

5. Трофимова Л. А. Управленческие решения / Л. А. Трофимова, В. В. Трофимов. – СПб. : Изд-во СПбГУ ИТМО, 2011. – 192 с.
6. Барбашев С. В. Розширення функціональних можливостей радіоекологічного моніторингу природного середовища в районах розташування АЕС щодо прийняття управлінських рішень / С. В. Барбашев, Г. В. Лисиченко, О. О. Попов // Ядерна енергетика та довкілля. – Київ : ДНЦ СКАР, 2014. – № 2(4). – С. 12-18.
7. Попов О. О. Концепція інформаційно-експертної системи для оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище / О. О. Попов // Матеріали XXXIII Щорічної науково-технічної конференції „Моделювання”, 15-16 січня 2014 р. : тези допов. – К. : ППМЕ ім. Г. Є Пухова НАН України, 2014. – С. 5-6.
8. Орлов А. И. Теория принятия решений. Учебное пособие / А. И. Орлов. – М. : Издательство „Март”, 2004. – 656 с.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
10. Чудновская С. Н. Управленческие решения: учебник / С. Н. Чудновская. – М.: Эксмо, 2007. – 368 с.
11. Колпаков В. М. Теория и практика принятия управленческих решений : учеб. пособие, 2-е изд., перераб. и доп. / В. М. Колпаков. – Киев : МАУП, 2004. – 504 с.
12. Подиновский В. В. Методы принятия решений. Теория и методы многокритериальных решений : хрестоматия / сост. В. В. Подиновский. – М. : ГУ-ВШЭ, 2005. – 242 с.
13. Лисиченко Г. В. Методологія оцінювання екологічних ризиків / Г. В. Лисиченко, Г. А. Хміль, С. В. Барбашев. – О. : Астропринт, 2011. – 368 с.
14. Филинов Н. Б. Разработка и принятие управленческих решений: Учеб. пособие / Н. Б. Филинов. – М. : ИНФРА-М, 2010. – 308 с.

*Поступила 26.09.2016р.*

УДК 519.711

В.И. Ночвай, г. Киев

## **РЕГИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ**

**Abstract.** Actual problems of nature conservation and management are summarized. The methodical approach to solving problems and building integrated regional models based on integral indices of development and security.

### **Вступление**

Управление природопользованием (использованием природных ресурсов), является одной из ключевых задач регионального управления и требует применения научно-обоснованных методов и математических моделей, без которых принятие эффективных решений невозможно, особенно

в долгосрочном периоде. Исходной информацией для управленческих решений является комплексная оценка природных ресурсов территории и данные экологического мониторинга относительно их состояния.

Основными задачами являются: идентификация структуры потребления и возобновления природных ресурсов, оценка количества и качества ресурсов и влияния качества окружающей среды и природных условий в целом. Также важно оценить степень влияния процессов интенсивного природопользования в регионе на экологическую и экономическую безопасность, социально-экономическое развитие. Планирование оптимального пространственно-временного режима использования ресурсов дает возможность снижения экологических рисков, устойчивого обеспечения потребностей экономики и населения, повышения качества окружающей среды.

### **Интегрированная природно-техническая производственная система**

Управление природопользованием следует рассматривать как составляющую системы производительных сил соответствующего территориального образования. Необходимым условием для удовлетворения социально-экономических потребностей общества в товарах, услугах и других общественных благах есть качество и безопасность среды обитания, достаточные запасы природных ресурсов, устойчивость и сохранение естественных свойств экосистем.

Управление экологической безопасностью [1] является важным аспектом регионального управления и требует применения научно-обоснованных методов и математических моделей, без которых принятие эффективных решений невозможно, особенно в долгосрочном периоде. Исходной информацией для управленческих решений является комплексная экологическая оценка территории и данные экологического мониторинга. Методические основы комплексной оценки техногенной и природной опасности в региональном разрезе описаны в работе [2]. Основными задачами являются: идентификация источников природной и техногенной опасности; контроль опасных объектов, функционирование которых связано с интенсивным природопользованием (использованием природных ресурсов), а также с возможностью возникновения чрезвычайных ситуаций; планирование оптимального распределения ресурсов для снижения рисков. Снижение риска кризисных и катастрофических явлений в технологических и геоэкологических системах возможны в активном и пассивном режимах управления техногенно-экологической опасностью [3]. В первом случае социально-экономическая производительность не уменьшается, а вероятные кризисные явления предупреждаются с использованием соответствующих затрат для повышения устойчивости систем. Во втором случае снижение риска происходит за счет уменьшения их социально-экономической производительности – закрытие, конверсия, снижение производственной мощности, ограничение природопользования и т.д.

### **Задача рационального природопользования**

Задачей рационального природопользования является удовлетворение

потребностей общества в природных ресурсах как для функций жизнеобеспечения ( $Y_{\min}$ ) и безопасности ( $V_{\text{нормат}}$ ), так и для целей роста ( $\max Y$ ) и развития ( $\min S$ ).

Задача достигается при помощи распределения общих ограниченных ресурсов эколого-экономической системы – материальных, трудовых, энергетических, финансовых, интеллектуальных и информационных. Достижение этих целей зависит, с одной стороны, от эффективности отдельных подсистем: производственной и применяемых технологий (производительность, оперативность, ресурсоемкость), экологической и количества и качества природных ресурсов, социальных взаимодействий и уровня образованности населения; а с другой - от правильно выбранной структуры технологических, социальных и экологических взаимосвязей социэкологической системе.

Эффект отдельных операций в системе должен оцениваться именно в комплексе всей системы а не отдельных подсистем. Подобно органам в организме человека, которые имеют свои функции все подсистемы можно рассматривать с позиции жизнеобеспечения региона: снабжения энергией, пищей, водой, воздухом построение новых клеток и выведение из организма отработанных веществ, накопление и обработка информации и действия, направленные на адаптацию к внешней среде, познание и развитие. Таким образом экологические процессы должны быть включены в производственный цикл: природные процессы – природные ресурсы и их искусственные заменители –экономические ресурсы – производство – потребление – техническая и природная переработка отходов –природное и искусственное восстановление ресурсов.

Лишь замыкание этого цикла может обеспечить устойчивое длительное существование и развитие региональной системы. Роль общества, социальной подсистемы, подобно нервной системе – в регулировании, координации действий всех подсистем, которые должны работать согласованно и пропорционально для **целей роста и жизнеобеспечения, условий комфорта и безопасности, познания и развития**. В теории менеджмента существуют показательные в этом смысле законы. **Закон композиции** выражает необходимость согласования целей организации: они должны быть направлены на поддержание основной цели более общего характера. **Закон пропорциональности** выражает необходимость нахождения определенного соотношения между частями целого, их соразмерность, зависимость или определенное соотношение. При этом для существования организации еще необходимы ресурсы и их эффективное использование. Именно **запасы ресурсов могут как ограничивать так и стимулировать варианты развития!**

Оптимальное значение критерия эффективности использования ресурсов для общественных потребностей определим как:

$$Ef(CCO(RCO), BTE(RTE), D_{разв}(RD), Y_{рост}(RY)) \rightarrow \max$$

где  $C_{CO}(R_{CO}), BTE(R_{TE}), D_{разв}(R_D), Y_{рост}(R_Y)$  - обусловленность критериев социального обеспечения, техногенной безопасности, развития и экономического роста соответствующими затратами частей общих достижимых ресурсов  $R=R_{CO}+R_{TE}+R_D+R_Y$

Основными критериями эффективности действий для некоторой производственной социально-экологической системы будем считать:

- повышение безопасности: снижение рисков, снятие ограничений, смягчение лимитирующих факторов;
- удовлетворение потребностей и условий жизнеобеспечения базовым набором продукции и услуг (или денежным эквивалентом);
- развитие: повышение уровня организации, создание новых структур, улучшение качества (информированность, структурированность, разнообразие, порядок);
- результативность, повышение эффективности производства (производительность, качество, ресурсоэффективность, оперативность);
- повышение ресурсного потенциала;
- информация (накопление информации о системах, знание, образование, наука).

Задачей управления есть достижение оптимального состояния, возможного для имеющегося уровня ресурсного обеспечения, с учетом одновременного взаимодействия социально-экономической, геоэкологической и технологической подсистем.

Причем это управление требуется не только на верхнем системном уровне но и на нижних, где ресурсы как правило ограничены. В таких условиях вступают в силу механизмы самоорганизации, когда ресурсы локальных подсистем и агентов объединяются, мобилизируются вокруг действия, полезного этой локальной системе.

### **Социально-экономическое обеспечение и безопасность региона.**

При снижении производительности социально-экономической системы ниже границы удовлетворения минимальных потребностей общества в товарах, услугах и социальном обеспечении возникают такие опасные явления как социальная напряженность, экономический кризис, нестабильность, которые могут привести к катастрофическим явлениям: войны, социальные конфликты, панические настроения, техногенным катастрофам, исчерпанию природных ресурсов, кризиса государственного управления. Фактически речь идет о потере целостности региональной системы и нарушениям функционирования, что повлечет за собой бедствия для жителей региона. В таких условиях огромные риски возникают и для экологических систем в виду усиления эксплуатации природных ресурсов и нерационального их использования.

Запишем в общем виде условие социально-экономического обеспечения региона как условие удовлетворения региональных ( $C_p$ ) и индивидуальных ( $C_u$ ) социально-экономических потребностей ( $C=C_p+C_u$ ) в результате

обеспечения минимально-необходимого объема производства  $i$ -товаров или услуг,  $Y_{i\text{мин}}$ :

$$Y_i > Y_{i\text{мин}} \geq C_i \quad (1),$$

где  $Y_i$  – производительность региональной системы.

В таком случае для каждого потребителя обеспечивается условие удовлетворение базовых материальных потребностей в каждом  $i$ -товаре:

$$C_{iu} < C_i \quad (2)$$

Условием равномерного распределения ресурсов и продукции будем считать такое, при котором увеличение потребления отдельными потребителями допускается, но лишь после выполнения условия (2) для остальных потребителей.

В открытой экономической системе обязательно следует учесть возможность экспорта и импорта товаров. В таком случае условие (1) переходит из товарной формы в финансовую – обеспечения объема производства товаров и услуг ( $Y$ ) в регионе, реализация которых ( $P_Y$ ) на внутреннем и внешнем рынках обеспечивает каждого потребителя региона финансовым доходом, позволяющим ему оплатить стоимость ( $Ц_C$ ) необходимых товаров и услуг ( $C_i$ ) с учетом требуемого баланса внешней торговли (позитивное сальдо):

$$P_Y \geq Ц_C$$

Если выразить финансовые ресурсы ( $\Phi$ ) региона, которые останутся после удовлетворения основных социально-экономических потребностей в результате регионального объема производства товаров и услуг через

$$\Phi = P_Y - Ц_C, \quad (3)$$

то она может выступать критерием социально-экономического роста  $Y_{\text{рост}}(Y, C) = f(\Phi)$ .

Эта функция зависит с одной стороны от регионального производства, а с другой стороны, от справедливого распределения и экономного потребления продукции. Причем на рациональное потребление товаров и ресурсов  $Ef(R)$  в (1) влияют факторы качества регионального управления ( $Y$ ) и социальной среды ( $CC$ ):  $Ef = f(R, Y, V, CC)$ . Фактически речь идет об уровне организованности и информирования, которые принято измерять показателем энтропии ( $S$ ):  $Ef = f(R, Y, S(Y), S(CC))$ . Таким образом индекс социально-экономического развития можно представить как функцию организованности и информированности:

$$D_{\text{розв}} = f(S(Y), S(CC)).$$

### **Интегрированная экологическая безопасность.**

Управление техногенно-экологической безопасностью следует рассматривать как составляющую безопасности социозэкологической системы производительных сил соответствующего территориального образования. Безопасность является основной потребностью человека наряду с физиологическими, социальными и духовными потребностями. В социозэкологической системе некоторого региона производственные,

социальные и природные процессы связаны между собой взаимно поддерживающими материальными, энергетическими и информационными потоками. Необходимым условием для удовлетворения социально-экономических потребностей общества в товарах, услугах и других общественных благах есть качество и безопасность среды обитания, достаточные запасы природных ресурсов, устойчивость и сохранение естественных свойств экосистем. Более того сама безопасность является одним из общественных благ, для характеристики которого в работе [3] определено понятие интегрированной безопасности - как оптимального баланса социально-экономической ( $B_{CE}$ ) и техногенно-экологической безопасностей ( $B_{TE}$ ), который достигается при помощи распределения общих ограниченных ресурсов эколого-экономической системы – материальных, трудовых, энергетических, финансовых, интеллектуальных и информационных. Оптимальное значение индекса интегрированной безопасности выберем аддитивной функцией:

$$B_{OPT} \equiv \{B_{CE}(R_{CE}) + B_{TE}(R_{TE})\} \rightarrow MAX$$

$B_{CE}(R_{CE}), B_{TE}(R_{TE})$  - обусловленность социально-экономической и техногенно-экологической безопасностей соответствующими затратами частей общих достижимых ресурсов  $R=R_{CE}+R_{TE}$

При этом необходимым условием, базирующемся на основе принципа максимума Понтрягина, является равенство двух видов предельных затрат прироста ресурсов – на социально-экономическую и техногенно-экологическую безопасность:

$$\frac{\partial B_{CE}}{\partial R_{CE}} = \frac{\partial B_{TE}}{\partial R_{TE}}$$

Поскольку социально-экономическая безопасность обеспечивает устойчивость к угрозам удовлетворения потребностей граждан, региона на приемлемом уровне в процессе расширенного воспроизводства благ, то ее состояние можно поставить в зависимость от таких факторов как: экономический рост и развитие, достаточный уровень удовлетворения социально-экономических потребностей, ресурсное обеспечение, защита экономических интересов.

$$B_{CE}(C_{CO}(R_{CO}), D_{разв}(R_D), Y_{посл}(R_Y)) \rightarrow max$$

#### **Техногенно-экологическая безопасность региона.**

При превышении границы несущей емкости геоэкосистемы она становится источником экологической опасности для социально-экономической системы. Ведь лишь функционирование и сохранность биосферы делают возможным существование на Земле всех форм жизни, включая человека.

Существует много интерпретаций и представлений экологической

безопасности. Например, в работе [4] экологическую безопасность региона формализовано представлено функцией трех переменных:

$$B_{TE}=F(R,Q,E)$$

где R-природные ресурсы, E- экосистема, ее свойства, Q- человек, среда его проживания.

В таком случае, представим функцию суммарного риска для региональной экологической безопасности как суммы рисков для соответствующих составляющих:

$$r_E=r^R+r^E+r^Q$$

$r^R$  - риск потерь природных ресурсов в регионе

$r^E$  - риск негативных воздействий на региональные экосистемы

$r^Q$  - экологические риски для населения

На экологическую безопасность влияют, с одной стороны, риски аварий и стихийных бедствий, а с другой – состояние окружающей среды. Накопительные негативные эффекты ухудшения качества среды (загрязнение, деградация и прочее) представляет значительные угрозы как для здоровья человека, так и для устойчивости экосистем. Таким образом можно говорить о том, что в точке оптимума достигается, с одной стороны, баланс производства и потребления товаров и услуг, который гарантирует удовлетворения потребностей жизнеобеспечения и развития региона. А с другой – баланс использования и восстановления природных ресурсов в регионе. При этом должны удовлетворяться условия обеспечения допустимых экологических и социально-экономических рисков.

Будем различать два основных режима функционирования антропо-техногенной деятельности: регламентный и кризисный (аварии, катастрофы).

**Задачи управления экологической безопасностью в регламентном режиме антропо-техногенной деятельности.**

Целью управление экологической безопасностью в некотором регионе  $\Sigma_0$  является обеспечение допустимого уровня негативного воздействия природных и антропогенных факторов на окружающую среду и человека. Одним из традиционных механизмов обеспечения экологической безопасности [5] является обеспечение стратегически направленных механизмов экологического управления (u) в регионе по уменьшению в некотором периоде (как правило год) выбросов (Q) от пространственно распределенных источников, формирующих загрязнения (S) на основе критериев стандартов качества окружающей среды в k-зоне:

$$\min_{\{u(t,\Sigma)\}} \int_t \int_{\Sigma_k} S(Q,u,\Sigma,t) d\Sigma dt \leq S_{k\text{норм}}$$

В случае присутствия окружающей среде одновременно n факторов, что проявляют суммацию вредного воздействия, для каждой группы таких факторов следует рассчитать суммацию вредного воздействия.

Второй задачей региональной экологической безопасности является проведение мероприятий ( $u$ ) минимизации до приемлемого уровня рисков ( $r_E$ ) вредных эффектов антропогенных воздействий ( $AB$ ) на реципиентов ( $E$ ) окружающей среды в результате природопользования (например – вырубки леса, добычи минеральных ресурсов, организованных и неорганизованных выбросов загрязняющих веществ). Таким образом задачей есть минимизация рисков как для населения, так и окружающей среды: природных ресурсов, отдельных элементов экосистемы и на их общие эмерджентные характеристики и функции:

$$\min_{\{u(t, \Sigma)\}} \int_t \int_{\Sigma_k} r_E(AB, u, E, \Sigma, t) d\Sigma dt \leq r_{kнорм}$$

В регламентном режиме реализуется множество процессов природопользования. В модели следует учесть интенсивные процессы природопользования, которые могут существенно повлиять на экологические процессы.

Представим формулу полного риска экологической безопасности региона  $r_E(Y, P)$  на конечном множестве  $P = \{tp_{i,A}\}$ ,  $i=1..N$ , технологических процессов природопользования  $tp_{i,A}$ , каждый из которых в сочетании с некоторыми независимыми природными условиями – элементами конечного множества,  $\theta_k \in \Theta$ ,  $k=1..K$ , приводит к ущербу  $Y(tp_{i,A}, \theta_k)$

$$r_E(Y, P) = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K p(tp_{i,A}, \theta_k) Y(tp_{i,A}, \theta_k)$$

где  $p(tp_{i,A}, \theta_k)$  – полные вероятности негативных антропогенных воздействий на реципиентов в результате  $i$ -технологических процессов  $tp_{i,A} \in P$ ,  $i=1..N$ , с условиями окружающей среды  $\theta_k \in \Theta$ ,  $k=1..K$ , вероятности которых считаются заданными.  $p(tp_{i,E}, \theta_k) = p(tp_{i,E}) p(\theta_k)$

Для оценки риска необходимо составить базу технологических процессов, в которых интенсивно используются природные ресурсы, для каждого из них оценить возможные реципиенты и степень (в зависимости от  $\theta_k \in \Theta$ ) влияния. Затем с помощью моделирования или непосредственных наблюдений в системе экологического мониторинга можно контролировать степень негативного воздействия и произвести экономическую оценку ущерба.

Если построить полную группу наиболее интенсивных технологических процессов  $tp_{i,A} \in I$ ,  $i=1..N$  с применением байесового подхода, то для определения полной вероятности экологического ущерба в регионе на заданном промежутке времени достаточно задать структурную функцию



$\Psi(S)$  надежности (экобезопасности региональной системы) в регламентном режиме, такую, что

$$\Psi(S) : I \rightarrow P.$$

### Управление риском кризисных и катастрофических явлений.

Еще одной важной задачей региональной экологической безопасности является оценка риска возможных чрезвычайных ситуаций и аварийных выбросов с целью предупреждения возникновения и ликвидации последствий.

В кризисном режиме реализуется некоторое неблагоприятное событие  $A$ , полный риск эколого-экономических потерь ( $r_n$ ) которого для социальной ( $C$ ), экономической ( $\mathcal{E}$ ) и экологической ( $E$ ) сфер региона можно аддитивно представить формулой [2]:

$$r_n = r_C + r_{\mathcal{E}} + r_E.$$

Задачей обеспечения экологической безопасности в кризисном режиме является механизмов оперативного управления ( $u$ ) в регионе по уменьшению аварийных выбросов ( $Q$ ) от источников, или нейтрализации загрязнения ( $S$ ) в окружающей среде на основе критериев стандартов качества окружающей среды в  $k$ -зоне:

$$\min_{\{u(t, \Sigma)\}} \int_t \int_{\Sigma_k} S(Q, u, \Sigma, t) d\Sigma dt \leq S_{k \text{ норм}}$$

$S_{k \text{ норм}}$  в зависимости от тяжести ситуации не должен превышать предельно допустимые максимально-разовые концентрации, пороговые концентрации или минимально токсичные дозы.

Кроме того, проведение мероприятий ( $u$ ) минимизации до приемлемого уровня рисков эколого-экономических потерь и вредных эффектов опасных воздействий ( $OB$ ) на реципиентов в результате чрезвычайных ситуаций:

$$\min_{\{u(t, \Sigma)\}} \int_t \int_{\Sigma_k} r_n(OB, u, E, \Sigma, t) d\Sigma dt \leq r_{k \text{ норм}}$$

Используем формулу [6] полного риска  $r_n(Y, A)$  эколого-экономических потерь ( $Y$ ) на конечном множестве  $A = \{e_{i,A}\}$ ,  $i=1..N$ , независимых сценариев  $e_{i,A}$  аварий, каждый из которых в сочетании с некоторыми независимыми неблагоприятными условиями – элементами конечного множества,  $\theta_k \in \Theta$ ,

$k=1..K$ , приводит к ущербу  $Y(e_{i,A}, \theta_k)$

$$r_n(Y, A) = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K p(e_{i,A}, \theta_k) Y(e_{i,A}, \theta_k)$$

где  $p(e_{i,A}, \theta_k)$  – полные вероятности пересечения  $i$ -аварийных сценариев

$e_{i,A} \in A, i = 1...N$ , с неблагоприятными условиями  $\theta_k \in \Theta, k=1..K$ , вероятности которых считаются заданными. Неблагоприятные условия в месте возникновения опасного источника загрязняющих веществ, в первую очередь определяются метеоусловиями, которые определяют характер и направленность развития зоны токсического поражения, а также геоморфологическими, ландшафтными и другими природно-техническими условиями. Важным фактором также является наличие поблизости средств и сил противодействия чрезвычайным ситуациям, обеспечение достаточными материальными, человеческими и информационными ресурсами.

База возможных сценариев опасных выбросов в результате чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера охватывает: промышленные аварии, аварии на транспорте, теракты, взрывы, пожары, землетрясения, наводнения, ураганы. Если на их основе построить полную группу наиболее вероятных событий  $e_{i,A} \in E, i = 1...N$  с применением байесового подхода, то для определения полной вероятности экологического ущерба в регионе достаточно задать структурную функцию  $\Psi(S)$  надежности (экобезопасности региональной системы) в кризисном режиме, такую, что

$$\Psi(S): E \rightarrow A.$$

Таким образом оценив плотность распределения вероятности данных событий по территории и рассчитав вероятное пространственно-временное распределение вредного фактора (вероятность контакта с реципиентами риска) можно определить:

$$p(e_{i,E}, \theta_k) = p(e_{i,E})p(\theta_k)$$

и на основе экономической оценки природных ресурсов и потерь для здоровья можно оценить уровень риска региональной экологической безопасности от возможных чрезвычайных ситуаций.

Для решения задач региональной экологической безопасности очень важным условием является существование реестров опасных объектов в регионе, а также инвентаризация источников загрязнений окружающей среды. Для учета физико-химических особенностей различных сценариев выбросов (разливы, пожары, взрывы) необходимо формирование базы региональных эмиссионных моделей.

### **Основные соотношения устойчивого развития**

С учетом концепции критического природного капитала ( $R^*_t$ ) – как необходимых для жизни природных благ, которые невозможно искусственно заменить (ландшафты, биоразнообразие, озоновый слой, климат, экологическое равновесие и т.д.) основные соотношения устойчивого развития можно записать в виде [7]:

$$Y_t(K, L, R) \leq Y_{t+1}(K, L, R)$$

$$R_t^* \leq R_{t+1}^*$$

$$R_t = R_t^* + R_s^*$$

$$Bonm_t \leq Bonm_{t+1}$$

$$D_{розв}_t(S) \leq D_{розв}_{t+1}(S)$$

$P_Y \geq C_c$  (достатній рівень виробництва та позитивне сальдо зовнішньої торгівлі)

$C_i \text{ баз} < C_i$  (рівномірність розподілу, забезпечення добробуту кожного)

$$\min_{\{u(t, \Sigma)\}} \int_t \int_{\Sigma_k} r_E(AB, u, E, \Sigma, t) d\Sigma dt \leq r_{k \text{ норм}}$$

$$\min_{\{u(t, \Sigma)\}} \int_t \int_{\Sigma_k} r_n(OB, u, E, \Sigma, t) d\Sigma dt \leq r_{k \text{ норм}}$$

$Y_t(K, L, R)$  - неубывающая во времени производственная функция региона.

$K, L, R$  – агрегированные переменные капитала, труда и природных ресурсов.

$R_s^*$  – часть замещения невозобновляемого ресурса природного капитала возобновляемым.

### **Выводы.**

Обобщены актуальные задачи рационального природопользовани и управления региональной экологической безопасностью. Разработаны методические подходы к решению задач и построения комплексных региональных моделей на основе интегральных индексов развития и безопасности. Такие задачи имеют комплексный многокомпонентный и многоуровневый характер. Для адекватного представления экономических и экологических процессов в математических моделях необходимо иметь динамическое представление основных факторов производства и потребления материальных и природных ресурсов, достаточных для представления индексов развития и безопасности региона. Кроме того, модель должна включать возможность управления экологическими рисками для отдельных подсистем и объектов региональной социоэкологической системы. Описана общая методика построения региональной оптимизационной модели с социально-экономическими и экологическими ограничениями природопользования в виде соотношений устойчивого развития.

1. *Ночвай В.И.* Оценка индекса интегрированной экологической безопасности региона. Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист 8. 2015

2. Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л. Хміль Г.А. Природний, техно-генний та екологічний ризику: аналіз, оцінка, управління. К. Наукова Думка – 2008. – 520с.
3. Дорогунцов С.И. Ральчук А.Н. Управление техногенно-экологической безопасностью в контексте парадигмы устойчивого развития. К. Наукова Думка – 2002.-234 с.
4. Герасимчук З.В., Тендюк А.А. Процесс формирования инструментария обеспечения экологической безопасности на региональном уровне. Методы решения экологических проблем. Под ред. Мельника Л.Г. Сумы: СумГУ, 2010.- Вып.3.- с. 251-263
5. Беляев Н.Н. Ночвай В.И. Математическое моделирование процессов загрязнения атмосферы в региональных задачах экологической безопасности. Збірник наукових праць НГУ – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2015 - №47 – с.131-138
6. Стефанишин Д.В. Вибрані задачі оцінки ризику та прийняття рішень за умов стохастичної невизначеності.-К.:Азимут-Україна, 2009. – 104 с.
7. Красс М.С. Моделирование эколого-экономических систем: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2010.-272 с.

*Поступила 17.10.2016р.*

УДК 681.518.3

О. Ф. Єнікеєв, м. Харків  
Л. М. Щербак, м. Київ

## **ДВОХСТУПЕНЕВА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ПРОЦЕСУ АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ**

The architecture of information-measuring system has been developed on the basis of methods of coordinate and digital control, the hierarchical principle, indirect measurements of roughness, principles of decentralization and parallelization of incoming information processing. Devices of signal processing means are designed on the basis of minimizing of a quadratic quality criterion with using standard mathematical models of hardware means with a known delay.

**Вступ.** Застосування інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) для підвищення економічної ефективності технологічних процесів алмазного шліфування (АШ) має за мету скоротити час обробки деталі та отримати задану шорсткість поверхні. При цьому не використовується інформація про поточну якість поверхні деталі, оскільки отримати цей сигнал шляхом прямих вимірювань неможливо у зв'язку з відсутністю відповідних датчиків. Встановлено, що основним недоліком існуючих ІВС програмного завдання параметрів процесу АШ є відсутність сигналу про поточну якість поверхні деталі, що оброблюється верстатом. Результатом цього є низька ефективність їхнього задавання, що призводить до збільшення тривалості технологічного