

**Анализ динамики промыслово-биологических параметров
эксплуатируемых популяций**

(Продолжительность практического занятия 4 часа)

Цель практического занятия: построение и анализ модели динамики промыслово-биологических параметров эксплуатируемой популяции

Рабочее задание:

1. Законспектировать теоретическую часть практического занятия;
2. Построить модель динамики эксплуатируемой популяции рыб;
3. Оформить отчет по практическому занятию.

Теоретическая часть

Разработка принципов рационального использования популяций рыб должна основываться на изучении влияния промысла на динамику численности промыслового стада. С этой целью необходимо составить представление о характере изменений следующих наиболее важных параметров системы «запас-промысел», к которым относятся:

- 1) величина годового улова поштучном выражении Y_N или C [экз., тыс. экз., экз. на единицу пополнения];
- 2) величина годового улова в весовом Y_w или Y [кг, т., г на единицу пополнения r/R];
- 3) величина улова, приходящаяся на единицу промыслового усилия Y_w/F или $CPUE$ [кг, т. на усилие];
- 4) средняя навеска рыбы в улове Wr [г];
- 5) средний возраст особи в улове T_U [годы];
- 6) средняя длина особи в улове L_U [см];
- 7) среднегодовая численность промысловой популяции B_m [экз., тыс. экз., экз. на единицу пополнения];

- 8) среднегодовая биомасса промысловой популяции B_w [кг, т., г на единицу пополнения r/R];
- 9) средняя масса особи в популяции $W_H[T]$;
- 10) средний возраст особи в популяции T_H [годы];
- 11) средняя длина особи в популяции L_B [см];
- 12) численность нерестового запаса SSN [экз., тыс. экз., экз. на единицу пополнения];
- 13) биомасса нерестового запаса SSB [кг, т., г на единицу пополнения r/R];
- 14) популяционная плодовитость (продуктивность по икре) EP [тыс. икринок].

С точки зрения управления эксплуатируемыми запасами необходимо исследовать зависимость этих характеристик от собственных популяционных параметров и параметров промысла.

1. Собственными параметрами популяции, необходимыми для анализа ее динамики являются численность и биомасса популяции, численность пополнения, возраст пополнения t_r , возраст созревания t_s , предельный возраст жизни t_λ , естественная смертность M , темп весового роста, описываемый, например, уравнением Бергаланфи (W_m, K, t_o), индивидуальная плодовитость E_w , а также половая структура и темп полового созревания.

Человек, как правило, не может существенно изменять биологические параметры популяций и осуществляет их оценку в процессе стандартных рыбохозяйственных исследований.

2. Промысел характеризуется двумя параметрами, на которые человек может активно воздействовать, задавая необходимые из значения.

Первый параметр – промысловая смертность F , которая зависит от количества используемых судов и их мощности, числа орудий лова, рыбаков, т.е. определяет интенсивность лова. Как известно между величиной интенсивности промысла и промысловой смертностью, определяющей скорость гибели рыб от промысла, существует прямая связь. Промысловая смертность

может изменяться от нуля, когда промысел отсутствует до бесконечности при бесконечно большой интенсивности промысла, когда все рыбы, которые могут попасть под действие орудия лова будут мгновенно выловлены.

Второй параметр – возраст первой поимки (возраст начала эксплуатации) t_c , в котором рыба впервые становится объектом промысла. Этот возраст определяется соответствующим размером ячеи и характеризует селективность промысла. Возраст первой поимки варьировать в пределах от возраста пополнения t_r , когда молодь впервые приходит в район промысла и может быть отловлена, до предельного возраста жизни рыбы t_λ .

Все существующие методы регулирования рыболовства обычно сводятся к изменению (ограничению или регламентированию) одного или обоих этих показателей, что отражается на величине улова и прочих характеристиках системы «запас-промысел».

Вместе с тем, следует помнить, что динамика популяций определяется не только собственными биологическими параметрами и промыслом, но воздействием сложнейшего комплекса внешних экологические факторов – температуры воды и ее сезонной изменчивостью, соленостью, уровнем развития кормовой базы, наличием хищников, конкуренцией и т.п. Однако если принимать во внимание влияние всех факторов в совокупности, то скорее всего уловить действие каждого отдельного фактора не удастся. Поэтому остается два пути, либо, как метко заметил Ф.И.Баранов «склонить голову перед премудростью творца, сложность природы и бессилием научного метода», либо изучить влияние только тех параметров, которые поддаются контролю и учету, а именно промысла, приняв, что все другие действуют совместно с некоторой постоянной интенсивностью. По мере накопления знания можно будет включать в рассмотрение все большее количество параметров.

Исходя из этого, для анализа закономерностей динамики эксплуатируемых популяций принимаются следующие исходные положения:

1. Рассматривается идеальная популяция, в которой численность пополнения не зависит от численности родительского стада. Согласно известной связи «запас-пополнение» такое положение действительно может иметь место в природных условиях в определенных пределах изменения численности запаса. Следовательно, если ограничить промысел, например, установив либо максимально допустимую величину улова (квоту), либо минимально допустимую численность запаса (*MBAL*), то внутри этой области можно как угодно изменять численность популяции, и это не приведет к ее «подрыву».

2. Промысел ведется отцеживающим орудием лова типа трала или невода, которое улавливает всех особей, достигших некоторой минимальной длина L_c или возраста t_c . Величины L_c и t_c определяются только минимальным шагом ячеи, применяем в орудиях лова, и никак не связаны с длиной или возрастом наступления половозрелости рыбы t_s . В зависимости от биологических особенностей рыб, их индивидуальной плодовитости, сложившейся организации промысла и его интенсивности, возраст начала эксплуатации может быть как больше, так и меньше возраста созревания. В любом случае, при низкой интенсивности промысла, численность оставшихся (невыловленных) особей всегда будет достаточной для того, чтобы отложить необходимое количество икры и обеспечить нормальное воспроизводство. Например, в рыбоводных прудах, численность маточного стада составляет, в соответствии со сложившимися нормативами, не более 10% от численности всего стада. Таким образом, 90% особей изымаются, не достигнув половой зрелости и не имея возможности отнереститься. Это никак не сказывается на стабильности популяции. В естественных условиях, например, для проходных моноциклических лососевых видов возраст начала эксплуатации равен возрасту наступления половозрелости, но при этом интенсивность изъятия может достигать 50%. Варьирование возраста начала эксплуатации t_c путем изменения шага ячеи в орудиях лова позволяет

достичь наибольшей эффективности промысла при одновременном сохранении воспроизводительной способности запаса.

3. В определенных пределах изменения численности запаса выше *MBAL*, численность пополнения будет постоянной. В результате при любой интенсивности и селективности промысла, через известное время, равное количеству возрастных групп в популяции, она приходит в стабильное состояние. В таком состоянии популяции будет существовать неограниченное время до тех пор, пока интенсивность или селективность промысла вновь не изменятся. Если эти новые значения параметров рыболовства не приведут к снижению запаса ниже *MBAL*, то популяция придет в новое стабильное состояние.

Таким образом, общие закономерности динамики эксплуатируемой популяции могут быть описаны для зоны допустимых параметров промысла в виде удельных показателей, независящих от численности пополнения. Обозначим их как *Y/R*-функции, описывающие динамику какого-либо популяционного параметра, приходящегося на один экз. пополнения в связи с изменением параметров промысла *F* и *t_c*.

Общая форма кривой населения, которая в рассматриваемом нами случае (стабильная популяция) будет тождественна кривой выживания, имеет следующие особенности (рис. 1). В интервале возрастов от *t=0* до *t_r* численность рыб изменяется по закону, не известному для нас и не учитываемому в промысловых моделях.

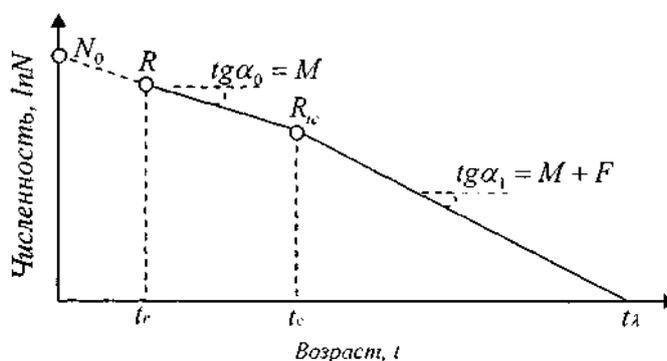


Рис. 1. Кривая выживания эксплуатируемой популяции

2. Достигнув возраста t_r и имея численность R , рыбы вступают в промысловый запас, и в дальнейшем их численность уменьшается только под воздействием естественной смертности M до того момента, как они достигнут возраста первой поимки t_c .

3. Достигнув возраста t_c и вступив в эксплуатируемое стадо с численностью R_{tc} , рыбы начинают испытывать воздействие как естественной M , так и промысловой смертностей F . Эта закономерность сохраняется вплоть до достижения рыбами предельного возраста жизни t .

Таким образом, изменение режима рыболовства будет проявляться либо в перемещении положения линии $t_c - R_{tc}$ (при изменении шага ячеи в орудиях лова), либо в увеличении или уменьшении угла наклона a_1 , кривой выживания для эксплуатируемого запаса. Как в том, так и в другом случае структура эксплуатируемой популяции будет претерпевать закономерные изменения, которые отразятся и на всех ее характеристиках.

С целью исследования закономерностей динамики эксплуатируемых популяций рыб в настоящей работе используется модель Бивертон-Холта, исходные параметры которой по вариантам приведены в приложении 1.

Исследуется три популяции, которые различаются только показателем естественной смертности, соответственно $M1$, $M2$, $M3$. Необходимо определить характер следующих зависимостей:

1. Зависимость параметров системы «запас-промысел» от интенсивности промысла $Y(F)$, которая определяет изменения промысловой смертности в пределах от 0.1 до 1.4 1/год.

2. Зависимость параметров системы «запас-промысел» от селективности промысла $Y(t_c)$, которая определяет изменения возраста первой поимки в пределах от 3 до 15 лет.

Анализ данных зависимостей осуществляется путем построения соответствующих графиков.

3. Зависимость параметров системы «запас-промысел» от совместно воздействия интенсивности и селективности промысла. Данный анализ

осуществляется на основе специального подхода путем графического представления зависимости в виде, так называемых изоплетных диаграмм (рис. 2). Правило построения изоплетных диаграмм:

1) по оси x откладываются значения промысловой смертности F , а по оси y - возраст вступления в эксплуатацию u ;

2) в точку пересечения каждой пары значений F и u заносится величина соответствующей популяционной характеристики, например улова, или биомассы популяции;

3) проводятся линии равновеликих значений. Цифры на каждой изолинии на представленном рисунке показывают значения параметра, который может быть получен при различных сочетаниях интенсивности и селективности промысла.

Y_w		Промысловая смертность F , 1/год													
		0.001	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	10	100	1000
Возраст первой поимки t_c , годы	10	0.70	51	79	95	105	113	118	121	124	127	129	145	146	147
	9	0.85	61	93	111	122	129	135	139	142	144	146	161	162	162
	8	1.02	71	106	126	137	145	150	154	157	159	160	172	173	173
	7	1.19	81	119	138	150	157	161	164	167	168	170	175	175	175
	6	1.36	90	128	147	157	163	166	168	169	170	171	168	167	167
	5	1.52	96	133	149	157	160	161	162	162	161	161	147	145	145
	4	1.64	99	132	144	147	147	146	144	142	140	138	114	110	110
	3	1.73	98	124	129	127	123	119	115	111	107	104	71	67	66

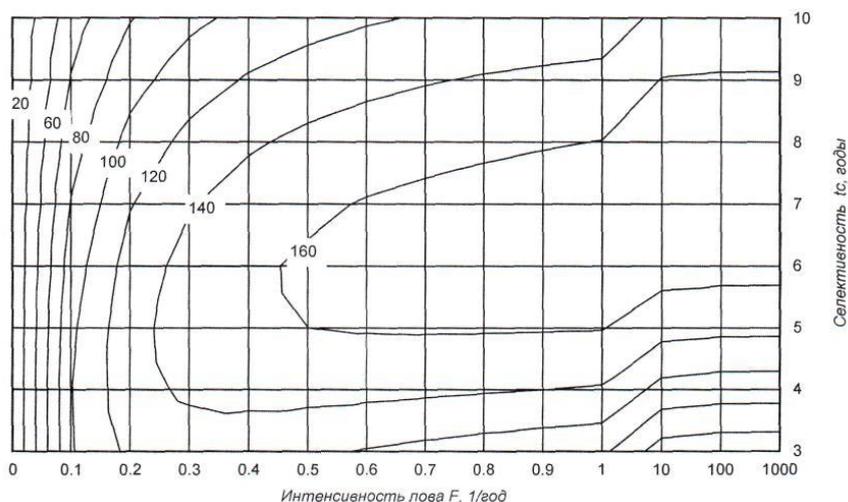


Рис. 2. Исходные данные и результаты построения изоплетной диаграммы улова в весовом выражении Y_w , г/Р

Процедура построения изоплетных диаграмм легко реализуется в пакете MS Excel путем построения графика типа «Поверхность».

Общий вид изоплетной диаграммы свидетельствует о том, что одна и та же величина улова или какого-либо другого параметра может быть получена при бесконечном множестве пар значений F и t_c . Так, например, улов равный 140 г на один экземпляр пополнения возможен при интенсивности промысла $F = 0,25$ 1/год, если в орудиях лова применяется шаг ячеи, позволяющий улавливать рыбу, начиная с пяти лет. Точно такая же величина улова может быть получена, если мощность добывающей базы позволяет развить интенсивность лова равную $F = 0,5$ 1/год, причем имеется даже две точки селективности, обеспечивающих получение одного и того же улова: рыбу можно ловить, начиная с 3,7 лет, либо с 8,4 лет. И, наконец, равновеликий улов может быть получен при интенсивности промысла $F = 1,0$ 1/год и значениях селективности $t_c = 4,1$ или $t_c = 9,1$ лет. Возникает вопрос: какой же режим рыболовства более эффективен. Ответить на него можно только с учетом анализа комплексного воздействия параметров промысла на эксплуатируемую популяцию и учета как биологических, так и экономических его последствий.

Задание

1.Используя значение естественной смертности Ml , построить расчетные таблицы основных параметров системы запас промысел для всех вариантов сочетаний интенсивности и селективности промысла - $Y_N, Y_w, B_N, B_w, Y_w/F, W_Y, L_Y, T_Y, W_B, L_B, T_B, SSN, SSB, E$ (14 таблиц).

2.Для каждого параметра построить:

-график зависимости параметра от промысловой смертности (14 линий);

- график зависимости параметра от возраста первой поимки (12 линий);

изоплетную диаграмму с шагом, обеспечивающем не менее 5 изолиний.

3.Расчеты повторить для вариантов естественной смертности $M2$ и $M3$.

4. Сделать выводы

Форма представления результатов

1.Три листа Excel для трех вариантов естественной смертности $M1, M2, M3$.

2. На каждом листе должно содержаться по 14 расчетных таблиц соответствующих параметров.

3. Для каждой таблицы должны быть построены по два графика зависимости параметра от интенсивности и селективности промысла и изоплетная диаграмма.

3. Выводы

- о характере динамики каждого параметра от интенсивности и селективности промысла;

- о форме изоплетной диаграммы каждого параметра;

- о влиянии величины естественной смертности на динамику параметров и форму изоплетной диаграммы;

4. На изоплетных диаграммах улова в весовом выражении провести кривые эвметрического улова.

5. Для трех вариантов естественной смертности построить таблицу оптимальных параметров промысла, обеспечивающих получение

максимального улова и не приводящих к снижению нерестового запаса ниже 50% девственного.

6. Построить график зависимости минимального возраста первой поимки от промысловой смертности для трех вариантов естественной смертности.

Контрольные вопросы:

1. Какие параметры Вы можете отнести к системе «запас-промысел»?
2. Какие параметры Вы можете отнести к собственным параметрам популяции?
3. Какие параметры Вы можете отнести к промысловым параметрам популяции?
4. Вспомните из предыдущего семестра, как выглядит кривая промысловой структуры популяции?
5. Какие допущения делаются для анализа динамики эксплуатируемой популяции? Согласны ли Вы с ними?
6. Зависят ли параметры системы «запас-промысел» от интенсивности промысла? Если да, то почему? Если нет, то почему?
7. Зависят ли параметры системы «запас-промысел» от селективности промысла? Если да, то почему? Если нет, то почему?
8. Зависят ли параметры системы «запас-промысел» от совместного воздействия интенсивности и селективности промысла? Если да, то почему? Если нет, то почему?
9. Что такое изоплетная диаграмма и как ее строить?

Исходные данные по вариантам для построения модели

Вариант	M1	M2	M3	iB _w	L _{max}	W _{max}	K	t ₀	t _r	t _s	t _{max}	E _w	d	C	C _f
1	0.050	0.300	0.600	25.0	63.0	5000	0.100	0.300	3	6	20	50	2.0	5.0	50.0
2	0.080	0.330	0.630	25.6	64.2	5301	0.103	0.303	3	6	20	50	2.1	5.0	50.9
3	0.098	0.348	0.648	26.0	64.9	5477	0.105	0.305	3	6	20	50	2.1	5.0	51.4
4	0.110	0.360	0.660	26.2	65.4	5602	0.106	0.306	3	6	20	50	2.1	5.0	51.8
5	0.120	0.370	0.670	26.4	65.8	5699	0.107	0.307	3	6	20	50	2.1	5.0	52.1
6	0.128	0.378	0.678	26.6	66.1	5778	0.108	0.308	3	6	20	50	2.2	5.0	52.3
7	0.135	0.385	0.685	26.7	66.4	5845	0.108	0.308	3	6	20	50	2.2	5.0	52.5
8	0.140	0.390	0.690	26.8	66.6	5903	0.109	0.309	3	6	20	50	2.2	5.0	52.7
9	0.145	0.395	0.695	26.9	66.8	5954	0.110	0.310	3	6	20	50	2.2	5.0	52.9
10	0.150	0.400	0.700	27.0	66.9	6000	0.110	0.310	3	6	20	50	2.2	5.0	53.0
11	0.154	0.404	0.704	27.1	67.1	6041	0.110	0.310	3	6	20	50	2.2	5.0	53.1
12	0.158	0.408	0.708	27.2	67.2	6079	0.111	0.311	3	6	20	50	2.2	5.0	53.2
13	0.161	0.411	0.711	27.2	67.4	6114	0.111	0.311	3	6	20	50	2.2	5.0	53.3
14	0.165	0.415	0.715	27.3	67.5	6146	0.111	0.311	3	6	20	50	2.2	5.0	53.4
15	0.168	0.418	0.718	27.4	67.6	6176	0.112	0.312	3	6	20	50	2.2	5.0	53.5
16	0.170	0.420	0.720	27.4	67.7	6204	0.112	0.312	3	6	20	50	2.2	5.0	53.6
17	0.173	0.423	0.723	27.5	67.8	6230	0.112	0.312	3	6	20	50	2.2	5.0	53.7
18	0.176	0.426	0.726	27.5	67.9	6255	0.113	0.313	3	6	20	50	2.3	5.0	53.8
19	0.178	0.428	0.728	27.6	68.0	6279	0.113	0.313	3	6	20	50	2.3	5.0	53.8
20	0.180	0.430	0.730	27.6	68.0	6301	0.113	0.313	3	6	20	50	2.3	5.0	53.9
21	0.182	0.432	0.732	27.6	68.1	6322	0.113	0.313	3	6	20	50	2.3	5.0	54.0
22	0.184	0.434	0.734	27.7	68.2	6342	0.113	0.313	3	6	20	50	2.3	5.0	54.0
23	0.186	0.436	0.736	27.7	68.3	6362	0.114	0.314	3	6	20	50	2.3	5.0	54.1
24	0.188	0.438	0.738	27.8	68.3	6380	0.114	0.314	3	6	20	50	2.3	5.0	54.1
25	0.190	0.440	0.740	27.8	68.4	6398	0.114	0.314	3	6	20	50	2.3	5.0	54.2
26	0.191	0.441	0.741	27.8	68.5	6415	0.114	0.314	3	6	20	50	2.3	5.0	54.2
27	0.193	0.443	0.743	27.9	68.5	6431	0.114	0.314	3	6	20	50	2.3	5.0	54.3
28	0.195	0.445	0.745	27.9	68.6	6447	0.114	0.314	3	6	20	50	2.3	5.0	54.3
29	0.196	0.446	0.746	27.9	68.6	6462	0.115	0.315	3	6	20	50	2.3	5.0	54.4
30	0.198	0.448	0.748	28.0	68.7	6477	0.115	0.315	3	6	20	50	2.3	5.0	54.4