

**В.Р. Цибульский, И.Г. Соловьев, Д.Н. Быков**

## **МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ И САМООРГАНИЗАЦИИ ДРЕВНИХ ПОСЕЛЕНИЙ**

*Предпринята попытка разработать модель самоорганизации древних поселений на микроуровне. Предложена модель эволюционной динамики поселенческого процесса с учетом ресурса жизнеобеспечения, численности, технологического и гуманитарного потенциала.*

**Самоорганизация, древние поселения, модель, ресурс, потенциал, технологии, численность.**

Принято считать, что предметной областью антропологии независимо от временного промежутка является совместная жизнь людей. Научным исследованиям подвергаются как отдельные предметы различных сфер жизни людей, так и их организационные образования, культурная среда, коммуникации и отношения.

Объектами исследований могут быть отдельные территории, поселения, религия, искусство, образование и пр. В данной статье объектом исследований является поселение как основа социокультурного автономного развития человека.

В теоретической антропологии есть примеры исследования данного вопроса на основе математических моделей макро- и микродинамики социокультурных процессов в поселениях. Одним из известных методов моделирования микродинамики организованных сообществ и их социально-экономического развития является применение теории активных систем [1–4]. При разработке моделей организации, например, коллектива или поселения с использованием данного метода состояние этих объектов рассматривается не детерминированно, а с некоторой долей неопределенности, в связи с тем что любой субъект коллектива (поселения) имеет собственные интересы и предпочтения. Попытка оценки развития человеческого сообщества при помощи макропоказателей приводит к противоречивым результатам.

В данной статье предложена модель организованного поведения коллектива людей или поселения от древности (3–2 тыс. л.н., начало железного века) до наших дней (конец XX в.) с целью идентифицировать их (людей) развитие независимо от смены природных, управленческих и прочих факторов и угроз.

Общеизвестно, что человек в течение указанного времени развивался и совершенствовал себя и свою жизнь. При этом часто менялись условия жизни, государственное устройство, но усредненно, как некоторый субъект коллектива, человек развивался прежде всего, на наш взгляд, по той причине, что некоторые более эффективные формы организации или, точнее, самоорганизации давали возможность развиваться ему и при определенной информированности — в целом сообществам.

Изучение и оценку адаптации члена сообщества можно проводить на основе информационной модели [5]. Причем если авторы статьи [5] применили подход к оценке количества информации по Бриллюэну, то в нашем случае проще воспользоваться подходом К. Шеннона. Обнаружение тех или иных артефактов в каком-то поселении будем считать случайным событием. Вероятность нахождения будет определяться отношением количества найденных артефактов одного вида к общему количеству артефактов на изучаемой территории. Если классифицировать артефакты по влиянию на развитие терри-

тории, то можно оценивать влияние на развитие уровня информированности, т.е. степень или динамику адаптации поселений.

Осознание эволюции кооперативного поведения явилось одним из прорывов в развитии биологии и социологии в конце прошлого века. В тектологии этот фактор назван кооперативным развитием или кооперативной эволюцией.

Устойчивость коэволюционного развития позволяет использовать его модели при упорядочивании многих артефактов и знаний в археологии и других смежных науках.

Подходящей в этом случае может считаться модель самоорганизации сообществ или поселений с возможностью некоторой унифицированной оценки развития на протяжении указанного промежутка времени. Интерес именно к древним периодам связан с тем, что археологические памятники уже неолитической эпохи и особенно начала железного века свидетельствуют об организации и самоорганизации поселений. На юге Западной Сибири известны сотни древних поселений, и эти территории наиболее плотно заселены по сей день [6].

Проведем анализ моделей развития и самоорганизации сообществ людей с целью выявить некоторую общую закономерность и выделить ту часть, которая отвечает отрезку времени, указанному выше.

Возможность использования такого подхода базируется на исследованиях классиков эволюционизма, кооперативного эволюционизма и неозволюционизма. Например, А. Питт-Риверс, Э. Тейлор, Дж. Лаббок, Т. Мейп, Л. Морган подчеркивали непрерывность и возможность формализации всех стадий социокультурного развития [7, с. 123]. О наличии общей закономерности говорил Фруер. Несмотря на некоторую «ограниченность» подходов эволюционистов, они отмечали и фазы развития «дикость — варварство — цивилизация», «каменный век — бронзовый век — железный век» [7, с. 127]. Спенсер предлагал некий закон эволюционного потенциала.

Обобщая классическое представление эволюционистов о развитии общества и культуры, с точки зрения разработки моделей можно заключить следующее:

1) основой модели является потенциал (движущая сила), включающая «врожденные» свойства, некие антропологические «универсали»: в данном случае это некоторый показатель состояния развития человека;

2) «разворачивание» этого потенциала происходит во взаимодействии с внешней средой, окружением: в нашем случае это жители поселений;

3) предполагается однонаправленность времени.

В неозволюционизме постулируются те же принципы: видовое единство человечества, социальная основа (форма) эволюции, моделирование от простых к более сложным формам, обусловленность развития имманентными свойствами человека и внешним окружением. Однако неозволюционисты внесли свой вклад в рассмотрение этого процесса. Согласно их воззрениям, во взаимодействии человека и внешнего окружения имеется основная закономерность — адаптация, т.е. приспособление человеку к изменяющимся условиям среды. Формально это модель с обратной связью, и поскольку при этом допускается «деэволюция», то обратная связь может быть и отрицательной, и положительной, и «нулевой». Главный вывод неозволюционистов заключается в том, что источником (движущей силой) эволюции является «необходимость адаптации человека к окружению» [7, с. 165]. Причем адаптация происходит при взаимодействии с природной средой и подобными себе сообществами.

Вопросам взаимодействия уделяли большое внимание классики-эволюционисты Э. Тейлор, Л. Морган, А. Кребер и их последователи Х. Драйвер, Д. Андрадес, Р. Чейни и др. Они пришли к выводу, что применение «диффу-

зионной исследовательской модели для решения задач такого рода целесобразно...» [7, с. 202]. Следовательно, в основу разработки моделей развития, могут быть положены принципы диффузии. Другими словами, задача выливается в создание пространственной модели взаимодействия и проникновения некоторых человеческих сообществ — пространственной структуры сообществ человека и их взаимодействия между собой и с окружением.

Для формализации объекта исследования необходимо определить модель пространства и структуру модели самих сообществ. Рассмотрим ряд конкретных моделей, направленных на решение подобных задач.

Уравнение эволюции, учитывающее баланс ресурса и численности популяции, конкуренцию и смертность, выглядит следующим образом [8]:

$$\frac{dx(t, \tau)}{dt} = \int_0^{\tau} \{a(t, \tau, s) + \xi_s\} x(t, s) ds - \left\{ m(t, \tau) + \xi_r + \int_0^{\tau} b^*(t, \tau, s) x(t, s) ds \right\} x(t, \tau),$$

где  $x(t, \tau)$  — количество особей, обладающих некоторым свойством  $\tau$ . Для нашей задачи это агент (человек), имеющий свое предпочтение (в данном примере не зависящее от времени);  $a(t, \tau, s)$  — количество особей, родившихся в единицу времени от одной, имеющей свойство  $s$ ;  $\xi_s$  — случайная величина, отражающая мутации, в нашем случае родовые и межродовые браки;  $m(t, \tau) + \xi_r$  — смертность естественная и случайная;  $b^*$  — функция конкуренции, влияющая на смертность.

В целом такая модель используется в демографических исследованиях и при дополнении элементов самоорганизации может служить основой для численного эксперимента по оценке развития поселения в начале рассматриваемого периода. В этой постановке интерес представляет определение минимальной жизнеспособной популяции, образующей поселения и как простейшие, и как организованные пространственные структуры.

Модель образования более крупных структур, например этнических, предложена А.С. Малковым с соавт. [9]. Она базируется на оценке распределения общества на пассионариев и непассионариев и оценке изменения их соотношения в зависимости от войн, изменений социальной компоненты, что, в свою очередь, влияет на изменение численности поселений.

Интересна модель демографически-структурной динамики аграрного общества, приведенная С.А. Нефедовым и П.В. Турчиным [10].

$$\frac{dN}{dt} = rN \left( 1 - \frac{N}{K} \right),$$

где  $N$  — численность населения;  $r$  — прирост численности в благоприятных условиях;  $K$  — емкость природной ниши, включающая продуктивность земель и степень изъятия ее ресурса государством или просто внешней системой. Подобного рода модель может быть применима и для более позднего периода рассматриваемого времени.

Попробуем обобщить предложенные выше подходы и модели.

Назовем население субъектами или участниками активных систем. Предположим, что в организованных и самоорганизованных сообществах есть подчиненность и распределение прав при принятии решений и все они имеют тот или иной уровень информированности. Для простоты рассмотрим на начальном этапе двухуровневую систему принятия решений.

В самом простом варианте все субъекты поселений, получая некоторую информацию, осуществляют выбор действия (стратегий). Множество возможных действий обозначим  $Y$ , состоящее из действия  $y$ , т.е.  $y \in Y$ . Результат этих действий обозначим через  $z \in Z$ , где  $Z$  — множество возможных резуль-

татов. Результаты деятельности  $z$  каждого субъекта могут значительно различаться даже при одинаковой информированности, так как он (субъект) имеет свое предпочтение. Обозначим его  $r$ , причем  $r \in \Omega$  [1].

При этом будем считать, что само поселение представляет собой некую подсистему, а группа поселений — более сложную систему. В этом случае на уровне поселения ставится задача описать простой, «элементарный» [11, с. 248] эволюционный процесс. Например, как в [3, 11], для поселения это  $\frac{dz}{dt} = f(z, y_+, y_-)$ , где  $z$  — показатель состояния,  $y_+$ ,  $y_-$  — влияния, стимулирующие и тормозящие рост, и тогда условие эволюции  $y'_+(t) \geq y_+(t)$  влечет  $f(z, y'_+, y_-) \geq f(z, y_+, y_-)$ .

Для саморазвития в пределах своего поселения это условие включает только внутренние стимулы и выглядит как  $z'_+(t) \geq z_+(t)$ ,  $f(z, z'_+, z_-) \geq f(z, z_+, z_-)$ .

Далее предлагается один из вариантов модели эволюционной динамики поселенческого процесса, в которой состояние поселения определяется ресурсом жизнеобеспечения, численностью, технологическим и гуманитарным потенциалом.

Модель устанавливает связь между переменными состояния:  $R(t)$  — динамика ресурса жизнеобеспечения на площади хозяйствования  $S$ ;  $L(t)$  — количество людей в поселении (мощность поселения);  $v(t)$  — технический потенциал поселения;  $q(t)$  — гуманитарный потенциал сообщества — и параметры:  $\alpha_s$  — нормативная продуктивность возобновимого ресурса с единицы площади  $S$ ;  $v_R$  — фактор скорости самовосстановления ресурса;  $R^m$  — минимальный объем ресурса, ниже которого репродуктивный процесс «не запускается» (необратимые изменения), т.е. если  $R(0) < R^m$ , то  $\dot{R}(t) \equiv 0$ .

Сбалансированное с ресурсом  $R(t)$  количество поселенцев  $L(t)$  определяется равенством

$$L(t) = \alpha_{L1}R(t) + \alpha_{L2}v(t) + \alpha_{L3}q(t),$$

где второе и третье слагаемые отражают возможный рост продолжительности жизни по мере технологической обеспеченности  $v(t)$  и социальной защищенности  $q(t)$ .

Искомую динамику поселенческого процесса представим системой уравнений

$$\begin{aligned} \dot{R}(t) &= v_R (R(t) - R^m) (\alpha_s S - R(t)) - mR(t) \\ \dot{L}(t) &= (v_L - v_{L1}q(t))(L(t) - L^m) (\alpha_{L1}R(t) + \alpha_{L2}v(t) + \alpha_{L3}q(t) - L(t)) - mL(t), \\ \dot{v}(t) &= -v_v v(t) + u_v(t), \\ \dot{q}(t) &= -v_q q(t) + u_q(t), \end{aligned} \quad (1)$$

в которой  $v_L - v_{L1}q(t)$  — функция (скорость) рождаемости может сокращаться по мере гуманитарной обеспеченности («пожить для себя»);  $L^m$  — минимально возможное количество людей, образующих поселение;  $v_v v(t)$ ,  $v_q q(t)$  — амортизационные потери технологического и гуманитарного потенциалов;  $u_v(t)$ ,  $u_q(t)$  — инвестиции поселения в рост эволюционных потенциалов;  $mR(t)$  — потребление природного ресурса в связи с производственной жизнедеятельностью.

$$mR(t) = (1 - v_m v(t))(\alpha_{R1}L(t) + \alpha_{R2}u_v(t) + \alpha_{R3}u_q(t))$$

Здесь множитель  $1 - v_m v(t)$  — снижение норматива ресурсопотребления на жизнеобеспечение с ростом технологической обеспеченности;  $mL(t)$  — убыль населения в связи с обеспечением жизнедеятельности, определяемая равенством  $mL(t) = (1 - v_{m1} v(t))(\alpha_{L4} mR(t) + \alpha_{L5} u_v(t) + \alpha_{L6} u_Q(t))$ , где  $1 - v_{m1} v(t)$  — фактор технологической защищенности.

Рассмотрим равновесное состояние ( $\dot{R} = 0, \dot{L} = 0$ ) поселенческой системы в начальной стадии развития при отсутствии технологического и гуманитарного потенциалов.

$$v = q = u_v = u_Q = 0. \quad (2)$$

Модель равновесных состояний приобретает вид

$$\begin{cases} v_R (R - R^m)(\alpha_S S - R) = \alpha_{R1} L \\ v_L (L - L^m)(\alpha_{L1} R - L) = \alpha_{L4} \alpha_{R1} L \end{cases}. \quad (3)$$

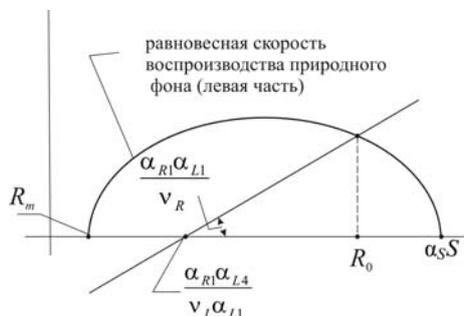
Полагая  $L^m \approx 0$  равновесной, мощность поселения оцениваем равенством

$$L = \alpha_{L1} R - \alpha_{L4} \alpha_{R1} / v_L. \quad (4)$$

Подставив результат в первое уравнение системы (3), получаем квадратное уравнение относительно  $R$ :

$$(R - R^m)(\alpha_S S - R) = \frac{\alpha_{R1}}{v_R} (\alpha_{L1} R - \alpha_{L4} \alpha_{R1} / v_L). \quad (5)$$

Из графика (рис.) равновесных состояний (4), (5) следует  $R_0$  — сбалансированный объем воспроизводимого ресурса (положительный корень уравнения (5)) с учетом потребления:  $mR = \alpha_{R1} L$ .  $L_0 = \alpha_{L1} R_0 - \alpha_{L4} \alpha_{R1} / v_L$  — сбалансированная мощность поселения.



**Рис.** Нахождение точки сбалансированного состояния населения по ресурсу

С уменьшением нормативов потребления  $\alpha_{R1}, \alpha_{L1}$  или с увеличением скорости воспроизводства ресурса  $v_R$  объем воспроизводимого ресурса  $R^0$  стремится к природному  $R^0 \rightarrow \alpha_S S$ , ( $L_0 \rightarrow \alpha_{L1} R^0 - \alpha_{L4} \alpha_{R1} / v_L$ ).

Если нормативы рисков  $\alpha_{L4}$  по добыче ресурса —  $mR$  велики, т.е.  $\frac{\alpha_{R1} \alpha_{L4}}{v_L \alpha_{L1}} \rightarrow R_0$ , то мощность поселения резко сокращается,  $L_0 \rightarrow 0$ . Портрет

сбалансированного состояния территории  $[R_0, L_0]$  согласно (3) определяется:  $\alpha_{L1}$  — нормативным балансом людей на единицу ресурса;  $\alpha_{R1}$  — нормативом потребления ресурса на одного человека;  $\alpha_{L4}$  — нормативом потерь;  $v_L, v_R$  — скоростями воспроизводства людей и ресурсов.

Модель (1) дает качественную картину начального во времени эволюционного процесса поселенчества в зависимости от стратегий инвестиций [ $u_v$ ,  $u_Q$ ], потенциала территории  $\alpha_S$ , площади хозяйствования  $S$ , динамики воспроизводства  $v_R$ ,  $v_L$ , нормативов потребления  $\alpha_{R1}$ ,  $\alpha_{L1}$ , рисков убытия  $\alpha_{L4}$ , и т.п. Она учитывает предельные состояния эволюционного процесса для заданного ресурсного потенциала территории и допускает расширение инвестиционной деятельности, связанное:

- с увеличением площадного потенциала  $S$ ;
- формированием военного потенциала;
- введением конкуренции со стороны подобных образований на территориях и т.п.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999. 104 с.
2. Бурков В.Н., Ириков В.А. Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука, 1994. 270 с.
3. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Введение в теорию активных систем. М.: ИПУ РАН, 1996. 125 с.
4. Опойцев В.И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. М.: Наука, 1977. 248 с.
5. Кошкин В.М., Забродский Ю.Р. Информационная модель адаптации // Материалы X Всесоюз. школы «Математическое моделирование сложных биологических систем». М.: Наука, 1988. С. 141–144.
6. Археологическое наследие Тюменской области: Памятники лесостепи и подтаежной зоны / А.В. Матвеев, Н.П. Матвеева, А.Н. Панфилов и др. Новосибирск: Наука, 1994. 240 с.
7. Орлова Э.А. История антропологических учений. М.: Акад. проект: Альма Матер, 2010. 621 с.
8. Мусеев Н.Н. Модели экологии и эволюции. М.: Знание, 1983. 63 с. (Сер. Математика и кибернетика; № 10)
9. Малков А.С., Малсков С.Ю. Математические методы в исследовании закономерностей развития общества: Моделирование эволюции этнических систем: Приложение Д // П.В. Турчин. Историческая динамика: На пути к теоретической истории: Пер. с англ. М.: Изд-во ЛКМ, 2007. С. 328–338.
10. Нефедов С.А., Турчин П.В. Модифицированная модель демографически-структурной динамики аграрного общества: Приложение Е // Там же. С. 339–346.
11. Пешель М. Моделирование сигналов и систем. М.: Мир, 1981. 300 с.

*V.R. Tsibulsky, I.G. Solovyev, D.N. Bykov*

### *A model of organization and self-organization of ancient settlements*

*The article attempts to develop a model of self-organization of ancient settlements at the micro level. Subject to suggestion being a model of evolutionary dynamics of a residential process, considering the resource of life-support, population, technological and humanitarian potential.*

***Self-organization, ancient settlements, model, resource, potential, technologies, population.***