

УДК 639.2.081.193:597—151

О РЕАКЦИИ НЕКОТОРЫХ РЫБ НА МОДУЛИРОВАННЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ЭЛЕКТРОТОК

Г. Даниулите, Д. Зубелюте

Электролов рыбы в морских условиях связан с большими расходами мощности даже при применении импульсного электрического тока. В связи с этим в лаборатории электролова рыбы Клайпедского отделения Гипрорыбфлота изучается возможность дальнейшего уменьшения расходов мощности при получении определенной реакции рыбы на ток.

При этом представляет интерес исследование поведения рыбы при действии модулированного импульсного тока (импульсного тока высокой частоты, модулированного низкой частотой). В случае получения четкой анодной реакции при действии модулированного импульсного тока предполагалась возможность значительного уменьшения расходимой мощности.

Литературных данных о реакции рыбы на модулированный импульсный ток нет, если не считать исследований некоторых авторов, применявших так называемый программированный импульсный ток. Например, Барнет разбивал импульсный ток частотой 2,5 *имп/сек* и относительной продолжительностью 0,8 периода на импульсы частотой 60 *имп/сек* с относительной продолжительностью 0,25 периода. Полученный с помощью такого тока улов форели был больше, чем при применении импульсного тока частотой 20 *имп/сек*.

В настоящей статье приводятся результаты исследований реакции рыб на модулированный импульсный ток.

МЕТОДИКА

Опыты были проведены с салакой (*Clupea harengus membras* L.) и корюшкой (*Osmerus eperlanus* L.) в экспериментальном аквариуме объемом 148×58×45 *см*, в котором создавалось однородное электрическое поле модулированного импульсного тока.

Источником импульсного тока служил электронный импульсный генератор ИГ-7. От этого генератора можно получать импульсный ток частотой от 1—2 до 10—12 *кГц*; продолжительность импульса можно изменять от 0,02 до 10 *м/сек* в зависимости от частоты. Форма импульса — прямоугольная. Получаемые импульсы высокой частоты можно

было модулировать низкой частотой. Таким образом, на выходе получали серии импульсов высокой частоты (f_1), повторяющиеся с малой частотой (f_2).

Модулированный импульсный ток показан на рис. 1.

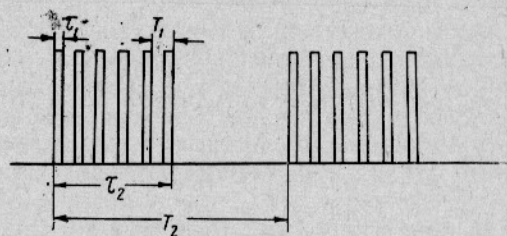


Рис. 1. Модулированный импульсный электроток:

τ_1 — продолжительность импульса высокой частоты;

τ_2 — продолжительность импульса малой частоты;

$f_1 = \frac{1}{\tau_1}$ — частота импульсов высокой частоты;

$f_2 = \frac{1}{T_2}$ — частота серий импульсов малой частоты.

Опыты проводились при следующих параметрах модулированного импульсного тока:

$$1) f_1 = 10 \text{ кгц}; \quad \tau_1 = 0,02 \text{ мсек}; \quad f_2 = 10 \text{ гц}$$

$$\tau_2 = 0,6; 2; 5 \text{ и } 10 \text{ мсек};$$

$$2) f_1 = 10 \text{ кгц}; \quad \tau_1 = 0,02 \text{ мсек}; \quad f_2 = 3 \text{ гц}$$

$$\tau_2 = 0,6; 2; 5 \text{ и } 10 \text{ мсек};$$

$$3) f_1 = 6 \text{ кгц}; \quad \tau_1 = 0,02 \text{ мсек}; \quad f_2 = 10 \text{ гц}$$

$$\tau_2 = 0,6; 2; 5 \text{ и } 10 \text{ мсек}.$$

Для получения сравнительных данных были проведены опыты с обычным импульсным током:

$$f = 10 \text{ гц}$$

$$\tau_2 = 0,6; 2; 5 \text{ и } 10 \text{ мсек}.$$

Работа была разделена на два этапа. Сначала опыты проводились с отдельными рыбами. На пороговой стадии анодной реакции измеряли амплитудное напряжение и ток. Эти измерения позволили подсчитать условное напряжение тела рыбы $U_{\text{усл}}$ *, необходимое для получения пороговой анодной реакции, а также расходуемую при этом удельную мощность P .

Пороговой анодной реакцией считали такую реакцию, когда при включении восходящего тока (рыба расположена головой к катоду, параллельно линиям тока) рыба поворачивалась и плыла в сторону анода, дойдя до которого она поворачивала обратно, но, проплыв некоторое расстояние, опять возвращалась к аноду. Стадия электрнаркоза не определялась, поскольку источники тока не позволили получить требуемого для этого напряжения.

* Условное напряжение тела — разность потенциала, приходящаяся на длину рыбы от начала рыла до конца чешуйчатого покрова.

Для более объективной проверки четкости анодной реакции были проведены опыты со стайками рыб при помощи киносъемки. По кадрам киноплёнки определяли путь, пройденный рыбами во время действия электрического тока, а также скорость движения рыб.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В однородном поле модулированного импульсного тока была получена анодная реакция, однако она значительно отличалась от анодной реакции рыб в однородном поле обычного импульсного тока.

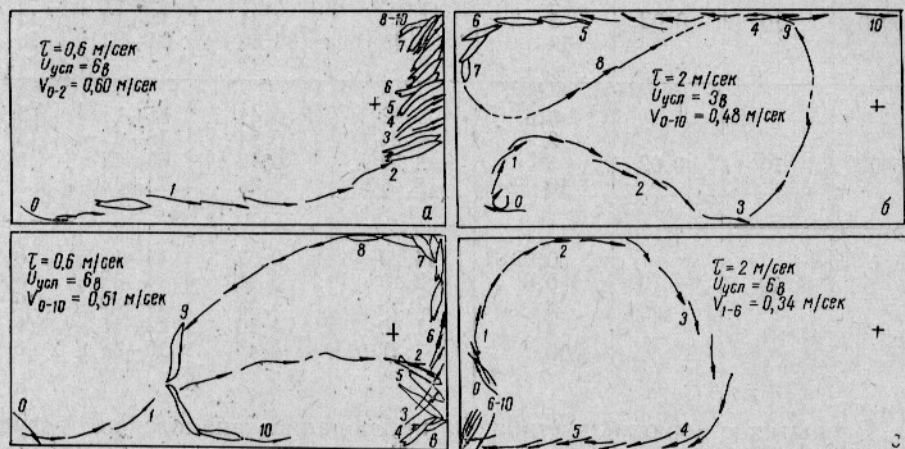


Рис. 2. Путь салаки в однородном электрическом поле импульсного тока ($f=10$ имп/сек):

а — четкая анодная реакция; б, в — нечеткая анодная реакция; г — анодная реакция отсутствует.

Было отмечено, что при действии импульсного тока частотой 10 имп/сек у рыб наступает достаточно четкая анодная реакция, для этого тока характерно сильное возбуждающее действие: рыба резко поворачивается и плывет в сторону анода, однако, доплыв до него, часть рыб отплывает обратно, делает различные круги и опять возвращается к аноду (рис. 2).

Модулированный импульсный ток рыба переносит гораздо легче: ее движения более спокойны, чем при действии импульсного тока низкой частоты. Реакция рыбы была настолько спокойной, что при постоянном повышении напряженности электрического поля у большинства рыб не было отмечено минимальной реакции и состояния возбуждения. После достижения определенных значений напряжения у рыб наблюдалась спокойная анодная реакция.

В табл. 1 приведены данные о величине $U_{усл}$ и P , необходимых для получения пороговой анодной реакции салаки в однородном поле модулированного импульсного тока и обычного импульсного тока низкой частоты. Температура воды в аквариуме — 8—13° С, соленость — 6—7‰.

Из таблицы видно, что для получения пороговой анодной реакции у салаки при помощи модулированного импульсного тока требовалось гораздо большее $U_{усл}$ (4,24—6,48 в), чем при действии обычного импульсного тока частотой 10 гц (1,28—2,10 в). Поэтому расходы мощности при действии модулированного импульсного тока (0,48—10,10 вт/м³) даже превышали расходы мощности при действии импульсного тока низкой частоты (0,68—4,49 вт/м³).

Таблица 1

Величины $U_{\text{усл}}$ и P , необходимые для получения пороговой анодной реакции у салаки в однородном поле модулированного и обычного импульсного токов

$f_1, \text{гц}$	$f_2, \text{гц}$	$\tau_1, \text{мсек}$	$\tau_2, \text{мсек}$	$U_{\text{усл}}, \text{в}$	$P, \text{вт/м}^2$	Длина рыб, см	Количе- ство рыб, шт.
10000	10	0,02	0,6	5,78	0,48	14—20	10
			2	5,97	1,81	14—19	10
			5	5,15	3,34	15—19	13
			10	6,48	10,10	14—22	10
6000	10	0,02	0,6	5,82	0,41	15—19	5
			2	4,24	0,54	15—19	5
			5	3,50	0,98	15—18	5
			10	5,45	5,86	14—16	5
	10		0,02	14,20	0,52	13—19	8
			0,6	2,10	0,68	14—19	8
			2	1,58	1,50	14—20	10
			5	1,40	4,10	13—16	5
			10	1,28	4,49	15—19	8

В опытах с корюшкой (табл. 2) наблюдались аналогичные результаты. Для получения пороговой анодной реакции у корюшки в однородном поле модулированного импульсного тока требовалось гораздо большее $U_{\text{усл}}$ (порядка 9—12 в), чем при действии обычного импульсного тока частотой 10 гц (порядка 2—4 в). В связи с этим расходы мощности при применении модулированного импульсного тока (1,8—20,4 вт/м²) были равны или несколько превышали расходы мощности при действии обычного импульсного тока.

Опыты с модулированным импульсным током еще раз подтвердили прежние выводы о том, что корюшка менее чувствительна к электрическому току, чем салака.

В табл. 2 приведены сравнительные данные о реакции салаки и корюшки на модулированный и обычный импульсный токи.

Таблица 2

Величины $U_{\text{усл}}$, необходимые для получения пороговой анодной реакции у салаки (14—20 см) и корюшки (16—21 см) при действии модулированного и обычного импульсного тока

$f_1, \text{гц}$	$f_2, \text{гц}$	$\tau_1, \text{мсек}$	$\tau_2, \text{мсек}$	$U_{\text{усл}}, \text{в}$		
				салака	корюшка	
10000	10	0,02	0,6	5,78	12,50	
			2	5,97	10,50	
			5	5,15	10,00	
			10	6,48	9,30	
			0,6	2,10	4,70	
	10			2	1,58	3,50
				5	1,40	2,90
				10	1,28	1,70

Как видно из таблицы, при действии модулированного импульсного тока анодная реакция у салаки наступала при $U_{\text{усл}}$ порядка 5—6 в, а у корюшки — $U_{\text{усл}}$ — 9—12 в.

Данные об $U_{\text{усл}}$, полученные в опытах с отдельными рыбами, были проверены на группах рыб при помощи киносъемки. Предполагалось, что модулированный импульсный ток обеспечит более четкую анодную реакцию, чем импульсный ток низкой частоты, хотя $U_{\text{усл}}$ для пороговой анодной реакции было больше, чем при действии импульсного тока низ-

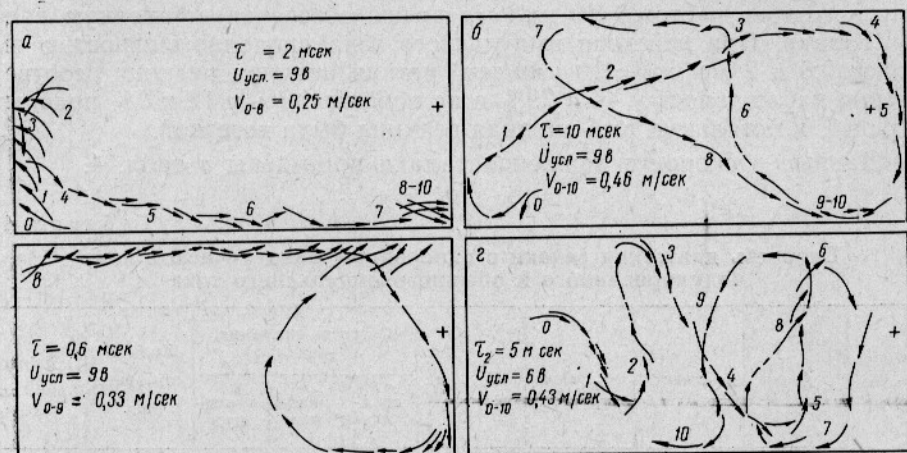


Рис. 3. Путь салаки в однородном электрическом поле модулированного импульсного тока: ($f_1=1000$ гц; $r_1=0,02$ мсек; $f_2=10$ гц); а — четкая анодная реакция; б, в — нечеткая анодная реакция; г — анодная реакция отсутствует.

кой частоты. По проявленным киноплёнкам был проведен анализ поведения рыб во время действия тока.

Таблица 3

Сводные данные о поведении салаки в однородном поле модулированного и обычного импульсного токов

f_1 , гц	f_2 , гц	τ_1 , мсек	τ_2 , мсек	$U_{\text{усл}}$, в	Количество рыб, шт.	Характер анодной реакции						Длина рыб, см
						четкая		нечеткая		анодной реакции нет		
						шт.	%	шт.	%	шт.	%	
10000	10	0,02	0,6	6—12	28	11	40	9	32	8	28	12—18
			2	9	10	3	30	7	70	—	—	13—18
			5	6	20	2	10	9	45	9	45	14—19
	10	0,6	10	9	9	3	33	3	34	3	33	15—17
			0,6	3—6	16	7	44	7	44	2	12	13—18
			2	3—6	24	19	79	3	12	2	9	12—16

По характеру пройденного пути подопытные рыбы были разделены на три группы: с четкой анодной реакцией — сразу после включения тока рыба идет к аноду и там остается до конца действия тока (рис. 3, а); с нечеткой анодной реакцией — сразу после включения тока рыба сначала идет к аноду, но затем поворачивает обратно (рис. 3, б), делая при этом различные повороты (рис. 3, в), и с отсутствующей анодной реак-

цией — во время действия тока рыбы беспорядочно двигаются в электрическом поле, направленного движения не отмечено (рис. 3, г).

Сводные данные о поведении салаки представлены в табл. 3.

Как видно из таблицы, при действии модулированного импульсного тока четкая анодная реакция наблюдалась у 30—40% рыб, столько же было рыб с нечеткой анодной реакцией. У такого же примерно количества подопытных рыб вовсе не наблюдалось анодной реакции.

Данные в табл. 3 также показывают, что действие обычного и импульсного тока частотой 10 *имп/сек* лучше обеспечивает анодную реакцию салаки. При действии импульсного тока продолжительностью импульса 0,6 и 2 *мсек* ($f=10$ *имп/сек*) четкая анодная реакция соответственно наблюдалась у 44 и 79% и не наблюдалась у 12 и 9% подопытных рыб. У остальных рыб анодная реакция была нечеткой.

Данные о скорости движения салаки приведены в табл. 4.

Таблица 4

Скорость движения салаки в однородном электрическом поле модулированного и обычного импульсного тока

f_1 , гц	f_2 , гц	τ_1 , мсек	τ_2 , мсек	$U_{\text{усл}}$, в	Скорость движения, м/сек			Количество рыб, шт.	Длина рыб, см	
					средняя	минимум	максимум			
10000	10	0,02	0,6	9	0,28	0,14	0,40	10	14—18	
			2	9	0,38	0,17	0,48	10	13—18	
			5	6	0,30	0,15	0,45	20	14—20	
			10	9	0,36	0,29	0,43	9	15—17	
			0,6	3	0,31	0,17	0,42	8	14—16	
	10			6	6	0,49	0,32	0,72	8	13—16
				3	3	0,46	0,25	0,85	8	13—16
				2	6	0,52	0,32	0,84	16	13—16

Как видно из таблицы, средняя скорость движения салаки в однородном поле модулированного импульсного тока не превышала 0,38 *м/сек*. Под действием обычного импульсного тока частотой 10 *имп/сек* средняя максимальная скорость движения салаки достигала 0,52 *м/сек*, а у отдельных рыб — 0,85 *м/сек*.

Аналогичные результаты были получены и в опытах с корюшкой. Средняя скорость движения корюшки в однородном поле обычного импульсного тока составляла 0,51—0,69 *м/сек*, а у отдельных рыб — 0,96 *м/сек*. Под действием модулированного импульсного тока корюшка двигалась со средней скоростью 0,35—0,41 *м/сек*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные, полученные в опытах с салакой и корюшкой, показывают, что под действием модулированного импульсного тока у рыб наблюдается анодная реакция, однако напряжение тела $U_{\text{усл}}$ при этом гораздо больше, чем при действии обычного импульсного тока.

В связи с этим при использовании модулированного импульсного тока расходы мощности даже превышают расходы мощности при действии обычного импульсного тока. Скорость движения рыб в однород-

ном поле модулированного импульсного тока меньше скорости движения рыб при действии обычного импульсного тока.

На основании этих данных можно заключить, что применение модулированного импульсного тока не позволит уменьшить расход мощности для получения анодной реакции рыбы.

ЛИТЕРАТУРА

A. M. R. Burnet, N. L. J. Sei, 2, 1, 45—56 (1959).
