

5. Хворова Л.А., Журавлева В.В., Плинокосова Л.Н., Гриценко А.А. Результаты анализа и компьютерного тестирования блоков радиации и фотосинтеза // Известия АлтГУ. – 2001. – № 1. – С. 61–65.

УДК 574.34:575.174.4

Влияние оптимального промысла на менделевскую лимитированную популяцию

Е.А. Колбина¹, Е.Я. Фрисман²

¹ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток;

²ИКАРП ДВО РАН, г. Биробиджан

В большой серии современных исследований отмечено почти катастрофическое снижение эффективной численности популяций и потеря генетического разнообразия в результате антропогенного воздействия. Причем эти негативные для биологических видов тенденции наблюдаются не только в промышляемых популяциях (например, изменение генетической структуры порообразующих деревьев при восстановлении лесов после вырубки), промысловых видов рыб, но и в популяциях, которые явно не эксплуатируются, а испытывают на себе влияние антропогенного воздействия за счет фрагментации и сокращения среды обитания (например, генетические изменения в популяции саламандры). Окончательное решение вопроса, что происходит с адаптивной изменчивостью видов на фоне антропогенного воздействия, не является очевидным и тоже привлекает интерес исследователей.

Целью работы является описание и исследование наиболее простой модельной ситуации, в которой проявляются закономерности взаимосвязанных изменений динамики генетической структуры и численности популяций, вызванных взаимодействием эволюционных (в основном селективных) и экологических (ограничивающих популяционный рост) факторов, включая эффекты промыслового воздействия на эксплуатируемые популяции. В качестве такой модельной системы рассматривается диплоидная менделевская панмиктическая популяция, генетическое разнообразие в которой контролируется одним диаллельным локусом, экологическое лимитирование сводится к убывающей зависимости приспособленности от численности, а воздействие промысла - к изъятию части особей.

Введем обозначения: x_n – численность популяции в n -ом поколении, q_n – частота аллеля A в n -ом поколении (следовательно, $(1 - q_n)$ –

частота аллеля а), $W_{AA}(n)$, $W_{Aa}(n)$, $W_{aa}(n)$ – приспособленности генотипов AA, Aa, aa – соответственно в n-ом поколении. Изменение численности и генетической структуры популяции описывается следующей системой рекуррентных уравнений [1]:

$$\begin{cases} x_{n+1} = \bar{W}_n(x_n)x_n \\ q_{n+1} = q_n(W_{AA}(x_n)q_n + W_{Aa}(x_n)(1-q_n)) / \bar{W}_n(x_n), \end{cases} \quad (1)$$

где $\bar{W}_n = W_{AA}(x_n)q_n^2 + 2W_{Aa}(x_n)q_n(1-q_n) + W_{aa}(x_n)(1-q_n)^2$ – средняя приспособленность популяции в n-ом поколении. Будем полагать, что приспособленности зависят от численности линейно $W_{ij} = 1 + R_{ij} - \frac{R_{ij}}{K_{ij}}x$.

Соответственно каждый генотип характеризует его ресурсный (K_{ij}) и мальтузианский (R_{ij}) параметры. Для упрощения выкладок, введем дополнительное предположение, что все генотипы имеют одинаковую приспособленность при некотором значении численности популяции (равном x^*).

Условия существования и разрушения генетического полиморфизма модели (1), а так же результаты исследования ее динамического поведения приведены в работах [2] и [3].

Введем в модель (1) промысел с долей изъятия u :

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_n \bar{W}_n (1-u) \\ q_{n+1} = q_n (W_{AA}q_n + W_{Aa}(1-q_n)) / \bar{W}_n, \end{cases} \quad (2)$$

где $R = Ux_n \bar{W}_n$ – величина изъятия,
 $\bar{W}_n = W_{AA}q_n^2 + 2W_{Aa}q_n(1-q_n) + W_{aa}(1-q_n)^2$.

Оптимальный равновесный уровень численности \bar{x}_m , обеспечивающий максимальный равновесный уровень изъятия, однозначно определяется уравнением $\bar{W} = 1 - \bar{x}_m \cdot \bar{W}'_x$.

Найдены равновесные значения численности и частоты аллеля А модели (2), обеспечивающие максимальный объем изъятия [4, 5]. Определены условия их существования и устойчивости при оптимальном промысле (таблица 1). Показано, что в состоянии, обеспечивающем максимальный уровень изъятия, значение генетического состава остается таким же, как и в случае, когда промысел отсутствует, а равновесное значение численности снижается в два раза. Также показано, что при линейном виде функций приспособленностей и при описанных соотношениях параметров модели в равновесии генетической со-

став популяции не зависит от ее численности. Показано, что условия существования равновесных значений в целом при отсутствии промысла и при его воздействии одинаковы.

Таблица 1 – Равновесные точки модели, подверженной промыслу, условия их существования и устойчивости

<p>Ia) $x^* < K_{Aa} < K_{AA}$, $x^* < K_{Aa} < K_{aa}$</p>	<p>Если $x^* < \bar{X}_M$, то при постоянной доле изъятия мономорфные состояния устойчивы при любых параметрах модели, при переменной доле изъятия</p> $\bar{q} = 0 \text{ устойчиво при: } -1 - \frac{R_{aa}}{2} < \alpha < 3 + \frac{R_{aa}}{2} + \frac{4}{R_{aa}} \quad (3)$ $\bar{q} = 1 \text{ устойчиво при: } -1 - \frac{R_{AA}}{2} < \alpha < 3 + \frac{R_{AA}}{2} + \frac{4}{R_{AA}} \quad (4)$ <p>Полиморфное состояние неустойчиво при любом промысле.</p> <p>Если $x^* > \bar{X}_M$, то мономорфные состояния неустойчивы при любом промысле; полиморфное состояние при промысле с постоянной долей изъятия устойчиво при любых параметрах системы, при переменной доле изъятия устойчиво при: $-\bar{W} < \alpha < \frac{\bar{W} + 1}{\bar{W} - 1}$ (5)</p>
<p>Ib) $K_{Aa} < K_{AA} < x^*$ $K_{Aa} < K_{aa} < x^*$</p>	<p>Если $x^* > \bar{X}_M$, то при постоянной доле изъятия мономорфные состояния устойчивы при постоянной доле изъятия, при переменной доле изъятия - при (3) – (4). Полиморфное состояние неустойчиво.</p>
<p>II) $K_{aa} < K_{Aa} < K_{AA}$ или $K_{AA} < K_{Aa} < K_{aa}$</p>	<p>Полиморфное состояние не существует.</p> <p>Если \bar{X}_M и ресурсные параметры находятся по одну сторону от x^*, то устойчиво то мономорфное состояние, ресурсный параметр которого больше при постоянной доле изъятия, для переменной доли изъятия - при условиях (3) – (4).</p> <p>Если $\bar{X}_M < x^*$, а ресурсные параметры $> x^*$, то устойчиво то мономорфное состояние, ресурсный параметр которого минимален при постоянной доле изъятия, для переменной доли изъятия - при условиях (3) – (4).</p>
<p>IIIa) $K_{Aa} > K_{AA} > x^*$ $K_{Aa} > K_{aa} > x^*$</p>	<p>Если $x^* < \bar{X}_M$, то полиморфное состояние устойчиво при постоянной доле изъятия, при условии (5) для переменной доли изъятия. Мономорфные состояния неустойчивы.</p> <p>Если $x^* > \bar{X}_M$, полиморфное состояние неустойчиво, мономорфные состояния устойчивы при постоянной доле изъятия, при переменной доле изъятия - при (3) – (4).</p>
<p>IIIb) $x^* > K_{Aa} > K_{AA}$ $x^* > K_{Aa} > K_{aa}$</p>	<p>Если $x^* > \bar{X}_M$, то полиморфное состояние устойчиво при постоянной доле изъятия, для переменной доли изъятия при условии (5). Мономорфные состояния неустойчивы.</p>

Численное исследование влияния промысла с постоянной долей изъятия на динамику популяции показало, что промысел при любой оптимальной доле изъятия ведет к стабилизации численности и частоты аллеля А. Промысел с переменной долей изъятия может вызвать колебания численности, а при определенных начальных условиях – даже привести к вымиранию популяции. Кроме того, показано, что оптимальный промысел может привести к изменению генетического разнообразия в случае, если какая-либо из оптимальных долей изъятия переведет равновесную численность через x^* . Таким образом, промысел может привести к изменениям результатов отбора и вызвать разрушение или способствовать поддержанию полиморфизма.

Библиографический список

1. Ратнер В.А. Математическая популяционная генетика (элементарный курс). – Новосибирск: Наука, 1977.
2. Жданова О.Л., Колбина Е.А., Фрисман Е.Я. Проблемы регулярного поведения и детерминированного хаоса в математической модели эволюции менделевской лимитированной популяции // Дальневосточный математический журнал. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – Т. 4, № 2. – С. 289–303.
3. Жданова О.Л., Фрисман Е.Я. Динамические режимы в модели однолокусного плотностно-зависимого отбора // Генетика. 2005. – Т. 41, №11. – С. 1575–1584.
4. Жданова О.Л., Колбина Е.А., Фрисман Е.Я. Влияние промысла на генетическое разнообразие и характер динамического поведения менделевской лимитированной популяции // ДАН. 2007. –Т. 412, №4. – С. 564–567.
5. Фрисман Е.Я., Жданова О.Л., Колбина Е.А. Влияние промысла на генетическое разнообразие и характер динамического поведения менделевской лимитированной популяции // Генетика. – М.: Наука, 2010. – Т. 46, № 2. – С. 272–281.

УДК 519.8

Изучение пространственно-временного распределения хлорофилла «а» в Беринговом море на основе спутниковых данных

Е.А. Колбина, А.И. Абакумов

¹ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток

Одним из параметров, позволяющих оценить состояние экосистем океана, является концентрация хлорофилла «а» – основного пигмента