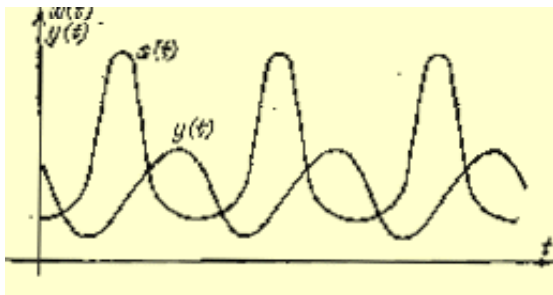


ло щук уменьшается (у них нет пищи) и они вымирают. В экосистеме скорость изменения численности каждого вида пропорциональной его численности, но только с коэффициентом, который зависит от численности особей другого вида.



Так, для карасей этот коэффициент уменьшается с увеличением числа щук, а для щук увеличивается с увеличением числа карасей. Будем считать эту зависимость также линейной. Тогда получим систему из двух дифференциальных уравнений: $x' = \varepsilon_1 x - \gamma_1 xy$, $y' = -\varepsilon_2 y + \gamma_2 xy$.

Эта система уравнений и называется моделью Вольтерра-Лотки. Числовые коэффициенты ε_1 , γ_1 , ε_2 , γ_2 называются параметрами модели. Очевидно, что характер изменения

состояния (x, y) определяется значениями параметров. Изменяя параметры и решая систему уравнений модели можно исследовать закономерности изменения состояния экологической системы. Именно это позволит вам сделать наша модель, которая находит решение уравнения Вольтерра — Лотки и выводит кривые $x(t)$ и $y(t)$ на график. В качестве примера на рисунке построены кривые изменения численности карасей x и щук y в зависимости от времени t для некоторых типичных значений параметров. Максимумы кривых чередуются, причем максимумы щук отстают от максимума карасей. Это отставание разное для разных экосистем типа «хищник — жертва», но, как правило, много меньше периода колебаний.

В таблице показаны прогнозируемые результаты, полученные нами при помощи изученной модели. Это количество разведенной рыбы в Карельском водохранилище, при учете, что по нормам рыбоводства на одну тонну хищников приходится 2,5 тонны жертв.

	2000 год	2005 год	2009 год
Количество хищных рыб (т)	16	18	17,5
Количество кормовых рыб (т)	42	47,25	46

КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА В ПРИРОДЕ

П.В. Романов

*Иркутская государственная
сельскохозяйственная академия,
г. Иркутск, Россия*

Круговорот вещества между органическим миром и атмосферой происходит чрез-

вычайно интенсивно. Огромную роль в этом процессе играет океан, а именно живущие в нем животные и растения, поглощение и выделение газов при их жизни и смерти (разложении). Рассмотрим частную проблему круговорота углерода и кислорода — модель Костицына. В этих уравнениях мы пренебрежем промышленной деятельностью человечества. Прежде всего, очень трудно

представить ее количественно, и, кроме того, ею, безусловно, можно пренебречь, пока речь идет о вековых и даже многовековых периодах, а не о текущих событиях. Введем обозначения: x — масса свободного атмосферного кислорода; y — общая масса углекислоты в атмосфере и в океане; v — общая масса кислорода и углерода в растениях; u и s — их общая масса в животных; s — их общая масса в остатках растений и животных. Составим систему дифференциальных уравнений, где каждая переменная дифференцируется по времени. a_{13} — коэффициент расхода кислорода на дыхание животных; a_{14} — коэффициент расхода кислорода на дыхание растений; a_{41} — коэффициент освобождения кислорода в процессе питания растений; $a_{32}; a_{42}$ — коэффициенты освобождения животными и растениями углерода в процессе дыхания и разложения живой материи; a_{35} — коэффициент процесса разложения животных; a_{45} — коэффициент процесса разложения растений; a_{24} — коэффициент усваивания углекислого газа растениями.

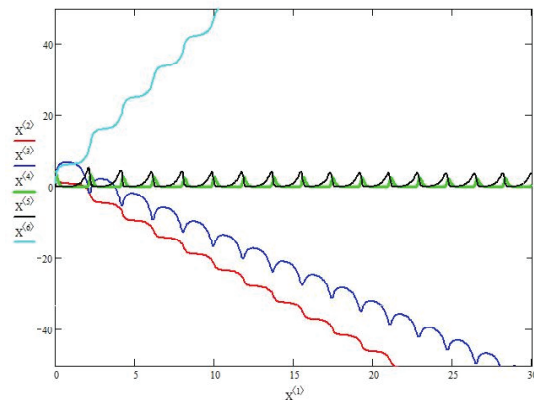
$$\begin{cases} x' = -a_{13}u - a_{14}v + a_{41}v \\ y' = a_{32}u - a_{24}v + a_{42}v \\ u' = a_{13}u - a_{32}u - a_{35}u + buv \\ v' = a_{14}v - a_{41}v + a_{24}v - a_{42}v - a_{45}v - buv \\ s' = a_{35}u + a_{45}v \end{cases}$$

Согласно уравнению (1) атмосферный кислород расходуется на дыхание животных ($-a_{13}u$) и дыхание растений ($-a_{14}v$) и освобождается в процессе питания растений ($+a_{41}v$). Уравнение (2) показывает, что атмосфера получает углерод, освобожденный растениями и животными в процессе дыхания и разложения живой материи ($a_{32}u$, $a_{42}v$) и что растения усваивают углекислый

газ ($-a_{24}v$). В уравнении (3) члены ($+a_{13}u$) и ($-a_{32}u$) описывают соответственно усвоение и отдачу газов животными в атмосферу; член buv отражает тот факт, что животные питаются растениями, причем этот процесс описывается в соответствии с так называемым «принципом встреч» между поедающими и поедаемыми; член $-a_{35}u$ описывает обогащение почвы в результате разложения трупов животных. Что касается структуры, то уравнения (4) и (5) не отличаются от предыдущих. Приведем уравнения (3), (4) к более простому виду:

$$\begin{cases} u' = u(-\lambda + \beta v) \\ v' = v(\mu + \beta u) \end{cases}, \text{ где}$$

$$\lambda = a_{32} + a_{35} - a_{13}; \mu = a_{14} - a_{41} + a_{24} - a_{42} - a_{45}.$$



Исходя из этих уравнений $\lambda > 0$, так как в отсутствие растений животные не могли бы существовать, а так как отсутствие животных повлекло бы ускоренное развитие растений, то $\mu > 0$. Построим графики функций в программе MathCAD с помощью метода фиксированного шага Рунге-Кутты. Для этого возьмем частный случай и примем следующие условия: 1) растения больше усваивают углекислого газа, чем выделяют, то есть $a_{24} - a_{42} > 0$; 2) растения больше усваивают кислорода; чем выделяют, т. е. $a_{14} - a_{41} > 0$; 3) животные больше рас-

сеивают вещества, чем приобретают, усваивая кислород, $a_{35} > a_{13}$; 4) $a_{24} - a_{42} > a_{45} > a_{14} - a_{41}$ количество газа при процессе усвоения и выделения растениями углекислоты больше, чем требуется на разложение растений и больше, чем количество газа при процессе усвоения и выделения растениями кислоро-

да. Как видно на графике, запас обоих газов (O_2 — красная, CO_2 — синяя) со временем будет уменьшаться, а общая масса кислорода и углерода (голубая) в остатках растений и животных увеличиваться, а количество кислорода и углерода в растениях и животных (зеленая и черная) не изменяется.

Технические науки

**ПРИМЕНЕНИЕ
ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАЦИОННОЙ
ТЕХНИКИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ**

**Т.В. Созинова, А.Э. Рябцева,
П.А. Яковцев**

*Иркутский государственный
технический университет,
г. Иркутск, Россия*

Часто бывает, что резать различные конструкционные материалы традиционными механическими способами, а также плазменными и лазерными резаками сложно или совсем невозможно по целому ряду причин: высокая загазованность и запыленность окружающей среды, пожароопасность, возникновение необратимых температурных изменений в обрабатываемом материале, низкая производительность и т. д. Причем прочность материала тут не главное. При раскрой листовых заготовок из пенопласта, текстолита и даже из резины можно столкнуться с такими же трудностями, как при ремонте действующего нефтепровода или демонтаже военной техники и боеприпасов.

Альтернативой здесь служит процесс гидрорезания, который внедряется в различных отраслях промышленности нашей

страны уже с 1984 года. Стационарные гидрорезные установки имеются на многих предприятиях, однако необходимость создания автономного мобильного агрегата назрела уже достаточно давно.

Данная технология имеет множество преимуществ перед традиционной. Во-первых, «инструмент» не подвержен износу. Во-вторых, струйка воды, начиная вырезать отверстие, может пробить материал в любом месте. И, в-третьих, линия разреза может быть любой кривизны, иметь острые углы и крутые повороты.

Еще одно не менее важное качество этого метода состоит в том, что он универсален. Как правило, все способы обработки имеют ограниченное применение. Лазерный луч, например, хорошо режет углеродистую сталь, в медном листе «вязнет», а стекло проходит насквозь. Совсем другое дело гидродинамическая установка: она с одинаковым успехом и безо всякой переналадки режет твердый гранит, прозрачное стекло (в том числе триплекс для смотровых щелей бронемашин, который выдерживает удар пули), хрупкую керамику и мягкую губчатую синтетику типа поролон и все композитные материалы, в том числе особо прочные, вроде кевлара, в любых сочетаниях.