

УДК 574:519

С. Ф. Куркин, А. Г. Поздеев

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОДОРОЖНОЙ СЕТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

Построена система АПК региона с учетом антропогенного воздействия на окружающую среду, формируемого за счет дорожно-транспортной инфраструктуры. Составлена система уравнений темпов и уровней и разработан алгоритм получения количественных значений параметров состояния АПК региона. Сформирована методика обоснования экологической безопасности региона на основе оценки динамики показателей системного комплекса природоохранной деятельности АПК во взаимодействии с дорожно-транспортной системой.

Введение. Особенности развития производственно-хозяйственной деятельности агропромышленного комплекса (АПК) приводят к возрастанию ее негативного воздействия на окружающую среду, что повышает ответственность предприятий за проведение эффективных природоохранных мероприятий с целью снижения отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду и экономного расходования природных ресурсов.

Необходимым условием успешного развития агропромышленного производства и одной из важнейших составляющих материально-технической базы сельскохозяйственного производства является автодорожный комплекс (АДК), который также негативно воздействует на окружающую среду.

В процессе строительства автомобильной дороги используются большие объемы природных материалов, значительная часть которых не возобновляема [1].

Придорожная полоса в результате движения транспортных потоков большой интенсивности превращается, по сравнению с прилегающей местностью, в зону с аномально высоким уровнем энергии, повышенным содержанием загрязняющих веществ, влияющих отрицательно не только на климат, но и на животный и растительный мир.

Кроме того, автомобильные дороги как линейные инженерные сооружения вносят существенные изменения в природный ландшафт. Возведение высоких насыпей и устройство глубоких выемок нарушают установившийся режим перемещения грунтовых вод. В результате прокладки автомобильных дорог активизируются процессы водной и ветровой эрозии земель, изменяется микроклимат в местах расположения высоких насыпей и глубоких выемок.

Процесс взаимодействия дороги со средой формирует несколько основных групп связей: взаимодействие дороги как технического сооружения с окружающими экосистемами; воздействие на окружающую среду технологических процессов строительства и эксплуатации дороги; потребление природных ресурсов. Каждая из этих связей оказывает влияние на литосферу, атмосферу, гидросферу, биосферу и антропогенные образования.

В связи с этим актуальной проблемой становится разработка системной модели, отражающей взаимодействие агропромышленного и автодорожного комплексов региона и учитывающей негативные экологические последствия их функционирования и развития.

Цель работы – формирование моделей экологической безопасности производственно-хозяйственной деятельности агропромышленных комплексов в их взаимосвязи с дорожно-транспортной системой, учитывающих экологический риск на всех стадиях их проектирования, разработки и эксплуатации, и создание на этой основе хозяйственно-экологических информационных систем.

Решаемые задачи.

1. Построение системы АПК региона на основе структуры, включающей шесть эшелонов: социально-демографический, производственно-технический, агропромышленный, сельскохозяйственно-ресурсный, природно-географический и эшелон антропогенного воздействия на окружающую среду, формируемый преимущественно за счет дорожно-транспортной инфраструктуры.

2. Составление уравнения состояния и динамики АПК региона на основе структурной схемы, включая уравнения темпов и уровней, представляющих собой систему конечно-разностных уравнений.

3. Разработка алгоритмической структуры, позволяющей получить количественные значения для оценки параметров состояния АПК региона.

4. Формирование методики обоснования экологической безопасности региона на основе оценки динамики показателей и устойчивости системного комплекса природоохранной деятельности АПК во взаимодействии с дорожно-транспортной системой.

Элементы модели и их характеристика. Система, в которую включен агропромышленный комплекс, представляет собой балансовую структуру региона, имеющую целью национально-экономическое развитие с учетом сохранения качества окружающей среды.

Выделим следующие эшелоны региональной системы: социально-демографический; производственно-технический; агропромышленный; сельскохозяйственно-ресурсный; природно-географический; антропогенного воздействия на окружающую среду.

Функционирование системы в целом обеспечивается значимыми связями между подсистемами, устанавливаемыми после построения структур последних.

В качестве расчетного региона выбрана Республика Марий Эл, показатели которой приведены на основании Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды (ГДРМЭ) [2], Статистического сборника республики (СБРМЭ) [3], данных Минсельхозпрода РМЭ (СХРМЭ) [4] и пособия по определению расчетных гидрологических характеристик (ГХ) [5]. Данные перечисленных источников округлены и относятся к условному году.

Группа подсистем социально-демографического эшелона включает демографическую подсистему, определяющую естественный рост населения и учитывающую его миграцию между городами и сельскими регионами. Элементы этой группы подсистем сведены в таблицу (табл. 1).

Таблица 1

Обозначения элементов подсистем социально-демографического эшелона

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>PK</i>	Численность сельского населения	$3,0 \cdot 10^5$	чел.	СБРМЭ
<i>PKG</i>	Темп рождаемости сельского населения	$4,0 \cdot 10^3$	чел/год	СБРМЭ
<i>PKD</i>	Темп смертности сельского населения	$3,0 \cdot 10^3$	чел/год	СБРМЭ

В эшелон производственно-технического назначения входит подсистема агропромышленного строительства (табл. 2).

Таблица 2

Обозначения элементов подсистем производственно-технического эшелона

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>AS</i>	Объем агропромышленного строительства	$9,0 \cdot 10^7$	р.	СБРМЭ
<i>ASG</i>	Темп роста агропромышленного строительства	$1,0 \cdot 10^7$	р./год	СБРМЭ

Элементы подсистемы эшелона агропромышленного комплекса (табл. 3) образуют структуру, определяющую формирование фондов в сельском хозяйстве на основе прямого потребления природных ресурсов.

Таблица 3

Обозначения элементов подсистем агропромышленного комплекса

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>KI</i>	Капиталовложения в сельском хозяйстве	$3,0 \cdot 10^8$	р.	СХРМЭ
<i>KIG</i>	Фондообразование в сельском хозяйстве	$4,0 \cdot 10^5$	р./год	СХРМЭ

Сельскохозяйственные ресурсы образуют подсистемы (табл. 4), определяемые плодородием почв, мелиорацией земель и кадровым потенциалом АПК.

Таблица 4

Обозначения элементов подсистемы сельскохозяйственных ресурсов

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>AR</i>	Уровень сельскохозяйственных ресурсов	1,0	ед	СБРМЭ
<i>ARD</i>	Темп уменьшения сельскохозяйственных ресурсов	0,01	ед/год	СБРМЭ
<i>ARG</i>	Темп роста сельскохозяйственных ресурсов	0,05	ед/год	СБРМЭ

Природно-географический эшелон включает следующие подсистемы: с водонепроницаемой поверхностью территорий; запаса почвенной влажности; подсистему склонового стока; подсистему площади региона, включающую площадь, покрытую лесами, заболоченную площадь, поверхность зеркала водоемов, площадь полей и лугов.

Группа подсистем природно-географического эшелона приведена в табл. 5.

Воздействие автодорожного комплекса на окружающую среду определяется источниками нарушения экологии региона, которые объединяют пять эшелонов показателей: изъятие местных природных ресурсов; изменение рельефа; гидротехнические работы; технологические загрязнения; транспортные загрязнения.

Таблица 5

Обозначения элементов подсистем природно-географического эшелона

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>VS</i>	Объем стока с водонепроницаемой территории	$1,5 \cdot 10^{-2}$	м	ГХ
<i>VSG</i>	Рост стока с водонепроницаемой территории	$4,0 \cdot 10^{-5}$	м/год	ГХ
<i>PW</i>	Запас почвенной влажности	0,25	м	ГДРМЭ
<i>PWG</i>	Темп роста почвенной влажности	0,05	м/год	ГДРМЭ
<i>QS</i>	Объем склонового стока	$1,0 \cdot 10^{-3}$	м	ГХ
<i>QSG</i>	Приток склонового стока	$3,0 \cdot 10^{-6}$	м/год	ГХ
<i>FL</i>	Площадь, покрытая лесом	$1,5 \cdot 10^{10}$	м ²	ГДРМЭ
<i>FLD</i>	Темп уменьшения площади, покрытой лесом	$1,0 \cdot 10^6$	м ² /год	ГДРМЭ
<i>FB</i>	Площадь поверхности болот	$4,0 \cdot 10^9$	м ²	ГДРМЭ
<i>FBD</i>	Темп уменьшения площади поверхности болот	$1,5 \cdot 10^6$	м ² /год	ГДРМЭ
<i>FR</i>	Площадь полей и лугов	$6,0 \cdot 10^9$	м ²	ГДРМЭ
<i>FRG</i>	Рост площади полей и лугов	$5,0 \cdot 10^7$	м ² /год	ГДРМЭ

В каждый из указанных эшелонов входит по пять показателей, идентификаторы которых приведены в табл. 6.

Таблица 6

Обозначение элементов подсистем антропогенного воздействия на природную среду

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>NP</i>	Интенсивность транспортного потока	$1,5 \cdot 10^6$	авт.	ГДРМЭ
<i>NPG</i>	Рост интенсивности транспортного потока	$1,0 \cdot 10^4$	авт./год	ГДРМЭ
<i>US</i>	Загрязнение поверхностных вод	$1,0 \cdot 10^5$	м ³	ГДРМЭ
<i>USG</i>	Темп роста загрязнения поверхностных вод	$3,0 \cdot 10^2$	м ³ /год	ГДРМЭ
<i>AM</i>	Минеральные загрязнения воздуха	$1,5 \cdot 10^4$	кг/га	ГДРМЭ
<i>AMG</i>	Темп роста минерального загрязнения воздуха	$4,0 \cdot 10^2$	кг/(га·год)	ГДРМЭ
<i>АН</i>	Уровень шума	70	Дб	ГДРМЭ
<i>АНГ</i>	Темп роста уровня шума	1	Дб/год	ГДРМЭ
<i>AG</i>	Выбросы отработанных газов	$5,0 \cdot 10^6$	кг	ГДРМЭ
<i>AGG</i>	Темп роста выброса отработанных газов	$1,5 \cdot 10^4$	кг/год	ГДРМЭ
<i>PO</i>	Площадь загрязнения в зонах обслуживания	$1,0 \cdot 10^5$	м ²	ГДРМЭ
<i>POG</i>	Темп роста площади загрязнения в зонах обслуживания	$1,0 \cdot 10^2$	м ² /год	ГДРМЭ

Подсистемы региональной системы агропромышленного комплекса охвачены информационными связями, которые определяются множителями влияния. В случае, когда к подсистеме присоединяется одна информационная связь, множитель определяется отношением величины темпа, в который она входит, к величине уровня, из которого она исходит (табл. 7).

Таблица 7

Обозначения множителей информационных связей между подсистемами

Идентификатор элемента	Вербальное описание элемента	Начальное значение	Размерность
<i>KIPK</i>	Множитель влияния капиталовложений в АПК на численность сельского населения	$1,3 \cdot 10^{-6}$	чел./р·год
<i>KIKI</i>	Множитель влияния капиталовложений в АПК на темп их роста	$1,3 \cdot 10^{-3}$	1/год
<i>KIAR</i>	Множитель влияния капиталовложений в АПК на уровень сельскохозяйственных ресурсов	$4,4 \cdot 10^{-12}$	ед./р·год
<i>KIAS</i>	Множитель влияния капиталовложений в АПК на объем сельскохозяйственного строительства	$4,0 \cdot 10^{-4}$	1/год
<i>QSAR</i>	Множитель влияния склонового стока на изменение уровня сельскохозяйственных ресурсов	3,0	ед./м·год
<i>QSFR</i>	Множитель влияния склонового стока на уменьшение площади полей и лугов	$1,8 \cdot 10^{10}$	м/год
<i>FBAR</i>	Множитель влияния площади поверхности болот на темп уменьшения ресурсов	$9,4 \cdot 10^{-14}$	ед./м ² ·год
<i>FBFR</i>	Множитель влияния площади поверхности болот на площадь полей и лугов	$5,6 \cdot 10^{-4}$	1/год
<i>FBFL</i>	Множитель влияния площади поверхности болот на площадь, покрытую лесом	$1,4 \cdot 10^{-3}$	1/год
<i>VSQS</i>	Множитель влияния стока с водонепроницаемой территории на увеличение склонового стока	$1,8 \cdot 10^{-4}$	1/год
<i>PKAR</i>	Множитель влияния численности сельского населения на уровень сельскохозяйственных ресурсов	$1,1 \cdot 10^{-8}$	ед./чел·год
<i>PKAS</i>	Множитель влияния численности сельского населения на объем сельскохозяйственного строительства	1,0	р/чел·год
<i>PWVS</i>	Множитель влияния запаса почвенной влажности на объем стока с водонепроницаемой территории	$1,2 \cdot 10^{-2}$	м/год
<i>PWQS</i>	Множитель влияния запаса почвенной влажности на объем склонового стока	$8,0 \cdot 10^{-4}$	1/год
<i>PWFB</i>	Множитель влияния запаса почвенной влажности на площадь поверхности болот	$3,2 \cdot 10^9$	м/год
<i>FRFL</i>	Множитель влияния площади полей и лугов на площадь, покрытую лесом	$2,1 \cdot 10^{-2}$	1/год
<i>ASKI</i>	Множитель влияния объема агропромышленного строительства на капиталовложения в сельском хозяйстве	$3,7 \cdot 10^{-8}$	1/год
<i>ARFB</i>	Множитель влияния сельскохозяйственных ресурсов на площадь поверхности болот	$1,6 \cdot 10^8$	м ³ /(ед·год)
<i>ARFR</i>	Множитель влияния сельскохозяйственных ресурсов на площадь полей и лугов	$2,4 \cdot 10^8$	м ³ /(ед·год)
<i>FLPW</i>	Множитель влияния площади, покрытой лесом, на запас почвенной влажности	$1,1 \cdot 10^{-15}$	1/(м·год)
<i>FLFB</i>	Множитель влияния площади, покрытой лесом, на площадь поверхности болот	$1,8 \cdot 10^{-11}$	1/год
<i>AGUS</i>	Множитель влияния выбросов ОГ на загрязнение поверхностных вод	$6,0 \cdot 10^{-5}$	м ³ /(кг·год)
<i>POUS</i>	Множитель влияния площади загрязнения в зонах обслуживания на загрязнение поверхностных вод	$1,0 \cdot 10^{-3}$	м/год
<i>AMUS</i>	Множитель влияния минерального загрязнения воздуха на загрязнение поверхностных вод	$2,3 \cdot 10^{-1}$	м ³ ·га/(кг·год)
<i>NPAM</i>	Множитель влияния интенсивности транспортного потока на минеральные загрязнения воздуха	$6,7 \cdot 10^{-5}$	кг/(га·ед·год)

Окончание табл. 7

Идентификатор элемента	Вербальное описание элемента	Начальное значение	Размерность
<i>NPAH</i>	Множитель влияния интенсивности транспортного потока на уровень шума	$3,1 \cdot 10^{-7}$	Дб/(ед.год)
<i>ASNP</i>	Множитель влияния объема агропромышленного строительства на интенсивность транспортного потока	$1,9 \cdot 10^{-3}$	авт./(р.год)
<i>PKPO</i>	Множитель влияния численности сельского населения на площадь загрязнения в зонах транспортного обслуживания	$1,1 \cdot 10^{-3}$	м ² /(чел.год)
<i>NPAG</i>	Множитель влияния интенсивности транспортного потока на выбросы отработанных газов	$2,2 \cdot 10^{-2}$	кг/(авт.год)
<i>USAR</i>	Множитель влияния загрязнения поверхности на уровень сельскохозяйственных ресурсов	$3,0 \cdot 10^{-8}$	ед./(м ³ .год)
<i>AHPK</i>	Множитель влияния уровня шума на рост сельского населения	$6,1 \cdot 10^{-1}$	чел./(Дб.год)

Уравнения системного комплекса. Уравнения системного комплекса агропромышленной деятельности региона составляются на основе структурной схемы (рис. 1) и включают уравнения темпов и уровней субстанций, определяемых элементарными балансовыми подсистемами [6]. Используя введенные идентификаторы переменных системы и множителей, запишем уравнения элементарных подсистем. Сначала записываются уравнения уровня, а затем – соответствующее уравнение темпов.

1. Капиталовложения в сельском хозяйстве:

$$KI = KI + DT \cdot KIG; KIG = KIG + ASKI \cdot AS + KIKI \cdot KI.$$

2. Численность сельского населения:

$$PK = PK + DT \cdot (PKG - PKD); PKG = PKG + KIPK \cdot KI; PKD = PKD + AHPK \cdot AH.$$

3. Объем склонового стока:

$$QS = QS + DT \cdot QSG; QSG = QSG + VSQS \cdot VS + PWQS \cdot PW.$$

4. Объем агропромышленного строительства:

$$AS = AS + DT \cdot ASG; ASG = ASG + KIAS \cdot KI + PKAS \cdot PK.$$

5. Площадь поверхности полей и лугов:

$$FR = FR + DT \cdot FRG; FRG = FRG + ARFR \cdot AR + FBFR \cdot FB + QSFR \cdot QS.$$

6. Уровень сельскохозяйственных ресурсов:

$$AR = AR + DT \cdot (ARG - ARD); ARG = ARG + USAR \cdot US + KIAR \cdot KI;$$

$$ARD = ARG + QSAR \cdot QS + FBAR \cdot FB.$$

7. Площадь поверхности болот:

$$FB = FB - DT \cdot FBD; FBD = FBD + ARFB \cdot AR + PWFB \cdot PW + FLFB \cdot FL.$$

8. Объем стока с водонепроницаемой территории:

$$VS = VS + DT \cdot VSG; VSG = VSG + PWVS \cdot PW.$$

9. Запас почвенной влажности:

$$PW = PW + DT \cdot PWG; PWG = PWG + FLPW \cdot FL.$$

10. Площадь, покрытая лесом:

$$FL = FL - DT \cdot FLD; FLG = FLG + FBFL \cdot FB + FRFL \cdot FR.$$

11. Интенсивность транспортного потока:

$$NP = NP + DT \cdot NPG; NPG = NPG + ASNP \cdot AS.$$

12. Загрязнение поверхностных вод:

$$US = US + DT \cdot USG; USG = USG + AGUS \cdot AG + AMUS \cdot AM + POUS \cdot PO.$$

13. Минеральные загрязнения воздуха:

$$AM = AM + DT \cdot AMG; AMG = AMG + NPAM \cdot NP.$$

14. Уровень шума:

$$AH = AH + DT \cdot AHG; AHG = AHG + NPAH \cdot NP.$$

15. Выбросы отработанных газов:

$$AG = AG + DT \cdot AGG; AGG = AGG + NPAG \cdot NP.$$

16. Площадь загрязнения в зонах обслуживания:

$$PO = PO + DT \cdot POG; POG = POG + PKPO \cdot PK.$$

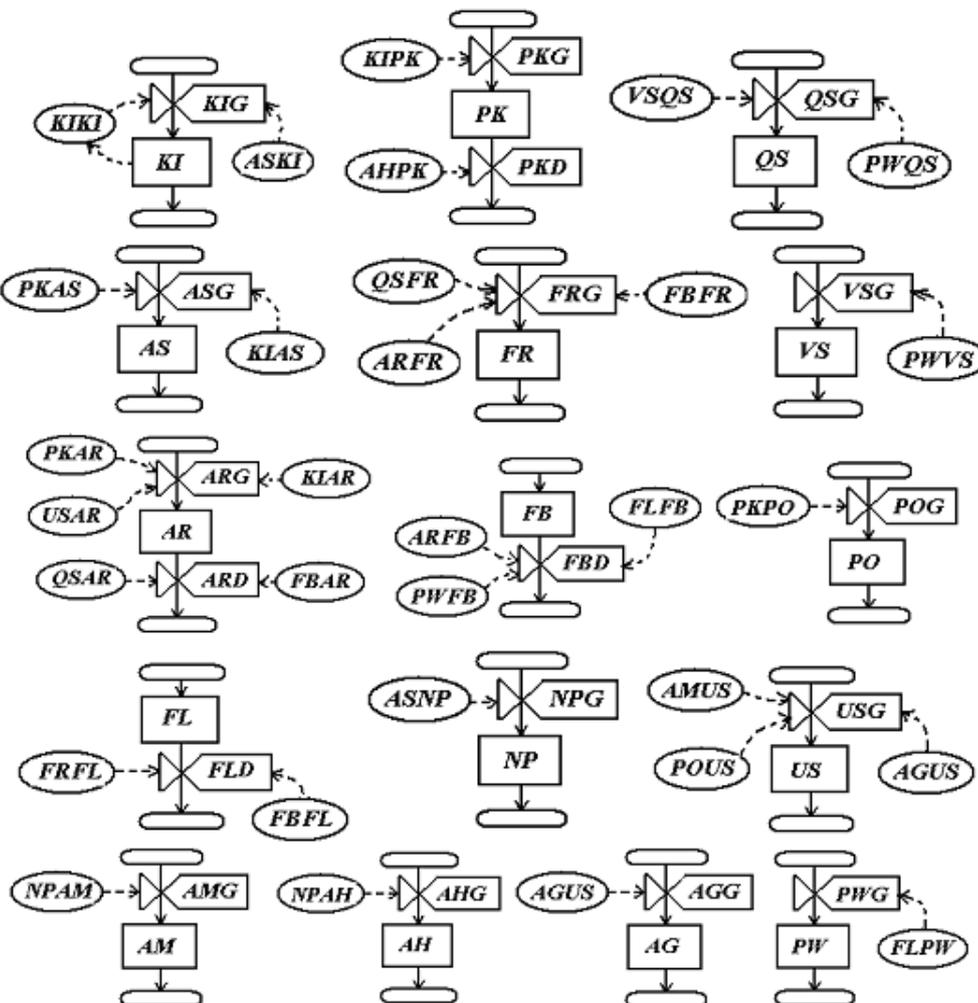


Рис. 1. Структурная схема системы хозяйственной деятельности АПК

Аналитическое определение множителей влияния. Уточнение связей между отдельными подсистемами и образуемыми ими эшелонами требует дальнейшего исследования и может быть произведено, например, аналитическим методом.

Определение множителей влияния при связи темпа подсистемы с двумя и более уровнями других подсистем может быть выполнено на основе определения частных производных в конечных разностях.

В качестве примера рассмотрим подсистему численности сельского населения PK . Системные связи от уровня капиталовложений (фондов) в сельском хозяйстве KI определяются действием множителей $KIPK$ на темп роста сельского населения PKG .

Представим эту связь в виде конечных приращений:

$$KIPK = \frac{\Delta PK}{\Delta KI^2} KIG = \frac{3,0 \cdot 10^5}{(3,0 \cdot 10^8)^2} 4,0 \cdot 10^5 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ чел./}(p\text{-год}).$$

Численные значения для определения множителей влияния определяются по таблицам идентификаторов эшелонов системы (табл.1–7). Вычисленные значения заносятся в таблицу множителей информационных связей между подсистемами.

Структурные диаграммы системы экологической безопасности. Требование компактности представления структурной диаграммы системы хозяйственной деятельности АПК региона вызвало необходимость замены изображения информационных связей между подсистемами. В использованных ниже структурных диаграммах штриховые линии связей по информационным каналам определяются по идентификаторам множителей связи.

В двух первых символах множители связи содержат информацию о том, откуда исходит информационная связь. Множители всегда заканчиваются их информационной связью на некотором темпе, наименование которого определяет вторая часть имени множителя.

Численное решение уравнений системного комплекса. Для реализации программного комплекса экологической безопасности АПК региона определим период прогнозирования $t=10$ лет. Используя данные таблиц идентификаторов, вводим численные значения для переменных системы. Составленные уравнения темпов и уровней реализуются в виде программного комплекса в среде MathCad.

Вычисления производятся в целочисленном цикле *for* по переменной цикла DT в диапазоне изменения времени от 0 до t .

Функции, подвергаемые циклическому изменению, являются функциями уровней и темпов изменения соответствующих субстанций, определяющих отдельные подсистемы комплекса.

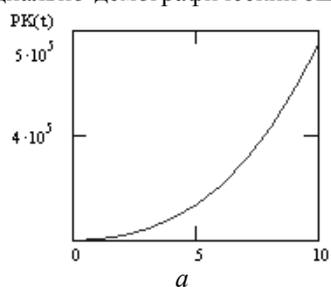
Выделение локальных переменных из цикла производится заменой глобального имени переменной в конце и начале программы.

В приведенном примере в качестве глобальной переменной объявлена численность сельского населения PK .

Динамика показателей системного комплекса.

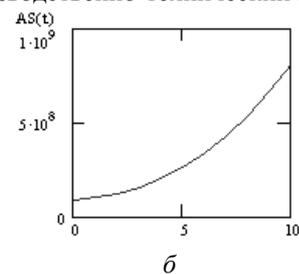
В результате имитационного моделирования в среде MathCad получены зависимости динамики параметров системы (рис. 2), часть из которых приведена ниже.

Социально-демографический эшелон



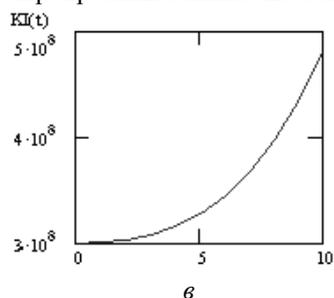
а

Производственно-технический эшелон



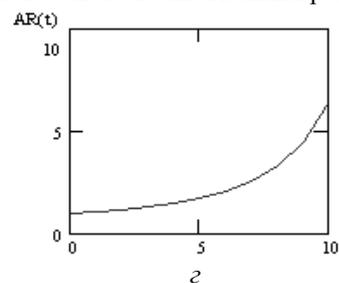
б

Агропромышленный эшелон



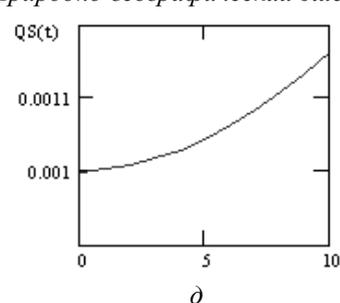
в

Эшелон сельскохозяйственных ресурсов



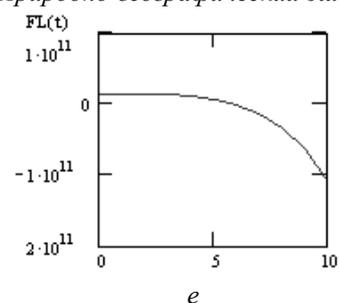
г

Природно-географический эшелон



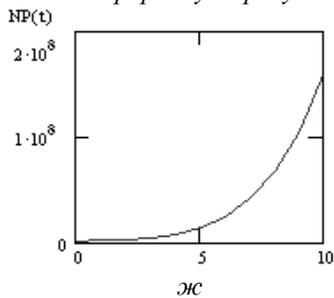
д

Природно-географический эшелон



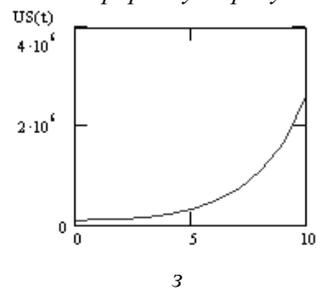
е

Эшелон антропогенного воздействия на природную среду



ж

Эшелон антропогенного воздействия на природную среду



з

Рис. 2. Зависимость динамики параметров системы: а – динамика численности населения; б – динамика объема агропромышленного строительства; в – динамика капиталовложений в сельском хозяйстве; г – динамика сельскохозяйственных ресурсов; д – динамика склонового стока; е – динамика площади, покрытой лесом; ж – динамика интенсивности транспортного потока; з – динамика загрязнения поверхностных вод

Заключение. В результате оценки динамики показателей и устойчивости системного комплекса природоохранной деятельности составлена методика обоснования экологической безопасности агропромышленного комплекса региона:

1. Производится морфологический анализ экологического состояния природных ресурсов для выделения субстанциональных потоков, значимых при достижении цели хозяйственной деятельности агропромышленного комплекса региона.

2. Строится системная диаграмма экологического состояния природных ресурсов на основе соединения информационными связями балансовых подсистем выделенных субстанциональных потоков. Диаграмма позволяет составить систему уравнений, образующих алгоритмическую структуру, которая, воздействуя на исходные данные, определяет количественные значения параметров экологически безопасной хозяйственной деятельности предприятий АПК региона.

3. Определяются численные значения элементов подсистемы состояния природных ресурсов по данным натурных наблюдений.

4. Производится решение системы конечно-разностных дифференциальных уравнений динамики состояния природных ресурсов.

Список литературы

1. Подольский, В. П. Дорожная экология / В. П. Подольский. – М.: Союз, 1997. – 196 с.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Марий Эл в 2001 году. – Йошкар-Ола: Мин. экологии и природопользования РМЭ, 2001. – 172 с.
3. Республика Марий Эл в цифрах: Статистический сборник. – Йошкар-Ола: Госкомстат Республики Марий Эл, 1996. – 252 с.
4. Сельское хозяйство Республики Марий Эл: Статистический сборник. – Йошкар-Ола: Госкомстат Марий Эл, 1997. – 279 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – М.: ГГИ, 1984. – 448 с.
6. Дмитриев, Ю. Я. Математическое моделирование экологических систем: Учеб. пособие / Ю. Я. Дмитриев, А. Г. Поздеев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – 206 с.

Статья поступила в редакцию 05.09.08

S. F. Kirkin, A. G. Pozdeyev

ESTIMATION TECHNIQUE FOR ECOLOGICAL STABILITY OF AGRICULTURAL SECTOR OF THE REGION ROAD NETWORK FUNCTIONING

The system of agricultural sector of the region is constructed in view of anthropogenous influence on the environment by the road and traffic infrastructure. The system of the equations of rates and levels is made and the algorithm of calculating quantitative values of parameters of the state of agricultural sector of the region is developed. The technique for substantiation ecological safety of the region is generated on the basis of estimating the dynamics of parameters of a system complex of nature protection activity of agricultural sector in the interaction with road and traffic system.

КИРКИН Станислав Федорович – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин МарГТУ. Область научных интересов – разработка экологически безопасных внедорожных самоходных амфибийных транспортных средств с управляемой воздушной разгрузкой (САВР) опорно-двигательных элементов. Автор более 80 научных работ.

ПОЗДЕЕВ Анатолий Геннадиевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов МарГТУ. Область научных интересов – проблемы водного транспорта и комплексного освоения водных ресурсов; математическое моделирование в гидродинамике и экологии. Автор более 60 научных работ.