

УДК 332.132

ВЛИЯНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ХОЗЯЙСТВА НА ПРОЦЕСС ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

С.С. Винокуров, П.А. Гурьянов

Винокуров Степан Степанович – кандидат экономических наук, доцент, кафедра национальной экономики. Санкт-Петербургский государственный экономический университет, ул. Садовая, 21, Санкт-Петербург, Россия, 191023; доцент департамента экономики Высшей школы экономики, ул. Кантемировская, 3, корп. 1, лит. А, Санкт-Петербург, Россия, 194100. E-mail: stepan_vinokurov@mail.ru.

Гурьянов Павел Алексеевич – кандидат экономических наук, доцент, кафедра экономической теории и экономики предпринимательства. Санкт-Петербургский академический университет технологий управления и экономики, Лермонтовский пр-т, 44, лит. А, Санкт-Петербург, Россия, 190103. E-mail: pavelgurianov19@gmail.com.

Статья посвящена актуальной проблеме регионального развития – распространению технологий в территориальном разрезе Российской Федерации. Выбор модели инновационного развития является до сих пор дискуссионной проблематикой в российской макроэкономической политике. В работе исследуется на теоретическом уровне процесс территориального распространения технологий. Экономико-математическое моделирование опирается на производственную функцию Кобба – Дугласа и шестиугольник Августа Леша в теории организации экономического пространства. В результате исследования авторы пришли к выводу, что стихийный процесс технологических изменений более вероятен в условиях, когда количество регионов невелико, уровень доходов в стране высок, а научно-исследовательская инфраструктура развита в такой степени, что создание новых технологий и их внедрение сравнительно дешево. Если перечисленные условия не выполняются, стихийное распространение инноваций маловероятно.

Распространение технологий, инновационное развитие, теория размещения, технологические изменения, перколяция, кластеры, макроэкономическая политика, экономический рост, региональное развитие, эффективность.

DOI: 10.14530/se.2016.4.093-111

ВВЕДЕНИЕ

Выбор модели инновационного развития можно назвать основной проблемой российской макроэкономической политики последнего десятилетия. Несмотря на широкий поток публикаций, посвященных этой про-

блеме, малоизученным, на наш взгляд, остается вопрос распространения инноваций. Специфика российской экономики делает этот вопрос весьма актуальным. Россия имеет огромную территорию, в то же время уровень экономического развития ее регионов чрезвычайно неоднороден, имеются значительные проблемы развития транспортной, производственной и социальной инфраструктур. В этих условиях инновационные успехи, достигнутые одними регионами, могут мало влиять на инновационное развитие страны в целом.

Распространение инноваций обычно рассматривается в рамках концепции диффузии инноваций, основы которой были заложены Э. Роджерсом, а применительно к территориальному развитию – Т. Хэгерстрандом [13; 14; 20]. Однако с точки зрения инновационного развития экономики страны важен не процесс постепенного распространения инновационного продукта, а качественное изменение от менее технологичного производства к более технологичному. Поэтому важно определить условия, при которых инновационные изменения способны охватить всю страну, а при каких они остаются достоянием отдельных регионов.

Взаимодействие и влияние науки и технологий на региональные инновационные системы исследуются в работах [18; 19], влияние свойств и характеристик пространственных экономических систем на создание и внедрение инноваций – в работе [16]. Ряд интересных работ по диффузии инноваций в территориальном разрезе были опубликованы отечественными учеными [1; 8–10].

Другой важный вопрос связан с ролью государства в стимулировании инновационных процессов. Государство может прилагать усилия к созданию так называемых «центров роста». Анализу такой политики посвящено целое направление региональной экономики, восходящее к трудам Ф. Перру и, в особенности, Ж. Будвилля [11]. Альтернативная позиция состоит в том, что вместо государственного «планирования» экономического развития целесообразнее принять более децентрализованную модель развития. Эту позицию отстаивают Дж. Стиглиц и Д. Эллерман [6].

Если государство принимает участие в стимулировании инновационных процессов, будет ли более целесообразным вкладывать средства в создание собственных передовых технологий или в импортирование и адаптацию технологий, которые уже доказали свою эффективность в других странах? Последнюю точку зрения активно отстаивает академик В.М. Полтерович [4; 5].

Наконец, обсуждаемые вопросы неразрывно связаны с выбором модели межбюджетных отношений. В современной России сложилась противоречивая ситуация, когда, с одной стороны, все шире внедряются принципы

бюджетного федерализма, с другой – значительная часть регионов являются дотационными. С одной стороны, современное государство должно минимизировать перераспределительную активность, снизить давление на бизнес, с другой – вложения в развитие человеческого потенциала и инфраструктуры относительно менее успешных регионов могут дать существенный положительный эффект в долгосрочной перспективе.

1. БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ

Центральное место в теории организации пространства занимает положение, согласно которому в идеальном случае пространство будет организовано в виде сети правильных шестиугольников, представляющих собой рыночные зоны для территориальных центров [3]. Допустим, что на территории страны имеется n таких центров. В целях упрощения будем считать, что конечный продукт производится в более мелких территориальных единицах, принадлежащих рыночной зоне того или иного центра и располагающихся в углах его рыночной зоны – поселениях. Центры же, согласно нашим предположениям, производят технологии, средства производства, комплектующие и т. п., которые используют поселения.

При этом продукция центров неидентична, и они действуют в условиях монополистической конкуренции. Напротив, конечный продукт поселений идентичен. Рассмотрим двухпериодную модель, такую, что в первом периоде производственные функции центров одинаковы, а во втором периоде в некоторых центрах осуществляются инновации.

В начальном периоде все центры обладают одинаковыми производственными функциями:

$$Y_{i0} = Y(K_{i0}, L_{i0}), \quad (1.1)$$

где Y_i – объем производства центра i , L_i , K_i – соответственно, количество труда и капитала, занятых в производстве, $Y(K, L) = K^\alpha L^{1-\alpha}$.

Предположим, что продукция центров имеет постоянную эластичность замещения в производственной функции поселений. Тогда производственную функцию поселения j , не являющегося центральным городом, в начальном периоде можно представить следующим образом:

$$Q_{j0} = \left[\left(\sum_i q_{ij0}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \right]^\beta L_{j0}^{1-\beta}, \quad (1.2)$$

где Q_j – объем производства поселения j , q_{ij} – количество потребляемой продукции центра i в поселении j , L_j – количество труда в поселении j , $\gamma > 0$.

Поселение максимизирует получаемую выгоду, если цена продукта каждого центра установится по его предельной производительности:

$$p_{ij0} = \frac{\partial P_{j0} Q_{j0}}{\partial q_{ij0}}, \quad (1.3)$$

где p_{ij} – цена продукции центра i в поселении j .

Поскольку, согласно предположениям, поселения производят идентичную продукцию и каждый центр имеет в непосредственной близости шесть поселений, цену на продукцию поселений будем считать независимой от выпуска каждого данного поселения. Тогда цену продукции центра i в поселении j можно представить в следующем виде:

$$p_{ij0} = X_{j0} q_{ij0}^{\frac{1}{\gamma}}, \quad (1.4)$$

где $X_{j0} = \beta \left(\sum_i q_{ij0}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right)^{\frac{\gamma\beta}{\gamma-1}} L_{j0}^{1-\beta}$.

С другой стороны, цена продукции центра i в поселении j будет складываться из цены продукции в самом центре и транспортных затрат:

$$p_{ij0} = P_{i0} + \tau(r_{ij}), \quad (1.5)$$

где P_{i0} – цена продукции центра i в самом центре, равная, согласно предположениям о монополистической конкуренции между центрами, средним издержкам производства, $\tau(\cdot)$ – функция транспортных издержек, r_{ij} – расстояние между центром i и поселением j .

Кроме того, замечая, что функция (1.2) линейно однородная первой степени, можно сделать вывод, что сумма, которую получает центр i в поселении j за свою продукцию, равна:

$$p_{ij0} q_{ij0} = X_{j0} q_{ij0}^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}. \quad (1.6)$$

Рассмотрим теперь ситуацию в период времени $t = 1$. Предположим, что к этому моменту времени с вероятностью η в каждом данном центре могут произойти инновационные изменения. Эти изменения могут нести двойкие последствия. С одной стороны, они могут повышать производительность самих центров. С другой – они могут означать появление нового продукта, увеличивающего производительность поселений. Будем рассматривать инновации, которые в какой-то мере сочетают оба этих эффекта.

Тогда производство в центрах $(1 - \eta)n$ будет описываться формулой (1.1), а производство в остальных ηn центрах – формулой

$$Y_{i1} = AY(K_{i1}, L_{i1}), \quad (1.7)$$

где A – константа, отражающая результативность проведенных инноваций, $A \geq 1$.

Пронумеруем центры так, что центры, в которых произошли технологические изменения, имеют номера от 1 до ηn , а остальные – от $\eta n + 1$ до n . Пусть продукция центров, осуществивших инновации, увеличивается на величину α ($\alpha \geq 1$). Тогда производственная функция поселений изменится следующим образом:

$$Q_{j1} = \left(\sum_{i=1}^m (a q_{ij1})^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + \sum_{i=\eta n+1}^n q_{ij1} \right)^{\frac{\gamma\beta}{\gamma-1}} L_{j1}^{1-\beta}. \quad (1.8)$$

Тогда цену продукции центра i в поселении j можно представить в следующем виде:

$$p_{ij1} = X_{j1} \lambda_i q_{ij1}^{-\frac{1}{\gamma}}, \quad (1.9)$$

где X_{j1} рассчитывается по аналогии с X_{j0} (учитывая изменения в формуле (1.9) по сравнению с формулой (1.4)), λ_i равна a , если центр осуществляет инновацию, и 1 в противном случае.

Определим отношение количества центров, в которых произошли технологические изменения, к количеству продукции центров, где эти изменения не произошли (φ_j). Пользуясь формулой (1.9), получим:

$$\varphi_j = \frac{a^\gamma \sum_{i=1}^m p_{ij1}^{-\gamma}}{\sum_{i=\eta n+1}^n p_{ij1}^{-\gamma}}. \quad (1.10)$$

Определим также долю (ϕ_j) расходов поселения j на продукцию центров, в которых произошли инновации, в общих расходах:

$$\phi_j = \frac{a^\gamma \sum_{i=1}^m p_{ij1}^{1-\gamma}}{\sum_{i=\eta n+1}^n \lambda_i p_{ij1}^{1-\gamma}}. \quad (1.11)$$

При прочих равных, коэффициент a увеличивает предельную выручку центров, которые осуществили инновации, а коэффициент A снижает средние и предельные издержки. Следовательно, изменение цены на продукцию центра будет зависеть от относительной силы эффектов, производимых a и A .

Распространение технологических изменений может идти между центрами, а может идти от создавших их центров всем поселениям. Определим вероятность, с которой поселение или центр попадут в зону распространения инноваций.

Поселения выигрывают от количества центров, продукцию которых они потребляют, поэтому в общем случае (когда продукция центров бесконечно делима) каждое поселение будет потреблять продукцию каждого из центров. Однако технологическое развитие поселений вблизи центров, где произошли изменения, будет иным, чем в остальных поселениях.

Поэтому определим попадание поселения в зону распространения технологических изменений следующим образом. Пусть $I = \left\{ i \left| \tau(r_{ij}) = \min_i \tau(r_{ij}) \right. \right\}$.

Тогда нахождение поселения j в непосредственной близости от центра, где произошли технологические изменения, означает, что для данного j существует такое $i \in I$, что $i \in [1; \eta n]$. Пусть J – множество j с такими свойствами. Пусть $\varphi^* = \min_{j \in J} \varphi_j$. Под попаданием поселения j в зону распространения инновации будем понимать такую ситуацию, когда для него выполняется $\varphi_j \geq \varphi^*$.

Если поселения идентичны, то в силу различий в расстояниях в тех регионах, где не произошло технологических изменений, доля технологичной продукции будет меньше. Предположим поэтому, что формула (1.8) представляет собой усредненную производственную функцию поселений, вокруг которой реальные значения функций полезности распределены нормально.

Тогда, поскольку каждое поселение при «шестиугольной» организации пространства находится в непосредственной близости от трех центров, вероятность попадания в зону распространения нововведения для поселения равна

$$P = \mu + (1 - \mu) \left(1 - \frac{1}{\sigma(\bar{\varphi})\sqrt{2\pi}} \int_0^{\varphi^*} e^{-\frac{(\varphi - \bar{\varphi})^2}{2\sigma^2(\bar{\varphi})}} d\varphi \right), \quad (1.12) \quad (1.12)$$

где $\bar{\varphi}$ – средний уровень технологичности для поселений, не находящихся в непосредственной близости от центров, в которых произошли технологические изменения, $\mu = \eta^3 + 3\eta(1 - \eta)$ – вероятность для поселения оказаться в непосредственной близости от осуществляющего инновации центра.

Определим теперь вероятность распространения новых технологий между центрами. Допустим, что центры могут покупать новые технологии

друг у друга по цене π . Пусть $\phi = \frac{\sum \phi_j}{m}$, где m – количество поселений. До-

пустим также, что центры с одинаковым технологическим уровнем получают в каждом поселении одинаковый доход. Тогда для того, чтобы центр приобрел данную технологию, он должен получить дополнительный доход, не меньший, чем плата за технологию, т. е.

$$\left(\frac{\phi}{n\eta'} - \frac{1-\phi}{n(1-\eta')} \right) \sum_i p_i q_i \geq \pi, \quad (1.13)$$

где η' – равна сумме вероятности η и доле центров, приобретших технологии у других центров.

Упрощая, получим:

$$\frac{\phi - \eta'}{\eta'(1 - \eta')} \geq \frac{\pi}{\sum_i p_i q_i}. \quad (1.14)$$

Результат зависит от соотношения величин a и A , а также величины γ . Если эффект от a больше, чем от A , следует ожидать роста цен на продукцию инновационных центров. Тогда (подставляя (1.11) в (1.14) и принимая равными цены на продукцию центров с равным уровнем технологий) $\phi > \eta'$ всегда при $\gamma < 1$. Если же больше эффект от A , следует ожидать снижения цен на продукцию инновационных центров. Тогда $\phi > \eta'$ всегда при $\gamma > 1$. В остальных случаях результат зависит от соотношения прочих параметров.

Пусть η^* – большая среди вероятностей η' , при которой выражение (1.14) становится равенством, и η . η^* будем считать вероятностью включения центра в зону распространения инноваций.

2. УСЛОВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИННОВАЦИЙ

Для определения условий распространения инновации по территории, структурированной в правильные шестиугольники, можно воспользоваться выводами теории перколяции [10; 15; 17]. Будем считать, что инновации распространяются по территории страны, когда возникает хотя бы один бесконечный кластер. Применительно к обсуждаемой теме, под бесконечным кластером будем понимать совокупность поселений, охваченных нововведениями, такую, что она соединяет без разрывов концы территории. «Без разрывов» означает, что, двигаясь по ребрам шестиугольников рыночных зон или треугольников, соединяющих центры, можно дойти от одного конца страны до другого.

Утверждение, что пространство будет организовано в виде сети шестиугольников, каждый из которых представляет собой рыночную зону центра, строго говоря, относится к случаю, когда все центры производят идентичную продукцию. В противном случае их рыночные зоны начинают перекрываться, и ясного представления о результате такого перекрытия нет. Рассмотрим, сохранится ли организация пространства в виде сети шестиугольников в случае, когда центральные города существуют в условиях монополистической конкуренции.

В предположениях базовой модели, описанной в предыдущем разделе, в начальном периоде центры находятся в одинаковом положении. Предположение монополистической конкуренции означает равенство в долгосрочном периоде цен внутри центров средним общим издержкам производства. Тогда из формулы (1.5) следует

$$ATC_i = \frac{\sum_j p_{ij0} - \sum_j \tau(r_{ij})}{m}, \quad (2.1)$$

где ATC_i – средние общие издержки производства в центре i , m – количество поселений.

Если центры находятся в одинаковом положении, то их средние общие издержки должны быть равны. Кроме того, центры должны обладать одинаковой функцией средних общих издержек. Это означает, что в равновесном состоянии эластичности средних общих издержек по средней цене продукции в поселениях должны быть равны. Но

$$\varepsilon_{ATC}^j = \frac{\sum_j \frac{p_{ij0}}{m}}{\sum_j p_{ij0} - \sum_j \tau(r_{ij})}, \quad (2.2)$$

где ε_{ATC}^j – эластичность средних общих издержек центра i по средней цене продукции центра i в поселениях.

Значит, равенство эластичностей средних общих издержек по средней цене в поселениях для каждого центра означает равенство суммарных транспортных расходов на единицу продукции.

Допустим теперь, что действует постоянный тариф на перевозки. Тогда суммарное расстояние центров до поселений равно. Если допустить бесконечную делимость продукции центров, то, в силу выбранной производственной функции поселений, продукция центра в том или ином количестве будет поступать в каждое поселение.

В этих условиях рассматриваемая территория должна быть бесконечной. В самом деле, если это не так, то центры, находящиеся вблизи центра территории, будут иметь меньшее суммарное расстояние до поселений, чем центры, находящиеся ближе к краю.

Поскольку территория бесконечна, то не существует точек, которые априори были бы оптимальны. Поэтому можно ограничиться рассмотрением взаимного расположения ближайших друг к другу центров и поселений.

Достаточно очевидно, в силу формул (1.4), (1.5), центр выигрывает от близости с поселением и проигрывает от близости с другими центрами. Таким образом, центры стремятся максимально удалиться друг от друга.

Пусть r – расстояние от данного центра до ближайшего центра. Если

построить окружность с радиусом r , то стремление максимально удалиться от прочих центров будет означать стремление максимизировать этот радиус. Поскольку все центры идентичны и все точки плоскости идентичны, то радиусы всех таких окружностей будут равны. В свою очередь это означает, что центры расположатся таким образом, что территория будет структурирована в виде правильных треугольников, в вершинах которых будут находиться центры.

Аналогично поселениям будет выгоднее располагаться ближе к максимально возможному числу центров и дальше от других поселений. Расположение в «центрах тяжести» образованных центрами правильных треугольников соответствует такому условию. В самом деле, в этом положении ближайшие поселения будут равноудалены друг от друга, а изменение этого положения сократит расстояние, по крайней мере, с одним из ближайших поселений. В то же время возникновение дополнительных поселений в иных точках ставит новые поселения в относительно менее выгодное расположение по отношению к ближайшим к ним центрам. Конкуренция же между поселениями должна сделать все треугольники «заполненными». В противном случае не все поселения будут в равных условиях.

Таким образом, вокруг каждого центра поселения будут образовывать правильные шестиугольники. Конечно, «неидеальность» реальной территории исказит эту структуру. Однако для нас важно, что даже в условиях монополистической конкуренции сохраняется организация пространства в виде сети правильных шестиугольников. Это позволяет по-иному подойти к определению рыночной зоны центра.

Основная проблема в данном случае заключается в том, что продукция каждого города может распространяться по всей территории страны. Таким образом, нельзя говорить о четко очерченных рыночных зонах. Пусть ρ_i – коэффициент, который отражает степень принадлежности данной точки рыночной зоне центра i [22]:

$$\rho_{ij} = \frac{\bar{q}_{ij}}{\bar{q}_{ij} + \bar{q}_{kj}}, \quad (2.3)$$

$$\bar{q}_{kj} = \max_{\substack{k \\ k \neq i}} \bar{q}_{kj}, \quad (2.4)$$

где \bar{q}_{ij} – ожидаемое потребление продукции центра i поселением j , а \bar{q}_{kj} – ожидаемое потребление продукции центра k этим поселением.

Коэффициент принадлежности будет принимать значения: ноль (когда данное поселение не потребляет продукцию центра, т. е. $\bar{q}_{ij} = 0$) и единица (когда потребляется только продукция данного центра, т. е. $\bar{q}_{kj} = 0$). Наконец, если $\bar{q}_{ij} = \bar{q}_{kj}$, коэффициент принадлежности будет равен 0,5.

Поскольку поселения расположатся на одинаковом расстоянии от ближайших центров, они будут иметь коэффициент принадлежности 0,5 каждому из этих центров. Тогда коэффициент принадлежности не меньший 0,5 можно считать принадлежностью рыночной зоне данного центра.

Ввод ожидаемых величин позволяет сделать определение рыночной зоны центра устойчивым к краткосрочным изменениям в структуре потребления поселения. Так, в условиях описанной выше базовой модели вероятность осуществления инноваций предполагается одинаковой для всех центров. Следовательно, то, в каких конкретно центрах эти инновации произойдут в момент времени $t = 1$, не изменит рыночные зоны центров.

Следует ожидать, что однажды сложившаяся организация пространства будет весьма устойчивой, поскольку перемещение поселений требует существенных затрат (в том числе временных). Поселения будут перемещаться лишь в случае значительного, объективного и долговременного превосходства одного центра над другим.

Теперь можно определить условия распространения инноваций по территории страны. Распространение инноваций может происходить между центрами, а может идти от центров ее создавших непосредственно поселениям. Выше были связаны распространение инноваций с возникновением хотя бы одного бесконечного кластера. Следовательно, необходимо определить вероятности попадания центров и поселений в зону распространения инноваций, когда хотя бы один такой кластер возникает.

Воспользовавшись результатом М. Сайкса и Дж. Эссама [21], можно сделать вывод, что в первом случае вероятность η^* должна быть не меньше 0,3473, а во втором случае вероятность P из формулы (1.12) должна быть равной 0,6527. Таким образом, при прочих равных, распространение технологии через центры будет более легким.

Будем считать возникновение бесконечного кластера той пороговой ситуацией, начиная с которой можно говорить о том, что данное нововведение охватывает всю страну и уже не является достоянием отдельных регионов. По мере роста P увеличивается доля поселений, принадлежащих бесконечным кластерам. Технологическое развитие страны, между тем, зависит не только от этой доли, но и от абсолютного числа потенциально возможных кластеров. Пользуясь результатом, полученным С. Смирновым и Х. Дюминил-Копином, получим число потенциально возможных бесконечных кластеров (N) при достаточно большом числе поселений, равном [12] :

$$N = e^{m\sqrt{2+\sqrt{2}}}. \quad (2.5)$$

3. СВЯЗЬ С МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

В базовой модели предполагается, что капитальные блага производят центры, а поселения производят только конечный продукт. Если в начальном периоде в базовой модели достигается равновесие, то темпы роста продукта центров и поселений нулевые.

Это означает, что в текущем периоде центр инвестирует в производство величину sY_{i0} , где s – норма накопления в центре, а величину $(1-s)Y_{i0}$ продает поселениям.

Капиталом поселений будет потребляемая продукция центров. Если и поселения и центры населены одинаковыми индивидами, то можно ожидать равенства нормы сбережений в них. Тогда

$$sP_{j0}Q_{j0} = \sum_i p_{ij0}q_{ij0}. \quad (3.1)$$

В условиях организации пространства в форме правильных шестиугольников, в вершинах которых находятся поселения, каждый центр потребляет продукцию шести ближайших поселений, а поселения распределяют свою продукцию между тремя ближайшими центрами. Таким образом,

$$P_{i0}Y_{i0} = 2(P_j + \tau(r_{ij}))Q_j. \quad (3.2)$$

Номинальные заработные платы в центре и поселениях не должны быть равны, поскольку продукция поселений более дорога в городе, чем в самих поселениях. Поэтому в равновесии следует ожидать выравнивания уровня потребления, т. е.

$$\frac{L_{i0}}{L_{j0}} = 2 \left(\frac{P_j + \tau(r_{ij})}{P_i} \right). \quad (3.3)$$

Конечный продукт производится поселениями, поэтому экономический рост будет означать увеличение суммарного продукта поселений. При этом имеет значение, возникает бесконечный кластер или нет. Если он не возникает, то технологические изменения носят спорадический характер. При этом в условиях бесконечной идеальной территории изменения, произошедшие в одних поселениях или центрах, будут оказывать пренебрежимо малое воздействие на центры и поселения, достаточно удаленные от них.

Предположим поэтому, в целях упрощения, что в поселениях, попавших в зону распространения инноваций, происходит изменение выпуска, а в остальных поселениях изменения пренебрежимо малы. Тогда без возникновения бесконечного кластера рост будет равен

$$m\Delta Q = mP(\eta^*)\Delta Q, \quad (3.4)$$

где P определяется в соответствии с формулой (2.12).

Внутри кластера вероятность попадания в зону распространения инноваций единична, тогда

$$\sum_{j=1}^m \Delta Q_j = (km_c + (m - km_c)P_{nc}(\eta^*)P(\eta^*))\Delta Q, \quad (3.5)$$

где k – количество образовавшихся кластеров, m_c – число поселений в кластере (поскольку кластеры бесконечны, можно считать число поселений в них равным), $P_{nc}(\eta^*)$ – вероятность для поселения не попасть в кластер.

Таким образом, возникновение k кластеров принесет дополнительный прирост продукта в $(1 - P_{nc}(\eta^*)P(\eta^*))km_c\Delta Q$. А если $k = N$, дополнительный прирост будет равен $Nm_c\Delta Q$. При этом, если условия позволяют возникать такому количеству кластеров каждый раз, то на длительном промежутке времени различия в абсолютной величине прироста валового продукта весьма значительны.

Количество кластеров можно представить как функцию от разности вероятности попадания поселения в зону распространения инноваций и значения этой вероятности, при котором возникает хотя бы один кластер. Таким образом,

$$N - (N - k) = f(P(\eta^*) - 0,6527). \quad (3.6)$$

Тогда общий рост можно представить как

$$\sum_{j=1}^m \Delta Q_j = \Delta Q_0 + Nm_c\Delta Q - (1 - P_{nc}(\eta^*)P(\eta^*))m_c\Delta Qf(P(\eta^*) - 0,6527), \quad (3.7)$$

где $Q_0 = m\Delta Q$ (формула (4.4))

Следует отметить, что рассматривается конечное состояние, возникшее в результате инноваций. Продукция центров составляет капитальные средства поселений, и потому переход центра на выпуск инновационной продукции не означает мгновенного отказа поселения от его старой, еще не амортизированной, продукции и ее замены новой. Таким образом, процесс изменений может быть достаточно долгим.

Как изменится распределение трудовых ресурсов между центрами и поселениями, зависит от изменения цен в формуле (3.3). Инновационные изменения в центрах увеличивают предложение со стороны поселений, следовательно, при прочих равных, цена продукции поселений снижается при росте выпуска. По формуле (3.3) это должно способствовать перераспределению труда в пользу поселений. Но если, например, $\gamma < 1$, продукция центров является субститутами, тогда повышение спроса на продукцию инновационных центров повлечет падение спроса и цены на продукцию неинновационных центров. Но это означает, что неинновационные центры могут оказаться для труда привлекательнее, чем близлежащие поселения. Однако

за счет снижения выпуска дополнительной потребности в труде не возникнет. Избыточный труд может быть привлечен инновационными поселениями и центрами. Но фактически это будет способствовать появлению дополнительных затрат на перемещение и, возможно, переобучению, что означает рост естественной безработицы. Таким образом, инновационный процесс, если он охватывает территорию страны неравномерно, может привести при определенных условиях к возникновению безработицы. Тем важнее будет формирование бесконечных кластеров.

4. ГОСУДАРСТВЕННАЯ СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Из описанной модели видно, что не существует универсальной стратегии инновационного развития. Выбор той или иной стратегии зависит от параметров модели.

Рассмотрим вопрос о государственном участии в инновационном процессе. Разобьем его на два вопроса: 1) должно ли государство стимулировать и направлять технологические изменения или положиться на действие конкурентных начал; 2) должно ли государство опираться на «центры роста» или поддерживать технологические изменения в целом?

Распространение инноваций может идти через центры, а может – через поселения. Видно, что для возникновения бесконечного кластера в первом случае требуется значительно меньшая вероятность включения в распространение инновации для отдельного центра, чем для отдельного поселения во втором случае. Следовательно, стихийного распространения инноваций следует ожидать в условиях, когда имеет место распространение инноваций между центрами.

Необходимость выполнения неравенства (1.14) ограничивает, однако, случаи, когда такое распространение следует ожидать с большой долей вероятности. В случае, когда центры производят продукты-субституты, стихийное распространение вероятно для инноваций, повышающих производительность самих центров, а в случае, когда центры производят продукты-комплементы, – для инноваций, повышающих производительность поселений.

С другой стороны, распространению инноваций между центрами способствуют: низкая стоимость технологии; малое количество центров; высокая обеспеченность поселений. Таким образом, стихийный процесс технологических изменений более вероятен в условиях, когда количество регионов невелико, уровень доходов в стране высок, а научно-исследовательская инфраструктура развита в такой степени, что создание новых технологий и их внедрение сравнительно дешево.

Если перечисленные условия не выполняются, стихийное распространение инноваций маловероятно. В этих случаях распространению инноваций должны способствовать принимаемые государством меры: субсидирование покупки инноваций центрами, поддержка поселений, развитие соответствующей инфраструктуры и т. д.

Определение государством приоритетов инновационного развития должно учитывать сложившееся разделение труда между центрами. Так, если разделение труда между центрами глубоко, если они производят комплементарную продукцию, то приоритеты должны быть направлены на создание инноваций, повышающих производительность поселений. Напротив, в случае, если центры производят продукты-субституты, приоритеты должны сосредотачиваться на инновациях, повышающих производительность самих центров. В противном случае, выбранные приоритетными инновации не будут восприняты экономикой страны в целом. Определение государством приоритетных направлений инноваций может, таким образом, иметь свои плюсы – когда отсекаются те типы инноваций, для стихийного распространения которых не создано предпосылок. Минус такой политики – в опасности консервации сложившегося разделения труда между центрами и выбранного пути инновационного развития.

Свою роль могут сыграть и ожидания центров относительно поведения друг друга. В самом деле, из неравенств (1.13), (1.14) следует, что при определенных условиях приобретение технологий может быть невыгодно, когда его осуществляют несколько центров, но может, по крайней мере, не изменить положения, когда технологии приобретают все центры. Соответственно, развитие конкурентной среды, в которой центры ожидают друг от друга инновационного поведения, способствует стихийному распространению инноваций.

Рассмотрим вопрос о выборе между развитием центров роста и децентрализованной моделью развития. Эту альтернативу можно свести к вопросу о числе центров в стране.

Если государство проводит политику центров развития, оно уменьшает количество центров, увеличивая инновационный потенциал каждого центра из оставшихся. Таким образом может быть повышена результативность технологических изменений и вероятность их возникновения для отдельного центра. Кроме того, уменьшение количества центров увеличивает вероятность стихийного распространения инноваций (1.14).

Однако влияние на экономический рост в данном случае будет неоднозначным. С одной стороны, рост для заданного количества поселений усилится (формула 3.7). С другой – число поселений будет ограничено, что, как следует из формулы (2.5), может означать существенно меньшее количество бесконечных кластеров. В силу этого потенциальные размеры

роста окажутся значительно меньше, чем при децентрализованной модели развития.

Таким образом, политика «центров роста» с высокой долей вероятности может принести успех, однако она должна предусматривать второй этап, когда в процесс технологического развития должно включаться все больше регионов и возникать все новые центры. По-видимому, именно непроработанность второго этапа привела на практике к тому, что центры роста зачастую лишь вносили дополнительные диспропорции в территориальное развитие стран, применяющих эту политику [2].

Должна ли стратегия инновационного развития ставить во главу угла создание собственных передовых технологий, или достаточными на первом этапе могут быть импорт и адаптация технологий, доказавших свою эффективность в других странах? Если импортные технологии будут дешевле отечественных, то, в соответствии с условием (1.14), может повыситься заинтересованность центров в их приобретении. С другой стороны, технологические изменения в таком случае будут не слишком велики, что, в соответствии с формулами (1.10) и (1.12), повысит вероятность распространения инноваций. Таким образом, импорт и адаптация технологий могут дать позитивный и быстрый результат. Однако такая стратегия связана с рядом опасностей. Во-первых, позитивный результат вряд ли будет значительным в смысле стимулирования экономического роста. Во-вторых, нельзя допускать, чтобы импорт технологий подменял заботу о создании условий для стихийной децентрализованной экономической активности, которые были названы выше.

В ситуации, когда предпосылки для технологического развития созданы в достаточной степени, государство может ограничиться лишь повышением налогов на нетехнологичное производство и выделением субсидий на осуществление инноваций. Тем самым может поддерживаться стремление регионов к технологическим нововведениям. Если же условия для технологического развития недостаточны, государство должно осуществлять масштабные программы регионального развития, сосредотачивая основную часть средств в федеральном бюджете.

При рассмотрении связи построенной модели с макроэкономическими показателями было отмечено, что технологические изменения могут привести к росту естественной безработицы и росту уровня цен в регионах, осуществляющих инновации. В этом случае регионы должны иметь больше возможностей для самостоятельного решения возникающих проблем и в то же время меньше полагаться на федеральную поддержку. Именно в этих условиях они будут иметь как средства, так и достаточные стимулы для выстраивания между региональным центром и периферией таких производственных отношений, которые способствовали бы росту реального вы-

пуска и созданию новых рабочих мест. Таким образом, условием развития бюджетного федерализма является достаточная инновационная активность регионов. В противном случае он лишь способствует усилению территориальных диспропорций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрено влияние территориальной организации хозяйства на процесс инновационного развития экономики. Основной теоретический результат состоит в том, что существуют некоторые пороговые значения результативности технологических изменений, транспортных издержек и разделения труда между регионами, только начиная с которых возможны технологические изменения охватывающие всю национальную экономику. Важным в фундаментальном отношении представляется то, что, по крайней мере в рассматриваемой идеальной модели, существуют универсальные константы. Во-первых, это пороговое значение для вероятности, только начиная с которого возможно распространение инноваций по территории страны. Во-вторых, это константа, связывающая количество потенциально возможных бесконечных кластеров с количеством центров, из формулы (2.5).

Конечно, предлагаемая базовая модель имела в виду в значительной мере идеализированную ситуацию. Основными моментами этой идеализации являются предположения идентичности центров и нормального распределения функций полезности поселений; изменение выпуска только в результате технологических изменений; монополистическая конкуренция между центрами; организация центров и поселений в правильные шестиугольники, полностью покрывающие территорию страны, которая не нарушается в результате технологических изменений. Ослаблению этих условий могут быть посвящены дальнейшие теоретические исследования.

Связь, существующая между региональной экономикой и теорией международных экономических отношений, позволяет надеяться, что полученные выводы окажутся полезными для последней.

Отношения «центр – периферия» в случае осуществления технологических изменений могут повлечь за собой дополнительные проблемы макроэкономического характера. Их более обстоятельное изучение может быть предметом дальнейших исследований, как фундаментального, так и прикладного характера.

Наконец, были обсуждены различные варианты стратегии инновационного развития. Поскольку данное рассмотрение является теоретическим, авторы не исследовали реальных параметров российской экономики. В силу этого вопрос об оптимальной стратегии инновационного развития для Рос-

сии в нашей работе остается открытым. Однако надеемся, что были указаны основные параметры территориальной организации экономики, которые целесообразно учитывать при выборе такой стратегии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабурин В.Л., Земцов С.П.* Регионы-новаторы и инновационная периферия России. Исследование диффузии инноваций на примере ИКТ-продуктов // Региональные исследования. 2014. № 3. С. 27–37.
2. *Кузнецова О.В.* Экономическое развитие регионов: теоретические и практические аспекты государственного регулирования. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 368 с.
3. *Лёв А.* Пространственная организация хозяйства. М.: Наука, 2007. 663 с.
4. *Полтерович В.М.* Принципы формирования национальной инновационной системы // Проблемы теории и практики управления. 2008. № 11. С. 8–19.
5. *Полтерович В.М.* Проблема формирования национальной инновационной системы // Экономика и математические методы. 2009. № 2. С. 3–18.
6. *Стиглиц Дж., Эллерман Д.* Новые мосты через пропасть: Макро- и микроэкономические стратегии для России // Проблемы теории и практики управления. 2000. № 4. С. 8–15.
7. *Татаркин А.И.* Рыночная модель управления пространственным развитием Российской Федерации // Вестник института экономики Российской академии наук. 2013. № 1. С. 55–75.
8. *Татаркин А.И., Анимица Е.Г.* Формирование парадигмальной теории региональной экономики // Экономика региона. 2012. № 3. С. 11–21.
9. *Шмидт Ю.Д., Лободина О.Н.* О некоторых подходах к моделированию пространственной диффузии инноваций // Пространственная экономика. 2015. № 2. С. 103–115. DOI: 10.14530/se.2015.2.103-115.
10. *Эфрос А.Л.* Физика и геометрия беспорядка. М.: Наука, 1982. 176 с.
11. *Boudville J.* Problems of Regional Economic Planning. Edinburg: Edinburg University Press. 1966. 192 p.
12. *Duminil-Copin H., Smirnov S.* The Connective Constant of the Honeycomb Lattice Equals $\sqrt{2+\sqrt{2}}$ // Annals of Mathematics. 2012. Vol. 175. Issue 3. Pp. 1653–1665. DOI: 10.4007/annals.2012.175.3.14.
13. *Hägerstrand T.* Aspects of the Spatial Structure of Social Communication and the Diffusion of Information // Papers and Proceedings of the Regional Science Association. 1966. Vol. 16. Issue 1. Pp. 27–42. DOI: 10.1007/BF01888934.
14. *Hägerstrand T.* Innovation Diffusion as a Spatial Process. Chicago: University of Chicago Press. 1967. 334 p.
15. *Hamersley J.M.* Percolation Processes: II. The Connective Constant // Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 1957. Vol. 53. Issue 3. Pp. 642–645. DOI: 10.1017/S0305004100032692.
16. *Janszen F.H., Degenaars G.H.* A Dynamic Analysis of the Relations between the Structure and the Process of National System of Innovation Using Computer Simulation: The Case of the Dutch Biotechnological Sector // Research Policy. 1998. Vol. 27. No. 1. Pp. 37–54. DOI: 10.1016/S0048-7333(98)00023-7.
17. *Kesten H.* The Work of Stanislav Smirnov / Proceedings of the International Congress of Mathematicians (Hyderabad, August 19–27, 2010). Pp. 72–84. DOI: 10.1142/9789814324359_0003.

18. *Lee Y.-L.* Dynamic Analysis of the National Innovation Systems Model: A Case Study of Taiwan's Integrated Circuit Industry. University of Manchester, 2003. 228 p.
19. *Malerba F.* Sectoral Systems: How and Why Innovation Differs Across Sectors // The Oxford Handbook of Innovation / Edited by J. Fagerberg, D. Mowery. New York: Oxford University Press, 2005. Pp. 380–406. DOI: 10.1093/oxford/hb/9780199286805.003.0014.
20. *Rogers E.* Diffusion of Innovations (5th ed.). NY: The Free Press, 2003. 576 p.
21. *Sykes M.F., Essam J.W.* Some Exact Critical Percolation Probabilities for Bond and Site Problems in Two Dimensions // Physical Review Letters. 1963. Vol. 10. Issue 1. Pp. 3–4. DOI: 10.1103/PhysRevLett.10.3.
22. *Zadeh L.* Fuzzy Sets // Information and Control. 1965. No. 8. Pp. 338–353.

TERRITORIAL ORGANIZATION INFLUENCE ON INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE ECONOMY

S.S. Vinokurov, P.A. Guryanov

Vinokurov Stepan Stepanovich – PhD in Economics, Associate Professor. Saint-Petersburg State University of Economics, 21, Sadovaya Street, Saint-Petersburg, Russia, 191023; Associate Professor. Higher School of Economics, 3, korp. 1, lit. A, Kantemirovskaya Street, Saint-Petersburg, Russia, 194100. E-mail: stepan_vinokurov@mail.ru.

Guryanov Pavel Alekseevich – PhD in Economics, Associate Professor. Saint-Petersburg University of Management Technologies and Economics, 44, lit. A, Lermontovskiy Prospekt, Saint-Petersburg, Russia, 190103. E-mail: pavelgurianov19@gmail.com.

The article is devoted to the territorial aspect of dissemination of technologies in the Russian Federation as an actual problem of regional development. The choice of the innovative development model is still a controversial issue of the Russian macroeconomic policy. The authors model the process of spatial dissemination of technologies. Economic-mathematical modeling is based on the Cobb-Douglas production function and the hexagon of August Lösch in the context of the theory of economic space organization. The study's results are as follows: a spontaneous process of technological changes is more likely in circumstances when the number of regions is small; the country's level of income is high; and the research infrastructure is developed to such an extent that the creation of new technologies and their implementation are relatively cheap. Without these conditions spontaneous innovation's dissemination is unlikely.

Keywords: technologies' dissemination, innovational development, accommodation theory, technological changes, percolation, clusters, macroeconomic policy, economic growth, regional development, efficiency.

REFERENCES

1. Baburin V.L., Zemtsov S.P. Regions-Innovators and Innovative Periphery of Russia. Study of ICT-Products Diffusion. *Regionalnye Issledovaniya – Regional Research*, 2014, no 3, pp. 27–37. (In Russian).
2. Kuznetsova O.V. *Economic Development of Regions: Theoretical and Practical Aspects of State Regulation*. Moscow, 2002, 368 p. (In Russian).

3. Lösch A. *The Spatial Organization of the Economy*. Moscow, 2007, 663 p. (In Russian).
4. Polterovich V.M. National Innovation System Formation Principles. *Problemy Teorii i Praktiki Upravleniya – Theoretical and Practical Aspects of Management*, 2008, no. 11, pp. 8–19. (In Russian).
5. Polterovich V.M. The Problem of Formation of National Innovative System. *Ekonomika i Matematicheskie Metody* [Economics and Mathematical Methods], 2009, no. 2, pp. 3–18. (In Russian).
6. Stiglitz J., Ellerman D. New Bridges Across the Chasm: Macro- and Micro-Strategies for Russia and Other Transitional Economies. *Problemy Teorii i Praktiki Upravleniya – Theoretical and Practical Aspects of Management*, 2000, no. 4, pp. 8–15. (In Russian).
7. Tatarin A.I. The Market Model of Governance of Russia's Spatial Development. *Vestnik Instituta Ekonomiki RAN* [Bulletin of the Institute of Economic of RAS], 2013, no. 1, pp. 55–75. (In Russian).
8. Tatarin A.I., Animitsa E.G. Information of Paradigmatic Theory of Regional Economy. *Ekonomika Regiona* [Regional Economy], 2012, no. 3, pp. 11–21. (In Russian).
9. Schmidt Y.D., Lobodina O.N. Some Approaches to Modeling the Spatial Diffusion of Innovations. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2015, no. 2, pp. 103–115. DOI: 10.14530/se.2015.2.103-115. (In Russian).
10. Efros A.L. *Physics and Geometry of Disorder*. Moscow, 1982, 176 p. (In Russian).
11. Boudville J. *Problems of Regional Economic Planning*. Edinburg: Edinburg University Press, 1966, 192 p.
12. Duminil-Copin H., Smirnov S. The Connective Constant of the Honeycomb Lattice Equals $\sqrt{2+\sqrt{2}}$. *Annals of Mathematics*, 2012, vol. 175, issue 3, pp. 1653–1665. DOI: 10.4007/annals.2012.175.3.14.
13. Hägerstrand T. Aspects of the Spatial Structure of Social Communication and the Diffusion of Information. *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*, 1966, vol. 16, issue 1, pp. 27–42. DOI: 10.1007/BF01888934.
14. Hägerstrand T. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Chicago: University of Chicago Press, 1967, 334 p.
15. Hamersley J.M. Percolation Processes: II. The Connective constant. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 1957, vol. 53, issue 3, pp. 642–645. DOI: 10.1017/S0305004100032692.
16. Janszen F.H., Degenars G.H. A Dynamic Analysis of the Relations between the Structure and the Process of National System of Innovation Using Computer Simulation: The Case of the Dutch Biotechnological Sector. *Research Policy*, 1998, vol. 27, no. 1, pp. 37–54. DOI: 10.1016/S0048-7333(98)00023-7.
17. Kesten H. The Work of Stanislav Smirnov. *Proceedings of the International Congress of Mathematicians (Hyderabad, August 19–27, 2010)*, pp. 72–84. DOI: 10.1142/9789814324359_0003.
18. Lee Y.-L. *Dynamic Analysis of the National Innovation Systems Model: A Case Study of Taiwan's Integrated Circuit Industry*. University of Manchester, 2003, 228 p.
19. Malerba F. Sectoral Systems: How and why Innovation Differs Across Sectors. *The Oxford Handbook of Innovation*. Edited by J. Fagerberg, D. Mowery. New York: Oxford University Press, 2005, pp. 380–406. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0014.
20. Rogers E. *Diffusion of Innovations (5th ed.)*. NY: The Free Press, 2003, 576 p.
21. Sykes M.F., Essam J.W. Some Exact Critical Percolation Probabilities for Bond and Site Problems in Two Dimensions. *Physical Review Letters*, 1963, vol. 10, issue 1, pp. 3–4. DOI: 10.1103/PhysRevLett.10.3.
22. Zadeh L. Fuzzy Sets. *Information and Control*, 1965, no. 8, pp. 338–353.