

## ИНФОРМАЦИОННАЯ МАКРОМОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

**А.В. Коськин**

*Орловский государственный технический университет*

*Представлена проректором ТГТУ по информатизации В.Е. Подольским  
и членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** интеллектуальные ресурсы; материальные ресурсы; объем производства; усвоение инноваций.

**Аннотация:** Представлена модель развития образовательной среды, учитывающая состояние и развитие общества.

---

### Основные предположения и математическая модель

Использованная модель включает три основных переменных, характеризующих состояние и развитие общества:  $X$  – объем производства (точнее, его часть, идущая на поддержание, возобновление и использование ресурсов),  $K$  – объем доступных материальных ресурсов,  $A$  – уровень развития науки и образования, т.е. объем интеллектуальных ресурсов. Предполагается, что эти величины нормированы на численность населения. В качестве единиц измерения величин применяются некоторые условные финансовые единицы. Это связано с тем, что в силу использования обобщенных характеристик в модели трудно рассчитывать на получение точных количественных рекомендаций. Модели такого класса дают качественную информацию.

При выводе уравнений модели были сделаны следующие основные предположения.

### Прирост объема производства

В сфере производства расходуется некоторый объем ресурсов  $\Delta R$ , полученный в результате затрат прошлого года продукта в области материальных ресурсов. В результате создается новый объем продукта

$$X(\tau+1) = p\Delta R(\tau). \quad (1)$$

Нас интересует объем продукции, который будет использован в будущем году в ресурсной области. Поэтому величина  $p$  не слишком велика. Естественно предположить, что с ростом объема интеллектуальных ресурсов эта величина будет возрастать, поэтому в модели использовалась зависимость  $p = p_0 + p_1 A$ . Величину  $p_0$  можно оценить, исходя из темпов экстенсивного развития производства в условиях избытка материальных ресурсов. В дальнейшем предполагалось, что  $p_0 \cong 1,2$ . Получить оценки для  $p_1$  сложнее, эта величина связана с масштабом  $A$ .

Известно, что в мире расходы на интеллектуальную сферу обычно составляют несколько процентов ВВП. Примерно такова же доля людей, занятых в этой области. Если считать характерной для  $X$  величину порядка  $O(1)$ , то для  $A$  порядок будет другим,  $O(0,01)$ . Поэтому величина  $p_1$  была выбрана близкой к 10.

Расходы на интеллектуальную сферу предполагались равными  $M = eX$ , где  $e$  также порядка 0,01 (единицы процентов). Однако специфика интеллектуальной сферы такова, что скорость ее прироста принципиально ограничена. Выполнение достаточно сложной работы, как и подготовка нового специалиста, требуют срока порядка 5 лет, поэтому годовой прирост не превышает величины, равной  $2^{1/5} \approx 1,15$ . Кроме того, данная сфера подвержена эффекту распада – знания устаревают, люди уходят в другие сферы деятельности. Тогда, объем интеллектуальных ресурсов в следующем году

$$A(\tau+1) = qA(\tau) + f \frac{M}{1 + M/A}. \quad (2)$$

Здесь множитель  $q < 1$  учитывает распад;  $f$  описывает скорость роста при щедром финансировании; член  $1/(1 + M/A)$  описывает способность к усваиванию финансов: чем больше  $A$ , тем большие объемы могут быть эффективно вложены. Далее использовались значения  $q \cong 0,5 - 0,8$  и  $f = 1,15$ .

Объем материальных ресурсов  $K$  обычно имеет тот же масштаб, что и  $X$ . Ежегодно из него вычитается часть  $\Delta R$ , затраченная на производство, часть ресурсов  $h$  возобновляется естественным путем. При ограничении ресурса его стоимость должна возрасти, что требует дополнительных расходов на единицу продукции. Степень ограничения определяется соотношением между объемом ресурсов  $K$  и текущим производством  $X$ . Если  $R$  мало, то для получения того же количества  $\Delta R$  потребуется затратить больший объем  $X$ . Ниже используется соотношение

$$\Delta R = \frac{X}{1 + g X/R}. \quad (3)$$

Тогда, если ресурсов много, то  $\Delta R \cong X$ , если объем ресурсов порядка  $X$ , то  $\Delta R$  будет всегда меньше  $R$  и может быть существенно меньше  $X$ , где  $g$  – коэффициент, отражающий цену ресурсов.

Кроме того, чтобы учесть возможность освоения обществом новых видов материальных ресурсов за счет интеллекта, предполагается использовать функцию прироста вида  $b(A/A_C)^k$ . Здесь  $b$  – параметр усвоения инноваций;  $A_C$  – некоторый критический уровень развития интеллектуальной сферы, вероятнее всего, он невелик. Ниже использовалось значение  $A_C = 0,03$ .  $k$  – некоторый параметр, определяющий стиль и эффективность научной и образовательной работы. Поскольку такая работа эффективна, по крайней мере, при частых парных контактах, использовалось  $k = 2$ . Окончательно

$$R(\tau+1) = R(\tau) - \Delta R + h + b \left[ \frac{A(\tau - \tau_R)}{A_C} \right]^2. \quad (4)$$

Здесь  $\tau_R$  – время включения в работу специалиста, его можно принять равным 3 – 5 лет. Разумеется, все эти соображения позволяют лишь определить диапазон, в котором лежат коэффициенты. Подбор конкретных параметров требует большего объема расчетов.

Окончательно получаем следующее отображение с запаздыванием, определяющее динамику модели:

$$\begin{aligned}
 X(\tau+1) &= (p_0 + p_1 A) X \frac{R}{R + gX}, \\
 R(\tau+1) &= R(\tau) - X \frac{R}{R + gX} + h + b \left[ \frac{A(\tau - \tau_R)}{A_C} \right]^2, \\
 A(\tau+1) &= qA(\tau) + f \frac{eXA}{A + eX}.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Ниже описаны основные результаты, полученные при помощи этой модели.

### Некоторые результаты

На рис. 1 – 4 показаны результаты некоторых расчетов для уравнений модели. На графиках изображены значения  $X(\tau)$ ,  $R(\tau)/R(0)$  и  $A(\tau)/A_C$ , сплошной линией, длинным и коротким пунктиром соответственно. Нормировки сделаны для того, чтобы величины можно было изобразить в одном и том же масштабе.

На рис. 1 показано развитие общества, у которого изначально не было ни развитого производства, ни научно-образовательной сферы, однако был довольно большой объем неосвоенных природных ресурсов. В течение примерно 30 лет идет быстрый рост производства, оно возрастает примерно в 50 раз. Интеллектуальная сфера неплохо финансируется и вырастает почти в 30 раз. Однако интеллект никак не используется в производстве ( $b = 0$ ), поэтому рост сопровождается довольно быстрым исчерпанием природных ресурсов, и когда их объем падает ниже определенной черты (здесь примерно  $R = 5$ ), начинается быстрый, почти катастрофический спад, коллапс. За 5 лет производство падает почти в 5 раз, а затем постепенно стабилизируется на уровне, отвечающем потреблению только возобновляемых ресурсов ( $h = 0,5$ ). При другом уровне возобновления возможен и более катастрофический спад, и более низкий последующий уровень.

Увеличение параметра усвоения инноваций  $b$  до 1,5 (рис. 2) приводит к довольно стабильной ситуации в период исчерпания ресурсов, и хотя производство падает примерно на 30 %, оно быстро восстанавливается и устойчиво растет.

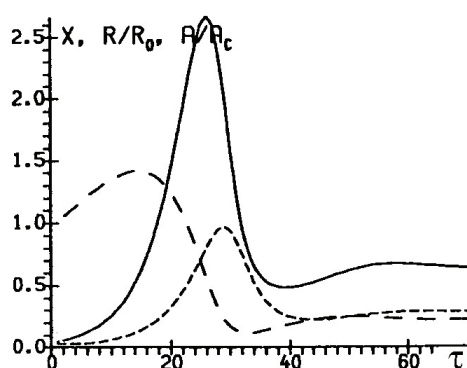


Рис. 1 Изменение ресурсов (-----), объема производства (————) и научно-технического потенциала (-----) с течением времени в случае невосприимчивости экономики к нововведениям

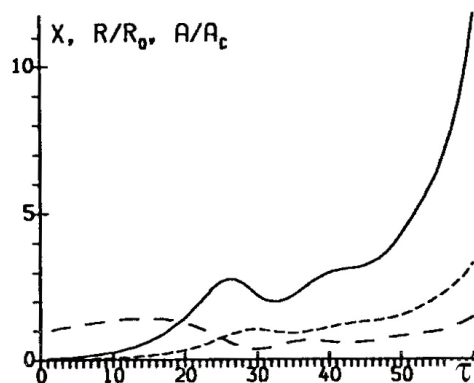


Рис. 2 Изменение ресурсов в случае высокой восприимчивости экономики к нововведениям; страна совершает технологический рывок, выводящий ее в число развитых стран

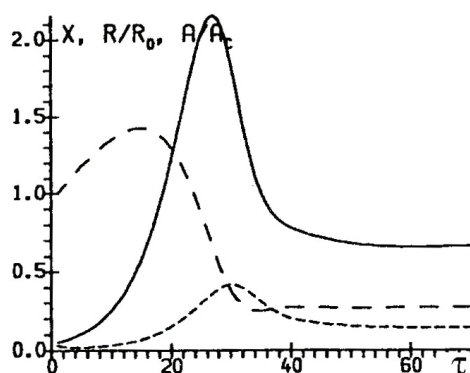


Рис. 3 Восприимчивость к нововведениям та же, что и на рис. 2, но финансирование интеллектуальной сферы урезано вдвое

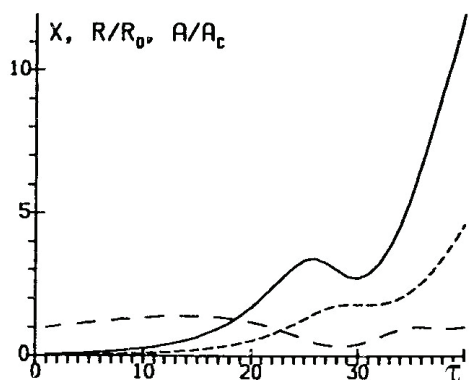


Рис. 4 Случай, противоположный показанному на рис. 3 – усвоение инноваций недостаточно

Здесь мы наблюдаем ситуацию, когда общество достигает некоторого уровня развития, после чего происходит смена основных ресурсов развития и дальнейший рост обеспечивается интеллектуальной сферой.

На рис. 3 представлены графики для случая, когда восприимчивость к нововведениям такая же, как и для общества, динамика которого показана на рис. 2, но финансирование интеллектуальной сферы уменьшено вдвое ( $e = 0,005$ ). В резуль-

тате к критическому моменту начала спада производства развитие интеллектуальной сферы не достигло необходимого уровня и не смогло оказать заметного влияния на состояние общества. Результаты почти те же, что и на рис. 1.

На рис. 4 – противоположный случай. Усвоение инноваций недостаточно ( $b = 1,0$ ), и при таком же уровне финансирования, как в расчете, представленном на рис. 1, происходит выход на уровень возобновляемых ресурсов. Однако если финансирование интеллектуальной сферы увеличено с 1 до 1,5 %, то снова качественная смена режима – быстрый рост вместо спада.

### Выводы

Результаты моделирования можно резюмировать так.

1. Должны вкладываться дополнительные средства в высшую школу и науку. В противном случае возможны проблемы и быстро нарастающие кризисы.

2. Для преодоления проблем необходимо развивать интеллектуальную сферу, используя ее как ресурс развития. Если возможность использования этого ресурса отсутствует или ниже порогового уровня, возможно только экстенсивное развитие общества.

3. Существует пороговый уровень финансирования интеллектуальной сферы, ниже которого она быстро теряет способность играть роль ресурса развития общества.

4. Обратим внимание еще на одну причинно-следственную связь. Мы предполагали, что уровень усвоения инноваций в ходе развития остается неизменным. Во многом он определяется социальной структурой, правящей элитой и уже имеющимися кадрами. Деградация сферы образования в 5 – 10-летней перспективе ухудшит и этот показатель. Напротив, повышение профессиональных, моральных, нравственных стандартов, мобилизация общества на решение ключевых национальных задач, в чем активно может участвовать высшая школа, является важным ресурсом. При национально-ориентированной государственной политике он может быть эффективно использован.

---

## Information Macromodel of the Educational Environment Development

A.V. Koskin

*Orel State Technical University*

**Key words and phrases:** intelligent resources; material resources; production volume; mastering of innovations.

**Abstract:** The model of the educational environment development, taking into account the state and development of the society is represented.

---

## Informationsmakromodell der Entwicklung des Ausbildungsmediums

**Zusammenfassung:** Es ist das Modell der Entwicklung des Ausbildungsmediums, das den Zustand und die Entwicklung der Gesellschaft in Betracht zieht, vorgestellt.

---

## Macromodèle informatique du développement du milieu d'enseignement

**Résumé:** On a présenté le modèle du développement du milieu d'enseignement, compte tenu de l'état et du développement de la société.