров B_{tr} (целевой ориентир по биомассе) и B_{lim} (граничный ориентир по биомассе в случае использования линейно-кусочной функции). Ее последовательность следующая:

- обсчет выбранного варианта параметризации со всеми предлагаемыми СОМВИ 3.0 вариантами на выпадающем списке вкладки «Правило регулирования промысла» для линейно-кусочного ПРП-1,11 и логистического ПРП-1,11 0,50 (FMSY, $F_{0,1}$, F_{sq} , $0,75F_{sq}$ и $1,25F_{sq}$) с последующей оценкой ΣSd ;

- выбор варианта ПРП с минимальным значением ΣSd ;

- обсчет выбранного варианта ПРП для всех возможных значений углового коэффициента линейно-кусочной функции и параметров логистической функции с последующей оценкой ΣSd ;

- окончательный выбор варианта ПРП с минимальным или близким к нему значением ΣSd , отвечающего текущим целям управления.

Для азовской хамсы лучшее соответствие прогнозных оценок запаса и вылова принятым оценкам РУК наблюдается при линейно-кусочном FMSY ПРП с угловым коэффициентом 10 ($\Sigma Sd = 0,75$), однако этот вариант отвергнут ввиду нереально высокого значения граничного ориентира по биомассе ($B_{lim} = 430$ тыс. т). Окончательно выбран вариант линейно-кусочного FMSY ПРП-1,10 ($\Sigma Sd = 0,79$) с нулевым временем восстановления запаса до целевого уровня биомассы $B_{tr} = 478$ тыс. т и значением $B_{lim} = 43$ тыс. т, которое ниже минимальных оценок запаса азовской хамсы, полученных площадным методом на данных учетных лампарных съемок, следовательно, это реалистично и приемлемо.

Интересно сопоставить оценки ориентиров управления азовской хамсы, полученные на СОМБИ 3.0, с данными лампарных съемок ЮгНИРО (Шляхов, 2015; Chashchin et al., 2015) при реализации предложенной ВНИРО модификации предосторожного подхода, предназначенной для оценки ОДУ сильно флуктуирующих запасов короткоцикловых рыб (Бабаян, 2000). Граничные и целевые ориентиры по биомассе СОМБИ 3.0 заметно превышают эмпирически найденные ориентиры ($B_{lim} = 10000$ т, $B_{tr1} = 48000$ т, $B_{tr2} = 208000$ т), а ориентир управления по интенсивности промысла СОМБИ 3.0 ($F_{tr} = 0,12$) значительно ниже, чем эмпирический $F_{tr} = 0,50$. Разнонаправленность разности эмпирических ориентиров по биомассе и интенсивности промысла (промысловой смертности) и полученных на СОМБИ 3.0 для азовской хамсы приводит, тем не менее, к близким оценкам ОДУ (РВ).

Наилучшее соответствие прогнозных оценок по бычкам Азовского моря СОМБИ 3.0 оценкам РУК наблюдается при логистическом FMSY ПРП-3,0 0,5 ($\Sigma Sd = 1,25$), также с нулевым временем восстановления запаса до целевого уровня биомассы ($B_{tr} = 98$ тыс. т). Значение этого параметра реалистично и соответствует оценке запаса РУК на начало 2016 г. (100 тыс. т).

Итоговые результаты оценок параметров принятых моделей, ориентиров управления, прогнозных значений биомассы и ОДУ (РВ) азовской хамсы и бычков даны в табл. 4.

По данным учетных съемок, в период с 2000 по 2014 гг. высокие запасы хамсы наблюдались в 2010–2013 гг., бычков — в 2004–2005, 2011–2012 и 2014–2015 гг., а низкие — в 2004–2006 гг. и 2007, 2010 и 2013 гг. соответственно. Согласно принятым результатам моделирования на СОМБИ 3.0 годы высоких и низких запасов хамсы полностью совпали с эмпирическими оценками, у бычков совпадение значительно худшее, и только для периода 2004–2012 гг. (высокие оценки для 2004–2006, 2009–2010 и 2012 гг., низкие — 2007, 2011 и 2014–2015 гг.).

Промысловая биомасса и рекомендуемый вылов хамсы на 2016 г. на СОМБИ 3.0 прогнозировались в размере 509 и 79 тыс. т соответственно. XXVII сессия РУК для хамсы (азовской хамсы) на 2016 г. приняла следующие характеристики: запас — 240 тыс. т, объем добычи (вылова) — 65 тыс. т. Оценки вылова хамсы, полученные с помощью динамической продукционной модели Фокса, оказались на 18% выше, чем таковые на основе лампарного учета, принятые РУК. При этом оценки РУК по вылову попадают в интервал соответствующих прогнозных показателей СОМБИ 3.0. Величина усилия (количество промысловых судов), необходимая для достижения MSY, оценивается в 31 единицу и превышает фактическое выставление судов в последние годы (не более 20 единиц).

Прогнозная оценка биомассы бычков, оцененная с помощью СОМБИ 3.0, на 2016 г. на 37% выше, а вылова — на 24% ниже принятых РУК (100 и 30 тыс. т соответственно). Как и для азовской хамсы, оценки РУК по вылову бычков лежат внутри интервала прогноза ОДУ (РВ) СОМБИ 3.0. Число судов для достижения MSY, согласно расчетам, составляет 88 единиц, и оно практически совпадает с рекомендациями РУК на 2016 г. — 90 единиц.

Таблица 4. Характеристики продукционной модели и принятые результаты расчетов запаса и рекомендованного вылова (ОДУ) азовской хамсы и бычков Азовского моря (COMBI 3.0)

Характеристики модели и результаты расчетов	Запас	
	азовская хамса	бычки
Период наблюдения, годы	2000–2013	2004–2014
Продукционная модель	Фокса	Шефера
Целевая функция L	Медианная	Логарифмическая сумма квадратов
Значение целевой функции L	382,82	17,89
Параметр популяционного роста r	0,12	0,34
Емкость среды (девственный запас) K , т	1300000	196215
Коэффициент улавливаемости q	0,003536	0,001931
Управление	FMSY линейно-кусочное ПРП-1,10	FMSY логистическое ПРП-3,0 0,5
Максимальный устойчивый улов MSY, т	57420	16701
Биомасса максимального устойчивого улова BMSY, т	478243	98107
Целевой ориентир по биомассе B_{tr} , т	478243	98107
Граничный ориентир по биомассе B_{lim} , т	43477	—
Усилие E при MSY, число судов	34	88
Целевое усилие E_{tr} , число судов	34	88
Промысловая смертность F при MSY	0,12	0,17
Промысловая смертность F_{tr} целевая	0,12	0,17
Число лет прогноза	5	5
Время восстановления, лет	0	0
Прогнозное значение биомассы запаса B , т в году:		
2014	531698	108028
2015	566162	106203
2016	509263	137246
2017	518871	127960
2018	615461	121189
Прогнозное значение ОДУ (его интервал), т в году:		
2014	76993 (56926–97061)	27438 (20573–34304)
2015	78236 (54878–101594)	25138 (17767–32508)
2016	79194 (53768–104619)	23631 (15820–31442)
2017	79976 (53351–106601)	22790 (14697–30883)
2018	80684 (53436–107933)	22006 (13411–30602)

Следует отметить, что при описанном выше формальном выборе вариантов параметр популяционного роста r , а также промысловая смертность $FMSY$ в итоге оказались занижены и для азовской хамсы, и для бычков. Так, согласно данным (Froese, Pauly, 2016), для различных единиц запаса европейского анчоуса *Engraulis encrasicolus* и бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* коэффициент популяционного роста попадает в интервал средних (0,16–0,50) или высоких (>0,50) значений. В практике Рабочей группы по Черному морю при Европейской комиссии для оценки ОДУ черноморского анчоуса используется $E \leq 0,4$ (Sampson et al., 2013), соответствующий $FMSY \leq 0,53$. Между тем для азовской хамсы среди отброшенных из-за $r = 1,00$ вариантов был и вариант с моделью Пелла–Томлинсона, в котором целевая функция (логарифмическая) и сумма стандартных отклонений имели значения, соответственно равные 77,32 и 2,68, а промысловая смертность $FMSY = 0,52$, то есть результаты, полученные с помощью этой модели укладывались в биологически приемлемый диапазон, оцененный при реализации упомянутой выше модификации ВНИРО предосторожного подхода по отношению к сильно флуктуирующим запасам рыб (в нашем случае — азовской хамсы) и Рабочей группой по Черному морю при Европейской комиссии.

Тем не менее даже при использовании неподготовленных входных данных об усилиях и уловах на усилие и формальном подходе к выбору модели и варианта ее параметризации полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения продукционных моделей, реализованных в программном обеспечении COMBI 3.0, для оценки запаса рыболовного усилия и вылова морских и короткоцикловых промысловых рыб Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна, в том числе для нужд РУК. Существенным резервом повышения качества моделирования является стандартизация уловов на усилие. Она станет возможной после сбора и анализа данных о производительности различных орудий лова и затраченных судами различных типов промысловых усилиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению. М.: ВНИРО, 2000. 191 с.

Бабаян В.К., Антонов И.Н., Михайлов А.И. Программный комплекс «Combi». Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2011615622 // Реестр программ для ЭВМ. М.: Роспатент, 2011.

Ревина Н.И. О динамике популяции бычка-кругляка в Азовском море // Тр. ВНИРО. 1972. Т. 58. С. 315–323.

Шляхов В.А. О подготовке материалов, обосновывающих возможный вылов водных биологических ресурсов в морских водах, прилегающих к Крыму // Тр. ЮгНИРО. 2015. Т. 53. С. 33–44.

Chashchin A., Shlyakhov V.A., Dubovik V.E., Negoda S. Chapter 6. Stock assessment of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in Northern Black Sea and Sea of Azov // Progressive engineering practices in marine resource management / Eds. I. Zlateva et al. Hershey, USA: Publ. Engineering Sci. Ref., 2015. P. 209–243.

Fox W.W. An exponential yield model for optimizing exploited fish populations // Trans. Am. Fish. Soc. 1970. №. 99. P. 80–88.

Froese R., Pauly D. FishBase. World Wide Web electronic publication. Version 06/2016. (www.fishbase.org.version)

Pella J.J., Tomlinson P.K. A generalized stock production model // Bull. Intern. Amer. Trop. Tuna. Comm. 1969.V. 13. № 3. P. 419–496.

Sampson D., Ak O., Daskalov G. et al. Scientific, technical and economic committee for fisheries Black Sea assessments. EUR 25309 EN, JRC 85367. Luxembourg: Publ. Office Europ. Union, 2013. 429 p.

Schaefer M.B. Some aspects of dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries // Bull. Intern. Amer. Trop. Tuna Comm. 1954. V. 1. №2. P. 27–56.

ON USING OF DYNAMICS PRODUCTION MODELS (THE APPLICATION PROGRAMM COMBI 3.0) FOR RECOMMENDED VOLUMES OF CATCHES OF AZOV ANCHOVY AND GOBIES JUSTIFICATION

© 2017 y. V.A. Shlyakhov, O.A. Petrenko, V.P. Nadolinskiy*, U.N. Aleksandrova*

Southern Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kerch, 298300

**Azov Sea Research Fisheries Institute, Rostov-on-Don, 344002*

Based on materials of fishery statistics and monitoring of fisheries by YugNIRO and AzNIIRH in 2000–2014, the of catch per unit of fishing effort and fishing effort for the Russian and Ukrainian of Azov anchovy *Engraulis encrasicolus maeoticus* purse seines and pelagic trawls fishing and Azov gobies the Gobiidae Family dredges fishing were estimated. These estimates are used to justify and calculate the recommended catch on the basis of an application COMBI 3.0, presented of VNIRO at the Sectoral methodological Seminar on the study of modern methods of stock assessments and the rational use of water biological resources (Sochi, October 2015). Peculiarities of working with the program in terms of decision-making regarding the choice of the best variant calculations are described. The prospects of the dynamic production models in relation to short-cycle commercial fishes of the Azov-Black Sea basin fisheries are showed.

Keywords: anchovy, gobies, fishing effort, the CPUE, catch, stock, production models, the Sea of Azov and the Black Sea.