

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Ознамец В.В.

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК)

Адрес: Россия, 105064, Москва, Гороховский пер, 4,
E-mail: voznam@bk.ru

Аннотация. Статья описывает моделирование ситуаций развития территорий с использованием одной структурной и двух математических моделей. В качестве основы анализа использована оценка наличия и применения ресурсов. Статья раскрывает значение ресурсов разного рода для развития территории. Статья показывает зависимость развития территории от размещений ресурсов. Статья доказывает влияние размещения ресурсов на эффективность развития территорий. Дается структурная модель развития территории, которая учитывает ресурсы, производство и факторы их размещения. Структурная модель служит основой применения математических моделей. За основу моделирования приняты две математические модели из других предметных областей. Первая модель - это модель Лотки-Вольтерры из области борьбы за существование. В рамках развития территорий она адаптирована к параметрам «продукция» - «потребитель». В основе анализа использована теория В.И. Арнольда о «мягком управлении». В модель Лотки-Вольтерры вводятся возмущающие параметры, которые отражают конкуренцию и колебания рынка. Конкуренция и колебания рынка влияют на производство, на потребление ресурсов и в целом на развитие региона или территории. Применение возмущающих воздействий приводит к трем сценариям развития территорий. Первый сценарий развития территории – устойчивое развитие. Второй сценарий – неустойчивое развитие и развал региональной системы. Третий сценарий развития территории, согласно данной модели, колебательный. Он включает периодическое отклонение от равновесия региональной системы и возврат к нему. Устойчивое развитие территорий связано с различными видами ресурсов, которые эта территория имеет. Динамика расхода ресурсов также влияет на устойчивое развитие региона. Второй моделью анализа является логистическая модель выпуска продукции, с учетом потребления ресурсов. Даны сценарии изменения региональной системы на основе этой модели. Показано, что динамика развития и функционирования региональной системы зависит от наличия ресурсов и скорости их потребления. Логистическая модель развития территории дает два сценария развития. Первый сценарий означает устойчивое развитие региона. Второй сценарий означает деградацию региональной системы. Отмечены обобщенные критерии устойчивости развития территорий. Статья формулирует условие устойчивого развития региона. Любая модель регионального развития должна быть исследована на воздействие возмущающих факторов. Для устойчивого развития территории расход ресурсов для производства должен находиться в определенных рамках, «не больше и не меньше». Статья доказывает, что размещение производства и ресурсов является латентным фактором, который влияет на эффективность производства и устойчивое развитие территории.

Ключевые слова: управление территорией, устойчивое развитие, ресурсный анализ, модель Лотки-Вольтерры, логистическое уравнение, сценарии развития.

Введение

Вопросы устойчивого развития региона являются составной частью развития государства [1-3]. Устойчивое развитие требует применения специальных методов управления и анализа развития территории. Эти методы способствуют устойчивому социально-экономическому развитию территории, создают социальную защиту населения и стабилизируют уровень его потребления. Устойчивое развитие территории определяется устойчивостью развития его основных производств. Устойчивость развития

производства означает виду его способность противостоять воздействиям, которые могут привести к спаду производства. Развитие производства и его эффективность зависят от эффективного использования и размещения ресурсов и средств их переработки и использования. Таким образом, задача устойчивого развития региона или территории связана с эффективностью размещения производств и ресурсов в регионе. Это обуславливает проведение пространственного анализа для оценки устойчивого развития региона.

Теория размещения.

Более двух столетий решаются задачи рационального размещения ресурсов. Теория размещения производства [4], является частью региональной экономики. Эта теория решает задачи где и почему какая хозяйственная деятельность находится там, где и почему, и базируется на принципе, что фирмы выбирают месторасположения, которые будут максимизировать их прибыль, а частные лица выбирают те места, которые максимизируют собственную полезность. Одним из первых теорию рационального размещения и производства (1826 г.) начал разрабатывать Иоганн фон Тюнен рис.1 [4]. Его основная идея состояла в росте цен по мере приближения к центру потребления. Благодаря ему появился термин «кольца Тюнена», который характеризовали радиальную функцию стоимости (рис.1). Также благодаря его идеям появился термин «сельскохозяйственный штандорт», который отражал радиальную зависимость относительно центра потребления. Развитием теории размещения послужили работы Вильгельма Лоунхардта (1885г). Его знаменитый треугольник Лоунхардта [4] или «Рациональный штандорт» применяют до настоящего времени.

В. Лаунхардт учел ряд закономерностей и нарушил однородную модель Тюнена. Он принял во внимание, что производство скоропортящихся, тяжелых и объемных продуктов будет располагаться вблизи города. Он учел, что производство металлов связано с сырьем для сталелитейной промышленности. Он учел, что энергозатратное производство будет располагаться рядом с источником энергии.

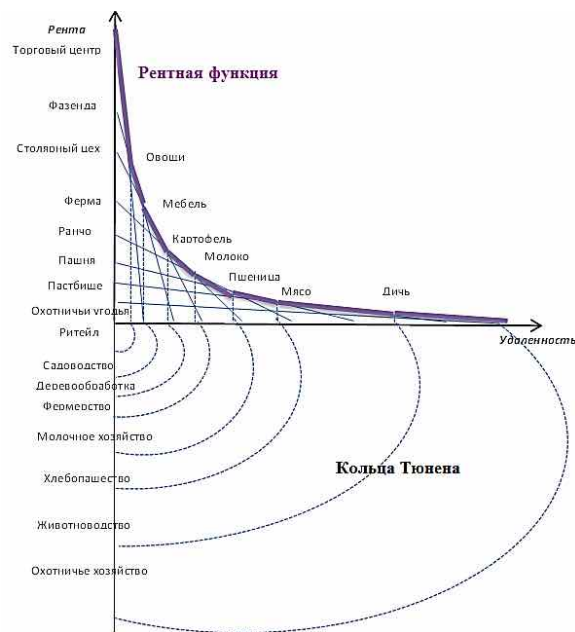


Рис.1. Теория сельскохозяйственного производства на основе теории Тюнена [4]
 Fig.1. Theory of agricultural production on the basis of the theory of Tünen

Принимая во внимание три основных фактора он построил знаменитый треугольник (рис.2) .

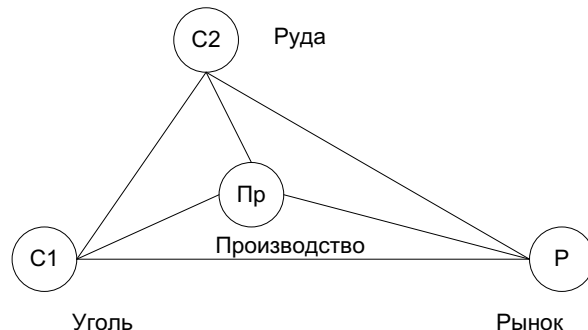


Рис.2. Треугольник Лаунхардта
 Fig.2. Launhardt's triangle

Треугольник включает сырье 1 – уголь (C1), сырье 2 - руда (C2), рынок (P) и производство (Пр). Дальнейшее развитие модели Лаунхардта осуществил Альфред Вебер, хотя принципиально ничего не внес в эту тринитарную модель [5]. Основная задача при построении треугольника – минимизировать затраты для размещения производства. Следует также отметить что в треугольнике C1-C2-P существует другой важный

треугольник С1-С2-Пр, который также требует решения задачи размещения. На этих двух примерах видна важность размещения ресурсов для развития территории.

Структурная модель управления.

Для анализа устойчивого развития территорий и последующего моделирования можно использовать простую схему на рис.3. Целью управления является проблема развития территории. Она может быть поставлена внешней системой или быть внутренней. Для решения проблемы руководящий аппарат формирует план решения. При этом в его распоряжении имеются ресурсы: Ч -человеческие, Ф -

финансовые ресурсы и производство, в котором главную роль играет треугольник С1-С2-Пр. Производство на основе имеющихся ресурсов выдает результата, который частично идет на восполнение ресурсов, частично на рынок для развития региона. В этом месте следует отметить, что результат региональной деятельности имеет двойственный характер и это уже ставит задачу адекватного распределения результатов производства

Устойчивость производства территориально комплекса определяется обеспечением поддержанием стабильности потоков приведенных на рис.1.

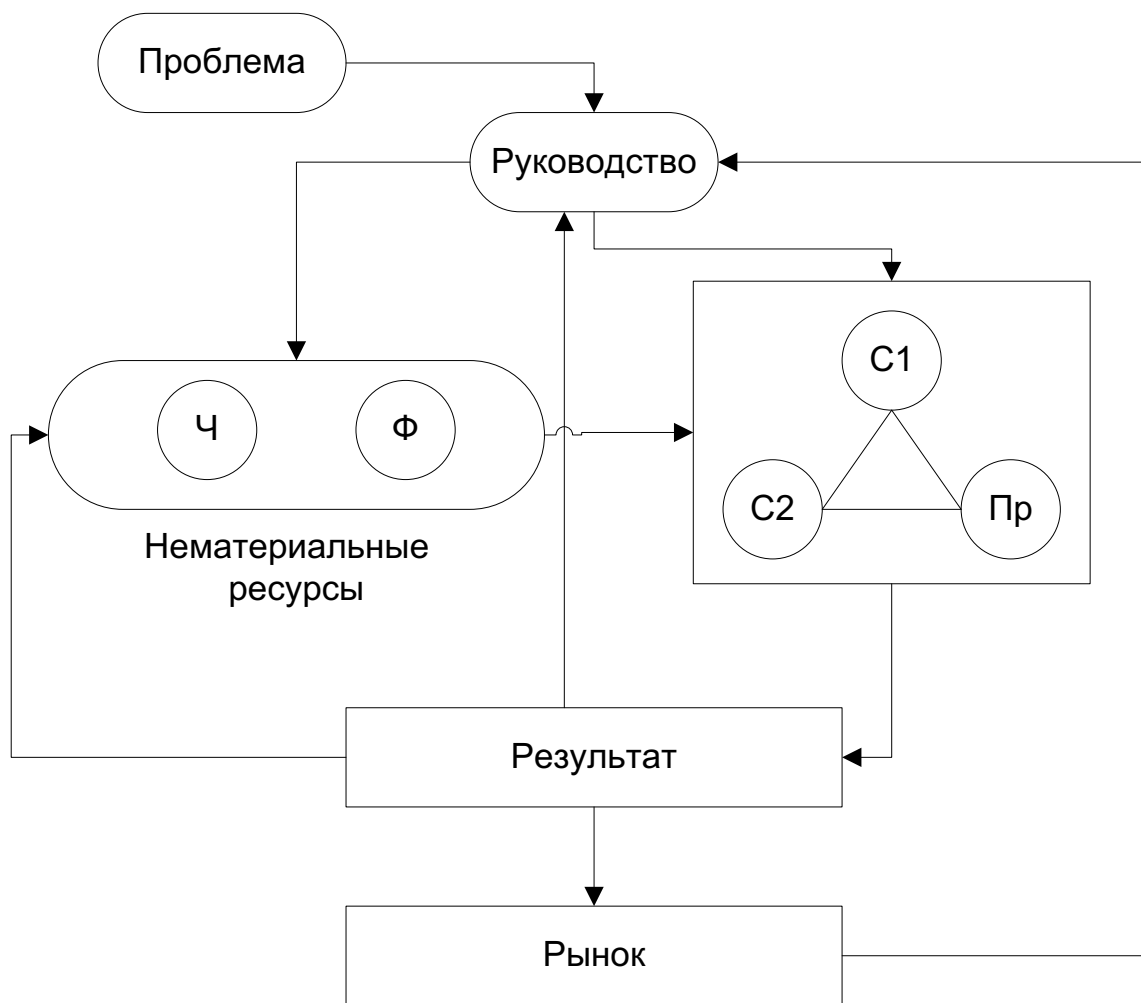


Рис.3. Структурная модель управления территорией
Fig. 3. Structural model of territory management

Как следует из модели на рис.3 устойчивость развития региона зависит от уровня финансирования, наличия ресурсов и эффективности производства. На эффективность производства влияет размещение ресурсных и производственных центров. В современной теории инновационного развития эти центры называют «полюсами развития». Высокий уровень самообеспеченности территории является основой для устойчивости социально-экономического развития территории.

Математические модели

Модель на рис.3 связана с рынком продукции и потребителями. Поэтому в качестве первой модели устойчивости развития территории можно использовать отношения между этими показателями. В качестве математической модели можно взять модель Лотка Вольтерра [6, 7] – модель борьбы за существование. Она выражается в виде двух дифференциальных уравнений.

$$\frac{dx}{dt} = ax - cxy \tag{1}$$

$$\frac{dy}{dt} = -by + dxy \tag{2}$$

В уравнениях (1), (2) x - число единиц продукции, y - число потребителей продукции. Постоянная a описывает скорость прироста продукции в отсутствие потребителей, постоянная b описывает отток потребителей при отсутствии продукции. Вероятность взаимодействия продукции и потребителя пропорциональной их количеству (xy) и отражается константами c, d . Каждый акт взаимодействия уменьшает «популяцию» продукции, но увеличивает «популяцию» потребителей. Математический анализ

этой модели [8] показывает, что имеется стационарное состояние (A) (рис. 4), всякое другое гое начальное состояние (B) приводит к периодическому колебанию численности как продукции и потребителей так что по прошествии некоторого времени система возвращается в состояние A .

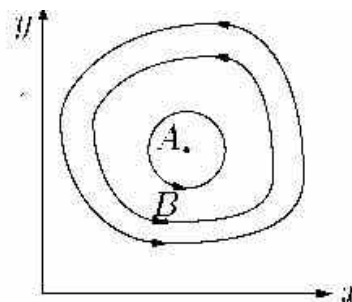


Рис.4. Модель условно устойчивого развития при балансе потребителей и продукции

Fig. 4. The model of conditionally stable development in the balance of consumers and products

Возможно наличие внешних возмущений, что приводит к добавлению в правые части (1), (2) возмущающих воздействий

$$\frac{dx}{dt} = ax - cxy + \delta f(x, y)$$

$$\frac{dy}{dt} = -by + dxy + \delta g(x, y)$$

Здесь $\delta \ll 1$. Возмущающие воздействия отражены функциями f и g , которые учитывают, например, конкуренцию или колебания рынка. В результате вывод о периодичности и возвращении системы в исходное состояние A теряет силу. В зависимости от вида малых поправок f и g , возможны разные сценарии. Основных сценариев три. Первый сценарий - устойчивое развитие, когда поправки не оказывают существенного влияния на ситуацию рис.4. Второй сценарий - это развал системы рис.5.

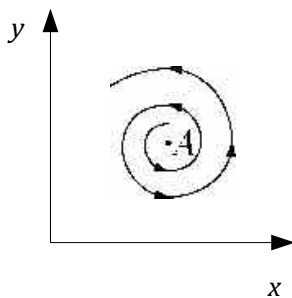


Рис. 5. Сценарий разрушения системы
Fig.5. Scenario of system failure

В этом случае воздействия f и g разбалансируют систему и выводят ее из устойчивого состояния. Третий сценарий связан с ее колебанием. В этом случае воздействия f и g периодически разбалансируют систему и на время выводят ее из устойчивого состояния. Но система находит ресурсы и возвращается в состояние устойчивости.

Для заключения о том, какой из сценариев реализуется в данной системе управления, необходима дополнительная информация о возможных возмущениях f и g . Без этой информации условно устойчивая модель может привести к качественно ошибочным предсказаниям.

Главный вывод состоит в том, что после построения любой модели управления или модели сбалансированного развития региона необходимо оценить ее устойчивость на основе дополнительных возможных возмущающих воздействий, который в свою очередь, оцениваются на основе рисков для данной территории. Риски оцениваются на основе информации о ситуации в регионе. Отсутствие информации создает информационную асимметрию между реальностью и планами. Информационная асимметрия о ситуации влечет рост рисков [9].

Можно обобщить вывод и постулировать, что любая модель управления в открытой системе является условно устойчивой. Для

анализа ее устойчивости необходимо исследовать воздействие возможных действий внешней среды на состояние территории. Доверять выводам, сделанным на основании условно устойчивой модели, можно лишь тогда, когда они подтверждаются исследованием их структурной устойчивости. Поэтому упрощенная модель (1), (2) не отражает всех особенностей регионального развития.

Для анализа устойчивости воспользуемся еще одной моделью, которую называют логистической. В теории эволюции логистическое уравнение описывает [10], как эволюционирует популяция из N особей с учетом рождаемости, смертности и количества ресурсов, доступных данной популяции. В региональном управлении можно построить подобное уравнение, описывающее развитие территории, которое также является логистическим уравнением. Оно описывает, как эволюционирует территория производящая продукцию P (рис.6) с учетом количества ресурсов, их пополнения и истощения. Такое логистическое уравнение можно представить в виде

$$\frac{dP}{dt} = cP(K - P) - kP \quad (3)$$

В выражении (3) c и k — параметры пополнения и истощения ресурсов, K — ресурсная емкость территории как системы [11]. Выражение (3) относительно производной P' является параболическим и имеет два корня (рис.6), которые будут определять область устойчивости. Во многих приложениях величину упрощенно A полагают равной 0. Соответственно, логистическая кривая имеет упрощенный вид и ее нижняя граница соответствует горизонтальной оси координат. В более общем случае A задает нижнюю асимптотическую границу.

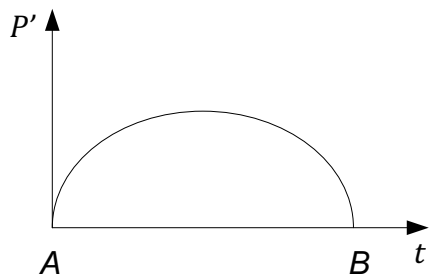


Рис.6. Область устойчивости развития
Fig.6. Area of sustainability of development

При любом исчерпании ресурсов система развития территории выходит на асимптотическое значение $B=K-k/c$, (рис.5), зависящее от разности между ресурсной способностью среды и отношением постоянных истощения и пополнения ресурсов. При достижении этого стационарного значения (рис.7) прекращается развитие территории она находится в состоянии в каждый момент времени возникает столько ресурсов, сколько их исчезает.

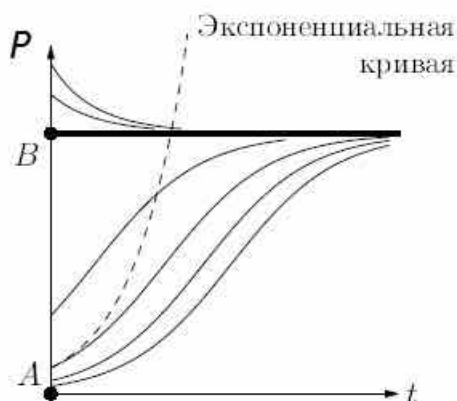


Рис.7. Логистическая кривая
Fig. 7. Logistic curve

На рис.7 граница A условно смещена от нулевой линии. Существует возможность представления логистической модели в дискретном виде. Такое дискретное логистическое уравнение представимо в виде [10]

$$P_{i+1} = P_i (1 + c (1 - P_i / K)), \quad (4)$$

где P_i и P_{i+1} — популяции с интервалом в один год (членом, учитывающим

истощение, пренебрегаем). Р. Мэй [12], а также В.И. Арнольд [8] обратили внимание на особенность таких уравнений. Несмотря на простоту, выражения (3), (4) допускают много решений.

При значениях параметра $0 < c < 1/4$ [8] (рис.8) в дискретном случае так же, как и в непрерывном, наблюдается монотонное приближение к равновесию. Существуют две асимптоты области устойчивого развития до полного истощения ресурсов.

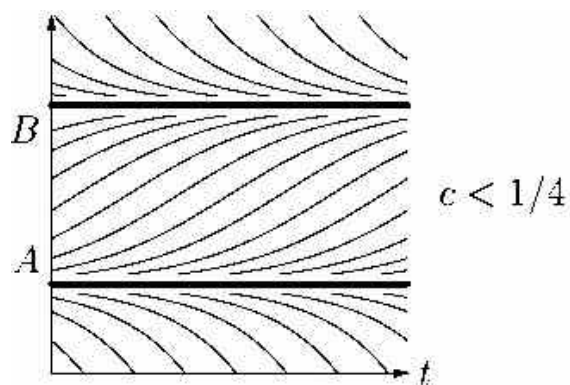


Рис.8. Асимптотическое развитие региона до истощения ресурсов
Fig.8. Asymptotic development of the region to depletion of resources

В принципе этот сценарий развития приемлем, поскольку для продолжения любого развития необходимо пополнение ресурсов. При значениях параметра $c > 1/4$ [8] (рис.9) территориальная система деградирует и разрушается подобно рис.5.

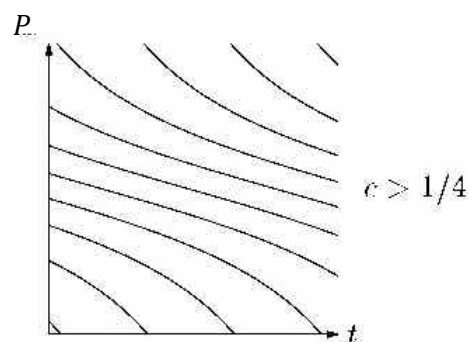


Рис.9. Деградация системы
Fig. 9. Degradation of the system

Рассмотренные параметры являются условными и качественными. В реальной практике величина (c) определяется условиями развития региона. В данном моделировании показаны различные виды сценариев развития региона в зависимости от ресурсов и скорости их потребления.

Однако из этого следует вывод, стремясь к увеличению интенсивности развития территории, планирующая организация не должна превосходить критический уровень потребления ресурсов (в нашем случае $c = 1/4$).

Простой пример, можно выплачивать зарплату раз в неделю, раз в две недели (во многих зарубежных странах такая практика), раз в месяц и раз в год. Выплата заработной платы раз в год соответствует самому скоростному режиму расхода ресурсов, но она приведет к развалу системы. Деньги будут истрачены за короткое время, затем начнется кризис рынка и покупателя, что изображено на рис 5. Следовательно, отсутствие анализа параметров плана и не исследование динамики развития территории, при разном расходе ресурсов, может приводить к полной деградации этой системы вследствие возникающей неустойчивости.

Заключение

В настоящее время понятие «устойчивое развитие территорий» находится в дискуссионном состоянии. Несмотря на очень большое количество работ в этом направлении, отсутствует четкая формулировка, выраженная через параметры и математические модели. То, что устойчивое развитие регионов служит основой устойчивого развития страны, признается всеми. Но отсутствие стандартизированной методологии оценки устойчивого развития территорий приводит к многочисленным и противоречивым точкам зрения. Можно констатировать,

что при анализе устойчивого развития территорий, необходимо применять системный подход и рассматривать в виде единой системы общественно-хозяйственную деятельность, экологическую сферу и социальную сферу. При оценке развития территорий необходимо принимать во внимание в первую очередь наличие и состояние ресурсов разного вида: природные ресурсы, человеческие ресурсы, финансовые ресурсы и технические ресурсы. Устойчивое развитие предполагает пополнение всех видов ресурсов, а также сбалансированность связей между ними.

Методологическая проблема устойчивого развития территорий состоит в проведении всестороннего анализа функционирования региональной системы. Такая система должна рассматриваться как открытая, то есть подверженная влиянию внешних факторов. Под влиянием внешних факторов открытая система способна к развитию и деградации. Это предстоит установить в процессе анализа. Для анализа необходимо применять динамические модели развития региона, учитывающие потребление и запасы ресурсов, а также скорость потребления ресурсов. Такие модели связаны с дифференциальными уравнениями. Это позволит исследовать возможные вариации условий функционирования территории, что позволит сделать вывод об устойчивом или не устойчивом развитии.

Литература

1. Хайруллов Д. С., Еремеев Л. М. Проблемы устойчивости социально-экономического развития региона // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7. – №. 1. – С. 73-76.
2. Подпругин М. О. Устойчивое

развитие региона: понятие, основные подходы и факторы // Российское предпринимательство. – 2012. – №. 24. - с.214-221.

3. Ознамец В.В. К вопросу о финансировании обновления фондов геодезических предприятий // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка.– 2000.– №4.– С. 87–92.
4. Лимонов Л.Э. Региональная экономика и пространственное развитие/ - М.: Издательство Юрайт, 2014 - 381с.
5. Цветков В.Я. Триада как интерпретирующая система. // Перспективы науки и образования. - 2015. - №6. - с.18-23.
6. Lotka A. Elements of Physical Biology. Baltimore, 1925. Reprinted by Dover in 1956 as Elements of Mathematical Biology.
7. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование / Пер. с франц. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1976. 288 с.
8. Арнольд В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. — М.: МНИМО. 2004. — 32 с. ISBN 5-94057-134-4.
9. Tsvetkov V. Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor // European researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp. 1937-1943.
10. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ./ Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. — М.: Прогресс, 1986.— 432 с.
11. V. Ya. Tsvetkov, Resource Method of Information System Life Cycle Estimation // European Journal of Technology and Design . – 2014. - Vol.(4), № 2, pp.86-91.
12. May R. Simple Mathematical Models with very Complicated Dynamics. Nature, 1976, vol. 261, p. 459-467

References

1. Hajrulloev D. S., Ereemeev L. M. Problemy ustojchivosti social'no-jekonomicheskogo razvitija regiona //Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – Т. 7. – №. 1. – S. 73-76.
2. Podprugin M. O. Ustojchivoe razvitie regiona: ponjatie, osnovnye podhody i faktory //Rossijskoe predprinimatel'stvo. – 2012. – №. 24. - s.214-221.
3. Oznamec V.V. K Voprosu o finansirovanii obnovlenija fondov geodezicheskikh predpriyatij // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geodezija i ajerofotos#emka.– 2000.– №4.– С. 87–92.
4. Limonov L.Je. Regional'naja jekonomika i prostranstvennoe razvitie/ - М.: Izdatel'stvo Jurajt, 2014 - 381s.
5. Tsvetkov V. Ya. Triada kak interpretirujushaja sistema. // Perspektivy nauki i obrazovanija. - 2015. - №6. - s.18-23.
6. Lotka A. Elements of Physical Biology. Baltimore, 1925. Reprinted by Dover in 1956 as Elements of Mathematical Biology.
7. Volterra V. Matematicheskaja teorija bor'by za sushhestvovanie / Per. s franc. М.: Nauka, Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1976. 288 s.
8. Arnold V. I. «Zhestkie» i «mjagkie» matematicheskie modeli. — М.: MNIMO. 2004. — 32 s. ISBN 5-94057-134-4.
9. Tsvetkov V. Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor // European researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp. 1937-1943.
10. Prigozhin I., Stengers I. Porjadok iz haosa: Novyj dialog cheloveka s prirodoy: Per. s angl./ Obshh. red. V. I. Arshinova, Ju. L. Klimontovicha i Ju. V. Sachkova. — М.: Progress, 1986.—432 s.
11. V. Ya. Tsvetkov, Resource Method of Information System Life Cycle Estimation // European Journal of Technology and Design . – 2014. - Vol.(4), № 2, pp.86-91.
12. May R. Simple Mathematical Models with very Complicated Dynamics. Nature, 1976, vol. 261, p. 459-467.



MODELING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Oznamets V.V.

PhD, Professor, Head of the department, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)

Address: Gorochovsky line, 4. Moscow, 105064, Russia

E-mail: voznam@bk.ru

Abstract. *The article describes the modeling of situations of development of territories using one structural and two mathematical models. An assessment of the availability and use of resources was used as a basis for the analysis. The article reveals the importance of resources of all kinds for the development of the territory. The article shows the dependence of the development of the territory on the allocation of resources. The article proves the influence of allocation of resources on the effectiveness of development of territories. The structural model of territory development is given, which takes into account resources, production and factors of their location. The structural model serves as a basis for the application of mathematical models. Two mathematical models from other subject areas are used as a basis for modeling. The first model is the Lotka-Volterra model from the field of struggle for existence. Within the framework of the development of the territories, it is adapted to the parameters "products" - "consumer". The analysis is based on the theory of VI. Arnold about "soft governance." The Lotka-Volterra model introduces disturbing parameters that reflect competition and market fluctuations. Competition and market fluctuations affect production, resource consumption and, in general, the development of a region or territory. The use of disturbing effects leads to three scenarios for the development of territories. The first scenario of development of the territory is sustainable development. The second scenario is the unsustainable development and disintegration of the regional system. The third scenario for the development of the territory, according to this model, is oscillatory. It includes a periodic deviation from the equilibrium of the regional system and a return to it. Sustainable development of the territories is associated with various types of resources that this territory has. The dynamics of resource consumption also affects the sustainable development of the region. The second model of analysis is the logistic model of output, taking into account the consumption of resources. Scenarios for changing the regional system based on this model are given. It is shown that the dynamics of development and functioning of the regional system depends on the availability of resources and the speed of their consumption. The logistical model of territory development gives two scenarios of development. The first scenario means sustainable development of the region. The second scenario means the degradation of the regional system. The generalized criteria for the sustainability of the development of territories are noted. The article formulates the condition for sustainable development of the region. Any model of regional development should be investigated for the impact of disturbing factors. For sustainable development of the territory, the consumption of resources for production must be within certain limits, "no more and no less". The article proves that the location of production and resources is a latent factor that affects the efficiency of production and the sustainable development of the territory.*

Key words: Territory management, sustainable development, resource analysis, Lotka-Volterra model, logistic equation, development scenarios.

© Ознамец В.В., 2018