

ГРАНИЦЫ ВОЗМОЖНОГО РОСТА СИБИРСКОГО ОСЕТРА

С. Б. КУПИНСКИЙ¹,
Е. А. МЕЛЬЧЕНКОВ², (Т. Г. ПЕТРОВА)²

¹*Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Астраханский государственный
технический университет» ((ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»))*

²*Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного
рыбного хозяйства (ВНИИПРХ)*

BORDERS OF POSSIBLE GROWTH OF SIBERIAN PURPLE

S. B. KUPINSKY¹, E. A. MELCHENKOV², (T. G. PETROVA)²

¹*Dmitrovsky Fisheries Technological Institute of the Federal State
Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Astrakhan State Technical University” ((DRTI FGBOU VO “ASTU”))*
²*All-Russian Scientific Research Institute of Freshwater Fisheries (VNIIPRH)*

Аннотация. Рассматриваются возможные параметры стандартной модели массонакопления сибирского осетра, а именно – значение генетического коэффициента и функция продуктивного действия температуры. Обсуждаются расчетные траектории роста сибирского осетра при различных сочетаниях внешних факторов. Особое внимание уделено лимитирующему влиянию температуры и плотности посадки.

Ключевые слова: Сибирский осетр, массонакопление, стандартная модель, траектории роста, лимитирующие факторы, температура, плотность посадки

Abstract. The possible parameters of the standard mass accumulation model of the Siberian sturgeon are considered, namely, the value of the genetic coefficient and the function of the productive effect of temperature. The calculated growth trajectories of the Siberian sturgeon with different combinations of external factors are discussed. Particular attention is paid to the limiting effect of temperature and density of landing.

Keywords: Siberian sturgeon, mass accumulation, standard model, growth trajectories, limiting factors, temperature, planting density

Введение. Сибирский осетр (*Acipenser baeri Brandt*) является одним из основных видов осетровых рыб, культивируемых в условиях искусственного содержания (бассейны, садки, УЗВ и т.д.). При этом интерес к его выращиванию продолжает расти. Проектируются и открываются новые предприятия, увеличивается количество дополнительных производственных площадок по его выращиванию. Все это сопровождается расширением спектра условий, в которых осуществляется выращивание сибирского осетра. В этой связи требуется очевидное упорядочивание представлений о ростовых возможностях данного объекта.

Иными словами – общие рассуждения о высокой «потенции роста» в искусственных условиях и весьма различающийся опыт практического выращивания сибирского осетра следует перевести в область количественной стандартизации. При этом главным элементом этой стандартизации должно стать указание диапазона реально возможных скоростей массонакопления данного вида, вплоть до максимально возможных видовых характеристик, а также указание степени лимитирующего влияния на предельно возможную скорость массонакопления внешних факторов, в первую очередь температуры. В настоящей работе представлен спектр наблюдаемых на практике значений скорости массонакопления сибирского осетра, дан сравнительный анализ расчетных траекторий его роста на различных уровнях этого спектра, проведен анализ возможного влияния на рост осетра температуры и плотности посадки.

Материалы и методы. В качестве фактического материала использовались данные производственного выращивания сибирского осетра на Конаковском рыбоводном заводе промышленного осетроводства. Данные получены на рыбах первых трех лет выращивания в период с 1988 по 1993 г. и представлены Т. Г. Петровой. Общее количество элементарных измерений роста осетра – 519. Каждое из них включает среднюю массу группы рыб на начальном и конечном этапе выращивания (в граммах), а также время выращивания рыбы (в сутках) Для каждого из этих элементарных измерений в рамках стандартной модели массона-

копления (Резников и др., 1978) по формуле 1 рассчитывалось значение общего продукционного коэффициента скорости массонакопления – K_m :

$$K_m = (M_k^{0,333} - M_o^{0,333}) \times 3 / t, \quad (1)$$

где M_k и M_o – масса конечная и начальная (г), t – время выращивания (сутки).

Полученные значения анализировались на предмет степени их надежности по совокупности дополнительной производственной информации.

При расчете возможных траекторий роста, т. е. последовательности значений массы тела, полученной при пошаговом расчете конечной массы по заранее заданной динамике скорости массонакопления от известной (или ранее полученной) начальной массы и длительности отрезков выращивания, использовался видоизмененный вариант формулы 1 (формула 2).

$$M_k = (M_o^{0,333} + K_m \times t / 3)^3 \quad (2)$$

Количественная характеристика зависимости скорости массонакопления сибирского осетра от температуры предложена на основе экспертной оценки совокупности опубликованной в литературе информации, данных практического выращивания, а также общих теоретических представлений о связи предельной скорости массонакопления с необходимой для этого температурой (Купинский, Баранов, 1988).

Результаты исследований и обсуждения. В природных условиях темп роста сибирского осетра трудно назвать высоким. Так, например, в реке Лене он обычно достигает размеров 4,4 кг в возрасте 20 лет (Соколов и др., 1986) и даже меньше – 3,7 кг в возрасте 28 лет (Пирожников, 1955); в реке Алдан – 5,92 кг в возрасте 20 лет (Соколов и др., 1986), в Обской губе – 12,5 кг в возрасте 22+ (Дрягин, 1949), в реке Енисей – от 5 до 16 кг в возрасте 25+ и 9–33 кг в возрасте более 40 лет (Дрягин, 1949; Подлесный, 1958), в реке Колыма – 2,28 кг в возрасте 25 лет и 9 кг в возрасте 46 лет, в озере Байкал – 2,2 кг в возрасте 11 лет, 13 кг в возрасте

22 года и 60 кг в возрасте 44 года (Егоров А. Г. по Дрягину, 1949). Из приводимых в литературе данных наибольшие размеры в относительно раннем возрасте отмечаются в реке Иртыш – 7,1 кг в возрасте 11+ и 25,8 кг в возрасте 26+ (Башмакова Л. Я, по Дрягину, 1949).

Среднегодовое значение K_m (обозначаемое в данном случае как $УК_m$) для разных популяций сибирского осетра колеблется в достаточно широком диапазоне. В Обь-Иртышском бассейне: в Нарынской Оби $УК_m = 0,00124$, в Иртыше $УК_m = 0,00566$, в Обской губе $УК_m = 0,00691$; в реке Енисей $УК_m$ колеблется от 0,00387 до 0,00639, в реке Лена – от 0,00356 до 0,00511, в озере Байкал находятся на уровне – 0,00668–0,00670, в реке Алдан – 0,00601, в реке Колыма – 0,00316 (Дрягин, 1949; Пирожников, 1955; Подлесный, 1958; Соколов и др., 1986). Средневзвешенная величина $УК_m$ для всех популяций – 0,00503.

В условиях искусственного выращивания сибирский осетр растет значительно быстрее. Размеры аналогичные природным, а часто значительно больше, чем природные, удается получать в значительно более раннем возрасте. Так, например, в условиях Конаковского РЗ масса ленского осетра в возрасте 4+, 5+ и 9+ достигала 3,8–4,1 кг, 5,5 кг и 10,5 кг соответственно (Петрова, Козовкова, Смольянов, 1990). Еще большие значения массы для ленского осетра в довольно «юном» возрасте указываются в литературе по японским данным – 4,45 кг в возрасте 2 года (Выращивание..., 1968) и 7–16 кг в возрасте 5+ (Бердичевский, Малютин, Соколов, 1976). По «документально подтвержденной личной информации куратора Аквариума Эношима» (Гербильский, 1970), сеголетки ленского осетра, доставленные в Йокогаму в октябре 1964 г., за один год выросли с 9 г до 2095 г. Общий продукционный коэффициент скорости массонакопления (K_m), рассчитываемый по формуле 1, для данных значений составляет $K_m = 0,088$.

Все вышеуказанные значения массы тела сибирского осетра как в естественных водоемах, так при искусственном выращивании далеки от указываемых в литературе максимальных видовых размеров – 100 кг для популяции озера Байкал и 200 кг

в некоторых других частях ареала (Анисимова, Лавровский, 1983). В каком возрасте могут быть достигнуты подобные значения массы – не указывается, однако сам факт наличия подобных сведений имеет серьезные последствия. Дело в том, что в сочетании с естественным желанием рыбовода быстрее получить результат, а также в связи с очень высоким уровнем дифференциации одновозрастных осетров по массе (Бердичевский, Малютин, Соколов, 1968), в ряде случаев имеют место иллюзии относительно еще не раскрытых «потенциальных свойств» данного объекта в области роста (массонакопления).

В этой связи полезным является знакомство с реально наблюдаемыми в производственных условиях скоростями массонакопления (K_m) сибирского осетра. На Конаковском заводе промышленного осетроводства они изменяются от небольших отрицательных значений K_m ($-0,015$) до значений K_m в пределах от $0,276$ до $0,279$ (рис. 1).

На рис. 1 представлено распределение значений K_m по уровням наблюдаемой скорости массонакопления. Из рисунка вид-

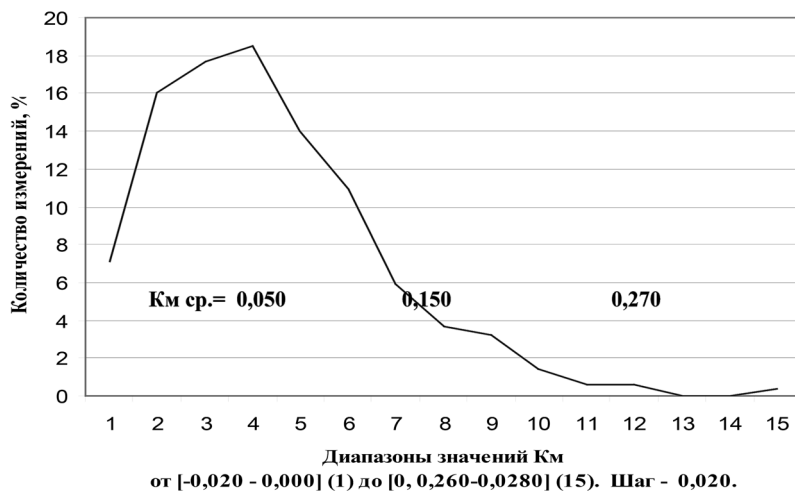


Рис. 1. Распределение значений скорости массонакопления (K_m) сибирского осетра при его выращивании на КЗРП в 1988–1993 гг.

но, что скорость массонакопления сибирского осетра в условиях теплых вод и постоянного поиска оптимального сочетания иных факторов (плотность посадки, режим кормления и т.д.) в ряде случаев достигает очень высоких величин, но очевидно не является бесконечной. Отчетливо видно постоянно и закономерно уменьшающееся количество все более высоких значений K_m . Одно из них характеризует предельно возможную видовую скорость массонакопления сибирского осетра и в рамках стандартной модели может получить статус генетического коэффициента, т. е. ориентировочного значения предельной скорости массонакопления для данного вида.

В условиях Конаковского завода сибирский осетр чаще всего демонстрирует скорость массонакопления в диапазоне K_m от 0,040 до 0,060 (среднее значение $K_m = 0,056$). Оно на порядок выше тех, что сибирский осетр различных популяций демонстрирует на уровне среднегодовых значений K_m ($УК_m = 0,00503$). Сколь серьезно это различие показывает расчет возраста рыбы, при котором она может достичь своих видовых пределов массы – 100 и 200 кг/шт. Для $УК_m = 0,00503$ это 74 и 94 года соответственно, для $K_m = 0,056$ – 6,7 и 8,5 лет соответственно.

Попытаемся разобраться, насколько реально достижение этих (а возможно и более высоких) показателей роста сибирского осетра и какие трудности могут встретиться на этом пути.

При выращивании рыб, в том числе осетровых, решаются две взаимосвязанные задачи. Первая касается определения необходимого для решения производственных задач и, одновременно, реально возможного значения скорости массонакопления рыб, включая четкие указания на перечень требуемых для ее обеспечения условий, а также создание этих условий. Относится эта задача к научно-информационному обеспечению технологического процесса. Вторая задача связана с поддержанием заданной скорости массонакопления на тот или иной период выращивания и в большей степени связана с организационными усилиями персонала по реализации принятой программы действий.

Для решения первой задачи важно определение границы диапазона реально возможных скоростей массонакопления сибир-

ского осетра, в первую очередь – предельно возможной скорости, т. е. генетического коэффициента (K_g) и функции продуктивного действия температуры (ФПДт).

Максимальные значения K_m , зафиксированные в условиях КЗРП, а именно $K_m = 0,276$ и $K_m = 0,279$, вряд ли могут претендовать на статус такой естественной константы. Оба получены в 1988 г. на двухлетках на отрезке времени 18 суток в рамках одного контрольного облова. В обоих случаях по данным предшествующих измерений фиксировалось заметное снижение массы тела рыб в смежных по времени выборках.

Это означает, что в обоих случаях с высокой степенью вероятности имела место погрешность, связанная с неточностью выборки, и данные значения должны быть отброшены.

Оставшиеся в анализируемом массиве данных максимальные значения K_m сибирского осетра находятся в диапазоне от 0,210 до 0,220. Число таких значений чрезвычайно мало (3 из 519, т. е. 0,6 %) и потому опираться на них, особенно при установлении видовой константы скорости массонакопления (K_g), опасно. Более надежными для практического использования являются предельные значения K_m , получаемые с опорой на статистические оценки средних величин и отклонений от них. Так были получены два значения K_m , близкие к 0,150 и к 0,190.

В одном случае – это среднее значение K_m плюс две «сигмы» (подобный подход использовался при предварительном установлении практически используемых значений продукционно-технологических констант для целого ряда культивируемых видов рыб), в другом – среднее значение K_m плюс три «сигмы» (приемлемо для научных оценок). Если второе значение принять за предварительное значение K_g сибирского осетра ($K_g = 0,190$), тогда, согласно (Купинский, Баранов, 1988), оптимальной температурой для его роста является температура 26 °С. Последнее означает, что сибирский осетр, несмотря на свое название и ареал, во многих случаях совпадающий с наиболее суровыми по климату регионами Российской Федерации, относится к числу достаточно теплолюбивых видов рыб. Именно это позволяет ему по терминологии А. Ф. Карпевич (1998) раскрывать свой «потен-

циал» роста в условиях, отличающихся от естественных. Обычным температурным диапазоном, в рамках которого с ним работают при выращивании, является диапазон в пределах от 13 до 26 °С.

Если принять, что оптимальной для максимального роста сибирского осетра является постоянная температура порядка 26 °С, а «нулевой» рост привязан к температурам 4 °С и 33 °С, тогда функция продуктивного действия (ФПД) температуры для данного вида по экспертным оценкам может выглядеть так, как это представлено в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Экспертные значения ФПД температуры для сибирского осетра

Температура, °С	Температурный коэффициент, Кг	Температура, °С	Температурный коэффициент, Кг
4	0,00	20	0,60
6	0,05	22	0,75
8	0,10	24	0,90
10	0,15	26	1,00
12	0,21	28	0,90
14	0,30	30	0,60
16	0,39	32	0,20
18	0,49	33	0,00

Для количественной оценки работоспособности тех или иных параметров Кг и ФПДт сибирского осетра были проведены расчеты траекторий возможного роста его массы на протяжении первых трех лет жизни. В табл. 2 представлены результаты этих расчетов для различных значений Км. В качестве исходного постулата принимали возможность сохранения на весь период выращивания стабильных экологических условий и рост рыбы на исходно заданном (неизменном) уровне.

Расчеты показали, что в конце первого года выращивания при средних значениях скорости массонакопления ($K_m = 0,056$) сибирский осетр от начальной массы в 1 г мог бы вырасти до навески в 477 г, на второй год – от 477 г до 3,12 кг, на третий – от 3,12 кг до 9,86 кг. Это заметно лучше, чем фактический рост

Т а б л и ц а 2. Динамика расчетной массы (г) сибирского оостра при различных значениях скорости массообразования от начальной массы 1 г (шаг отрезка – 30 дней)

Число дней от начала роста	Км = 0,056 (ср.)	Км = 0,100	Км = 0,150	Кг = 0,190 (max)	Число дней от начала роста	Км = 0,056 (ср.)	Км = 0,100	Км = 0,150	Кг = 0,190 (max)
0	1	1	1	1	390	568	2744	8615	16975
30	3,8	8	15,6	24,3	420	691	3375	10648	21025
60	9,5	27	64	111	450	831	4096	12978	25672
90	19	64	166	301	480	988	4913	15625	30959
120	34	125	343	636	510	1164	5832	18610	36926
150	55	216	614	1158	540	1360	6859	21952	43614
180	83	343	1000	1906	570	1577	8000	25672	51065
210	119	512	1521	2924	600	1816	9261	29791	59319
240	165	729	2197	4252	630	2078	10648	34328	68418
270	220	1000	3049	5930	660	2363	12167	39304	78403
300	287	1331	4096	8000	690	2674	13824	44739	89315
330	367	1728	5359	10503	720	3011	15625	50653	101195
360	460	2197	6859	13481	730	3120	16258	52734	105377
365	477				1095	9855			

осетра на Конаковском заводе. По рабочим материалам Петровой Т. Г в конце первого года выращивания размеры годовиков с учетом разного времени получения отдельных партий достигали величин от 26 до 315 г, в конце второго года – от 506 до 1206 г, в конце третьего – от 1304 до 2089 г.

При этом видно, что в первый год выращивания фактическая (максимальная) и расчетная конечные массы еще сопоставимы и разница составляет «всего лишь» 51 % в пользу расчетного роста. В дальнейшем разница стремительно возрастает. К концу второго года она достигает 159 %, к концу третьего – уже 369 % в пользу расчетного роста. Налицо кумулятивный эффект, когда эпизодическое, связанное с самыми разными причинами, ослабление усилий по обеспечению роста рыбы приводит с течением времени ко все возрастающему отставанию фактических значений массы тела осетра от возможной расчетной.

В условиях Конаковского завода к числу таких лимитирующих рост рыбы факторов можно отнести эпизодическое снижение температуры, неточное определение потребности рыб в кормах, опаздывание с уменьшением плотности посадки, стрессовые ситуации, связанные с рассадкой рыб, профилактическими обработками и другими операциями.

Что касается траекторий роста осетра на более высоких уровнях K_m (0,100; 0,150; 0,190), то они по итоговым результатам выглядят почти фантастически (16,3 кг; 52,7 кг и 105,4 кг). Однако при этом не следует забывать, что поддержание стабильной скорости роста на все более высоком уровне требует более значительных усилий, часто превышающих уровень достигаемых результатов (закон «убывающего плодородия»). Эпизодически такие условия создать можно и тогда рыба на коротком отрезке времени демонстрирует казалось бы «невозможное». Пример – расчетный рост осетра, представленный в табл. 2 для $K_m = 0,190$ в диапазоне от 120 до 150 дней. Значения массы для этих условий выделены курсивом, и они очень близки к тем, которые были зафиксированы на практике для гибридных форм осетровых рыб, а именно – при индустриальном выращивании гибрида стерляди и белуги. В этих условиях было отмечено увеличение за один

месяц реальной массы рыб с 510 до 940 г (Матишов и др., 2008). Известны и другие примеры неожиданно высокого темпа весового роста осетровых рыб.

Тот факт, что подобные примеры встречаются весьма редко, говорит лишь о том, что обеспечение столь высокого уровня Км наталкивается на большие трудности и многочисленные лимитирующие факторы, в совокупности снижающие темп роста рыбы до вполне обычного уровня.

О степени уменьшения возможной массы рыбы на различных этапах ее выращивания в зависимости только от одного из многих лимитирующих факторов можно судить по расчетам возможных траекторий роста осетра на примере лимитирующего действия температуры (табл. 3).

Расчеты показывают, что при снижении уровня температуры от оптимальной на 10 градусов потенциальная конечная масса в конце второго года выращивания уменьшается на порядок (со 105 кг до 10,5 кг), а при снижении температуры до уровня 11–12 °С – на два порядка (до 930 г/шт).

При этом в некоторых вариантах расчетов, например, при 16–17 °С ($K_m = 0,086$) рост сибирского осетра в первый год жизни, с учетом различия в начальной массе рыбы, очень близок к тому, что было отмечено для него в условиях японских аквариумов (Гербильский, 1970).

Если на тормозящий эффект «не оптимальных» температур наложить воздействие недостаточной кормовой обеспеченности, тогда реально возможный рост сибирского осетра снизится еще больше. Расчеты показывают, что при кормовой обеспеченности на уровне 50 % расчетные значения массы осетра в возрасте двух лет снижаются еще в 6–7 раз против условий 100 % кормовой обеспеченности. Это, в частности, означает, что при температурном фоне в 11–12 °С расчетная масса снизится с 930 до 155 г/шт, при 16–17 °С – с 10541 до 1500 г/шт. В этой связи интересными представляются данные различных авторов о росте молоди сибирского осетра в различных естественных водоемах (Гершанович, Пегасов, Шатуновский, 1987). Согласно этим данным, сибирский осетр в возрасте двух лет достигает размеров:

Таблица 3. Расчетные траектории роста сибирского осетра (г) при различных температурах и идеальности других факторов внешней среды

Число дней от начала роста	Температурные режимы				Число дней от начала роста	Температурные режимы			
	11-12 °С К _М = 0,036	16-17 °С К _М = 0,086	20-21 °С К _М = 0,124	26 °С К _М = 0,190		11-12 °С К _М = 0,036	16-17 °С К _М = 0,086	20-21 °С К _М = 0,124	26 °С К _М = 0,190
0	1	1	1	1	390	183	1807	5018	16975
30	2,5	6,4	11,2	24,3	420	220	2217	6189	21025
60	5	20	42	111	450	262	2685	7530	25672
90	9	46	105	301	480	309	3216	9051	30959
120	15	88	212	636	510	361	3811	10765	36926
150	22	149	373	1158	540	419	4476	12682	43614
180	32	234	601	1906	570	482	5214	14814	51065
210	44	346	907	2924	600	551	6029	17174	59319
240	58	489	1302	4252	630	627	6924	19771	68418
270	80	668	1798	5930	660	708	7904	22617	78403
300	97	885	2406	8000	690	799	8973	25725	89315
330	127	1144	3138	10503	720	896	10134	29104	101195
360	151	1451	4005	13481	730	930	10541	30294	105377
365	156	1506	4163	14027	1095	2827	33980	98996	348170

70 г – в реке Лена, 98–235 г – в различных участках Оби, 100–203 г в Иртыше, 229 г в озере Байкал, 1200 г – в Финском заливе Балтийского моря. Эти реальные значения массы тела весьма близки к соответствующим расчетным. Косвенным образом это может свидетельствовать, во-первых, о работоспособности стандартной модели роста сибирского осетра и предложенных значений $K_g = 0,190$ и ФПДт и, во-вторых, об общем невысоком уровне кормовой обеспеченности сибирского осетра в водоемах обитания.

Кроме температуры и уровня кормовой обеспеченности на реальный рост сибирского осетра сильнейшее влияние оказывает плотность посадки. Сибирский осетр по морфологии и характеру питания – типичная донная рыба, требующая определенного пространства. Особенно в период питания. Величина этого пространства тесно связана с длиной рыбы и в первом приближении может быть определена как квадрат этой длины.

В случае нехватки выростной площади, более сильные (= крупные) особи будут вытеснять более слабых (= мелких) со дна в толщу воды. Неизбежным следствием такого вытеснения является снижение кормовой обеспеченности «лишних» рыб, торможение их роста в том числе из-за дополнительных затрат на движение в толще воды, и, как следствие, дифференциация рыб по размерам. Чем больше опоздание с рассадкой рыбы, тем сильнее различаются рыбы по размерам, тем больше появляется соответствующих групп – крупных, средних, мелких и т.д. Вплоть до ярко выраженного их разделения по этажам обитания: крупные – на дне, более мелкие – в средних, самые мелкие – в верхних слоях. В условиях индустриального выращивания сибирского осетра на первом году его жизни в некоторых случаях отмечалось до 5 слоев разных по размеру рыб. В каком темпе должно осуществляться уменьшение плотности посадки? Это зависит от нескольких факторов – от площади поверхности, необходимой одной рыбе в процессе кормления, степени ее активности, а также степени «социализации». Под «социализацией» мы понимаем готовность особи освободить (покинуть) кормовую зону после насыщения в пользу других, ожидающих

своей очереди, рыб. С учетом того, что площадь кормовой зоны может быть в первом приближении определена через длину рыбы, активность – через температуру, а степень «социализации» – через количество очередников («слоев»), допущенных на кормовую площадку и успевших насытиться до исчезновения корма, оптимальная плотность посадки сибирского осетра может быть обозначена следующими величинами (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Расчетный оптимум плотности посадки сибирского осетра (шт/м²) в зависимости от его размеров (см), температуры и степени «социализации»

Длина, см (~масса)	Степень «социализации» = 1		Степень «социализации» = 2	
	T °C = 12–14	T °C = 22–24	T °C = 12–14	T °C = 22–24
1 см (0,013 г)	20000	10000	40000	20000
2 (0,03 г)	5000	2500	10000	5000
3 (0,04 г)	2222	1111	4444	2222
4 (0,4 г)	1250	625	2500	1250
5	800	400	1600	800
6 (1,2 г)	556	278	1112	556
7	408	204	816	408
8	312	156	624	312
9	246	123	492	246
10 см (5 г)	200	100	400	200
15	88	44	176	88
20	50	25	100	50
25	32	16	64	32
30 (60-90 г)	22	11	44	22
35 (130–150 г)	16	8	32	16
40	12	6	24	12
45	10	5	20	10
50 см (400–500 г)	8	4	16	8

В литературе чаще всего рекомендуемая плотность посадки осетровых привязывается к массе тела рыбы без какого-либо учета ее активности и степени «социализации» и указывается, как правило, в очень широких границах.

Так, например, в нормативах для выращивания осетровых от 5 до 1500 г (Пономарев и др., 2002), рекомендуются следу-

ющие плотности посадки рыб при их индустриальном выращивании: при массе рыб от 5 до 300 г – 100–150 шт/м, при массе рыб от 300 до 1500 г – 30–80 шт/м².

На начальном этапе выращивания, когда рыбы только посажены на выращивание и имеют небольшие размеры, эти значения плотности посадки отчасти близки к расчетным оптимальным (выделены в табл. 3 жирным шрифтом).

По мере роста рыбы, например, от 5 до 1500 г, рекомендуемые и расчетные плотности посадки заметно расходятся. В некоторых случаях – более чем на порядок. Это означает, что изначально в такой технологии выращивания заложена невозможность обеспечения максимального роста для всех посаженных на выращивание рыб и что для обеспечения интенсивного роста каждой рыбы (без исключений) данный элемент рыбоводной технологии должен быть скорректирован.

Заключение. Анализ расчетных траекторий показал, что предполагаемые базовые параметры стандартной модели ($K_g = 0,190$ ФПДг – по табл. 2) могут оказаться полезными при объединении фактически наблюдаемых случаев роста сибирского осетра в рамках единой стандартной модели.

Для получения близких к реальным траекторий роста сибирского осетра необходимо учитывать реальную динамику температуры и кормовой обеспеченности.

На практике наиболее эффективным, в том числе с экономической точки зрения, является долгое сохранение средних по величине значений скорости массонакопления сибирского осетра.

Сибирский осетр обладает высоким потенциалом с точки зрения интенсификации его роста. Однако это целесообразно лишь на отдельных отрезках выращивания и сопряжено со значительными технологическими, экономическими, организационными и интеллектуальными усилиями.

Для интенсификации производства сибирского осетра по критерию выживаемости и реализации роста всех особей (в % от посаженных) на ранних этапах жизни важно обеспечивать своевременность его рассадки (= запас выростных площадей), а для взрослых особей – возможность индивидуального кормления, в том числе на принципах стойлового содержания отдельных особей.

Список использованных источников

1. Анисимова, М. М. Ихтиология : учеб. пособие / М. М. Анисимова, В. В. Лавровский. – М.: Высш. шк., 1983. – 255 с.
2. Бердичевский, Л. С. Состояние и перспективы рыбоводно-акклиматизационных работ с сибирским осетром / Л. С. Бердичевский, В. С. Малютин, Л. И. Соколов // Рыб. хоз-во. – 1976. – № 11. – С. 9.
3. Выращивание сибирских осетров в Японии (по материалам Всеяпонской ассоциации рыбопромышленников) // Сб-к науч.-техн. информ. / ВНИРО. – М., 1968. – Вып.1. – С. 17–20.
4. Гербильский, Н. Л. Проблемы осетрового хозяйства в водах Северо-Западной части СССР / Н. Л. Гербильский // Тр. ЦНИОРХ. – 1970. – Т. II. – С. 180–187.
5. Дрягин, П. А. Биология сибирского осетра, его запасы и рациональное использование / П. А. Дрягин // Изв. ВНИОРХ. – 1949. – Т. 29. – С. 3–51.
6. Карпевич, А. Ф. Потенциальные свойства гидробионтов и их реализация в аквакультуре / А. Ф. Карпевич // Биологические основы марикультуры. – М.: Изд-во ВНИРО, 1998. – С. 78–100.
7. Купинский, С. Б. Взаимосвязь температуры и роста рыб (взгляд с точки зрения прогнозирования) / С. Б. Купинский, С. А. Баранов // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – 1988. – Вып. 51. – С. 105–112.
8. Основы осетроводства в условиях замкнутого водообеспечения для фермерских хозяйств / Г. Г. Матишов [и др.]. – Ростов н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – 112 с.
9. Петрова, Т. Г. Воспроизводство ленского осетра в условиях Конаковского тепловодного хозяйства / Т. Г. Петрова, Н. А. Козовкова, И. И. Смольянов // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – 1990. – Вып. 60. – С. 137–141.
10. Пирожников, П. Л. Материалы по биологии промысловых рыб р. Лены / П. Л. Пирожников // Изв. ВНИОРХ. – 1955. – Т. 35. – С. 61–128.
11. Подлесный, А. В. Рыбы Енисея, условия их обитания и использование / А. В. Подлесный // Изв. ВНИОРХ. – 1958. – Т. 44. – С. 97–178.
12. Технология выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России : справ. учеб. пособие / С. В. Пономарев [и др.]. – Астрахань: Нова плюс, 2002. – 264 с.
13. Стандартная модель массонакопления рыбы / В. Ф. Резников [и др.] // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. – 1978. – Вып. 22. – С. 182–196.
14. Эколого-морфологическая характеристика сибирского осетра *Acipenser baeri* Brandt реки Алдан / Л. И. Соколов [и др.] // Вопр. ихтиологии. – 1986. – Т. 26, вып. 5. – С. 741–749.