

СТЕПЕНЬ ПРОСАЛИВАНИЯ РЫБЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЕ РАЗМЕРОВ

Кандидат технических наук Н. А. Семенов

Ленинградское отделение ВНИРО

Известно, что при одинаковых условиях посола рыба, в зависимости от разных размеров, приобретает различную соленость, тем большую, чем меньше размер рыбы.

В неразделанную рыбу соль поступает через наружную поверхность. Следовательно, должна быть прямая пропорциональность между количеством соли, поглощенной рыбой в единицу времени, и наружной ее поверхностью, как это утверждает М. И. Турпаев [2].

Имеются также указания на зависимость скорости посола от толщины и длины рыбы [1].

С целью проверить эти утверждения, определить зависимость поступления соли от линейных, поверхностных и весовых измерений разных экземпляров рыбы и установить математическую форму этих взаимосвязей, было поставлено большое количество опытов по посолу рыбы в тузлуке.

Для опытов была выбрана салака (*Clupea harengus membras* L.), так как она является значительным промысловым объектом (добыча равняется нескольким сотням тысяч центнеров в год), вылавливается различных размеров, с колебаниями веса от 10 до 150 г, и может быть получена для опытов в свежем состоянии.

Проведены линейные измерения 415 экземпляров (1948 и 1949 гг.), причем определялась абсолютная длина рыбы, высота у начала спинного плавника и толщина тела в плоскости, пересекающей рыбу у начала спинного плавника.

Площадь наружной поверхности салаки определялась по методу Фойта [4], сущность которого состоит в следующем. Через определенные промежутки по длине производятся измерения обхватов тела рыбы. Результаты измерений обхватов наносят по оси ординат, а по оси абсцисс откладывают длину рыбы; площадь образованная кривой измеряется планиметром. Практическое проведение измерений, не требующее дальнейших пояснений, представлено на рис. 1.

Кроме наружной поверхности измерялись также поверхность брюшины и разрезов, необходимые при учете скорости посола. Так как это — плоские поверхности (или близкие к плоским), измерение их не представило больших трудностей; оно осуществлялось отпечатками поверхностей на миллиметровую бумагу и определением площадей полученных отпечатков. Все измерения сопровождалось взвешиванием рыбы и отдельных ее частей.

В результате получен большой цифровой материал и вычислена характерная зависимость между линейными, поверхностными и весовыми

(как эквивалентными объемным) измерениями тела салаки. При расчете этой зависимости автор руководствовался принципом геометрического подобия. Средние величины линейных измерений, выраженные в тысяч-

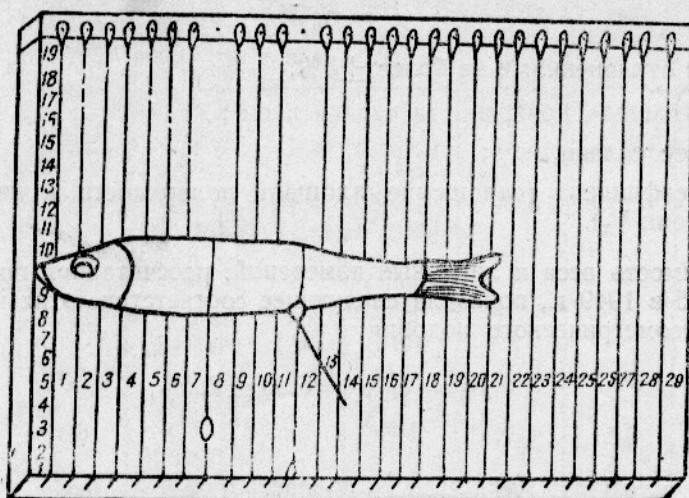


Рис. 1. Измерительная доска и способ получения обхватов тела салаки.

ных долей абсолютной длины, дают по 415 измерениям рыб следующие показатели (если принять длину рыбы за 1000).

Абсолютная длина тела	Высота тела	Толщина тела
1000	160	71
	± 9	$\pm 4,5$
	($\pm 5,6\%$)	($\pm 6,3\%$)

Средние отклонения от среднего арифметического получены делением суммы абсолютных значений отклонений индивидуальных измерений на число вариантов и представляют, таким образом, величины, несколько меньшие средних квадратических отклонений.

Полученная взаимозависимость линейных измерений тела салаки приближенно соответствует принципу геометрического подобия и степень этого приближения ($\pm 5-6\%$) можно считать удовлетворительной для технических целей.

Измерение площади наружной поверхности салаки показало еще более точное соответствие с принципом геометрического подобия, как это видно из таблицы средних величин.

Таблица 1

	Вес рыбы (в г)	Площадь поверхности (без плавников) (в см ²)	Вес рыбы в г в степе- ни $2/3$	K_0 отношение площади по- верхности к весу в степе- ни $2/3$	K_0 среднее квадрати- ческое от- клонение
Среднее из 33 изме- рений рыб в 1949 г.	38,5	89,9	11,40	7,88	0,25

Площадь поверхности салаки соответствует принципу геометрического подобия по уравнению:

$$P = K_0 W^{\frac{2}{3}}$$

с средними отклонениями не более $\pm 3\%$,

где: P — площадь поверхности салаки в см^2 ;

W — вес салаки, в г;

K_0 — коэффициент (отношение площади поверхности к весу в степени $\frac{2}{3}$).

Зависимость веса и линейных измерений, рассчитанная по 33 измерениям рыб в 1949 г., показала следующее соответствие этих измерений принципу геометрического подобия:

$$K_1 = \frac{L}{W^{\frac{1}{3}}} = 5,33 \pm 2,3\%,$$

$$K_8 = \frac{T}{W^{\frac{1}{3}}} = 0,436 \pm 3,2\%,$$

$$K_9 = \frac{H}{W^{\frac{1}{3}}} = 0,873 \pm 4,4\%,$$

где K с индексом — коэффициент (отношение двух величин), W — вес в г, L , H и T — абсолютная длина, высота и толщина салаки в см.

Анализ полученных взаимозависимостей позволяет утверждать, что тело салаки приблизительно соответствует принципу геометрического подобия и линейные, поверхностные и весовые (эквивалентные объемным) измерения связаны между собой простою зависимостью, вытекающей из геометрического подобия.

Характерной величиной для каждого экземпляра салаки является также отношение площади поверхности в квадратных сантиметрах к весу в граммах. Получающееся отношение является удельной поверхностью, т. е. количеством квадратных сантиметров поверхности салаки, приходящимся на 1 г ее веса; оно хорошо характеризует величину рыбы и использовано нами при расчетах по посолу.

Для выяснения связи между значениями различных измерений тела салаки и количеством соли, поступающим в рыбу при посоле, было произведено 250 отдельных посолов, продолжительностью от 10 минут до 24 часов (тузлук 20%-ной крепости, отношение рыбы и тузлука по весу 1 : 10, температура ± 12 ; $+17^\circ$).

Для посолов употреблялась, преимущественно, свежая рыба в состоянии посмертного окоченения.

За единицу измерения количества соли, поступающей в салаку при посоле в течение определенного времени, автор счел необходимым принять количество соли в миллиграммах, проникающей через 1 см^2 площади поверхности, соприкасающейся с тузлуком.

Эта величина названа удельным просаливанием, а величина потерь веса в процессе посола, также в миллиграммах на 1 см^2 , — удельными потерями. Средние значения удельных просаливаний и потерь приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ серии опы-та	Год прове-дения опыта	Продол-жительность посола (в мин.)	Увеличе-ние содер-жания соли в рыбе после посола (в % от перво-начального веса рыбы)	Потери веса (в % от перво-началь-ного веса рыбы)	Удельное просали-вание	Удель-ные потери	Количе-ство рыб в серии	Средний вес рыбы в г (в скобках вес наимень-шего и наи-большего экземпляров)
1	1948	30	2,1 ($\pm 25\%$)	3,0	7,3 ($\pm 18\%$)	10,6	5	24,8 (14—41)
2	1948	60	2,8 ($\pm 18\%$)	4,4	10,3 ($\pm 9\%$)	15,3	6	29,9 (15—64)
3	1948	90	3,6 ($\pm 22\%$)	8,6	12,5 ($\pm 7\%$)	29,5	3	29,4 (13—37)
4	1948	120	4,3 ($\pm 17\%$)	7,8	14,9 ($\pm 10\%$)	26,8	37	21,8 (10—55)
5	1949	120	6,4 ($\pm 31\%$)	6,2	14,0 ($\pm 11\%$)	25,7	19	36,6 (17—58)
6	1948	180	4,2 ($\pm 31\%$)	8,5	16,4 ($\pm 16\%$)	30,5	5	40,3 (15—63)
7	1948	300	6,7 ($\pm 17\%$)	12,8	22,8 ($\pm 9\%$)	45,4	10	25,0 (11—48)
8	1949	300	5,9 ($\pm 21\%$)	12,8	22,5 ($\pm 15\%$)	49,7	9	32,0 (14—63)
9	1949	720	8,0 ($\pm 9\%$)	16,3	23,1 ($\pm 6\%$)	59,9	9	24,7 (15—34)
10	1949	1440	9,7 ($\pm 11\%$)	19,0	37,1 ($\pm 5\%$)	73,3	9	31,8 (16—59)

Примечание. В графе 4 и 6 в скобках указаны отклонения от приведенных средних показателей увеличения содержания соли в рыбе после посола и удельного просаливания.

На основании результатов посолов, показанных в табл. 2, можно сделать следующие выводы.

1. Соленость рыбы повышается неравномерно и дает несколько значительных отступлений от закономерного увеличения с удлинением времени посола. Так, трехчасовой посол дает меньшую соленость, чем двухчасовой (№ 6 и № 4 табл. 2), двухчасовой посол дает меньшую соленость, чем полтора часов (№ 5 и № 3) и пятичасовые посолы 1948 и 1949 гг., как и двухчасовые 1948 и 1949 гг., резко отличаются по солености (№ 8 и 7 и 5 и 4).

Отступления от закономерного повышения солености вызвано разным средним весом салаки в отдельных сериях опытов (это видно из последней графы табл. 2).

Таким образом, определение скорости посола по солености наталкивается на значительные затруднения, если не приняты специальные меры, чтобы навеска рыб в разных сериях опытов была одинаковой.

2. Удельное просаливание увеличивается с удлинением времени посола плавно и позволяет производить расчет скорости посола с уверенностью в качестве результата, так как отнесением соли на 1 см² площади поверхности мы отвлекаемся от размера рыбы.

3. Для точной оценки преимуществ расчета поглощаемой рыбой соли посредством удельного просаливания, а не солености, данные серии 4 табл. 2 подвергнуты обработке методами математической стати-

стики. Данные 37 опытов (они представлены в табл. 2 из-за экономии места только в виде средних величин), показывают, что с увеличением веса салаки ее соленость уменьшается, тогда как при тех же условиях в величинах удельного просаливания этого не наблюдается.

Рассмотрение коэффициентов корреляции этих величин с весом и средних квадратических отклонений коэффициентов корреляции обнаруживает, что связь удельного просаливания с весом недостоверна ($-0,338$), а связь солености с весом весьма достоверна ($-0,871$) и близка к -1 . Более наглядное свидетельство независимости удельного просаливания от веса представлено на рис. 2.

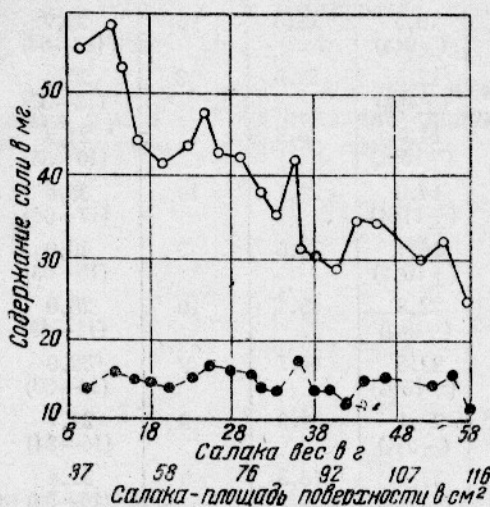


Рис. 2. Соленость и удельное просаливание.

4. Изложенное доказывает, что количество соли, поступающей в рыбу при посоле, прямо пропорционально площади поверхности, через которую она проникает в рыбу, и подтверждает, таким образом, указание М. И. Турпаева [2].

Специальными опытами установлено, что удельное просаливание разных частей тела рыбы не одинаково, особенно в начале посола, но значительно выравнивается по мере течения процесса посола.

Таким образом, наши величины удельного просаливания составлены из разнородных, сильно отличающихся одна от другой величин просаливания разных ча-

стей тела (головная часть, тушка, хвостовая часть), и, хотя для упрощения задачи мы ориентируемся на некоторое среднее удельное просаливание, с фактом сложности этой величины необходимо считаться не только в теории, но и в практике посола.

Следует далее остановиться на отношении новой предлагаемой величины — удельного просаливания — к обычно определяемой солености рыбы.

Если обозначить соленость в процентах (относительно веса рыбы до посола) через S , удельное просаливание через M и удельную поверхность через Q , тогда

$$S = \frac{MQ}{10}$$

$$M = \frac{10 S}{Q}$$

Нетрудно показать, что таким же простым отношением связано удельное просаливание и с S коэффициента диффузии при посоле (Турпаев [3]).

Предлагаемый способ расчета насыщения тела рыбы солью позволяет учитывать значение и других поверхностей для скорости посола.

При разделке или открывается поверхность брюшины или производится разрез мышечной ткани, или комбинируются эти оба способа разделки.

Определение удельного просаливания через поверхность, открываемую разделкой, вместе с предыдущими определениями удельного проса-

ливания разных частей тела, позволяет представить величину удельного просаливания при двухчасовых посолах в виде следующего ряда величин:

поверхность тушки	8,4
поверхность обешкуренной тушки	9,9
поверхность брюшины	11,9
поверхность всего тела	14,0
поверхность хвостовой части	14,2
поверхность головной части	23,4
поверхность разреза	35,0

Особое значение при посолах имеет температура.

Произведенные определения удельного просаливания при температуре $-8,7^{\circ}$, $0,5^{\circ}$, 16° и $37,7^{\circ}$ дают следующие значения температурного коэффициента удельного просаливания:

-8°	$+16^{\circ}$	$-0,027$
$+0,5^{\circ}$	$+16^{\circ}$	$-0,030$
$+0,5^{\circ}$	$+37,7^{\circ}$	$-0,036$

Эти данные довольно хорошо согласуются между собой и соответствуют современным опытным данным по температурному коэффициенту скорости диффузии электролитов в водных растворах.

Опытами по посолу салаки различного качества, получающегося при условиях, имитирующих обычные промысловые условия, показано, что подсыхание наружных тканей рыбы понижает, а намокание в воде повышает величину удельного просаливания.

Предварительное замораживание и оттаивание рыбы перед посолом или посол рыбы в движущемся тузлуке вызывает значительное повышение величины удельного просаливания (соответственно на 30 и 40 %).

Произведенные измерения позволяют также найти поправку на размер для коэффициентов диффузии при посоле и коэффициентов скорости посола, имеющихся в работах М. И. Турпаева [3] и И. П. Леванидова [1]. Это представлено в сводке, приводимой ниже.

	Вес (в г) или длина (в см)	K	$KW^{1/3}$ или KL
1. Сельдь норвежская	69 г	0,274	1,12
2. Сельдь волжская	320 "	0,187	1,27
3. Каспийский пузанок	13,5 см	0,20	2,70
4. Каспийский пузанок	19,5 "	0,11	2,15
5. Сахалинская сельдь	25 "	0,17	3,75
6. Сахалинская сельдь	29 "	0,11	3,19

Анализ полученных данных позволяет формулировать связь между количеством соли, поступающей в рыбу при одинаковом времени посола, и значением различных измерений тела салаки двумя положениями.

1. Количество соли, поступившее в рыбу, прямо пропорционально площади поверхности рыбы, или, иначе говоря, прямо пропорционально квадрату константы подобия, или квадрату линейных измерений рыбы, или обратно пропорционально квадрату удельной поверхности рыбы.

2. Соленость рыбы (относительно веса рыбы перед посолом) обратно пропорциональна константе подобия или любому из линейных измерений салаки в первой степени, или кубическому корню из веса, или квадратному корню из поверхности, или прямо пропорционально удельной поверхности салаки.

Проверка действительности этих правил на группе посолов из 37 рыб (табл. 2, серия 5-двухчасовые посолы) показывает, что они удовлетворительно выражают зависимость количества соли, поступившей в рыбу (удельное просаливание, соленость) от значения различных измерений тела рыбы, причем площадь поверхности выражает эту зависимость с наименьшими отклонениями.

Выводы

Измерения линейных, поверхностных и весовых (пропорциональных объемным) величин тела салаки разного размера привело автора к заключению о применимости принципа геометрического подобия к телу салаки. Все измерения площадей поверхностей, линейных протяжений и веса связаны приблизительно постоянными отношениями (коэффициентами), вытекающими из принципа геометрического подобия.

Эта эмпирически доказанная закономерность позволяет, несмотря на то, что форма тела салаки остается аналитически неопределенной, применять зависимость, установленную коэффициентами, к решению практических задач посола рыбы.

Для сравнения между собой количества соли, поступающей в рыбу различных размеров, при одинаковом времени и других условиях посола, предлагается новая расчетная единица — удельное просаливание, равная количеству миллиграмм соли, приходящейся на 1 см² поверхности рыбы, находящейся в контакте с тузлуком.

Сравнением величин удельного просаливания у салаки разного размера (от 10 до 68 г весом) доказано постоянство величины удельного просаливания (при одинаковом времени посола), независимость ее от веса рыбы и полностью подтверждена пропорциональность количества входящей в рыбу соли величине площади наружной поверхности рыбы.

Преимущества предлагаемой расчетной единицы становятся еще более очевидными, когда приходится иметь дело с посолом разделанной рыбы, где обычное определение солености не раскрывает количественного увеличения и качественного изменения площади соприкосновения рыбы с тузлуком.

На ряде опытов показана возможность учета качественного состояния рыбы при посоле, влияние некоторых способов подготовки рыбы перед посолом (замораживание) и движения тузлука относительно рыбы во время посола на скорость просаливания.

Автор полагает, что выявленная закономерность имеет значение как методологическое, так и производственно-практическое.

Производственно-практическое значение формулированных правил и проведенных наблюдений заключается в возможности строго регулировать соленость полуфабрикатов для консервного производства (шпроты, сардины) и ненасыщенных посолов для баночных пресервов с учетом как размера и качества сырца, так и концентрации тузлуков и температуры посола.

С точки зрения методологической предлагаемые методы измерения рыбы и расчета соли дают возможность объективного сравнения скоро-

сти посола различной рыбы и этим делается шаг по пути создания точной характеристики динамики посола рыбы и развиваются положения, впервые выдвинутые и доказанные в СССР М. И. Турпаевым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леванидов И. П., Диффузия соли и скорость посола рыбы, Журн. «Рыбное хозяйство» № 11, 1948.
2. Турпаев М. И., Новые наблюдения по теории посола, Сб. работ по технологии рыбных продуктов, М., 1931.
3. Турпаев М. И., Посол, Сб. «Технология рыбных продуктов», М., 1940.
4. Foit E., Die Messung und Berechnung die Oberfläche von Mensch und Tier Zeit. f. Biologie, B. 90, H. 3, 1930.