



## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 502.33(470.325)

### ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ СТАРООСКОЛЬСКО-ГУБКИНСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЕРАРХИИ ПРОЦЕССОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ\*

**Е.В. Уколова**  
**А.Н. Петин**  
**Т.Н. Фурманова**

*Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет,  
Россия, 308015, г. Белгород,  
ул. Победы, 85  
E-mail: Leukolova@yandex.ru*

В работе исследованы основные параметры и принципы моделирования системы Природа-Общество с учетом экстраполяции на локальный уровень геосистемы Старооскольско-Губкинского района Белгородской области. Выделены ключевые компоненты, на которые следует опираться при построении модели. Мы установили, что существует гипотетическая «точка равновесия» во взаимодействии систем *Природа* и *Человек* и выдвинуто предположение о том, как с помощью метода моделирования возможно ее достижение в теории, а затем и на практике.

Ключевые слова: система Природа-Общество, моделирование, компоненты, техногеосистема, геосистема, точка равновесия.

Любая подсистема окружающей среды рассматривается как элемент природы, взаимодействующий через биосферные, климатические и социально-экономические связи с глобальной системой Природа-Общество (СПО). Для конкретного объекта мониторинга создается модель, описывающая это взаимодействие и функционирование различных уровней пространственно-временной иерархии всей совокупности процессов в окружающей среде, влияющих на экологическое состояние каждого компонента и всей системы в целом. Модель описывает характерные для изучаемой территории процессы природного, антропогенного и техногенного характера и в начале своей разработки опирается на информационную основу. Структура модели ориентируется на адаптивный режим ее использования.

Любая экологическая проблема обладает «открытостью», включенностью в систему глобальных проблем современности, главная из которых состоит в сохранении гомеостаза человечества. На современном этапе научно-технического прогресса в этой области ведутся интенсивные разработки, анализ которых позволяет выявить характерные особенности экологического знания и проблемы применяемых методов [1].

Одной из предпосылок создания мониторинговых систем послужило наличие разнокачественных данных и множество порожденных ими математических моделей различного типа (балансовых, оптимизационных, эволюционных, статистических и т.д.). Синтезированные на основе параметризации и, как правило, линеаризации закономерностей природных явлений эти модели включают широкий арсенал детерминированных и вероятностных описаний геологических, экологических, океанологических, биогеохимических и биогеоценотических процессов глобального, регионального и локального характера. Большинство из них ориентировано на теоретическое осмысление особенностей живых систем высокого уровня с использованием имеющихся знаний и лишь малая часть нацелена на стремление к объективной оценке современной глобальной экологической ситуации. Модель экологической ситуации территории

\* Работа выполнена в рамках государственного задания № 5.3407.2011

строится по эмпирической информации, которая не ограничена рамками математического аппарата, что обусловит впоследствии «мягкость» формализации данных [2]. При этом необходимо применение компьютерных технологий, соединяющих методы эволюционного и имитационного моделирования. Это позволит учитывать внутреннюю динамику (эволюцию) структуры моделируемых процессов и адаптивно синтезировать модели в условиях неполноты и частичной достоверности данных.

Традиционные подходы к построению глобальной модели сталкиваются с трудностями алгоритмического описания многих социально-экономических и климатических процессов, так что в результате приходится иметь дело с информационной неопределенностью. Развитые подходы к глобальному моделированию игнорируют эту неопределенность, в результате чего структура моделей не охватывает реальные процессы адекватным образом. Совместное использование эволюционного и имитационного моделирования позволяет устранить этот недостаток путем синтеза комбинированной модели, структура которой подвергается адаптации на основе предыстории комплекса биосферных и климатических компонентов. При этом реализация модели также может быть комбинированной в разных классах моделей, с использованием программных средств на традиционных компьютерах и спецпроцессорах эволюционного типа. Форма такого комбинирования многообразна и зависит от пространственно-временной полноты глобальных баз данных [3].

Синтез модели СПО основывается на представлении о ней, как о самоорганизующейся и самоструктурирующейся системе, согласованность действий элементов которой во времени и пространстве обеспечивается процессом естественной эволюции. Антропогенная составляющая в этом процессе направлена на нарушение этой целостности. Попытки параметризовать на формальном уровне процесс коэволюции природы и человека, как элементов биосферы, связаны с поиском единого описания всех процессов в системе Природа-Общество, которое бы объединяло усилия различных отраслей знания в познании окружающей среды. Данное синергетическое начало лежит в основе многих работ по глобальному моделированию.

В настоящее время понятие системы ПО существует и разрабатывается в глобальном смысле. Однако для осуществления целей, поставленных в данной работе нам необходимо скорректировать данную модель для территории Старооскольско-Губкинского района. В связи с этим она перестает быть глобальной и переходит в локальную модель природных и социальных процессов определенной территории.

Таким образом, покроем поверхность исследуемой территории  $\Omega$  географической сеткой  $\{\varphi_i, \lambda_j\}$  с шагами дискретизации  $\Delta\varphi_i$  и  $\Delta\lambda_j$  по широте и долготе соответственно, так что внутри ячейки поверхности суши:

$$\Omega_{ij} = \{(\varphi, \lambda) : \varphi_i \leq \varphi \leq \varphi_i + \Delta\varphi_{ij}; \lambda_j \leq \lambda \leq \lambda_j + \Delta\lambda_j\} \quad (1)$$

все процессы и элементы считаются однородными и параметризуются площадными моделями. Водная поверхность на территории ячейки  $\Omega_{ij}$  делится на слои толщиной  $\Delta z_k$ , т.е. выделяются трехмерные объемы:

$$\Omega_{ijk} = \{(\varphi, \lambda, z) : (\varphi, \lambda) \in \Omega_{ij}; z_k \leq z \leq z_k + \Delta z_k\}, \quad (2)$$

внутри которых все элементы экосистемы распределены равномерно. И еще одна составляющая модели – атмосфера над площадкой  $\Omega_{ij}$  по высоте  $h$  дискретизируется либо по уровням атмосферного давления, либо по слоям толщиной  $\Delta h_s$ .

Взаимодействия в системе ПО рассматриваются как взаимодействие между элементами ПО внутри указанных пространственных структур, а также между ними. Комплексная модель системы ПО реализует пространственную иерархию гидродинамических, атмосферных, экологических и социально-экономических процессов с учетом деления всего объема окружающей среды на структуры  $\Omega_{ij}$  и  $\Omega_{ijk}$ . Ячейки этого деления являются опорной сеткой в численных схемах при решении, основанном на динамических уравнениях или при синтезе рядов данных в обучающих процедурах эволюционного типа [1].

Ячейки  $\Omega_{ij}$  и  $\Omega_{ijk}$  неоднородны по параметрам и функциональным характеристикам. Через эту неоднородность и осуществляется привязка глобальной модели к базам данных. Также, чтобы избежать избыточности в структуре глобальной модели предполагается, что все учитываемые в ней элементы и процессы СПО имеют харак-



терную для них пространственную дискретизацию. В результате структура модели не зависит от структуры базы данных, а следовательно, не изменяется с изменением последней. Аналогичная независимость обеспечивается и между блоками модели. Это реализуется обменом данными между ними только через входы и выходы под контролем базовой информационной магистрали. В случае отключения одного или нескольких блоков их входы идентифицируются с соответствующими входами в базу данных. При этом пользователь должен обладать определенной базой знаний и располагать методикой ее структуризации. В данном случае можно использовать перечни ключевых проблем геоэкологии или списки необходимых для исследования элементов СПО.

Для контроля и наблюдения за состоянием техногеосистемы Старооскольско-Губкинского района необходимо регулярное наблюдение за такими параметрами, как метеорологические данные, криосфера, суша, гидрологический цикл и растительность, радиационный баланс, атмосфера, геосфера, солнце, внешние воздействия. С увеличением вероятности резких глобальных изменений спектр этих переменных будет варьироваться, т.е. прогнозирующая система и база данных должна постоянно пополняться и модернизироваться. Построение модели СПО с помощью Геоинформационных мониторинговых систем (ГИМС) позволяет использовать ее как экспертную систему, а это означает возможность проведения комплексного анализа большого числа элементов СПО в условиях реализации гипотетических ситуаций, которые могут возникать по естественным или антропогенным причинам.

СПО можно представить как совокупность природы  $N$  (Nature) и человеческого общества  $H$  (Homo sapiens), которые составляют единую природно-социальную систему. Поэтому их разделение при построении модели следует считать условным. Системы  $N$  и  $H$  имеют иерархические структуры  $|N|$  и  $|H|$ , цели  $\underline{N}$  и  $\underline{H}$ , поведения  $\underline{N}$  и  $\underline{H}$  соответственно. С математической точки зрения взаимодействие систем  $N$  и  $H$  можно рассматривать как случайный процесс  $\eta(t)$  с неизвестным законом распределения, представляющим уровень напряженности во взаимоотношении этих систем или оценивающей состояние одной из них. Цели и поведения систем являются функциями показателя  $\eta$ . Однако существуют диапазоны изменения  $\eta$ , в которых поведения систем могут быть антагонистическими, индифферентными и кооперативными.

Основная цель системы  $H$  состоит в достижении высокого жизненного уровня с гарантией долговременного выживания. Аналогично цель системы  $N$  может быть определена в терминах выживания. Поведение системы  $N$  определяется объективными законами коэволюции. В этом смысле выделение  $N$  и  $H$  является условным и его можно интерпретировать как разделение множества природных процессов на управляемые и неуправляемые. Тогда будем считать системы  $N$  и  $H$  симметричными. При этом система  $H$  располагает технологиями, наукой. Экономическим потенциалом, промышленным и сельскохозяйственным производством, социальным устройством и т.д. Процесс взаимодействия систем  $N$  и  $H$  приводит к изменению  $\eta$ , уровень которого влияет на структуру векторов  $\underline{N}$  и  $\underline{H}$ . На самом деле существует порог  $\eta_{\max}$ , за пределами которого человеческое общество перестает существовать, а природа выживает. Несимметричность систем  $N$  и  $H$  в данном контексте вызывает изменение цели и стратегии системы  $H$ .

В современных сложившихся условиях ситуация на территории Старооскольско-Губкинского района выглядит так, что взаимодействие этих систем  $\eta \rightarrow \eta_{\max}$  довольно уверенными и относительно быстрыми темпами, поэтому отдельные компоненты вектора  $\underline{H}$  можно отнести к классу кооперативных. Поскольку социально-экономическая структура территории представлена социальным обществом, производственным и инфраструктурным комплексом (в совокупности – социум), то в качестве функционального элемента системы  $H$  будем рассматривать социум. Функция  $\eta(t)$  отражает результат взаимодействия элементов социума между собой и с природой. Совокупность результатов этих взаимодействий описывается матрицей  $B||b_{ij}|$ , каждый элемент которой несет символическую смысловую нагрузку:

$$b_{ij} = \begin{cases} + & \text{при кооперативном поведении;} \\ - & \text{при антагонистических взаимоотношениях;} \\ 0 & \text{при индифферентном поведении.} \end{cases}$$

Моделирование климатической составляющей СПО представляет наибольшую трудность при синтезе, т.к. характеризуется большим числом обратных связей, в

большинстве своем неустойчивых. Например, *водяной пар-радиация, облачность-радиация, аэрозоль-радиация* и т.д. Функционирование климатической системы для территории Старооскольско-Губкинского района определяется состоянием атмосферы, почвы, поверхностных вод, биотой, различными антропогенными структурами, а также деятельностью горнодобывающего и горно-перерабатывающего комплекса. Поэтому построение модели климата требует учета многочисленных факторов, роль которых в его формировании достаточно хорошо изучена [4].

Климатическая система является физико-химико-биологической системой, обладающей неограниченной степенью свободы. Поэтому любые попытки моделировать такую сложную систему связаны с непреодолимыми трудностями. Именно этим обстоятельством объясняется многообразие параметрических описаний отдельных процессов в этой системе. Для локальной модели с шагом дискретизации по времени до одного года приемлемым подходом является использование двух вариантов. Первый вариант состоит в совместном применении корреляционных связей между частными процессами формирования климатической обстановки на данной территории в совокупности со сценариями климата. Второй вариант основывается на использовании данных глобального мониторинга, являющихся основой для формирования рядов данных о климатических параметрах с их территориально-временной привязкой и используемых для восстановления полной картины их пространственного распределения.

Как правило, использование таких сложных моделей в качестве блока глобальной модели системы КПО неизбежно приводит к отрицательному результату, т.е. к невозможности синтеза эффективной модели. Наиболее обнадеживающим подходом является комбинирование моделей климата с данными глобального мониторинга. Схема такой комбинации очень проста. Существующие наземные и спутниковые системы контроля климатообразующих процессов, они охватывают некоторую часть ячеек  $\{\Omega_{ij}\}$  земной поверхности. Над этими ячейками измеряется температура, облачность, содержание паров воды, аэрозолей и газов, альbedo и многие другие параметры энергетических потоков. Использование простых климатических моделей, а также методов пространственно-временной интерполяции позволяет восстанавливать на основе этих измерений полную картину распределения климатических параметров по всей территории Старооскольско-Губкинского района.

Режим мониторинга окружающей природной среды Старооскольско-Губкинского района может предусматривать ситуации принятия решений в реальной обстановке и реальном времени на основе собранной информации или в результате анализа фактических данных без привязки к реальному времени. Прогноз развития территории сопровождается динамическим состоянием компонентов системы, что означает нестационарность и параметрическую неопределенность в ситуациях, когда каждое измерение требует больших усилий и затрат средств, заставляет искать новые методы мониторинга на основе фрагментарных во времени и отрывочных по пространству данных измерений.

Взаимодействие *Человека*( $H$ ) и *Природы* ( $N$ ) является функцией обширного комплекса факторов, действующих как в социуме, так и в природной среде. Основной проблемой этого взаимодействия является интенсивное влияние человека на окружающую природную среду, сопровождающееся быстрым развитием промышленности на территории Старооскольско-Губкинского района, а также сосредоточением здесь источников техногенного и антропогенного воздействия и, как следствие, кризисных явлений в состоянии окружающей среды на исследуемой территории.

*Человек* занимался хозяйственной деятельностью на всех этапах своего исторического развития. С доисторических эпох и до настоящего времени он постепенно расширял свое влияние на *Природу*, все шире использовал минеральные ресурсы, загрязнял среду своего обитания и нарушал установившиеся в процессе эволюции связи между компонентами природной среды, что привело к уменьшению разнообразия биологических видов, сокращению площади лесов, засолению почв, исчерпанию биологических ресурсов и, в результате, встал вопрос о перспективе жизнеобитания на Земле. Технический прогресс способствовал расширению масштабов воздействия *Че-*



ловека на *Природу*, вызывая истребление отдельных видов животных, приводя к хищнической эксплуатации других природных ресурсов. Таким образом, в настоящее время реально встал вопрос о поиске стратегии оптимального взаимодействия систем *H* и *N*. Поэтому при исследовании территории Старооскольско-Губкинского района мы считаем целесообразно развивать и реализовывать многоаспектные программы по изучению взаимодействия между природой и обществом. Создавать базы данных, которые позволяют оценить уровень и направленность антропогенных процессов, а также осуществлять прогноз [5].

Основные тенденции в хозяйственной деятельности человека характеризуются функционированием природных процессов, таких как производство энергии, промышленных материалов и пищи. При этом наблюдается тенденция возрастания эффективности этих процессов в пересчете на душу населения. От энергетического потенциала в прямой зависимости находятся другие параметры, определяющие состояние производства и экономики района. При этом потенциал Старооскольско-Губкинского района является очень высоким за счет развития энергетики, черной металлургии, горнопромышленного и горнодобывающего комплекса, а также сельского хозяйства. Так, антропогенный фактор в развитии района в современных условиях многообразен по своей функциональности и затрагивает все природные процессы. Понятно, что в данном контексте полный учет всего спектра антропогенных воздействий на окружающую среду невозможен из-за сложности и динамичности процессов, однако здесь возможно осуществить параметризацию антропогенных процессов и обеспечить их учет при имитационных экспериментах.

Влияние человеческой активности на природу может быть оценено лишь с помощью развития принципиально новой технологии в рамках системного подхода. Он необходим для формализации экологических, технологических, экономических взаимодействий подсистем *H* и *N*. В общем система *H* располагает технологиями, наукой, экономическим потенциалом, сельскохозяйственным производством, индустрией, социальным устройством, населением и т.д. Система *N* обладает набором взаимозависимых процессов, таких как климатические, биогеоценотические, биогеохимические, геофизические и др.

С точки зрения системного подхода и теории систем *H* и *N* являются открытыми системами. Их разделение условно и направлено на выделение управляемых и неуправляемых компонентов окружающей среды. При этом мы полагаем, что обе системы симметричны с позиции их описания, т.е. каждая имеет цель, структуру и поведение. Пусть  $H = \{H_G, H_S, |H|\}$  и  $N = \{N_G, N_S, |N|\}$ , где  $H_G$  и  $N_G$  – цели систем,  $H_S$  и  $N_S$  – стратегии поведения систем,  $|H|$  и  $|N|$  – структуры систем *H* и *N* соответственно. Тогда взаимодействие систем *H* и *N* можно описать процессом  $(V, W)$  – обмена, состоящего в том, что каждая из систем для достижения своей цели затрачивает ресурсы *V* и взамен получает новый ресурс в количестве *W*. Цель каждой системы состоит в оптимизации и гармонизации обмена с другой системой, т.е. максимизировать *W* и минимизировать *V*. Тогда уравнения  $(V, W)$  обмена будут выглядеть:

$$W_H(H^*, N^*) = \max_{\{H_S, |H|\}} \min_{\{N_S, |N|\}} W(H, N) = \min_{\{N_S, |N|\}} \max_{\{H_S, |H|\}} W(H, N) \quad (3)$$

$$W_N(H^*, N^*) = \max_{\{N_S, |N|\}} \min_{\{H_S, |H|\}} W(H, N) = \min_{\{H_S, |H|\}} \max_{\{N_S, |N|\}} W(H, N) \quad (4)$$

где  $H^*$  и  $N^*$  – оптимальные системы. Также здесь существует спектр мощности взаимодействия систем *H* и *N*, охватывающий конечные интервалы изменения выигрышей  $W_H$  и  $W_N$  в зависимости от степени агрессивности каждой из них. Конкретизация функции выигрыша требует определенной систематизации механизмов коэволюции человека и природы. Модель сбалансированного развития социума и природы состоит в отождествлении системы *H* с совокупностью городов, промышленных узлов и рекреационных зон. Вся процедура моделирования завершается синтезом имитационной модели, которая в рамках принятых допущений и предположений является инструментом исследования. В нашем случае будем считать, что структура системы *H* включает:

- население *G*,
- загрязнения *Z*,

- природные ресурсы  $M$ ,  
т.е.  $|N| = \{G, Z, M\}$ .

Аналогично структура системы  $N$  состоит из следующих элементов:

- климатический параметр температура  $T$  (температурный режим территории);
- качество среды обитания  $Q$ ;
- площадь лесов  $L$ ;
- площадь сельскохозяйственных земель  $S$ ;

Таким образом,  $|N| = \{T, Q, L, S\}$ .

Стратегия поведения системы  $N$  формируется из распределения капиталовложений в восстановление ресурсов  $U_{MG}$ , борьбы с загрязнениями  $U_{ZG}$ , сельскохозяйственных инвестиций  $U_{BG}$ , т.е.  $N_s = \{U_{MG}, U_{ZG}, U_{BG}\}$ .

Стратегия поведения системы  $N$  отождествляется со скоростью старения капиталовложений  $T_V$ , смертностью населения  $\mu_G$ , продуктивностью сельского хозяйства  $H_x$ , стоимостью восстановления ресурсов  $G_{MG}$ , постоянной времени самоочищения природной среды от загрязняющих веществ  $T_B$ , степенью воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую природную среду  $F$ , а также степенью самовосстановления техногеосистемы  $P$ , т.е.

$$N_s = \{T_V, \mu_G, H_x, G_{MG}, T_B, F, P\} \quad (5)$$

В общем смысле эта модель формулируется с помощью терминов теории эволюционной технологии моделирования. Если все возможные состояния природной среды территории Старооскольско-Губкинского района составляют множество  $\Gamma = \{\Gamma_i\}$ , то в результате воздействия горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности  $S_K$  на природную среду гипотетически возможны два выхода:

1)  $S_K(\Gamma_i) \rightarrow \Gamma_i \in \Gamma$  – геосистема стремится к самоочищению и самовосстановлению природной среды, формируются оптимальные условия существования человека;

2)  $S_K(\Gamma_i) \rightarrow \Gamma_i \notin \Gamma$  – геосистема уже не способна к самовосстановлению, происходят необратимые изменения в природной среде и ее компонентах, формируется техногеосистема.

На данном этапе развития территория Старооскольско-Губкинского горнопромышленного комплекса идет по второму пути, т.е. здесь уже достаточно четко выделяется сформированная техногеосистема, произошли глубокие и необратимые изменения в компонентах природной среды, отмечены весьма неблагоприятные условия для жизнедеятельности человека.

Если последовательность состояний окружающей природной среды

$\{S_K(\Gamma_i)\} \in \Gamma$ , то можно говорить об устойчивой коэволюции системы  $N \cap N$ . Однако территорию Старооскольско-Губкинского района нельзя охарактеризовать как территорию устойчивого развития, поэтому равновесие сдвигается в сторону *Человека* и в результате выглядит так:  $\{S_K(\Gamma_i)\} \in \Gamma \rightarrow N_N \notin N$ .

На основании вышеизложенного мы выдвинули предположение о том, что в геосистеме расположенной на территории Старооскольско-Губкинского района должна существовать некая «точка равновесия». Ее значение состоит в том, что она является тем гипотетическим балансом, который может достигнуть *Человек* и *Природа* в процессе стремления к гармонизации межкомпонентных взаимоотношений. Ее достижение в принципе возможно лишь в том случае, если названные системы будут двигаться в процессе своей эволюции навстречу друг другу. Поскольку система *Природа* на территории Старооскольско-Губкинского района претерпела необратимые изменения и не сможет вернуться к своему исходному состоянию, т.к. стала на путь формирования природно-технической геосистемы, то ее движение навстречу *Человеку* невозможно – она сможет либо сократить темпы своего дальнейшего развития, либо продолжит изменяться дальше, без изменений. Если же она сократит темпы своего развития, то экономические процессы на исследуемой, а также на прилегающих территориях будут испытывать ущерб. Если система продолжит свои изменения, то будет уже целесообразно употреблять термин не *Природа*, а *Техногеосистема*, где взаимоотношения между компонентами будут строиться на других принципах.



Система *Человек* всегда будет стремиться к достижению максимально комфортных условий. Эти условия будут тесно связаны с экономическими факторами и степенью развития инфраструктуры района. Так, в основе дальнейшего развития данной системы лежит принцип постепенного отделения от *Природы*. Тогда складывается следующая ситуация: система *Природа* движется в направлении к *Техногеосистеме*, а система *Человек* движется не к природе, а в противоположном направлении, т.е. к *Социуму* (система, где все компоненты гармонизируют друг с другом, но отдалены от природной среды). *Социум* и *Техногеосистема* находятся на постоянном расстоянии друг от друга и не движутся навстречу в данных условиях. Но гипотетически они могут пойти на сближение, и тогда встанет вопрос о том, какая из них станет частью другой и при каких условиях.

Достижение «точки равновесия» в современных условиях практически невозможно, однако, если построить оптимальную модель территориального развития и выделить главные цели, направленные на достижение устойчивого развития, провести модельный эксперимент и спрогнозировать дальнейшее развитие, то первый шаг на пути к максимально комфортному взаимодействию между *Природой* и *Человеком* будет сделан.

Безусловно, возникает проблема адекватности между реальными процессами, происходящими на исследуемой территории и их упрощенным представлением в виде модели. Однако математическое моделирование для данного исследования весьма целесообразно, т.к. позволяет осуществить перспективную оценку кинетики параметров окружающей среды. Также использование модели удобно по следующим причинам:

- во-первых, о модели имеется больше информации, чем о реальном состоянии окружающей среды;
- во-вторых, с моделью легче и удобнее работать;
- в-третьих, модель позволяет вычислить и определить «точку равновесия» между *Человеком* и *Природой*;
- в-четвертых, модель позволяет проводить опосредованные эксперименты и осуществлять прогноз.

Тенденции хозяйственной деятельности человека определяются совокупностью огромного количества факторов. Но все они сводятся к экономике и энергетике, связь между которыми описывается с помощью линейной регрессии:

$$V = k_{ve}e + b_{ve}, \quad (6)$$

где под  $V$  понимается бюджет района, а через  $e$  измеряется вырабатываемая в нем энергия. Постоянные коэффициенты  $k_{ve}$  и  $b_{ve}$  отражают специфику хозяйственной деятельности и ее эффективность. Общая схема возможной модели социально-экономических процессов на территории Старооскольско-Губкинского включает в виде  $V_i$  обозначение размеров фондов в регионе, которые он может использовать при планировании своей антропогенной деятельности:

$$\partial V / \partial t = G_{VG} V_{MG} - V/T_{VG} \quad (7)$$

где  $T_{VG}$  – постоянная времени износа основных фондов, множители  $G_{VG}$  и  $V_{MG}$  определяют скорость генерации фондов. При этом функция  $V_{MG}$  отражает зависимость скорости генерации фондов от материального уровня  $M_{BG}$  населения региона. Эту зависимость опишем логарифмической функцией:

$$V_{MG} = k_{MGV} \ln(1 + k_{1,MGV} M_{BG}) \quad (8)$$

где коэффициент  $k_{MGV}$  выбирается из условия  $k_{MGV} \ln(1 + k_{1,MGV} M_{BG}(t_0)) = 1$ . Тогда коэффициент  $G_{VG}$  приобретает смысл объема фондов, генерируемых в момент  $t_0$  на одного жителя района. Постоянная времени износа основных фондов является функцией научно-технического прогресса и в модели рассматривается как управляющий параметр.

Основные фонды определяют интенсивность и направленность антропогенной активности. Их распределение отражает региональную стратегию управления ресурсами, обуславливает скорость протекания антропогенных процессов. В частности, генерация отходов и их утилизация существенно регулируются этим распределением.

Таким образом, соотношение реальной ( $R$ ) и оптимальной модели ( $O$ ) межкомпонентного взаимодействия между системой *Природа* и *Человек* основывается на

стремлении природной среды к устойчивому развитию и сбалансированности отношений между внешними и внутренними компонентами, а человек, в свою очередь, стремиться к социальному и экономическому благополучию и максимально комфортным условиям среды. В этом одновременном противоречии важно найти так называемую «точку равновесия», при которой воздействие отрицательных антропогенных и техногенных факторов будет стремиться к минимуму, социальное и экономическое благополучие будет максимально сбалансировано с процессами окружающей природной среды.

Вышеизложенные теоретические основы моделирования природных процессов позволяют с учетом экстраполяции построить реальную модель локальной территориальной системы Природа-Общество для Старооскольско-Губкинского района. Основное ее значение состоит в том, что она позволит проводить мониторинг с использованием ГИМС-технологий, создать базу данных для контроля и слежения за взаимодействием природных, социальных и техногенных процессов на исследуемой территории, а также с ее помощью можно создать наглядную комплексную модель системы ПО и спрогнозировать ее дальнейшее развитие с учетом широкого спектра факторов.

### Список литературы

1. Крапивин В.Ф., Кондратьев К.Я. Глобальные изменения окружающей среды: экоинформатика. – СПб, 2002. – 724 с.
2. Петин А.Н., Васильев П.В. Геоинформатика в рациональном недропользовании. – Белгород: ИПК НИУ «БелГУ», 2011. – 264 с.
3. Васильев П.В., Петин А.Н., Яницкий Е.Б. Геоинформатика в недропользовании: учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. – 232 с.
4. Емельянов А.Г. Геоэкологический мониторинг: Учеб. пособие. – Тверь: ТГУ, 2002. – 120 с.
5. Петин А.Н., Мининг С.С. Минерально-сырьевые ресурсы и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых (монография). – Белгород: Изд-во «АртБук», 2005. – 315 с.

## PROGNOSIS OF DEVELOPMENT OF THE TERRITORY OF THE STAROOSKOLSKO-GUBKINSKY DISTRICT OF THE BELGOROD REGION TAKING INTO ACCOUNT OF SPACE-TIME HIERARCHY OF PROCESSES OF THE ENVIRONMENT

**E.V. Ukolova**  
**A.N. Petin**  
**T.N. Furmanova**

*Belgorod State National Research University  
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,  
Russia*

*E-mail: Leukolova@yandex.ru*

In the research the main parameters and principles of modeling of the system Nature-Society with regard to extrapolation on the local level of the geosystem Starooskolsko-Gubkinsky district of the Belgorod region are investigated. The key components that should be used when building the model, have been identified. We have established that there is a hypothetical "balance point" in interaction of the systems of Nature and Man, and put forward the assumption about how with the help of the method of modeling it is possible to achieve it in theory and then in practice.

Key words: the system Nature-Society, simulation, components, technogeosystem, geosystem, the point of equilibrium.