

## **ОЦЕНКА ОБЩЕГО ДОПУСТИМОГО УЛОВА СЕМГИ – АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* LINNAEUS, 1758) В КРУПНЫХ РЕЧНЫХ СИСТЕМАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ ПРЕДОСТОРОЖНОГО ПОДХОДА**

И. И. СТУДЁНОВ

*СевПИИРО, Архангельск, Россия*

Показано, что применение традиционных методов определения запаса и оценки общего допустимого улова (ОДУ) атлантического лосося затруднено его сложной возрастной структурой, значительными различиями гидрологических условий в районах морского нагула, на протяженных путях миграции, а также продолжительным периодом миграции в прибрежье и устьевых частях рек. Рассмотрена возможность определения численности ожидаемых нерестовых стад семги по результатам учёта смолтов. Предложены принципы предосторожного подхода к оценке ОДУ атлантического лосося, разработанные с учётом экологической ёмкости нерестово-выростных угодий. Представленная 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. Разработанная модель может использоваться и при работе с другими видами проходных рыб.

I. I. STUDENOV. ESTIMATING TOTAL ALLOWABLE CATCH FOR THE ATLANTIC SALMON (*SALMO SALAR* LINNAEUS, 1758) IN LARGE RIVER SYSTEMS USING THE PRECAUTIONARY APPROACH

It is demonstrated that application of traditional techniques for estimating the stock and total allowable catch (TAC) for the Atlantic salmon is complicated because of its complex age structure, substantial differences in the hydrological conditions in the marine feeding grounds and along extensive migration pathways, as well as because of the prolonged period of migration in the coastal areas and estuary. The feasibility of predicting the numbers of Atlantic salmon broodstock relying on smolt censuses is discussed. Guidelines of the precautionary approach to estimating TAC for the Atlantic salmon developed with regard to the ecological capacity of the spawning and feeding grounds have been suggested. The suggested procedure for estimating broodstock numbers, minimal biologically acceptable limits and TAC is designed to ensure both conservation of the stocks and continued exploitation of the resource both commercially and otherwise. The model can be applied also to other anadromous fish species.

Сёмга атлантический лосось (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) – один из видов анадромных генеративно-пресноводных рыб рода благородных лососей. Применение традиционных методов определения запаса и оценки общего допустимого улова (ОДУ) существенно затруднено особенностями биологии лососевидных рыб. Наиболее серьезными задачами для исследователей являются определение численности нерестовых стад сёмги и оценка общего допустимого улова методами, соответствующими полученному в последнее время распространению предосторожному подходу к оценке ОДУ (Бабаян, 2000). При определении объемов общего допустимого улова лососей основные сложности создают:

- возрастная структура нерестовых стад лосося;
- протяженные пути миграции из районов морского нагула к местам лова (обычно это устьевые части нерестовых рек или крупных речных систем);
- влияние температур воды на участках морского нагула на сроки созревания лососей, и тем самым, на их вступление в нерестовую миграцию в более ранние или более поздние сроки;
- продолжительный период миграции (5-7 месяцев) 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 моря в основном за два года, а общий период выхода рыб одной генерации на морской нагул может достигать трех-четырех 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. Их содержание может достигать 3-5% от численности мигрантов, однако обычно ниже – доли процента. Ежегодно в нерестовых стадах может наблюдаться свыше десяти возрастных групп с различной комбинацией количества речных и морских лет. В целом в пределах ареала лосось может образовывать 42 возрастные группы с различным соотношением речных и морских лет жизни (Гринюк, 1977). 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 от года к году (Покровский, 1966). Различия условий, в свою очередь, определяют разницу в величинах естественной смертности генераций и возрастных групп лосося на всех этапах их жизненных циклов. Учитывая, что основу нерестовых стад в основных промысловых популяциях лосося в России составляет три – четыре возрастные группы, а в некоторых случаях и одна – две, некоторые исследователи при определении ОДУ предпочитают оценивать возможный вылов основных по численности групп (Азерникова, 1964а; Азерникова, 1964б; Студёнов, 1992; Студёнов, Антонова, 1998).

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, Чуксина, 1987), лососей из крупных речных систем бассейна Белого моря – Северной Двины, Мезени, Онеги – в районе Южной Норвегии и Фарерских о-вов (Студёнов, 1997).

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, 1966). Так, при повышении температуры выше среднего многолетнего значения лососи созревают на год раньше и вступают в нерестовую миграцию в возрасте  $p. 1+^1$ . 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 младших возрастных групп снижается. При этом численность нерестовых стад падает за счет вступления рыб в нерестовые стада последующих за «холодным» годом лет. Эта особенность отмечена более тридцати лет назад и использовалась в прогнозных моделях ПИНРО.

---

<sup>1</sup> - 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*)	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)	5·3+ - 5+3+ (+ RS)
Более девяти	В старших возрастных классах возвращаются, как правило, только повторно нерестующие особи					

\*RS – повторно нерестующие лососи (repeat spawners)

Продолжительность и динамика миграции в целом сходна 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, иногда – в сроках захода из моря в реки. Существенные различия между группами в биологических показателях послужили причиной появления специфичной только для атлантического лосося терминологии. Так, например, в р. Варзуге соотношение залёдка<sup>2</sup> – закройка<sup>3</sup> – межень<sup>4</sup> – осенняя<sup>5</sup> составляет соответственно 8,4% – 0,6% – 26,5% –

<sup>2</sup> - залёдка – лососи осенней биологической группы, не успевшие пройти вверх по реке, зимовавшие в низовьях и возобновляющие миграцию следующей весной после распаления льда;

<sup>3</sup> - закройка – лососи летней биологической группы, представленные рыбами в возрасте р·2+ и р·3+, мигрирующие в реку в июне-июле;

<sup>4</sup> - межень (тинда) – лососи летней биологической группы, представленные самцами в возрасте р·1+;

<sup>5</sup> - осенняя – лососи осенней биологической группы, представленные в основном (до 90% по численности) самками в возрасте р·2+ и р·3+.

61,1% (Казаков и др., 1992). Осенняя сёмга доминирует и в большинстве популяций, населяющих реки бассейнов Белого и Баренцева морей – в речных системах Печоры, Северной Двины, Мезени, Онеги, малых реках Кольского полуострова и восточной части Белого моря.

Промысел атлантического лосося в России базируется в основном на стадах, возвращающихся из морей в реки – именно эти рыбы отличаются 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, поскольку они относятся к одной и той же группе рыб – необловленным стадам, входящим из моря в реки. И. Н. Гринюк (1977) предложил следующую дифференциацию - нерестовое стадо делится на промысловую и маточную части, причем в маточную входит часть, погибающая в речной период жизни от различных причин и собственно воспроизводящая часть нерестового стада (рис. 1). Используя современную терминологию, блок-схему И. Н. Гринюка (рис. 1), можно представить в виде уравнения (1):

$$SH = TAC + Z_R + SP, \text{ где} \quad (1)$$

- SH – (от spawning herd) – нерестовое стадо, заходящее из моря в реку;  
TAC – (total allowable catch) – общий допустимый улов (ОДУ);  
 $Z_R$  – общая смертность в речной период жизни, за исключением промысловой смертности (промыслового изъятия в пределах ОДУ);  
SP – (от spawning part) – воспроизводящая часть стада.

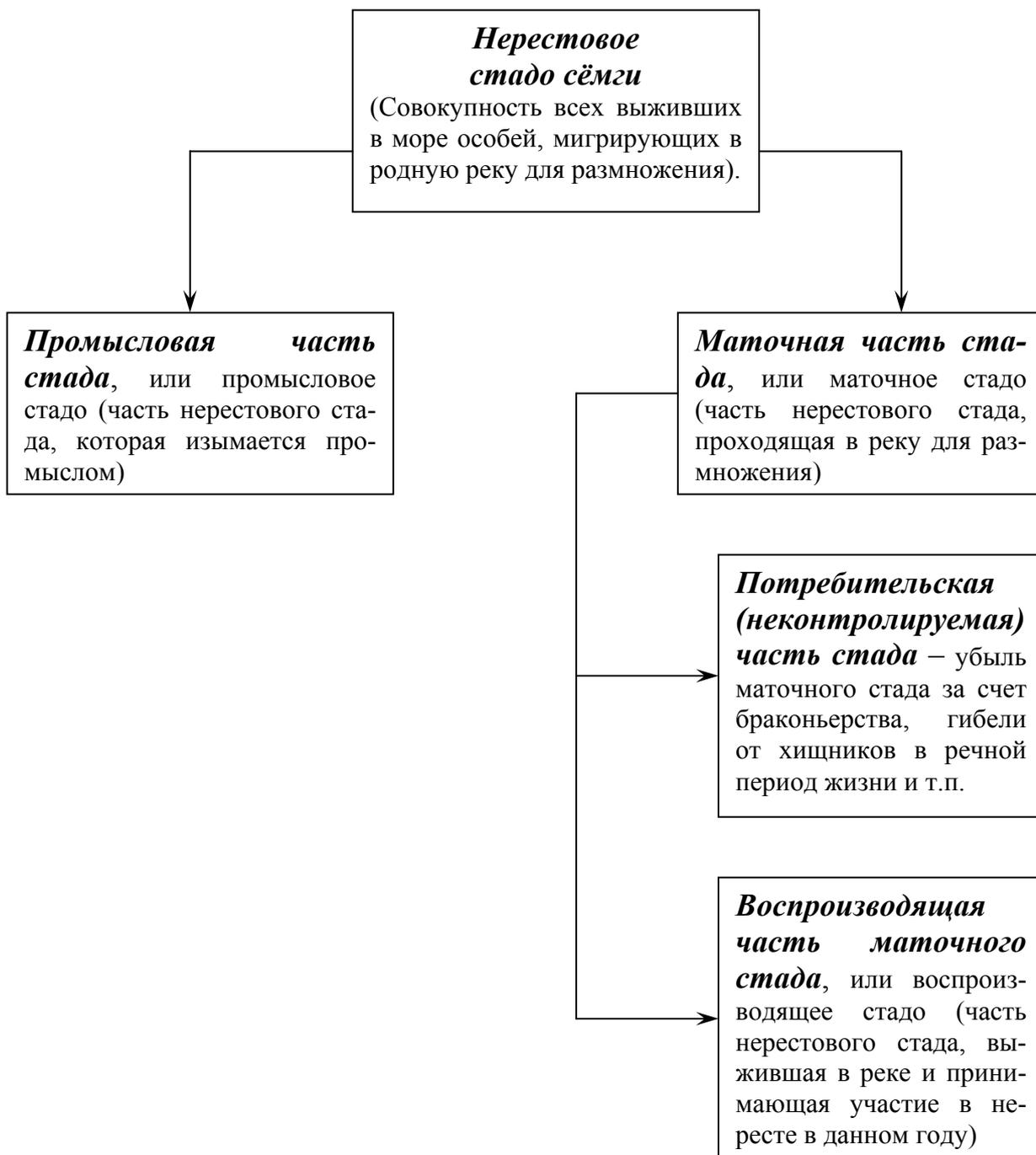


Рис. 1. Дифференциация нерестового стада атлантического лосося (по И. Н. Гринюку, 1977)

Величина  $Z_R$  в рассматриваемом уравнении включает смертность лососей в речной период жизни от различных причин – браконьерства, хищников и прочих. В настоящей работе не ставится целью исследование изменений этой величины, поэтому допустим, что ее изменения от года к году незначительны. Основной целью является представление метода прогнозирования численности нерестовых стад сёмги, оценка ОДУ и численности воспроизводящей части стад для ведения устойчивого использования запаса лосося.

Величина  $SH$  (уравнение 1) 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. В этой связи, а также по той причине, что лососей, как ни один другой вид, можно поштучно просчитать на путях речной миграции, запас сёмги определяется не только в весовом, но и в количественном выражении. Для количественной оценки запаса имеется серьёзное биологическое обоснование. Выше уже отмечалось, что температуры в период морского нагула оказывают значительное влияние на созревание лососей, и 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 сёмги – порядка 6 кг, но в 2001 г. из-за высокого содержания в стаде рыб возрасте  $p.1+$  (71,9% против среднего многолетнего – 6,7%) средняя масса составила всего 3,8 кг, что послужило поводом для снижения ОДУ на последующие годы в ходе экологической экспертизы. 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). Приведённый 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 регули-

рование соотношения вылова и пропуска к нерестилищам.

Наиболее сложной задачей является оценка численности ожидаемых нерестовых стад в крупных речных системах – Печора, Северная Двина, Мезень и Онега. Так, если ранее на двух из перечисленных рек – Печоре и Онеге – работали рыбоучётные заграждения (РУЗ), позволявшие полностью просчитывать нерестовые стада, оптимально и оперативно управлять запасами, то после восемнадцатилетнего перерыва (1984-2002 г.) такой способ ведения лососевого хозяйства восстановлен лишь на р. Онега. На р. Печора РУЗ не устанавливается с 1989 г., и мониторинг нерестовых стад сёмги осуществляется с помощью плавных сетей.

Численность ожидаемых нерестовых стад атлантического лосося для различных речных систем определяется разными способами. В р. Печора, например, определение в настоящее время ведется по коэффициентам воспроизводства (В. П. Антонова, неопубликованные данные). В р. Северная Двина численность нерестовых стад определяли путем мечения и повторного вылова (Студёнов, 1997). Выполнялись попытки построить прогноз по плотностям пространственного распределения (ППР) пестряток сёмги на нерестово-выростных угодьях (НВУ) (Студёнов, в печати). Однако ППР очень сильно зависят от целого ряда причин – уровней 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 – учёт смолтов (молоди сёмги, мигрирующей на морской нагул). Учёт проводился в реках, в руслах которых был полностью определён фонд лососевых НВУ – р. Ваеньга (приток первого порядка р. Северная Двина) и р. Мегра (малая река Зимнего берега Белого моря). На этих реках устанавливались РУЗ для учёта смолтов, общее количество учтенных на РУЗ смолтов определялось суммированием ежедневных уловов (Обзор..., 2000):

$$APS = \sum_{i=1}^n DCS, \text{ где} \quad (2)$$

- APS – общая численность учтенных на РУЗ смолтов, шт.;  
 DCS – ежедневный вылов смолтов, шт.;  
 n – количество показателей;  
 i – шаг суммирования.

Затем с учетом уловистости РУЗ определялось общее количество мигрировавших смолтов:

$$AMS = \frac{APS \times 100}{CR}, \text{ где} \quad (3)$$

- AMS – общая численность всех мигрировавших из реки смолтов, шт.

Уловистость РУЗ определялась по соотношению количества помеченных и выпущенных выше рыбоучетного заграждения смолтов и числа повторно обнаруженных в ловушке РУЗ смолтов:

$$CR = \frac{RS \times 100}{MS}, \text{ где} \quad (4)$$

- CR – уловистость РУЗ (%);  
 MS – количество помеченных смолтов, шт.;  
 RS – количество повторно выловленных смолтов, шт.

Далее по каждой из рек ежегодно определялась численность смолтов, мигрирующих с 1 км<sup>2</sup> нерестово-выростных угодий:

$$PS = \frac{AMS}{S}, \text{ где} \quad (5)$$

- PS – численность смолтов, мигрирующих с 1 км<sup>2</sup> нерестово-выростных угодий, шт.;  
 S – общий фонд нерестово – выростных угодий лосося в водотоке (км<sup>2</sup>)

Результаты расчетов по каждой из популяций лосося (из р. Ваеньги и из р. Мегры) вносились в колонки 2 и 3 таблицы 2. Далее определялась средняя численность смолтов, мигрирующих с 1 км<sup>2</sup> НВУ –  $\overline{PS}$  (колонка 4 таблицы 2):

$$\overline{PS} = \frac{PS_V + PS_M}{2}, \text{ где} \quad (6)$$

- PS<sub>V</sub> – продукция смолтов с 1 км<sup>2</sup> нерестово-выростных угодий р. Ваеньги, шт.;  
 PS<sub>M</sub> – продукция смолтов с 1 км<sup>2</sup> нерестово-выростных угодий р. Мегры, шт.

Затем 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, расположенного в реках Архангельской области (колонка 5 таблицы 2):

$$TNS = \sum_{i=1}^n S \times \overline{PS}, \text{ где} \quad (7)$$

- TNS – общая численность смолтов, мигрирующих с суммарного фонда НВУ, расположенного во всех реках Архангельской области, шт.

Следует отметить, что в некоторых притоках р. Онега, р. 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, по литературным данным принятого равным 0.05 (Яковенко, 1977), определяли численность генерации в возврате (колонка 6 таблицы 2):

$$G = TNS \times k, \text{ где} \quad (8)$$

- $G$  – численность генерации в возврате, шт.;  
 $k$  – коэффициент возврата лососей от смолтов – 0.05.

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

$$R_{p.s+} = TNS_i \times k \times PAC_{p.s+}, \text{ где} \quad (9)$$

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

Как отмечалось выше, каждое из нерестовых стад сёмги в Белом море в границах Архангельской области составляет обычно три возрастных группы –  $p.1+$ ;  $p.2+$  и  $p.3+$ . Поэтому численность нерестового стада в год  $i$  определяется как сумма возврата этих возрастных групп от смолтов, мигрировавших в разные годы (колонка 14 таблицы 2):

$$SH_i = \sum_{i-1}^n R_{p.s+}, \text{ где} \quad (10)$$

- $SH_i$  – нерестовое стадо в год  $i$ , заходящее из моря в реку, шт.  
 $n$  – количество показателей;  
 $i$  – шаг суммирования.

Так, например, для прогноза на 2004 г. использованы следующие данные по продукции смолтов:  
– за 2001 г. (прогнозирование возврата генерации с морским возрастом 3+ -  $p.3+$ ) (табл. 2);  
– за 2002 г. (прогнозирование возврата генерации с морским возрастом 2+ -  $p.2+$ ).

Поскольку по генерации с морским возрастом 1+ ( $p.1+$ ) данные могут быть получены только в 2003 г., их доля в прогнозируемом году определена на уровне среднего многолетнего – 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 сёмги в год  $i$ . При необходимости можно определить биомассу нерестового стада, умножив ожидаемую численность на среднюю за последние 10 лет массу лососей (колонка 15 таблицы 2):

$$SHM_i = SH_i \times \overline{M}, \text{ где} \quad (11)$$

- $SHM_i$  – биомасса нерестового стада в год  $i$ , кг;  
 $\overline{M}$  – средняя за последние 10 лет масса лососей, кг.

Таблица 2. Оценка численности смолтов по рекам Архангельской обл. с учтенным фондом НВУ и расчет возврата от них нерестовых стад (прогноз численности нерестовых стад)

Год	Продукция, шт. смолтов с 1 км <sup>2</sup>			Расчетная численность смолтов, шт.	Возврат генерации, шт. (при коэффициенте возврата 0.05)	Возврат генерации						Нерестовое стадо		
	Р. Ваеньга	Р. Мегра	Средняя			Год	P.1+	Год	P.2+	Год	P.3+	Прогнозируемый год	шт.	т
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>

Следующим этапом является оценка ОДУ и определение воспроизводящей части стада сёмги, 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 не следует упускать из внимания и то обстоятельство, 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 лососем, является желание искусственно «заполнить» все нерестовые площади в бассейне нерестовыми буграми. Однако такого заполнения 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 (глубинам, скоростям течения, качественному составу грунтов и т.д.) относятся исследователями к нерестовым. Видимо, по этой причине практически никогда не отмечалось сплошного заполнения нерестилищ нерестовыми буграми сёмги – 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 малоурожайного поколения (Бабаян, 2000). Для атлантического лосося, численность нерестовых стад которого выражается

в первую очередь в количественном показателе, а затем – в весовом, MBAL можно выразить также через количественный показатель. При этом суть граничного ориентира не изменится – он будет отражать численность воспроизводящейся 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 (Баба-ян, 2000).

Для рек Архангельской области соотношение естественного воспроизводства лосося и промысловых уловов в 50-х гг. XX в. можно ус-

ловно определить, как соответствующее «равновесному состоянию». В тот период производителями лосося использовались 1,5% площади нерестилищ в реках бассейна Белого моря в границах Архангельской области (Архивные материалы СевПИПРО и ФГУ «Севрыбвод»). Средний годовой вылов в 40 и 50 гг. XX в. составлял, соответственно, 22,8 и 19,3 т (данные 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. По материалам учётных работ, доля нерестовых площадей в составе НБУ в среднем равна 10%:

$$SA = S \times 0,1, \text{ где} \quad (12)$$

SA – площадь нерестилищ (км<sup>2</sup>);  
0,1 – доля нерестовых площадей в составе НБУ (10%).

Выше отмечалось, что в 50-е гг. XX в., принятые соответствующими периоду равновесного состояния, нерестовые бугры покрывали 1.5% площади нерестилищ. Исходя из этого, находим общую площадь нерестовых бугров:

$$TSK = SA \times 0.015, \text{ где} \quad (13)$$

TSK – общая площадь нерестовых бугров (км<sup>2</sup>);  
0,015 – показатель заполнения площадей нерестилищ нерестовыми гнёздами (1,5%)

Средние площади нерестовых бугров известны как по собственным исследованиям, так и по литературным данным, и составляют порядка 2 м<sup>2</sup> (Гринюк, 1971; Веселов, 1996). Известно, что одна самка строит в среднем 3 нерестовых бугра (Владимирская, 1959; Никифоров, 1959; 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:

$$TNF = TSK : 6, \text{ где} \quad (14)$$

TNF – общее количество самок, необходимое для оптимального заполнения нерестилищ, шт.  
6 – общая площадь нерестовых бугров, создаваемых одной самкой, м<sup>2</sup>

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

$$MBAL = \frac{TNF \times 100}{QF}, \text{ где} \quad (15)$$

QF – доля самок в нерестовом стаде, %

При этом SP (см. уравнение 1) будет равным MBAL (уравнение 15).

Для рек бассейна Белого моря в границах Архангельской области общая численность производителей, которых следует пропустить к нерестилищам (MBAL), составляет порядка 11 тыс. шт. (табл. 3).

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 <sup>2</sup>	37,518
Доля нерестовых площадей в фонде НВУ (средняя по бассейнам), %	10
Площадь нерестовых угодий в бассейне Белого моря в границах Архангельской области, км <sup>2</sup>	3,752
Доля нерестовых площадей, занятая нерестовыми буграми (в среднем), %	1,5
Суммарная расчетная площадь нерестовых бугров на нерестилищах, км <sup>2</sup>	0,056
Средняя площадь 1 нерестового бугра, м <sup>2</sup>	2
Среднее количество нерестовых бугров, строящихся 1 самкой, шт.	3
Общая площадь нерестовых бугров, стоящихся 1 самкой, м <sup>2</sup>	6
Общее количество самок, необходимое для пропуска к нерестилищам для обеспечения максимального устойчивого улова (MSY), шт.	9380
Средняя за последние 10 лет доля самок в стаде, %	84
МВАЛ, шт.	11166
МВАЛ	
Нерестовое стадо, шт.	19981
ОДУ + Z <sub>R</sub> , шт.	8815
Средняя масса семги за последние 10 лет, кг	5,8
ОДУ + Z <sub>R</sub> , т.	51,1

Численность нерестового стада (SH<sub>2004</sub>) прогнозируемая на 2004 г., составляет порядка 20 тыс. шт. Величина ОДУ вполне могла бы составить разницу между ожидаемой численностью нерестового стада и избранным ориентиром управления по численности:

$$ОДУ = SH_i - МВАЛ \quad (16)$$

Возвратимся к блок-схеме 1. Помимо перечисленных в уравнении (16) трёх параметров, существует величина Z<sub>R</sub>. Эта величина практически не регулируема и не управляема, но в случае, если не предусмотреть потерь части нерестового стада за счет общей смертности в речной период (Z<sub>R</sub>), эта величина будет изъята из МВАЛ. Располагая экспертными оценками величин неофициального вылова (за 2002 г. они составили 0,84 официального улова), определяем Z<sub>R</sub>:

$$Z_R = 0.84 \times ОДУ \quad (17)$$

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

МВАЛ – 11166 шт.; ОДУ – 4790 шт.; Z<sub>R</sub> – 4025 шт.

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

## Заключение

Применение общепринятых принципов предосторожного подхода к определению ОДУ семги затруднено биологическими особенностями этого вида. Вместе с тем ценность этого ресурса требует принятия управленческих схем, направленных не только на сохранение запасов, но и на продолжение устойчивого использова-

ния. Предложенная схема оценка 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. Предложенная модель может использоваться и при работе с другими видами проходных рыб.

## Благодарности

Автор благодарен зав. лабораторией зав. лабораторией системного анализа промысловых биоресурсов ВНИРО, к.б.н. 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 и пресноводных рыб СевПИНРО В. П. Антоновой и Н. А. Чуксиной за ценные замечания, сделанные во время работы над схемами оценки численности нерестовых стад и определения МВАЛ.

## Литература

- Азбелев В. В.* К вопросу о прогнозировании изменений численности сёмги рек Кольского полуострова // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Мурманск, 1966. Вып. 7. С. 96-101.
- Азерникова О. А.* Динамика численности семги р. Северной Двины в зависимости от условий ее воспроизводства // Рыбн. хоз-во. 1964. № 9. С. 22-27.
- Азерникова О. А.* Метод расчета численности семги р. Печоры // Рыбн. хоз-во. 1964. № 2. С. 24-33.
- Антонова В. П., Чуксина Н. А.* Влияние иностранного промысла на численность нерестовых стад семги реки Печоры // Вопросы лососевого хозяйства на Европейском Севере. Петрозаводск: Изд-во Карельского филиала АН СССР, 1987. С. 20-26.
- Бабаян В. К.* Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению. М.: Изд-во ВНИРО, 2000. 192 с.
- Веселов А. Е.* Модели поведения молоди атлантического лосося и условия их формирования. Петрозаводск: РИО Карельского НЦ РАН, 1996. 50 с.
- Владимирская М. И.* Нерестилища семги в верховьях р. Печоры и меры для увеличения их производительности // Тр. Печоро-Ильчского гос. заповедника. Сыктывкар, 1957. Вып. 6.
- Гринюк И. Н.* Выход личинок из нерестовых бугров и распределение сеголеток семги *Salmo salar* в русле реки. // Симпозиум по естественному и искусственному воспроизводству атлантического лосося и его промыслу. Тезисы докладов. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1971.
- Гринюк И. Н.* Промысел, воспроизводство и прогнозирование численности нерестового стада семги реки Поной // Труды Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО). Вып.32. Мурманск, 1977. С. 156-182.
- Казаков Р. В., Кузьмин О. Г., Шустов Ю. А., Щуров И. Л.* Атлантический лосось р. Варзуги. С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. 108 с.
- Никифоров Н. Д.* Развитие, рост и выживаемость эмбрионов и молоди семги в естественных условиях // Известия ВНИОРХ. М., 1959. Т. 48. С. 65-80.
- Обзор методов* оценки продукции лососевых рек. Под ред. к.б.н. И. И. Студёнова. Архангельск: ИЦ АГМА, 2000. 48 с.
- Покровский В. В.* О причинах колебания численности семги // Труды Карельского отд. ГосНИОРХ. 1966. Т. 4, вып. 1. С. 19-26.
- Студёнов И. И.* Обзор развития методов определения численности и оценки ОДУ сёмги – атлантического лосося (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) для бассейнов северных морей Европейской территории России (в печати).
- Студёнов И. И.* Прогнозирование уловов лосося в р. Северной Двине // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Тезисы докладов 5 региональной конференции. Петрозаводск, 1992. С. 206-208.
- Студёнов И. И.* Условия и состояние естественного воспроизводства атлантического лосося в бассейне р. Северной Двины. – Автореф. дис. канд. биол. наук С.Пб.: Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва, 1997. – 24 с.
- Студёнов И. И., Антонова В. П.* Причины низкой оправдываемости прогнозов вылова семги в устьевой части р. Северной Двины // Тез. докл. VII Всероссийской конференции по проблемам промыслового прогнозирования. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1998. С. 171-172.
- Яковенко М. Я.* Динамика ската, питание и выживание молоди семги реки Порьи // Биология промысловых рыб внутр. водоемов сев. части Европ. территории СССР. Мурманск, 1977. С. 147-155.