

# Прогнозирование численности нерестовых стад атлантического лосося в крупных речных системах и оценка ОДУ с применением принципов предосторожного подхода

Канд. биол. наук И.И. Студёнов – Северное отделение ПИНРО

Атлантический лосось – семга (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) – анадромный генеративно-пресноводный вид рыб рода благородные лососи. Одной из наиболее серьезных задач для исследователей является оценка численности нерестовых стад семги и общего допустимого улова (ОДУ) методами, соответствующими получившему в последнее время распространение предосторожному подходу к оценке ОДУ (Бабаян В.К. *Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению*. М.: Изд-во ВНИРО, 2000. 192 с.).

При определении объемов ОДУ лососей необходимо учитывать следующие факторы:

сложную возрастную структуру нерестовых стад;

протяженные пути миграции из районов морского нагула к местам лова (обычно это устьевые части нерестовых рек или крупных речных систем);

влияние температуры воды на участках морского нагула на сроки созревания лососей и, тем самым, на их вступление в нерестовую миграцию в более ранние или поздние сроки;

продолжительный период миграции (5–7 мес.) у побережья и через устьевые участки рек.

**Сложность возрастной структуры** состоит в том, что миграция рыб одной генерации из рек в море и обратно происходит в течение ряда лет. Так, смолты одной генерации скатываются из рек в основном за два года, а общий период выхода рыб одной генерации на морской нагул может достигать трех-четырёх лет и более (табл. 1). Возврат на первый нерест рыб с одинаковым речным возрастом происходит обычно в течение 1–3 лет. Атлантический лосось нерестится в подавляющем большинстве один раз в жизни, тем не менее, в составе нерестовых стад могут встречаться и повторно нерестующие особи. Ежегодно в нерестовых стадах может наблюдаться свыше десяти возрастных групп с различной комбинацией числа речных и морских лет, а в целом в пределах ареала лосось может образовывать 42 возрастные группы (Гринюк И.Н. *Промысел, воспроизводство и прогнозирование численности нерестового стада семги р. Поной*// Труды ПИНРО. Вып. 32. Мурманск, 1977. С. 156–182). Эти группы относятся к генерациям нескольких смежных лет. Соответственно, численность родительских нерестовых стад, условия нереста и инкубации икры, нагула молоди в речной и лососей в морской период жизни могут очень сильно различаться год от года (Покровский В.В. *О причинах колебания численности семги*// Труды Карельского отд. ГосНИОРХ. Т. 4, вып. 1. Л., 1966. С. 19–26).

**Протяженность путей миграции лососей** от районов морского нагула до устьевых частей рек составляет несколько сотен, а иногда и тысяч километров. Так, локальности морского нагула печорского лосося расположены в районе Северной Норвегии (Антонова В.П., Чуксина Н.А. *Влияние иностранного промысла на численность нерестовых стад семги р. Печора*// Вопросы лососевого хозяйства на Европейском Севере.

Петрозаводск: Изд-во Карельского филиала АН СССР, 1987. С. 20–26), а лососей из крупных речных систем бассейна Белого моря – Северной Двины, Мезени, Онеги – в районе Южной Норвегии и Фарерских островов (Студёнов И.И. *Условия и состояние естественного воспроизводства атлантического лосося в бассейне р. Северная Двина: Автореф. дис. канд. биол. наук*. С.-Пб.: ГосНИОРХ, 1997. 24 с.).

**Влияние температур воды на участках морского нагула на сроки созревания лососей.** Отмечена устойчивая связь между температурами воды в период морского нагула и созреванием лососей (Азбелев В.В. *К вопросу о прогнозировании изменений численности семги рек Кольского полуострова*// Матер. рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Вып. 7. Мурманск, 1966. С. 96–101). Так, при повышении температуры выше среднего многолетнего значения лососи созревают на год раньше и вступают в нерестовую миграцию в возрасте  $p.1+$ . При этом численность нерестовых стад увеличивается за счет вступления в миграцию рыб, которые при близких к средним температурах оказались бы в нерестовых стадах последующих лет.

Напротив, при понижении температуры воды относительно средней многолетней созревание рыб запаздывает и за счет этого содержание в нерестовых стадах рыб младших возрастных групп снижается. При этом численность нерестовых стад падает за счет вступления в миграцию рыб в нерестовые стада следующих за «холодным» годом лет. Эта особенность отмечена более 30 лет назад и использовалась в прогнозных моделях ПИНРО.

**Продолжительность и динамика миграции** в целом сходны во всех лососевых реках региона. Особенности, характерные для отдельных речных систем, заключаются в разном соотношении отличающихся по периодам миграции групп, различиях средних показателей длины, массы и стадий зрелости.

Промысел атлантического лосося в России базируется в основном на стадах, возвращающихся из морей в реки: именно эти рыбы обладают наивысшими потребительскими свойствами. На путях миграции в российских водах отмечаются только половозрелые лососи, возвращающиеся на нерест. Поэтому долгое время для семги понятия «промысловое стадо» и «нерестовое стадо» совпадали. И.Н. Гринюк (1977) предложил следующую дифференциацию: нерестовое стадо делится на промысловую и маточную части, причем, в маточную входят рыбы, погибающие в речной период жизни от различных причин, и собственно воспроизводящая часть нерестового стада (рисунк). Используя современную терминологию, блок-схему И.Н. Гринюка (см. рисунок) можно представить в виде уравнения (1):

$$SH = TAC + Z_r + SP, \quad (1)$$

\* При дифференцированном обозначении речного и морского возраста разное количество речных лет при определенном морском возрасте обозначается обычно «р» или «р+»

Таблица 1

Схема распределения по возрастным классам одной генерации атлантического лосося в речной период жизни (до и после морского нагула)

Годы жизни генерации	Возраст живущих в реке рыб		Возврат от смолтов с речным возрастом 2 - 2+	Возврат от смолтов с речным возрастом 3 - 3+	Возврат от смолтов с речным возрастом 4 - 4+	Возврат от смолтов с речным возрастом 5 - 5+
Первый	0+					
Второй	1 - 1+					
Третий	2 - 2+	Миграция в море единичных особей				
Четвертый	3 - 3+	Массовая миграция в море	2.1+ - 2.1+			
Пятый	4 - 4+		2.2+ - 2.2+	3.1+ - 3.1+		
Шестой	5 - 5+	Миграция в море единичных особей	2.3+ - 2.3+ (+ RS <sup>1</sup> )	3.2+ - 3.2+	4.1+ - 4.1+	
Седьмой	6 - 6+	В реке остаются только карликовые самцы	2.4+ - 2.4+ (+ RS)	3.3+ - 3.3+ (+ RS)	4.2+ - 4.2+	5.1+ - 5.1+
Восьмой	7 - 7+			3.4+ - 3.4+ (+ RS)	4.3+ - 4.3+ (+ RS)	5.2+ - 5.2+
Девятый	8 - 8+					4.4+ - 4.4+ (+ RS)
Более девяти	В старших возрастных классах возвращаются, как правило, только повторно нерестующие особи					

Примечание. RS – повторно нерестующие лососи

где SH – нерестовое стадо, заходящее из моря в реку;

TAC – общий допустимый улов;

$Z_R$  – общая смертность в речной период жизни, за исключением промысловой смертности (промыслового изъятия в пределах ОДУ);

SP – воспроизводящая часть стада.

Величина  $Z_R$  включает смертность лососей в речной период жизни от различных причин: браконьерства, хищников и пр. В настоящей работе не ставится цель исследовать изменения этой величины, поэтому допустим, что ее изменения от года к году незначительны. Основными целями являются представление метода прогнозирования численности нерестовых стад семги, оценка ОДУ и численности воспроизводящей части стад для устойчивого использования запаса лосося.

Величина SH фактически равна величине промыслового запаса. Необходимо отметить, что статистика вылова лосося, в отличие от других видов рыб, обычно представляется в двух выражениях: в весовом и количественном. Вероятно, в этой связи, а также по той причине, что лососей, как ни один другой вид, можно поштучно просчитать на путях речной миграции, запас семги также определяется не только в весовом, но и в количественном выражении.

Для количественной оценки запаса имеется веское биологическое обоснование. Выше уже отмечалось, что температуры в период морского нагула оказывают значительное влияние на созревание лососей и что при повышенных температурах в море можно ожидать увеличения доли рыб в возрасте p.1+. Масса этой возрастной группы существенно ниже среднего многолетнего показателя для промыслового стада, в котором основу составляют рыбы в возрасте p.2+. Так, например, средняя масса печорской семги – 6 кг, но в 2001 г. из-за большого количества в стаде рыб в возрасте p.1+ (71,9 % против средне-многолетнего значения 6,7 %) средняя масса составила всего 3,8 кг. Это послужило экспертам поводом для снижения ОДУ на последующие годы, хотя введение таких ограничений не имеет биологического смысла по двум причинам. Во-первых, лососи в большинстве своем моноцикличны, и потому пришедшие в реки производители, созревшие ранее ожидавшегося срока, не должны быть потеряны для промысла. Во-вторых, пропуск к нерестилищам избыточного количества производителей приводит не к росту, а к снижению численности популяции лососей (Гринюк, 1977).

Приведенный выше пример по снижению ОДУ печорского лосося показывает, что прогнозные материалы по атлантическому лососю следует представлять не в весовом, а в количественном выражении. Этим достигается более обоснованное регулирование соотношения вылова и пропуска к нерестилищам.

**Наиболее сложной задачей является оценка численности ожидаемых нерестовых стад в крупных речных системах (Печора, Северная Двина, Мезень, Онега).** Так, если ранее на Печоре и Онеге работали рыбоучетные заграждения (РУЗы), позволявшие полностью просчитывать нерестовые стада, оптимально и оперативно управлять запасами, то после 18-летнего перерыва (1984 – 2002 гг.) такой способ ведения лосося хозяйства восстановлен лишь на р. Онега. На р. Печора РУЗ не устанавливается с 1989 г. и контроль за нерестовыми стадами семги осуществляется в ходе контрольного лова плавными сетями.

Численность ожидаемых нерестовых стад атлантического лосося для различных речных систем определяется разными способами. В р. Печора, например, ее оценка осуществляется по коэффициентам воспроизводства (Антонова В.П., неопубликованные данные). В р. Северная Двина численность нерестовых стад определяли путем мечения и повторного вылова (Студёнов, 1997).

Предпринимались попытки построить прогноз по плотностям пространственного распределения (ППР) пестряток семги на нерестово-выростных угодьях (НВУ). Однако ППР зависят от целого ряда причин: уровня воды в период контрольных обловов и связанной с этим уловистости орудий лова; распределения молоди на НВУ; распределения нерестовых бугров лососей в зависимости от уровней воды в период нереста в предыдущие годы (пестрятки распределяются в основном вблизи нерестовых бугров) и т.п. Большинство абиотических факторов могут быть формализованы и включены в модель прогнозирования численности, однако точность такой модели существенно снизится за счет целого ряда допусков.

Поэтому для прогнозной оценки численности нерестовых стад был избран иной метод: учет смолтов (молодь семги, мигрирующая на морской нагул). Учет проводился в реках, в руслах которых был полностью учтен фонд лососевых НВУ: Ваеньга (приток первого порядка р. Северная Двина) и Мегра (малая река Зимнего берега Белого моря). На этих реках установ-

ливались РУЗы для учета смолтов; общее число учтенных на РУЗе смолтов определялось суммированием ежедневных уловов (Обзор методов оценки продукции лососевых рек/ Под ред. И.И. Студёнова. Архангельск: ИЦ АГМА, 2000. 48 с.). Затем с учетом уловистости РУЗа определяется общее количество мигрировавших смолтов. Уловистость РУЗа определялась по соотношению количества помеченных и выпущенных выше рыбоучетного заграждения и повторно обнаруженных в ловушке РУЗа смолтов. Далее по каждой из рек ежегодно определялась численность смолтов, мигрирующих с 1 км<sup>2</sup> нерестово-выростных угодий. Результаты расчетов по каждой из популяций лосося (из р. Ваеньга и из р. Мегра) вносились во 2-ю и 3-ю колонки табл. 2. Затем определялась средняя численность смолтов, мигрирующих с 1 км<sup>2</sup> НВУ, –  $\overline{PS}$  (4-я колонка табл. 2):

$$\overline{PS} = \frac{PS_V + PS_M}{2}, \quad (2)$$

где  $PS_V$  – продукция смолтов с 1 км<sup>2</sup> НВУ р. Ваеньга, экз.;  
 $PS_M$  – продукция смолтов с 1 км<sup>2</sup> НВУ р. Мегра, экз.

Осредненная по двум рекам продукция НВУ экстраполировалась на суммарный фонд нерестово-выростных угодий в бассейнах рек Большая Северная Двина, Онега, Мезень, Кулой и некоторых малых рек побережья Белого моря, который составляет 37.518 км<sup>2</sup>. В результате получали общую численность смолтов, мигрирующих с суммарного фонда НВУ рек Архангельской области (5-я колонка табл. 2):

$$TNS = \sum_{i=1}^n S \times \overline{PS}, \quad (3)$$

где  $TNS$  – общая численность смолтов, мигрирующих с суммарного фонда НВУ рек Архангельской области, экз.;  
 $n$  – количество показателей;  
 $i$  – шаг суммирования.

Следует отметить, что в некоторых притоках рек Онега, Мезень, а также в ряде малых рек побережья фонд НВУ учтен не полностью. По мере определения площадей нерестово-выростных угодий в этих реках суммарная величина фонда уточняется.

Далее, с учетом коэффициента возврата лососей от смолтов естественного происхождения, исходя из литературных данных принятого равным 0,05 (Яковенко М.Я. Динамика ската, питание и выживание молоди семги р. Порья// Биология промысловых рыб внутр. водоемов сев. части Европ. тер. СССР. Мурманск, 1977. С. 147–155), определяли численность генерации в возврате (6-я колонка табл. 2):

$$G = TNS \times k, \quad (4)$$

где  $G$  – численность генерации в возврате, экз.;  
 $k$  – коэффициент возврата лососей от смолтов (0,05).

Поскольку возврат одной генерации происходит в течение трех лет (рыбы в возрасте р.1+; р.2+ и р.3+), исходя из возрастной структуры промысловых стад семги за последние 10 лет, определялась ожидаемая численность возрастных классов с различным количеством лет, проведенных в море до первого нереста (8-я, 10-я, 12-я колонки табл. 2):

$$R_{p,s+} = TNS_i \times k \times PAC_{p,s+}, \quad (5)$$

где  $R_{p,s+}$  – ожидаемая численность возрастного класса с количеством морских лет  $s+$ , экз.;  
 $TNS_i$  – общая численность смолтов, мигрирующих с суммарного фонда НВУ рек Архангельской области в год  $i$ , экз.;  
 $PAC_{p,s+}$  – доля возрастного класса с количеством морских лет  $s+$  в нерестовых стадах за последние 10 лет, %.

Поскольку каждое нерестовое стадо семги в Белом море в границах Архангельской области составляют обычно три возрастных группы (р.1+; р.2+, р.3+), численность нерестового стада в год  $i$  определяется как сумма возврата этих возрастных групп от смолтов, мигрировавших в разные годы (14-я колонка табл. 2):

$$SH_i = \sum_{i=1}^n R_{p,s+}, \quad (6)$$

где  $SH_i$  – нерестовое стадо, заходящее из моря в реку в год  $i$ , экз.

Так, например, для прогноза на 2004 г. были использованы следующие данные по продукции смолтов:

за 2001 г. – прогнозирование возврата генерации с морским возрастом 3+ - р.3+ (см. табл. 2);

Таблица 2

Оценка численности смолтов по рекам Архангельской области с учтенным фондом НВУ и расчет возврата от них нерестовых стад (прогноз численности нерестовых стад)

Год	Смолты, экз/км <sup>2</sup>			Расчетная численность смолтов, экз.	Возврат генерации (при коэффициенте возврата 0,05), экз.	Возврат генерации						Нерестовое стадо		
	Р. Ваеньга	Р. Мегра	Средняя			Год	Р.1+	Год	Р.2+	Год	Р.3+	Прогнозируемый год	Экз.	Т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1993		14000	14000	463092	23155	1994	2408	1995	19241	1996	1505	1994	2408	14
1994		13333	13333	441040	22052	1995	2293	1996	18325	1997	1433	1995	21535	127
1995	1550	11667	6608	218590	10930	1996	1137	1997	9082	1998	710	1996	20967	124
1996	2500	10000	6250	206738	10337	1997	1075	1998	8590	1999	672	1997	11591	68
1997	1750	11667	6708	221898	11095	1998	1154	1999	9220	2000	721	1998	10454	62
1998	1200	46667	23933	791667	39583	1999	4117	2000	32894	2001	2573	1999	14008	83
1999	255	6667	3461	114477	5724	2000	595	2001	4757	2002	372	2000	34210	202
2000	240	24667	12453	411923	20596	2001	2142	2002	17115	2003	1339	2001	9471	56
2001	141	22667	11404	427840	21392	2002	2332	2003	17606	<b>2004</b>	<b>1433</b>	2002	21993	130
2002	1050	20000	10525	394877	19744	2003	1917	<b>2004</b>	<b>16249</b>	2005	1323	2003	21088	124
2003						<b>2004</b>	<b>0</b>	2005	0	2006	0	<b>2004</b>	<b>19981</b>	<b>118</b>

за 2002 г. – прогнозирование возврата генерации с морским возрастом 2+ - р.2+.

Поскольку по генерации с морским возрастом 1+ (р.1+) данные могут быть получены только в 2003 г., их доля в прогнозируемом году определена на уровне среднемноголетнего значения – порядка 13 %.

Итак, первая часть задачи – определение численности нерестовых стад атлантического лосося в крупных речных системах или в ряде речных систем в границах какой-либо определенной территории – решена: параметр  $SH_i$  (уравнение 10) является прогнозной оценкой численности нерестового стада семги в год  $i$ . При необходимости можно определить биомассу нерестового стада, умножив ожидаемую численность на среднюю за последние 10 лет массу лососей (15-я колонка табл. 2).

**Следующим этапом являются оценка ОДУ и определение воспроизводящей части стада семги, которую необходимо пропускать к нерестилищам для обеспечения устойчивого использования ресурса.** Выше уже было отмечено, что для лососевидных рыб фактором, лимитирующим эффективное воспроизводство, является площадь нерестилищ. Пропуск на нерест избыточного количества производителей не приведет к последующему увеличению численности нерестовых стад. Это связано с вероятностью перекапывания ранее заложенных нерестовых бугров, ограниченностью мест обитания для молоди, кормовой базы и т.д. Однако нельзя забывать, что, в силу различных причин (нерегулируемый промысел, интенсивный незаконный лов, гибель лососей в результате загрязнения среды обитания и т.п.), численность нерестовых стад может быть и ниже необходимой для заполнения нерестилищ.

Отсюда возникает основная проблема: определение той оптимальной величины воспроизводящей части, которая должна быть пропущена на нерестилища. Одной из основных ошибок исследователей, занимающихся лососями, является желание искусственно «заполнить» все нерестовые площади в бассейне нерестовыми буграми. Однако этого ожидать не следует: например, в разные по водности годы могут использоваться только те или иные участки нерестовых угодий. Собственно, сама оценка площадей нерестилищ субъективна и весьма условна – в руслах выделяются участки, которые по своей морфологии (глубины, скорости течения, качественный состав грунтов и т.д.) относятся исследователями к нерестовым. Видимо, по этой причине практически никогда не отмечалось сплошного заполнения нерестилищ нерестовыми буграми семги. Редкое исключение составляют бассейны, где площади НВУ очень ограничены.

При определении ОДУ в качестве граничного ориентира управления использовался минимальный биологически приемлемый уровень ( $MBAL$ ) – величина биомассы нерестового запаса, ниже которой заметно возрастает вероятность появления мало-

урожайного поколения (Бабаян, 2000). Для атлантического лосося, численность нерестовых стад которого выражается, в первую очередь, количественным показателем, а затем – весовым,  $MBAL$  можно выразить также через количественный показатель. При этом суть граничного ориентира не изменится: он будет отражать численность воспроизводящей части нерестового стада, ниже которой заметно возрастает вероятность появления малоурожайного поколения.

Исходя из изложенного выше, необходимо определить те условия, при которых наблюдаются и стабильные уловы, и стабильное воспроизводство. Эти условия, по определению, близки к равновесным – гипотетическим условиям, при которых все факторы (природные и антропогенные, включая промысел), влияющие на динамику запаса, считаются уравновешенными (Бабаян, 2000).

Для рек Архангельской области соотношение естественного воспроизводства лосося и промышленных уловов в 50-е годы XX в. можно было условно определить как соответствующее «равновесному состоянию». В тот период производителями лосося использовалось 1,5 % площади нерестилищ в реках бассейна Белого моря в границах Архангельской области (Архивные материалы ФГУП «СевПИНРО» и ФГУ «Северьбвод»). Средний годовой вылов в 40–50-е годы XX в. составлял, соответственно, 22,8 и 19,3 т (по данным промысловой статистики). Эти величины уловов были условно приняты равными максимальному устойчивому вылову ( $MSY$ ) – улову, численно равному теоретически возможному максимуму годовой прибавочной продукции данного запаса при равновесных условиях. Расчет величины  $MBAL$  проводили в следующей последовательности. Прежде всего определяли фонд нерестовых угодий в составе НВУ в среднем равна 10 %.

Выше отмечалось, что в 50-е годы XX в., принятые соответствующими периоду равновесного состояния, нерестовые бугры покрывали 1,5 % площади нерестилищ. Исходя из этого, находим общую площадь нерестовых бугров:

$$TSK = SA \times 0.015, \quad (7)$$

где  $TSK$  – общая площадь нерестовых бугров ( $км^2$ );

$SA$  – площадь нерестилищ ( $км^2$ );

0,015 – показатель заполнения площадей нерестилищ нерестовыми гнездами (1,5 %).

Средние площади нерестовых бугров известны как по собственным исследованиям, так и по литературным данным и составляют порядка  $2 м^2$  (Гринюк И.Н. Выход личинок из нерестовых бугров и распределение сеголетков семги *Salmo salar* в русле реки// Симпоз. по естеств. и искусств. воспроизводству атлантического лосося и его промыслу. Тез. докл. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1971; Веселов А.Е. Модели поведения молоди

Таблица 3

Расчет ОДУ семги Белого моря в границах Архангельской области на 2004 г.

Фонд НВУ в бассейне Белого моря в границах Архангельской области, $км^2$	37,518
Доля нерестовых площадей в фонде НВУ (средняя по бассейнам), %	10
Площадь нерестовых угодий в бассейне Белого моря в границах Архангельской области, $км^2$	3,752
Доля нерестовых площадей, занятых нерестовыми буграми (в среднем), %	1,5
Суммарная расчетная площадь нерестовых бугров на нерестилищах, $км^2$	0,056
Средняя площадь одного нерестового бугра, $м^2$	2
Среднее число нерестовых бугров, строящихся одной самкой, шт.	3
Общая площадь нерестовых бугров, стоящихся одной самкой, $м^2$	6
Общее количество самок, необходимое для пропуска на нерестилища в целях обеспечения максимального устойчивого улова ( $MSY$ ), экз.	9380
Средняя за последние 10 лет доля самок в стаде, %	84
$MBAL$ , экз.	11166
Численность нерестового стада, экз.	19981
ОДУ + $Z_R$ , экз.	8815
Средняя масса семги за последние 10 лет, кг	5,8
ОДУ + $Z_R$ , т	51,1



Дифференциация нерестового стада атлантического лосося (по: Гринюк, 1977)

атлантического лосося и условия их формирования. Петрозаводск: РИО Карельского НЦ РАН, 1996. 50 с.). Известно, что одна самка строит в среднем три нерестовых бугра (Владимирская М.И. Нерестилища семги в верховьях р. Печора и меры для увеличения их производительности// Труды Печоро-Ильчского гос. заповедника. Сыктывкар, 1957. Вып. 6; Никифоров Н.Д. Развитие, рост и выживаемость эмбрионов и молоди семги в естественных условиях// «Известия ВНИОРХ». М., 1959. Т. 48. С. 65–80; Гринюк, 1977). Исходя из этого, общая площадь нерестовых бугров, создаваемых одной самкой, составит 6 м<sup>2</sup>. Эта величина позволяет определить общее количество самок лосося, необходимое для оптимального заполнения нерестилищ:

$$TNF = TSK : 6, \quad (8)$$

где TNF – общее количество самок, необходимое для оптимального заполнения нерестилищ, экз.;

6 – общая площадь нерестовых бугров, создаваемых одной самкой, м<sup>2</sup>.

Доля самок в нерестовых стадах – величина довольно стабильная. Зная среднее количество самок в нерестовых стадах за последние, например, 10 лет, можно определить общую численность производителей, которых следует пропустить на нерестилища (SP), или искомую величину MBAL:

$$MBAL = \frac{TNF \times 100}{QF}, \quad (9)$$

где QF – доля самок в нерестовом стаде, %.

При этом SP (см. уравнение 1) будет равным MBAL (уравнение 9).

Для рек бассейна Белого моря в границах Архангельской области общая численность производителей, которых следует пропустить к нерестилищам (MBAL), составляет порядка 11 тыс. экз. (табл. 3). Численность нерестового стада (SH<sub>2004</sub>), прогнозируемая на 2004 г., составляет порядка 20 тыс. экз. Величина ОДУ вполне могла бы составить разницу между ожидаемой численностью нерестового стада и избранным ориентиром управления по численности:

$$ОДУ = SH_i - MBAL. \quad (10)$$

Возвратимся к блок-схеме. Помимо перечисленных в уравнении (10) трех параметров существует величина Z<sub>R</sub>. Эта величина практически не регулируема и не управляема, но в случае, если не предусмотреть потери части нерестового стада за счет общей смертности в речной период (Z<sub>R</sub>), она будет изъята из MBAL. Располагая экспертными оценками величин неофициального вылова (за 2002 г. они составили 0,84 % официального улова), определяем Z<sub>R</sub>:

$$Z_R = 0.84 \times ОДУ. \quad (11)$$

Тогда распределение нерестового стада лосося численностью порядка 20 тыс. экз., ожидавшейся в Архангельской области в 2004 г., будет иметь вид:

$$MBAL - 11166 \text{ экз.}; ОДУ - 4790; Z_R - 4025 \text{ экз.}$$

Поэтому без ущерба для воспроизводства и без риска появления малоурожайного поколения с учетом неофициального вылова, например, в 2004 г. в бассейне Белого моря в границах Архангельской области могло быть изъято порядка 5000 экз., или 29,5 т. семги.

Итак, можно сделать вывод, что применение общепринятых принципов предосторожного подхода к определению ОДУ семги затруднено биологическими особенностями вида. Вместе с тем ценность данного ресурса требует принятия управленческих схем, направленных не только на сохранение запасов, но и на продолжение их устойчивого использования. Предложенная схема оценки численности нерестовых стад, определения минимального биологически приемлемого уровня и оценки ОДУ направлена как на сохранение запасов, так и на продолжение использования ресурса при промысле или иных видах лова. Данная модель может применяться и при работе с другими видами проходных рыб.

Автор выражает свою благодарность зав. лабораторией системного анализа промысловых биоресурсов ВНИРО кандидату технических наук В.К. Бабаяну, который оказывал консультации при разработке схемы определения минимального биологически приемлемого уровня и ОДУ, ознакомился с материалами статьи и высказал ряд полезных замечаний. Автор признателен старшим научным сотрудникам лаборатории проходных рыб СевПИРО В.П. Антоновой и Н.А. Чуксиной за ценные замечания, сделанные ими во время работы над схемами оценки численности нерестовых стад и определения MBAL.