

**УДК 33****DOI: 10.34670/AR.2020.92.10.037****Эволюция социально-экономической системы в процессе перехода к шестому технологическому укладу****Ребус Наталья Анатольевна**

Заведующая кафедрой  
Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,  
125190, Российская Федерация, Москва, просп. Ленинградский, 80;  
e-mail: NRebus@synergy.ru

**Спивакова Нина Яковлевна**

Старший преподаватель,  
Московский финансово-промышленный университет «Синергия»,  
125190, Российская Федерация, Москва, просп. Ленинградский, 80;  
e-mail: nspivakova@gmail.com,

**Аннотация**

В статье обсуждается роль интеллектуального труда и его связь со знанием и прочими трудовыми ресурсами в период бурного накопления знаний в процессе перехода к шестому технологическому укладу. Рассматривается макроэкономическая модель, описывающая связь макроэкономических показателей с учетом законов сохранения, процессы превращения ресурсов в знания и капитал и обратные процессы с учетом расширенного воспроизводства. Численное решение дифференциальных уравнений позволяет проследить эволюцию макроэкономических показателей и их фазовые портреты при разных начальных условиях и параметрах модели. Анализ полученных результатов показал принципиальное отличие трудовых ресурсов и ресурса интеллектуального труда. В равновесном состоянии модель дает несколько устойчивых состояний, что указывает на возможность перехода из одного равновесного состояния в другое с помощью изменения параметров социально-экономической системы.

**Для цитирования в научных исследованиях**

Ребус Н.А., Спивакова Н.Я. Эволюция социально-экономической системы в процессе перехода к шестому технологическому укладу // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 10А. С. 314-322. DOI: 10.34670/AR.2020.92.10.037

**Ключевые слова**

Шестой технологический уклад, знания, интеллектуальный труд, макроэкономическое моделирование.

## Введение

В период перехода к новому технологическому укладу происходит значительное накопление знаний. При этом знания превращаются из ресурса производства в фактор производства [Филатов, Сухорукова, 2015; Eliasson, www]. Принципиальное отличие современных знаний состоит в том, что они являются не только продуктом или услугой, но и капиталом (нематериальным активом). К примеру, рост национального дохода Китая коррелирует с ростом числа зарегистрированных патентов. Реформы образования, которые проводят многие страны, инвестируя в новые образовательные технологии значительные средства, указывают на повышение роли интеллектуального труда в современной экономике.

Меняется и роль интеллектуального труда, и понятие «интеллектуальный труд». Работник умственного труда – это не противопоставление работнику физического труда. Сегодня интеллектуальный труд стал рассматриваться как труд по производству знаний. При этом различие офисных работников (которые раньше относились к работникам умственного труда) и рабочих сглаживается. Проблема высвобождения работников при развитии информационных технологий теперь касается и менеджеров [Спивакова, Ребус, 2019].

Особенности изменений экономической системы в процессе перехода к новому технологическому укладу рассматривалась многими авторами. О.В. Иншаков [Иншаков, 2016] рассматривает зависимость форм и содержания капитала от смены технологических укладов и продуктовых генераций, волн и циклов эволюции экономических систем всех уровней. Механизм эволюции индивидуального капитала отражен в инновационном цикле – переходе от новации к селекции и рутинизации изменений в его компонентах и комбинациях. В.П. Жданов рассматривает этот процесс с точки зрения особенностей развития российской рыночной экономики в середине 2000-х гг. [Жданов, 2004], отмечая разрыв связей между трудом и капиталом в сложный период перехода к информационному обществу. С.Т. Махаматова [Махаматова, 2011] подчеркивает необходимость открытости интеллектуального капитала страны, необходимость правильного правового поля. Тем не менее, С.Т. Махаматова не отрицает поглощение талантливой молодежи более богатыми странами (главным образом, США).

В данной статье на основе структурного подхода анализируется взаимосвязь макроэкономических показателей интеллектуального труда, труда, знаний, капитала в процессе расширенного воспроизводства знаний, характерного для перехода социально-экономической системы (далее – СЭС) к новому технологическому укладу.

## Описание модели

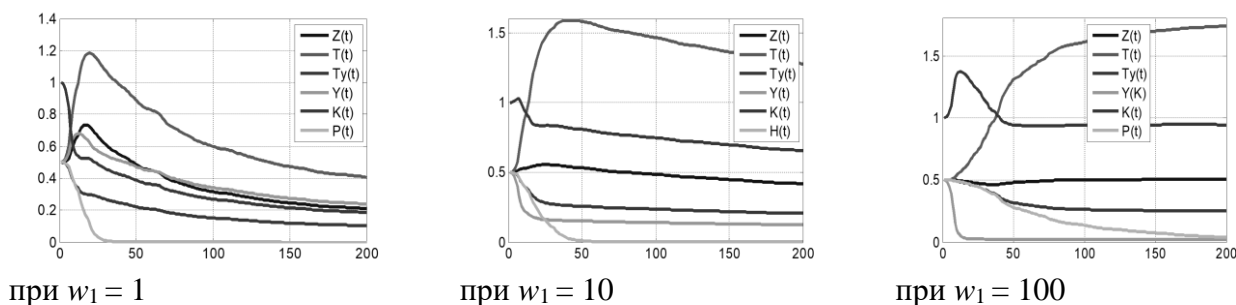
Опишем с использованием структурного подхода эволюцию макроэкономической СЭС, эволюционирующей к шестому технологическому укладу [Новожилова, Ребус, Спивакова, 2019]. Пусть продукция единственного сектора производства используется для инвестиций и потребления. Основные ресурсы: капитал  $K$ , знания  $Z$ , труд  $T$ . В качестве интеллектуальной компоненты в составе труда дополнительно выделим труд умственный  $T_u$ . Накопление капитала зададим стадиями вида  $\dots \rightarrow K$ . Расходование и амортизацию капитала зададим стадиями вида  $K \rightarrow \dots$ . Расширенное воспроизводство знаний – стадиями вида  $Y + K + \theta Z \rightarrow (\theta + 1) Z$  и  $Y + \theta Z + dT_u \rightarrow (\theta + 1) Z$ , где  $Y$  – национальный доход,  $\theta$  – число объектов-знаний,  $d$  – число объектов умственного труда. Возможная конкретизация этих процессов с использованием

соотношений (1) – (2) приведена в таблице 1.

**Таблица 1 - Структурная модель эволюции СЭС с расширенным воспроизводством знаний**

Объекты	Стадии эволюции	Уравнения эволюции
Капитал (К)	1) $Y \rightarrow K$ 2) $K \rightarrow Y$ 3) $Y + K + \theta Z \rightarrow (\theta + 1)Z$	$K' = w_1 Y - (w_2 + w_{10} + w_{14} + w_{17} + w_{21})K - w_3 Y K Z^0 + w_9 \Pi + w_{15} P + w_{16} T$ (1)
Знания (Z)	4) $Y \rightarrow Z$ 5) $Z \rightarrow Y$ 6) $Y + \theta Z + d T_y \rightarrow (\theta + 1)Z$	$Z' = w_4 Y - (w_5 + w_7)Z + w_6 Y T_y^d Z^0 + w_8 \Pi + w_{13} I - w_{19} Z + w_3 Y K Z^0$ (2)
Прогресс научный (П)	7) $Z \rightarrow \Pi$ 8) $\Pi \rightarrow Z$ 9) $\Pi \rightarrow K$ 10) $K \rightarrow \Pi$	$\Pi' = w_7 Z - (w_8 + w_9)\Pi + w_{10} K + w_{11} I + w_{20} T_y$ (3)
Инвестиции (И)	11) $I \rightarrow \Pi$ 12) $I \rightarrow T$ 13) $I \rightarrow Z$ 14) $K \rightarrow I$	$I' = - (w_{11} + w_{12} + w_{13})I + w_{14} K + w_{22} H$ . (4)
Ресурсы природные (P)	15) $P \rightarrow K$ (не возобновляются)	$P' = -w_{15} P$ имеет решение $P = \exp(-w_{15}(t - t_0))$ (5)
Грудовые ресурсы (T)	16) $T \rightarrow K$ 17) $K \rightarrow T$	$T' = w_{17} K + w_{18} T_y + w_{24} C - w_{16} T + w_{12} I$ (6)
Труд умственный (T <sub>y</sub> )	18) $T_y \rightarrow T$ , 19) $Z \rightarrow T_y$ , 20) $T_y \rightarrow \Pi$	$T_y' = w_{19} Z - (w_{18} + w_{20})T_y - w_6 Y T_y^d Z^0$ (7)
Налоги (H)	21) $K \rightarrow H$ 22) $H \rightarrow I$	$H' = w_{21} K - (w_{22} + w_{23} + w_{25})H$ (8)
Социалка (C)	23) $H \rightarrow C$ 24) $C \rightarrow T$	$C' = w_{23} H - (w_{24} + w_{26})C$ (9)
Национальный доход (Y)	25) $H \rightarrow Y$ 26) $C \rightarrow Y$	$Y' = -(w_1 + w_4)Y + w_2 K - w_3 Y K Z^0 + w_5 Z - w_6 Y T_y^d Z^0 + w_{25} H + w_{26} C$ (10)

Эта модель включает 26 стадий и 10 объектов, эволюция которых описывается десятью дифференциальными уравнениями. Уравнение (5) для природных ресурсов является независимым, и его решение (приведено в таблице 1) представляет собой неавтономный закон сохранения. Других законов сохранения не обнаружено. Исследуем эту нелинейную модель численно. Оценим влияние интеллектуальных компонент (знание и интеллектуальный труд) на экономический рост, измеряемый через национальный доход и другие показатели СЭС. Учитывая многомерность модели, будем варьировать только параметры, связанные с национальным доходом и воспроизводством знаний: интенсивность капитализации национального дохода  $w_1$ , интенсивность воспроизводства знаний  $w_3$ ,  $w_6$ , число интеллектуальных объектов  $\theta$  и  $d$ . Неравновесные зависимости основных объектов СЭС от времени при варьировании  $w_1$  и фиксированных значениях  $w_2 = w_3 = \dots w_{26} = 1$ ,  $d = 1$ ,  $\theta = 1$  показаны на рисунках 1а – 1в.

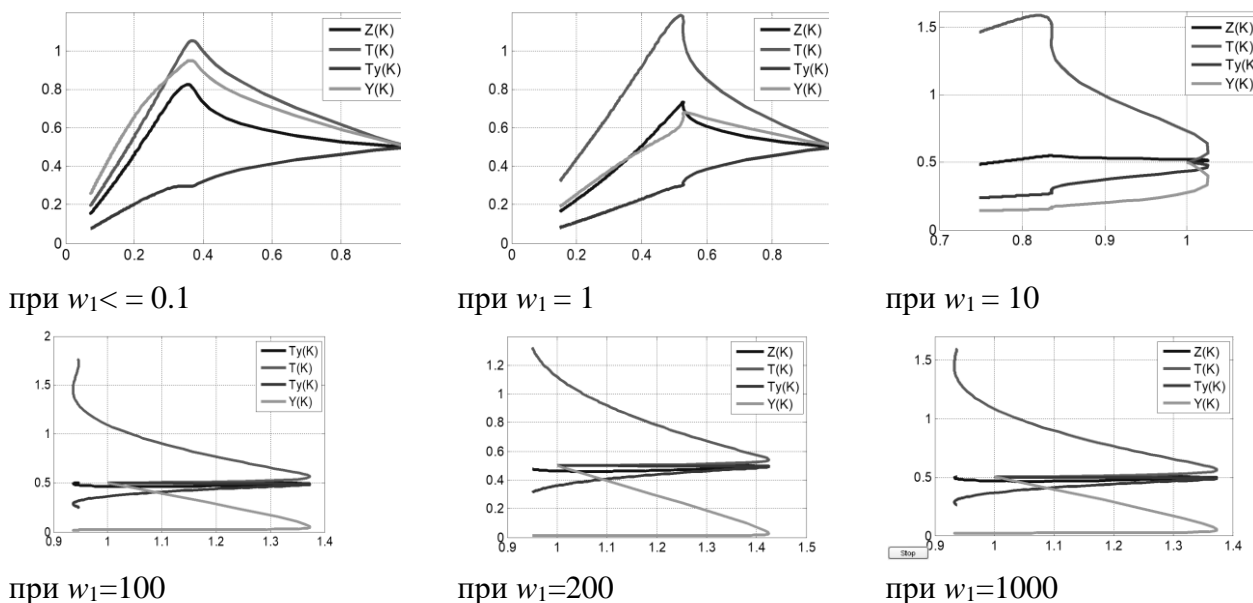


**Рисунок 1 - Динамика СЭС**

Наблюдается два типа зависимостей: монотонные и немонотонные (с явно выраженным экстремумом) – существенно нелинейные. При одинаковых значениях интенсивностей стадий  $w_i = 1$  (рис. 1а) невозобновляемые ресурсы  $P(t)$  быстро истощаются при  $t \approx 30$  (нижняя линия) и поведение системы тривиально: все равновесные значения становятся меньше начальных и в этом смысле экономический рост отсутствует. Равновесные значения интеллектуального труда снижаются в 5 раз, а первоначальный капитал системы снижается примерно на 80%.

С ростом интенсивности капитализации национального дохода до  $w_1 = 10$  (рис. 1б) ряд процессов ускоряется и поведение системы более сложное.

На рисунках 2а – 2е показана неравновесная зависимость основных объектов СЭС от капитала (фазовые портреты) при варьировании интенсивности капитализации национального дохода. Состояние СЭС в начальный момент времени соответствует крайним справа точкам с координатами (1, 0.5). С течением времени кривые движутся влево. Крайнее левое положение соответствует равновесию.

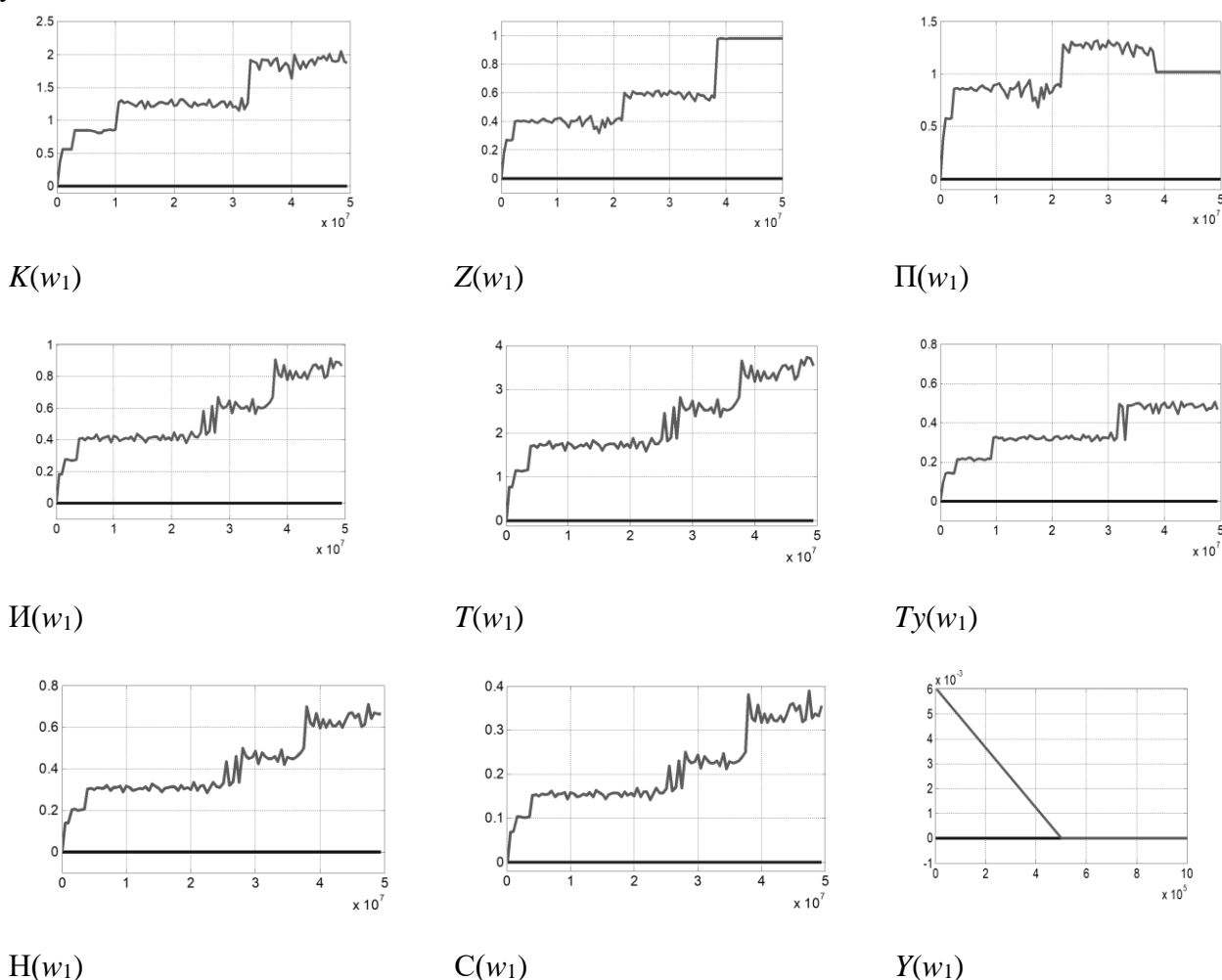


**Рисунок 2 - Фазовые портреты**

На рисунках 2а – 2б показаны фазовые портреты при малых значениях интенсивности капитализации. Выделяются два этапа эволюции. На первом этапе (правые части кривых) наблюдается рост уровней основных объектов (кроме  $T_y$ ) при падении уровня капитала. На втором этапе (левые части кривых) начинается падение уровней основных объектов (кроме  $T_y$ )

с продолжающимся падением уровня капитала. Уровень  $Ty$  почти монотонно падает с падением уровня капитала. С ростом  $w_1$  до 10 и выше фазовые портреты существенно меняются (рис. 2в – 2г). Основная особенность состоит в более выраженном проявлении нелинейных свойств системы – появлении областей сложного поведения. На всех этих графиках знания возрастают с уменьшением капитала. Однако при достижении капиталом критического значения ( $K = 0.3-0.4$ ) подъем знаний сопровождается ростом капитала – включаются механизмы самовоспроизводства.

В равновесии все производные в уравнениях эволюции обращаются в нуль, и они превращаются в алгебраические. При этом всегда существует по крайней мере одно устойчивое равновесие с нулевыми координатами. Анализ показал, что существуют и другие устойчивые равновесия. Параметрические портреты при единичных начальных значениях приведены на рисунках 4а – 4и.



**Рисунок 3 - Полный портрет**

Из рисунков 4а – 4и видно, что при одном и том же значении параметра  $w_1$  существуют два равновесных состояния. Из рисунка 4в видно, что оба они устойчивы. Увеличение параметров  $d$  и  $\theta$  приводит к еще более сложным зависимостям, но принципиально не влияет на результат.

## Результаты

Модель эволюции показывает, что при определенных значениях  $w_1$  происходит скачкообразный переход из одного равновесного состояния в другое (рис. 4а – 4и). Новое равновесное состояние характеризуется более высокими значениями ресурсов и национального дохода.

Рассмотрим ресурсоотдачу основных ресурсов. Ресурсоотдача равна знаку изменения национального дохода при приращении ресурса  $R$ :

$$r = \frac{Y + \Delta Y}{R + \Delta R}; \Delta r = \frac{R\Delta Y - Y\Delta R}{R(R + \Delta R)} \quad (11)$$

Знак  $\Delta r$  зависит от знака числителя, так как мы рассматриваем приращение ресурса.

*Капитал.* Как видно из рисунка 2а, при  $w_1 = 1$  увеличение  $K$  приводит к уменьшению  $Y$  для начального периода. Это указывает на ресурсоотдачу, при которой производство является неэффективным. После перехода через максимум (критическое значение капитала) при дальнейшем снижении капиталовложений происходит перестройка с переходом на неэффективную, при которой ресурсоотдача падает, а себестоимость возрастает.

При росте  $w_1$  наклоны кривых  $Y(t)$  и  $K(t)$  начинают совпадать, а значение  $K$  превышает  $Y$ . Мы получаем почти сразу неэффективную экономику, как в экономике, описываемой моделью Кобба-Дугласа.

При дальнейшем росте  $w_1$  фазовый портрет имеет 2 траектории: одна соответствует падению  $Y$  при росте  $K$  (начальные участки), а вторая – изменению  $Y$  в соответствии с изменением  $K$ .

*Труд.* Труд сильнее всего реагирует на снижение эффективности ресурсотдачи. При одних и тех же значениях  $Y$  значение  $T$  резко меняется с изменением  $K$ . При этом значение «элитарного» умственного труда при больших значениях  $w_1$  остается почти постоянным, а две ветви его фазового портрета почти совпадают.

Описанная модель указывает на то, что эволюция СЭС в период перехода к новому технологическому устью происходит нелинейно. Эффективность ресурсотдачи капитала и трудовых ресурсов изменяется при критическом значении капитала, зависящего от интенсивности капиталовложений. Использование модели с жесткими коэффициентами не дает предсказать поведение СЭС.

К сожалению, как и все современные макроэкономические модели, эта модель не позволяет предсказать поведение системы в особых точках. Мировой кризис 2008 года не только потряс мировую экономику, но и изменил представление о возможностях макроэкономических моделей. Для использования подобных моделей в реальных макроэкономических прогнозах значения весов  $w_i$  должно описываться функциями некоторых макроэкономических показателей. Тем более что точки смены состояний равновесия реагируют на малые возмущения.

Попытка описать влияние поведения субъектов на поведение финансовой системы в особых точках помогла обнаружить, что существенный вклад в поведение рынка оказывают коллективные ожидания, которые делают поведение участников не стохастическими. Авторы

[Behavioral & experimental macroeconomics..., 2018] предполагают, что учет этого влияния в макроэкономических прогнозах позволят сделать их более точными. Кроме того, они предполагают, что возможна государственная коррекция такого коллективного поведения.

### Заключение

Использование модели эволюции СЭС позволило показать сложную нелинейную зависимость национального дохода  $Y$  от макроэкономических показателей. Фазовые портреты зависимостей труда, знаний и интеллектуального труда в зависимости от капиталовложений при разных значениях интенсивности капитализации национального дохода  $w_I$  имеют сложный нелинейный характер их перехода к равновесному состоянию.

Наличие нескольких равновесных состояний при разных значениях  $w_I$  указывает на возможность влияния с помощью этого параметра на разные пути эволюции СЭС. К сожалению, выбранная модель не связывает  $w_I$  с другими экономическими показателями. В этом случае остается открытым вопрос о применимости данной модели при изучении точек перехода к одному из равновесных состояний. Кроме того, модель не показывает методов изменения значений  $w_I$  СЭС.

### Библиография

1. Жданов С.Б. Взаимодействие труда и капитала в современных условиях: дисс. канд. экон. наук. Москва, 2004. 185 с.
2. Иншаков О.В. Системность характеристик капитала в осмыслении его глобальной эволюции. М.: ИЭ РАН, 2016.
3. Каблов Е.Н. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. 2010. № 4. С. 55-67.
4. Кудрин Б.И. Введение в технетику. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1993. 552 с.
5. Махаматова С.Т. Интеллектуальный капитал в эпоху глобализации: особенности и проблемы управления // Социально-экономические явления и процессы. 2011. № 3-4 (25-26). С. 206-210.
6. Новожилова Н.В., Ребус Н.А., Спивакова Н.Я. Influence of intellectual components on the economic growth of social systems // Материалы Международной научно-практической конференции «Перспективы развития аграрных наук». Чебоксары, 2019. С. 16-19.
7. Спивакова Н.Я., Ребус Н.А. Социальные последствия IV промышленной революции // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Т. 9. № 3-1. С. 390-398.
8. Филатов С.А., Сухорукова Н.Г. Экономика знаний: качественная и количественная характеристика // Идеи и идеалы. 2015. Т. 2. № 4(26). С. 68-79.
9. Behavioral & experimental macroeconomics and policy analysis: a complex systems approach // ECB Working Paper Series. 2018. No. 2201. November.
10. Eliasson G. The Role of Knowledge in Economic Growth. URL: <http://www.oecd.org/innovation/research/1825633.pdf>

## Evolution of the socio-economic system in the process of transition to the sixth technological order

**Natal'ya A. Rebus**

Head of the Department of  
Moscow University for Industry and Finance "Synergy",  
125190, 80 Leningradskii av., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: NRebus@synergy.ru

**Nina Ya. Spivakova**

Senior Lecturer,  
Moscow University for Industry and Finance "Synergy",  
125190, 80 Leningradskii av., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: nspivakova@gmail.com

**Abstract**

The article discusses the role of intellectual labour and its relationship with knowledge and other labor resources during the period of rapid accumulation of knowledge in the process of transition to the sixth technological order. The authors note that there is a significant accumulation of knowledge during the transition to a new technological order. Today knowledge is transformed from a production resource into a production factor. The fundamental difference between modern knowledge is that it is not only a product or service, but also capital. The authors consider a macroeconomic model that describes the relationship of macroeconomic indicators taking into account conservation laws: descriptions of the processes of converting resources into knowledge and capital and reverse processes taking into account expanded reproduction. The numerical solution of differential equations allows to analyze the evolution of macroeconomic indicators and their phase portraits under different initial conditions and model parameters. The analysis of the results has showed a fundamental difference between labor resources and the resource of intellectual labor. In the equilibrium state, the model gives several stable states, which indicates the possibility of a transition from this equilibrium state to another by changing the parameters of the socio-economic system.

**For citation**

Rebus N.A., Spivakova N.Ya. (2019) Evolyutsiya sotsial'no-ekonomicheskoi sistemy v protsesse perekhoda k shestomu tekhnologicheskomu ukladu [Evolution of the socio-economic system in the process of transition to the sixth technological order]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9 (10A), pp. 314-322. DOI: 10.34670/AR.2020.92.10.037

**Keywords**

Sixth technological order, knowledge, intellectual labour, macroeconomic modelling.

**References**

1. Behavioral & experimental macroeconomics and policy analysis: a complex systems approach (2018). *ECB Working Paper Series*, 2201, November.
2. Eliasson G. *The Role of Knowledge in Economic Growth*. Available at: <http://www.oecd.org/innovation/research/1825633.pdf> [Accessed 18/11/19].
3. Filatov S.A., Sukhorukova N.G. (2015) *Ekonomika znanii: kachestvennaya i kolichestvennaya kharakteristika* [Economics of knowledge: qualitative and quantitative characteristics]. *Idei i idealno* [Ideas and ideals], 2 (4-26), pp. 68-79.
4. Inshakov O.V. (2016) *Sistemnost' kharakteristik kapitala v osmyslenii ego global'noi evolyutsii* [The systematic characteristics of capital in understanding of its global evolution]. Moscow: Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences.
5. Kablov E.N. (2010) *Shestoi tekhnologicheskii ukhad* [Sixth technological structure]. *Nauka i zhizn'* [Science and life], 4, pp. 55-67.
6. Kudrin B.I. (1993) *Vvedenie v tekhnologii* [Introduction to technology]. Tomsk: Publishing house of the Tomsk State



University.

7. Makhamatova S.T. (2011) *Intellectual'nyi kapital v epokhu globalizatsii: oso-bennosti i problemy upravleniya* [Intellectual capital in the era of globalization: features and problems of management]. *Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy* [Socio-economic phenomena and processes], 3-4 (25-26), pp. 206-210.
8. Novozhilova N.V., Rebus N.A., Spivakova N.Ya. (2019) Influence of intellectual components on the economic growth of social systems. In: *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Perspektivy razvitiya agrarnykh nauk"* [Proc. Int. Conf. "Prospects for the development of agricultural sciences"]. Cheboksary, pp. 16-19.
9. Spivakova N.Ya., Rebus N.A. (2019) *Sotsial'nye posledstviya IV promyshlennoi revolyutsii* [The social consequences of the Fourth Industrial Revolution]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: yesterday, today and tomorrow], 9 (3-1), pp. 390-398.
10. Zhdanov S.B. (2004) *Vzaimodeistvie truda i kapitala v sovremennykh usloviyakh. Dokt. Diss.* [The interaction of labor and capital in modern conditions. Doct. Diss.]. Moscow.