

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
(ВИНИТИ)

# ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Обзорная информация

Выпуск № 1

Издается с 1995 г.

Москва 2009

Выходит 6 раз в год

---

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор — академик РАН *Ю. М. Арский*

Члены редколлегии:

*к. т. н. Л. Г. Алейникова,*  
*ст. н. с. А. Г. Ганжа, д. э. н. А. А. Гусев,*  
*к. т. н. И. И. Потапов (зам. главного редактора),*  
*д. э. н. И. А. Рубанов, д. э. н. Н. П. Тихомиров,*  
*к. э. н. Т. М. Ушмаева (ученый секретарь редколлегии),*  
*к. э. н. С. П. Яшуква*

Журнал включен ВАК РФ в Перечень ведущих научных журналов и изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

Наш адрес: 125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20  
Всероссийский институт научной и технической информации  
Отдел научной информации по глобальным проблемам  
Телефон 8(499) 152-55-00;  
факс: 8(499)-943-00-60  
E-mail: ipotapov 37 @ mail.ru

© ВИНТИ, 2009

THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
THE ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE FOR SCIENTIFIC  
AND TECHNICAL INFORMATION (VINITI)

## NATURE MANAGEMENT ECONOMICS

### Review information

№ 1

Founded in 1995

Moscow 2009

6 issues per year

---

### EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief — *Arskij M. Yu.*,  
Member of Russian Academy of Sciences

#### Editorial Board Members:

*Aleinikova L. G., Ganzha A. G., Gusev A. A., Potapov I. I.,  
Rubanov I. A., Tikhomirov N. P., Ushmaeva T. M., Yashukova S. P.*

Journal is included into Russian  
Highest Examination Board (VAK)  
Index of leading scientific journals and transactions

Editorial Office: 125190, Russia, Moscow, Usievich st., 20  
The All-Russian Institute for Scientific and Technical Information  
Department of Scientific Information on global Problems  
Telephone (499) 152-55-00  
Fax: (499)-943-00-60  
E-mail: ipotapov 37 @ mail.ru

© VINITI, 2009

В редакцию журнала  
“Экономика природопользования”

### *УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!*

Ограниченность ассимиляционного потенциала и природных ресурсов планеты в условиях продолжающегося роста ее населения и экономики являются основной причиной многих противоречий общественного развития, проявляющихся в виде изменений климата и глобального потепления, учащающихся природных катастроф, исчезновения биологических видов, ухудшения условий проживания в больших городах, экономических кризисов и целого ряда других негативных явлений.

Несмотря на продолжающиеся усилия ряда общественных организаций, включая ООН и ЮНЕСКО, правительств многих стран и научных коллективов по формированию механизмов устойчивого развития в экономике до сих пор сохраняется стремление к снижению издержек производства при добыче природных ресурсов, производстве товаров и услуг, организации систем расселения и транспортных сообщений за счет уменьшения затрат на охрану окружающей среды и обеспечение безопасности жизнедеятельности. В значительной степени это обусловлено недооценкой роли экологических и социальных показателей при формировании критериев общественного развития, что, в свою очередь, ослабляет стимулы к возведению обоснованных экономико-правовых барьеров на ведение экологически опасной деятельности, в том числе и в международном масштабе, снижает эффективность разработок и использования ресурсосберегающих и природозащитных технологий, затрудняет формирование в различных слоях общества бережного отношения к природе.

В такой ситуации особенно важным представляется консолидировать усилия специалистов на разработках экономически обоснованных мер обеспечения устойчивого развития на всех уровнях организации общественной системы — от отдельных домохозяйств и производств до мировой экономики. Необходимым условием такой консолидации является ознакомление научной общественности, специалистов различных отраслей знаний — экологов, экономистов, политологов и обществоведов, математиков, медиков, технологов и других, которые в той или иной степени в своих разработках должны учитывать экологические факторы, с результатами исследования их коллег. Определенный вклад в этот процесс вносит и журнал “Экономика природопользования”, на страницах которого, начиная с 1995 года, его читатели — ученые и специалисты — практики, аспиранты и студенты, могут ознакомиться с последними результатами исследований и предложениями по управлению устойчивым развитием, организации охраны природных систем, обеспечению безопасности и риск-анализу жизнедеятельности, разработкам ресурсосберегающих технологий и другим направлениям, в совокупности определяющим экономические отношения в сфере природопользования и сохранения окружающей среды.

В журнале читатели также могут ознакомиться с рецензиями на последние изданные монографии, учебники и учебные пособия, содержащие материалы по экономике природопользования, получить информацию о научных совещаниях, конференциях, диссертациях и т. п. по этой тематике.

Подтверждением достаточно высокого уровня публикаций журнала является и включение его в список изданий, рекомендованных ВАК Министерства образования РФ к опубликованию основных результатов диссертационных исследований по направлению экономика.

Хочу пожелать журналу “Экономика природопользования” в 2009 году новых интересных публикаций, которые усилят интерес общественности к поднимаемым на его страницах проблемам и внесут определенный вклад в их разрешение.

Первый проректор ГОУ ВПО  
“Российская экономическая академия  
им. Г. В. Плеханова”  
заслуженный деятель науки РФ,  
д.э.н., профессор

*Т. П. РОЗАНОВА*

### ОТНОШЕНИЕ ЭКОНОМИКИ К ПРОБЛЕМЕ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ<sup>1</sup>

д. э. н. *Е. В. Рюмина*

(Институт проблем рынка РАН, г. Москва)

Рассматриваются варианты экономической постановки задачи сохранения биоразнообразия. Подчеркивается, что для решения этой проблемы первостепенное значение имеет экологическая политика.

Variants of economic statement of a problem of biodiversity preservation are considered. Affirms that for the decision of this problem the ecological policy has the most important value.

С переходом к рыночной экономике были надежды, что невидимая рука рынка всё приведёт в порядок, что рынок способен решить любые проблемы общества. Но рыночная экономика, как и любая другая экономика, не всесильна хотя бы потому, что экономическая система не покрывает все стороны жизни.

Экономика не делает людей честнее, т. к. честность экономически не выгодна. Экономически выгодно любыми средствами устранять конкурентов. Экономически невыгодно лечить старых людей, невыгодно содержать пенсионеров. Но, к счастью, общество не всегда идёт на поводу у экономической выгоды, значит, кроме экономических рычагов управления, есть другие.

Подобным же образом могут быть разделены с точки зрения отношения к экономике и экологические задачи:

- 1) задачи, в решении которых экономика заинтересована, их решение, кроме достигаемого экологического эффекта, ещё и экономически выгодно;
- 2) задачи, решение которых противоречит экономическим интересам, и таких задач большинство.

Поэтому принципиально недопустимо доверить решение всех экологических проблем, в том числе и проблем биоразнообразия, экономике, а нужно, чтобы государство осуществляло экологическую политику, так же, как оно своей социальной политикой предусматривает лечение стариков, а своей правовой системой борется с преступностью.

Но для этого государственная власть должна понять, что сохранение биоразнообразия так же важно для общества, как и, например, борьба с терроризмом. И здесь своё слово должны сказать, в первую очередь, экологи, а не экономисты. Нужно приводить яркие, убедительные примеры важности этой проблемы. Но пока что неубедительность аргументов вызывает сомнение у государственной власти в остроте проблемы сохранения биоразнообразия. А нужны такие аргументы, которые власть не смогла бы проигнорировать.

---

<sup>1</sup>Статья подготовлена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 08-02-00410а).

Но вместо этого, вместо экологических аргументов, многие пытаются изменить основы экономической системы, ввести в неё всю экологическую систему, тем самым попирая основополагающие принципы теории систем. А как иначе расценить всё чаще появляющиеся в последнее время денежные оценки буквально всех экологических благ, намного превышающие оценки всего мирового хозяйства? Это следует из желания решить экологические проблемы экономическими средствами, без учёта существа самой экономической системы.

Рассмотрим, что может сделать экономика для сохранения биоразнообразия.

Проблема сохранения биоразнообразия сама по себе очень разнообразна. Наиболее полно и адекватно содержание этой проблемы раскрывается на глобальном, планетарном уровне её рассмотрения. А именно, в глобальном масштабе проблема сохранения биоразнообразия связана с угрозой полного исчезновения на планете различных биологических видов.

Менее катастрофические, но также опасные проблемы сохранения биоразнообразия возникают на региональном уровне в виде исчезновения некоторых биологических видов на отдельных территориях.

Исчезновение биологических видов можно рассматривать в двух аспектах:

- 1) как нарушение целостности живой природы,
- 2) как проблему одного исчезающего вида.

На наш взгляд, проблемы биоразнообразия — это проблемы именно целостности живой природы, они носят системный характер, и нельзя их подменять проблемами отдельных биологических видов.

Вообще-то, сокращение биоразнообразия вторично, оно происходит вслед за изменением среды обитания. В свою очередь, среда обитания меняется вследствие экологических нарушений, допускаемых в процессе хозяйственной деятельности.

Для того, чтобы сохранить биоразнообразие, прежде всего нужны не меры по восстановлению численности популяции какого-то биологического вида, а меры по восстановлению среды обитания.

Если в глобальном, биосферном понимании сохранение биоразнообразия предстаёт для экономической системы в качестве экологического требования, императива, экзогенно вводимого ограничения, то региональное выражение этой проблемы как сохранения биоресурсного потенциала имеет явное экономическое значение и вписывается в систему предпочтений экономического развития, определяемых соотношением затрат и результатов. Но при этом мы уходим от проблемы сохранения биоразнообразия.

Наверное, экологи часто сталкиваются с таким упрощением проблемы сохранения биоразнообразия до уровня проблем сохранения и преумножения отдельных видов биологических ресурсов.

Такое упрощение особенно заметно в среде экономистов, где разработанные экономические методы адекватны только проблемам сохранения отдельных видов биологических ресурсов, а не сохранения биоразнообразия, да и то только тех видов, которые имеют большое промысловое значение.

Получается, что на глобальном уровне, где проблема биоразнообразия ставится адекватно, значения для экономической системы она не имеет, а на региональном уровне биоразнообразие подменяется охраной отдельных биологических ресурсов, имеющих большое экономическое значение.

Точно так же имеет смысл разделить проблемы сохранения биоразнообразия во временном аспекте.

Окружающая природная среда обладает свойством устойчивости, многие процессы в ней консервативны. В том числе и процессы сокращения и

сохранения биоразнообразия. Экономическая же система имеет временной период прогнозирования, в основном, 20 лет.

И если процессы сокращения биоразнообразия выходят за пределы этого периода, то экономику они не интересуют. В отличие от проблемы биоразнообразия, проблемы сохранения отдельных экономически значимых биологических видов имеют краткосрочный и среднесрочный характер, что может быть ощутимо для экономики.

Поскольку, проводя подобного рода мероприятия, мы имеем экономически значимые результаты в кратко- или среднесрочном периоде, то оценку эффективности проведения таких мероприятий можно осуществлять путем анализа затрат-выгод. Под выгодами понимаются в этом случае оценки предотвращаемого ущерба экономике, но не экологические результаты этих мероприятий.

В традиционном для экономики варианте для разрешения временных нестыковок используется дисконтирование, взвешивающее сиюминутные и отдалённые выгоды. Однако этот метод не всегда применим к задаче сохранения биоразнообразия, так как результаты её решения могут быть вообще не ощутимы для поколений, осуществляющих затраты.

В связи с этим для таких мероприятий с экономической точки зрения нельзя оценить ценность биоразнообразия, а необходимость проведения таких мероприятий должна рассматриваться как экологический императив, как ограничение, накладываемое на развитие экономики внешними, надэкономическими условиями.

Таким образом, опять мы приходим к тому, что нужна обоснованная экологическая политика, спускающая требования к развитию экономики.

Часто же пишут о том, что основной причиной сокращения биоразнообразия является то, что современная рыночная система не способна его адекватно оценить. Но во всём ли помогут такие оценки?

Посмотрим на здоровье. Никто не бережёт его только из-за того, что это экономически выгодно. Оно выступает как ограничение на различные виды жизнедеятельности. Оно нам нужно, в первую очередь, для полноты ощущения многогранной жизни. Если же подходить к нему только как к экономическому благу, то мы всегда будем считать, что его экономическая оценка занижена, т. е. подсознательно будем учитывать ещё и важность здоровья неэкономическую. Таким образом, в экономическую оценку мы хотим включить ещё и внеэкономическую значимость здоровья. А это не верно.

Экономическая система — это лишь часть системы существования человечества, и экономические оценки способны отразить лишь эту часть. Это относится и к биоразнообразию.

Пишут о том, что раз экономической оценки биоразнообразия нет в макроэкономических показателях, то государство может проводить антиэкологическую политику. Здесь понижают роль государства до уровня только как субъекта экономического управления. У государства же намного больше функций. И в первую очередь, власть имеет право накладывать ограничения на экономическую деятельность, в том числе и ограничения экологического характера. Точно так же, как государство карает за нечестность и за недозволенные формы борьбы с конкурентами.

Всё это ещё раз убеждает в том, что в деле сохранения биоразнообразия первостепенное значение имеет экологическая политика государства, поскольку экономическое значение биоразнообразия намного ниже его экологического значения.

Таким образом, первый вариант экономической постановки задачи сохранения биоразнообразия — это жёсткие ограничения на экономику, накладываемые на неё экологами. Но для того, чтобы провести этот вариант в жизнь, у экологов должны быть очень сильные обоснования.

Для реализации экологической политики, конечно же, нужны затраты. И основной экономической проблемой сохранения биоразнообразия является обоснование тех затрат, которые общество должно осуществлять без надежды получить экономическую отдачу в обозримом периоде.

Для решения вопроса о финансировании сохранения биоразнообразия путём поддержания и развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ) хорошо было бы иметь оценки значимости этих территорий для сохранения биоразнообразия. Но это вряд ли были бы экономические оценки, поскольку, как уже говорилось, здесь важнее экологический аспект, а экономические интересы несущественны из-за отдалённости во времени последствий как сокращения, так и сохранения биоразнообразия. Поэтому нами была принята предпосылка о том, что все существующие ООПТ одинаково важны для сохранения биоразнообразия, но при этом нельзя отрицать, что они требуют разных затрат для их поддержания. Поэтому нужны показатели, позволяющие проранжировать ООПТ по необходимым затратам на сохранение биоразнообразия.

В настоящее время при финансировании ООПТ реальный размер финансирования ООПТ совершенно не зависит от их потребностей в финансовых ресурсах. Например, при анализе финансирования ряда заповедников было обнаружено, что затраты на их содержание никак не соотносятся ни с площадью, ни с количеством охраняемых объектов, ни с численностью персонала.

В связи с этим была поставлена задача выработки и обоснования принципов распределения средств на сохранение биоразнообразия в ООПТ.

Для выполнения этой задачи, прежде всего, решался вопрос выявления факторов, которые влияют на затраты, необходимые для содержания ООПТ, а на их основе определялись показатели, позволяющие проранжировать ООПТ по затратам на сохранение биоразнообразия. Основными факторами, влияющими на сохранение биоразнообразия в ООПТ, являются следующие:

- разнообразие присутствующих на территории биологических видов;
- численность популяции каждого вида;
- размер охраняемой территории: при большой территории велики транспортные и трудовые затраты;
- тип охраняемой территории;
- затраты на поддержание/восстановление единицы представителя каждого биологического вида;
- напряженность экологической ситуации в регионе, где расположена каждая конкретная ООПТ;
- региональная дифференциация цен.

При разработке методики определения необходимых затрат на сохранение биоразнообразия в виде функции от перечисленных аргументов следует учитывать, что уровень опасности сокращения биоразнообразия характеризуется нелинейностью как от численности популяции, так и от количества видов, образующих биоразнообразие.

Далее, естественно, возникает задача поиска и систематизации всех существующих и потенциальных источников финансирования сохранения биоразнообразия.

Стоит ли отдельно считать суммы на охрану отдельных биологических видов? Во-первых, при таком подходе разрушается представление о целостности природной среды. Это методологически неверно, т. к. вообще невозможно отдельно охранять какой-то один вид. Во-вторых, восприятие остроты проблемы биоразнообразия у чиновников при этом затупляется, т. к. создается впечатление, что проблема делима и можно выстроить очередь.

Как, например, уже выстроили очерёдность выхода из кризисов - сначала выйдем из экономического, а потом займёмся выходом из экологического кризиса. И при этом не видят взаимозависимости этих кризисов.

Теперь перейдём к тем проблемам сохранения биоразнообразия, в решении которых экономика сама заинтересована.

Там, где задачи сохранения биоразнообразия имеют экономический характер, их решение в рамках экономической системы может быть высокоэффективным. Нужно искать такие задачи. Например, в водоохранных мероприятиях есть примеры того, что рубль, в них вложенный, предотвращает ущерб экономике в 10 руб., т. е. рентабельность этих мероприятий — 900%. А ущерб здесь включает в себя, в первую очередь, потери экономики из-за гибели ценных пород рыб.

В экономической литературе большое внимание уделяется проблеме экономической оценки биоразнообразия и биологических ресурсов. Изучение разработанных разными авторами методов такой оценки приводит к выводу, что эти методы больше подходят для оценки биологических ресурсов, а не биоразнообразия, так как в них, в большинстве случаев, отсутствует учёт системного эффекта, получаемого от существования целостных экосистем.

Здесь следует обратить внимание на следующее обстоятельство, часто искусственно запутывающее и без того сложную проблему экономической оценки природных ресурсов, а именно: экономическая оценка — это оценка ресурса с точки зрения экономики, она не призвана и не способна отразить ценность природы самой по себе.

Экономическая, т.е. денежная оценка может быть дана только хозяйственно используемому природному ресурсу и может отражать его значение только для экономической системы. И главное, что эти оценки уже присутствуют в экономике, но не обособленно. И задача экономистов — выделить их. Например, оценкой природных ресурсов являются получаемые от их использования рентные доходы, которые сидят в прибыли, это совершенно реальные доходы.

Точно так же, если мы говорим об экономической оценке биологических ресурсов и биоразнообразия, то имеем в виду ценность этих ресурсов и ценность биоразнообразия для экономики, а не для сохранения природных комплексов ради самой природы. Такой узко прагматический подход есть следствие самой постановки проблемы — проблемы именно экономической оценки, оценки с точки зрения экономики.

Если бы природная среда была полностью интегрирована в экономическую систему, то экономическая оценка включала бы в себя и ценность ресурса для сохранения природного равновесия, однако ситуация прямо противоположная — природная система шире экономической, она имеет ценность сама по себе, которая не ограничивается её денежными оценками.

Экономическая оценка любого ресурса, влияющего на хозяйственную деятельность и качество жизни населения, определяется как приращение функции благосостояния при увеличении этого ресурса. Поэтому экономическую оценку биоразнообразия можно получить через оценку ущерба от сокращения биоразнообразия, а именно: какие потери понесёт экономика при сокращении ресурса средообразующих функций природных экосистем. Такой подход даёт оценки, подтверждённые реальными величинами уже понесённых потерь, в отличие от концепций, основанных в большинстве случаев на косвенных умозрительных оценках.

Ущерб от сокращения биоразнообразия как природного условия, необходимого для функционирования экономической системы, зависит от уровня этого сокращения. В случае сокращения биоразнообразия до критического уровня ущерб определяется в размере экономической оценки всего мирового хозяйства, и это максимальная оценка биоразнообразия.

Утрата средообразующей функции природных систем изучалась нами для случая загрязнения окружающей среды. Проведённые расчёты позволяют оценить ущерб от фактического уровня загрязнения атмосферы и водных объектов в размере 10–15% ВВП. При этом выявлены виды производств, наиболее агрессивно воздействующие на окружающую среду. Приходящийся на их долю ущерб сопоставим с объёмами чистого дохода этих отраслей.

В литературе имеются подходы к оценке ущерба от разрушения биоресурсного комплекса регионов, под которым, на самом деле, в этих работах понимается ущерб от истощения биологических ресурсов.

Экономическая оценка биоразнообразия через определение ущерба, наносимого экономике от его разрушения, в первую очередь, предполагает создание классификации средообразующих функций биоразнообразия. Такая классификация может быть представлена в виде трехмерной таблицы, в которой виды экономических ущербов будут соотнесены с нарушениями средообразующих функций для основных типов наземных природных экосистем России. Сначала должны быть охарактеризованы виды натуральных ущербов, возникающих в экономике при нарушении каждой средообразующей функции. Ущерб вызывают такие явления, как пожары, наводнения, ухудшение качества воды и другие, вызванные нарушением средообразующих функций биоразнообразия.

Для каждого такого явления должны быть выявлены виды натуральных ущербов — это тушение пожаров и косвенные ущербы от них, компенсация снижения урожайности в сельском хозяйстве, дополнительные мероприятия по водоподготовке и т. д.

Далее следует этап разработки конкретных подходов к количественной экономической оценке выявленных натуральных ущербов. Этот этап связан со сбором информации о затратах на мероприятия по ликвидации и компенсации последствий нарушения средообразующих функций биоразнообразия.

Оценка ущерба от сокращения биоразнообразия и будет являться основой для экономической оценки биоразнообразия. Такие оценки, основанные на реальных потерях, далее помогут доказать экономическую эффективность отдельных видов затрат на сохранение биоразнообразия. С помощью этих оценок можно будет говорить о задаче сохранения биоразнообразия в терминах затрат и выгод.

Однако при этом надо быть готовыми и к тому, что экономическая оценка биоразнообразия может оказаться очень низкой, поскольку ещё не выявлены полностью каналы воздействия биоразнообразия на хозяйственную деятельность, а также вследствие отдалённых во времени последствий сокращения биоразнообразия.

Поэтому следует обратиться к экологам с призывом к поиску ярких, убедительных примеров влияния сокращения биоразнообразия на различные стороны жизни человечества, чтобы показать несостоятельность реализуемой сейчас политики игнорирования угроз, идущих от разрушения биоразнообразия.

## АГРАРНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И АГРАРНАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ КАК ПРИМЕР НЕУСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

*К. С. Лосев, И. И. Потапов, И. В. Чеснокова, Т. П. Докучкина*

На примере возникновения и развития сельского хозяйства показано, что возникшая около 10 тыс. лет назад сельскохозяйственная цивилизация привела к началу промышленной революции к сокращению примерно вдвое площади естественных лесов, потере 15–20 млн. км<sup>2</sup> сельхозугодий, превратившихся в бедленды и пустыни, сокращению континентального влагооборота и глобальному потеплению на 0,7°С. Это пример неустойчивого природопользования в сфере использования возобновляемых ресурсов.

(Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ — грант № 8-5-00102).

Как было показано ранее (Лосев и др., 2008) в доцивилизационный период произошли важнейшие экологические изменения в природных обстановках суши. 1) Появился выделенный из биоты крупный вид животного — человек, отличающийся высокой развитостью сознания, т. е. способностью осуществлять осознанные действия, с постоянно накапливающимся культурным наследием, обладающего речью и возможностью передачи культурного (внегенетического) наследия, а также возможностью культурной специализации, что произошло впервые в процессе эволюции жизни. Это сделало его сверхконкурентоспособным по отношению ко всем своим естественным конкурентам в животном мире или даже к большинству организмов. 2) Вся суша была освоена этим видом путем преодоления с использованием культурного наследия естественных природных и биологических рубежей, ограничивающих экспансию животных, что возможно также произошло впервые в процессе эволюции жизни. 3) Важным фактором в этих процессах стало также впервые использование предком современных людей дополнительной мощности — мощности огня (использование биотоплива).

Эти особенности определили и определяют до настоящего времени основу взаимоотношения современного человека с природными ресурсами и остальной жизнью со всеми вытекающими последствиями, которые следуют из нарушения прежнего естественного процесса эволюции жизни в биосфере (области жизни на Земле). Используя свое быстро пополняющееся и ускоряющееся культурное наследие, передающееся из поколения к поколению внегенетическим путем, человек начинает интенсивно преобразовывать окружающую среду, включая биоту, в своих интересах. В биологическом смысле он оказался инвадером практически во всех экосистемах и, как и все инвадеры, стал элементом дестабилизации экосистем, элементом, вносящим хаос в эволюционно установившуюся динамическую устойчивость экосистем. В больших масштабах этот ускоряющийся процесс подобного типа преобразования экосистем начинается с неолитической (аграрной или сельскохозяйственной) революции. С началом этой первой технологической революции и до настоящего времени процесс нарушения естественного состояния биосферы, который люди называют “преобразованием природы”, идет хаотически, без понимания главного фактора “преобразований” того, как устроена природа, какие законы действуют в биосфере (в области жизни) и при глубоком убеждении (которое не имеет научного обоснования), что человек и должен быть главным фактором на Земле. Так стихийно еще в доцивилизационный период были заложены основы неустойчивого природопользования

и, следовательно, не поддерживаемого (unsustainable) развития, не только природных систем, но и самого человечества. Но если в доцивилизационный период эти процессы происходили на узко локальном уровне, то переход к земледелию и скотоводству означал преобразование естественных экосистем (ландшафтов) в искусственные агросистемы на региональном уровне.

Археологические датировки начала неолитической революции относятся к периоду 12–10 тысяч лет назад. Древнейшие очаги земледелия появились на Ближнем Востоке 12 тыс. лет назад или немного раньше, т. е. в местах древнейшего расселения людей с огромными навыками собирательства. Вначале это были локализованные участки, но примерно 8 тыс. лет назад начинается распространение аграрных технологий на большие территории в Евразии и северной Африке. Английский археолог Г. Чайлд, назвавший это явление неолитической революцией, считал, что переход от поиска к производству пищи стал величайшей экономической революцией в истории человечества. Это открыло людям возможность получать более богатый и надежный источник пищи, который находился под их собственным контролем, предоставляя ему почти беспредельные возможности и требуя от него лишь приложения сил. И человечество в полной мере использовало эту возможность. Этот процесс стал также началом грандиозного разрушения естественных экосистем и разбалансирования круговорота биогенов на планете, подрыва системы биотической регуляции окружающей среды в интересах жизни, в том числе самого человека.

Расширение площади сельскохозяйственных угодий сопровождалось вырубкой и выжиганием лесов. Так, только в Китае в его восточной части лесистость уменьшилась с 90 до 5%. В целом же, начиная с доисторических времен, в результате сельскохозяйственного освоения залесенность суши к 1800 г. нашей эры сократилась по разным оценкам в 2–3 раза. Сокращение залесенности суши шло путем выжигания и вырубки лесов при подсечно-огневом и переложном земледелии. Древесина долго была основным источником энергии и строительным материалом. Последний также постепенно “сгорал” путем гниения и разложения. Таким образом, в атмосферу поступал нарастающий антропогенный поток углекислого газа.

В современный период быстрого роста в атмосфере концентрации антропогенного углекислого газа хорошо известны его стоки. Они происходят в Мировой океан за счет физических (закон Генри) и биологических процессов (биологический “насос” океана) и в естественные экосистемы суши, так как повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере ведет к росту продуктивности растительных систем, но до определенного предела. В связи с тем, что потенциальная способность этих поглотителей со временем по мере роста потока  $\text{CO}_2$  постепенно достигает своего предела и значительная его часть сохраняется и накапливается в атмосфере, которая служит третьим местом стока  $\text{CO}_2$ , что служит причиной парникового эффекта. Развитие сельского хозяйства после неолитической революции стало дестабилизатором окружающей среды и проявилось это, в частности, в росте концентрации углекислого газа в атмосфере. Это показали данные высокоточного анализа содержания газовых пузырьков в керне льда ледникового купола Тейлора в Антарктиде (Indermuhle et al. 1999; Ruddiman, 2003).

Сравнение хода концентрации  $\text{CO}_2$  трех предыдущих межгляциалов с современным (голоценом) показало, что естественный ее ход после отступления ледников достигал максимума с концентрацией в пределах от 270 до 300 частей на миллион, а затем начиналось падение концентрации с некоторыми непродолжительными колебаниями и переход к условиям оледенения. В современном межгляциале после достижения максимума концентрации около 270 частей на млн. около 11000 лет назад последовало падение концентрация

CO<sub>2</sub>, как и в предыдущие межгляциалы, но затем 8000 лет назад начался ее рост от 260 до 280 частей на млн. к 1800 г. Показано, что также аномально менялась концентрация метана, которая в предыдущие межгляциалы четко следовала за изменением величины июльской инсоляции, т. е. контролировалась, как и концентрация CO<sub>2</sub>, орбитальными изменениями инсоляции, но 5000 лет до нашей эры стала расти при продолжающемся снижении инсоляции. В целом рост концентрации углекислого газа, начиная с 8000 тысяч лет назад, находится в противоречии со всеми тремя сигналами орбитальных изменений инсоляции. Попытки объяснить аномальный рост в позднем голоцене концентрации CO<sub>2</sub> за счет естественной потери биомассы или за счет изменения химии карбонатной системы океана в результате изъятия CO<sub>2</sub> из атмосферы при распространении лесов на освободившиеся от льда территории, как показал (Ruddiman, 2003), несостоятельны в основном потому, что в предыдущие межгляциалы должны были бы действовать те же механизмы, но аномального изменения углекислого газа не было.

Проведенная оценка части эмиссии углерода, сохранявшейся в атмосфере к началу нашей эры (Ruddiman, 2003), показала, что за период от начала быстрого развития земледелия она составила до 249 ГтС, а сельскохозяйственная деятельность охватывала около 30 млн. км<sup>2</sup>. Последняя величина может показаться преувеличенной, но эта территория использовалась не одновременно, на значительной ее части произошла деградация земель, превращение ее в бедленды и опустыненные территории. Известные российские почвоведы В.А. Ковда (1994) и Г. В. Добровольский (1997) оценивают потери сельскохозяйственных земель за время существования земледелия в 20–15 млн. км<sup>2</sup>. Эта величина также согласуется с оценками сокращения площади лесов за период сельскохозяйственной цивилизации. Таким образом, до начала нашей эры, т. е. 2000 лет назад, сведение лесов обеспечило примерно 80% роста концентрации CO<sub>2</sub> в голоцене, остальные 70 ГтС обеспечил прирост концентрации с начала нашей эры до 1800 г. — всего 320 ГтС. Именно такая масса углерода сначала остановила падение концентрации, а затем обеспечила рост концентрации углекислого газа за время существования сельскохозяйственной цивилизации к указанному году. Период нашей эры связан с несколькими случаями снижения концентрации CO<sub>2</sub> на 5–10 частей на млн. Эти изменения коррелируют с периодами сокращения сельскохозяйственной деятельности, связанными с пандемиями и региональными эпидемиями (Ruddiman, 2003), вымиранием населения и частичным восстановлением лесов. В целом за период с начала земледелия до 1800 г. сведение лесов привело к росту приземной температуры на 0,7°С. За индустриальный период с 1860 г. до настоящего времени — на 0,6°С. Последнее потепление обусловлено суммарным приростом антропогенного углерода в атмосфере на 150 ГтС, и в настоящее время концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере приблизилась к 370 частей на миллион, что существенно превышает максимумы всех предыдущих межгляциалов, причем это наблюдается на минимуме солнечной летней инсоляции и ее снижения, начиная с 10 000 лет назад. Выше речь идет только о стоке в атмосферу. Очевидно, что в период роста эмиссии CO<sub>2</sub> в атмосферу в результате сельскохозяйственной деятельности, работал механизм вывода части эмиссии теми же механизмами стока, которые действуют и сейчас. Вместе с тем, сведение лесов снижало их потенциал как области стока по выводу избытка CO<sub>2</sub> из атмосферы.

Появление и развитие сельского хозяйства, таким образом, привело к дестабилизации окружающей среды в результате уничтожения на огромной территории естественных лесных экосистем, что сопровождалось ростом эрозии почв, снижением континентального влагооборота в результате сокращения суммарного испарения (эвапотранспирации), потерям пригодных

для сельского хозяйства земель, которые превратились в бедленды и пустыни. В целом площадь естественных лесов за время сельскохозяйственной цивилизации сократилась как минимум вдвое и существенно возросла площадь пустынь. Это показывает, что сельскохозяйственная цивилизация была примером неустойчивого природопользования.

### Литература

1. Добровольский Г. В. Тихий кризис планеты // Вестник РАН. 1997.— 67, № 4.— с. 313-320.
2. Ковда В. А. Государственная экологическая политика использования и охраны биосферы Земли. Пушино. 1994.— 34 с.
3. Лосев К. С., Потапов И. И., Чеснокова И. В., Докучкина Т. П. Истоки неустойчивого природопользования // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов.— 2008.— № 12.— с. 3-6.
4. Indermuhle A., Stocker T. F., Joos F., Fisher H., Smith H. J., Wahlen M., Deck B., Mastroianni D., Meyer R., Stauffer B. Holocene carbon-cycle dynamics based on CO<sub>2</sub> trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica. Nature.— 1999.— 398.— p. 121.
5. Ruddiman W. The antropogenic greenhouse era began thousands of years ago // Climate Change.— 2003.— 61.— p. 261-293.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В ОЦЕНКЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ<sup>1</sup>

*О. В. Кашенкова*

(Институт проблем рынка РАН, г. Москва)

Проведен анализ методик оценки социально-экономического развития муниципальных образований с целью выявления полноты учета в них экологического фактора.

The analysis of techniques for estimating social and economic development of municipal districts for the purpose of revealing of completeness of the account in them of the ecological factor is carried out.

### Введение

Необходимость получения объективной комплексной информации о развитии муниципальных образований (МО) становится все более актуальной. Особенно востребована эта информация в процессе управления на уровне субъекта федерации. Результаты проводимых комплексных оценок социально-экономического развития муниципальных образований дают значительный объем систематизированной аналитической информации.

Во-первых, комплексная оценка дает представление о ситуации в МО, способствует выявлению сильных и слабых сторон в экономике и социальной сфере. Рейтинги муниципальных образований позволяют сопоставить уровни развития городов и районов области, определить отстающие и преуспевающие МО.

Во-вторых, рейтинговая оценка необходима для того, чтобы охарактеризовать деятельность органов местного самоуправления, оценить эффективность принимаемых мер по реализации социально-экономической политики.

<sup>1</sup>Исследование проведено в рамках проекта РГНФ № 08-02-00296а.

В-третьих, для устойчивого развития каждого МО и области в целом возникает потребность в анализе внутренних резервов и определения перспектив роста. Данные, полученные в ходе оценки развития МО, имеют большую значимость на этапах планирования и прогнозирования.

Таким образом, методика оценки социально-экономического развития МО служит инструментом необходимым для принятия управленческих решений, как на уровне МО, так и на областном уровне. Это является основной целью проведения подобных оценок.

В настоящее время имеется большое число методических разработок, позволяющих оценить социально-экономическое развитие муниципального образования, дать рейтинговые оценки по отдельным направлениям и показателям развития, но вместе с тем зачастую при проведении оценок остаются не учтенными некоторые немаловажные факторы, в том числе экологические.

В то же время на территории субъектов федерации имеются различные по экологической ситуации и загрязненности участки, требующие первоочередных мер, экономических затрат и усилий общества в плане улучшения качества окружающей среды. Необходим комплексный подход к её оценке, учитывающей влияние как негативных (загрязнения), так и позитивных (озеленение) физических факторов. Экологические проблемы, существующие практически на всех урбанизированных территориях, связаны, в основном, с отсутствием обратной связи при принятии управленческих решений.

Очевидно, что экологические факторы влияют как на экономическую, так и на социальную сферу жизни, поэтому объективность результатов оценки социально-экономического развития муниципальных образований в методиках, не учитывающих экологический аспект, существенно снижена.

Слабый учет экологического фактора при разработке концепций, стратегий и программ социально-экономического развития регионов, является причиной существенного обострения экологического неблагополучия во многих регионах страны. Недооценка экологического фактора и экологических ограничений приводит не только к многочисленным отрицательным последствиям в природопользовании, но и глубоким долгосрочным диспропорциям между экономическим, социальным и экологическим развитием социально-экономических систем различного уровня, сказывается на качестве и эффективности разрабатываемых механизмов регулирования природопользования.

В связи с этим учет экологического фактора приобретает возрастающую потребность для региональной практики управления в обеспечении устойчивого развития социально-экономических систем.

Уровни общих показателей развития как муниципальных образований, так и целых регионов, не учитывающие воздействие социально-экономической деятельности на окружающую среду, истощение природных ресурсов и деградацию окружающей среды, дают завышенную оценку экономического состояния и динамики развития. Это свидетельствует о настоятельной потребности совершенствования статистической отчетности с учетом оценки экологических факторов.

Исходя из актуальности данной проблемы, целью настоящей работы является изучение ряда методик оценки уровня социально-экономического развития муниципальных образований, применяемых в различных регионах РФ; анализ экологического сектора в системах показателей, используемых в данных методиках; выявление экологических факторов оказывающих наибольшее влияние на социально-экономическую ситуацию в муниципальных образованиях и области в целом.

**1. Обзор методик  
социально-экономического развития  
муниципальных образований,  
применяемых в различных субъектах РФ**

В ходе работы было изучено 14 методик, применяющихся для оценки развития муниципальных образований (МО) различных регионах РФ. Особое внимание было уделено системе показателей, предлагающейся в каждой методике.

Все методики имеют существенные различия в системе показателей (табл. 1). В рассмотренных методических разработках используется от 5 до 123 показателей, которые часто структурированы по крупным блокам (группам) с их внутренней рубрикой большей или меньшей детализации. Показатели чаще всего распределены по следующим блокам:

- 1) экономическое развитие (производственный потенциал);
- 2) социальное развитие;
- 3) финансовое положение.

*Таблица 1*

**Сравнительная характеристика систем показателей,  
применяемых в различных методиках  
оценки социально-экономического развития  
муниципальных образований**

Блоки (группы) показателей, характеризующих социально-экономическое развитие МО	Количество показателей, используемых в различных методиках*						
	1	2	3	4	5	6	7
Демографическое состояние	1	2	1	3	—	3	3
Экономическое развитие	5	6	3	8	2	6	6
Доходы населения	2	2	—	2	1	2	6
Бюджет	1	2	1	3	1	3	4
Состояние рынка труда	1	1	—	—	1	1	5
Состояние жилищно-коммунальной сферы	—	1	—	7	1	1	4
Здравоохранение	—	—	—	6	—	1	5
Образование	—	—	—	4	—	1	4
Охрана правопорядка	—	—	—	1	—	1	2
Транспортные услуги	—	—	—	—	—	—	—
Культурно-просветительное обслуживание	—	—	—	3	—	—	—
Социальная защита	—	—	—	1	—	—	—
Благоустройство	—	—	—	1	—	—	1
Техногенная нагрузка на среду	—	—	—	3	—	—	—
Природный потенциал	—	—	—	5	—	—	—
Административный потенциал	—	—	—	6	—	—	1
Всего показателей:	10	14	5	53	6	19	41

Продолжение табл. 1

Блоки (группы) показателей, характеризующих социально-экономическое развитие МО	Количество показателей, используемых в различных методиках*						
	8	9	10	11	12	13	14
Демографическое состояние	1	—	1	3	3	10	10
Экономическое развитие	3	7	7	12	4	14	15
Доходы населения	1	3	4	—	1	4	6
Бюджет	8	4	2	4	2	25	26
Состояние рынка труда	1	—	1	—	4	5	5
Состояние жилищно-коммунальной сферы	1	—	3	3	6	28	29
Здравоохранение	1	3	—	5	2	7	7
Образование	1	1	—	6	4	4	4
Охрана правопорядка	—	—	—	—	1	2	3
Транспортные услуги	—	1	1	—	2	6	6
Культурно-просветительное обслуживание	1	—	—	5	2	2	2
Социальная защита	—	—	1	—	3	5	5
Благоустройство	—	—	—	—	—	5	5
Техногенная нагрузка на среду	—	—	1	—	2	—	—
Природный потенциал	—	—	—	—	—	—	—
Административный потенциал	—	—	—	—	2	—	—
Всего показателей:	18	19	21	38	38	117	123

\*Цифрами в таблице обозначены следующие методики:

- 1) Рейтинг социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Ярославской области, 2004, 2005, 2006 гг., 1-я половина 2007 г. [12], [13], [14];
- 2) Методика оценки социально-экономического развития муниципального образования Ярославской области, 2007 г. [15];
- 3) Рейтинговая оценка социально-экономического развития муниципальных образований республики Алтай, 2006 г. [9];
- 4) Методика оценки потенциала конкурентоспособности муниципальных образований в Свердловской области, 2004 г. [5];
- 5) Рейтинг муниципальных образований Свердловской области по итогам за январь–сентябрь 2007 года [17];
- 6) Рейтинговая оценка в межрегиональных и внутрирегиональных сопоставлениях, Т. Е. Дмитриева, Респ. Коми, 2002 г. [3];
- 7) Оценка неравенства социально-экономического положения муниципальных образований (Е. Гришина, А. Александрова, 2004 г.) [1];
- 8) Инструментарий оценки уровня социально-экономического развития муниципальных образований в регионах России (Домашенко А. А., Волгоград, 2007 г.) [4];
- 9) Комплексная оценка социально-экономического развития муниципальных образований Краснодарского края за 2005–2006 годы [6];
- 10) Комплексная оценка социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Томской области за 2004–2006 гг. [11];
- 11) Методика комплексной оценки уровня социально-экономического развития муниципальных образований Ленинградской области, 2003 г. [8];
- 12) Методика комплексной оценки социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Пермского края, 2007 г. [19];
- 13) Проект “Городской барометр”, (1 этап 2002 г.) [2];
- 14) Проект “Городской барометр”, (2 этап 2003 г.) [2].

Такая структура имеет место в системе показателей, применяемой в методиках оценки Ленинградской [8] и Свердловской областях [17].

В отдельных методиках используются и другие группы показателей. Например, в “Комплексной оценке социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Томской области за 2004-2006 гг.” [11] выделяются следующие блоки:

- 1) показатели уровня экономического развития;
- 2) показатели уровня жизни населения;
- 3) показатели уровня обеспеченности социальной инфраструктурой.

А в “Методике комплексной оценки социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Пермского края, 2007 г.” [19] помимо вышеперечисленных блоков выделяется также повышение эффективности муниципального управления.

Разнообразие показателей чаще всего зависит от числа анализируемых характеристик муниципальных образований. Закономерным является включение в общую систему блока показателей, характеризующих муниципальные финансы: оценку бюджетной и налоговой ситуации, прибыль предприятий и доходы населения. Именно в этом блоке наблюдается наибольшее разнообразие показателей.

Практически во всех методиках присутствуют и демографические показатели. В блоке “Экономическое развитие” наиболее популярными являются показатели, характеризующие производство промышленной продукции и инвестиционную деятельность. В некоторых методиках данный блок включает также индикаторы, отражающие состояние сектора малого предпринимательства.

К сожалению, показателям, характеризующим экологическое состояние МО, уделяется очень мало внимания. Только в трех из 14 приведенных методик оценки наблюдаются экологические факторы. Они представлены в секторе “Техногенная нагрузка на среду”.

В “Методике оценки потенциала конкурентоспособности муниципальных образований в Свердловской области” за 2004 г. [5] используются следующие экологические показатели:

1. выбросы вредных веществ в атмосферу в год, тонн на 1 рубль суммарного объема промышленного и сельскохозяйственного производства;
2. объем сбросов загрязненных сточных вод в год, куб. м. на 1 рубль суммарного объема промышленного и сельскохозяйственного производства;
3. размещение отходов, тонн на 1 рубль суммарного объема промышленного и сельскохозяйственного производства.

Кроме этого, в систему показателей включен также блок “Природный потенциал”, подразумевающий сравнение муниципальных образований по таким критериям, как запасы подземных и поверхностных вод на душу населения, куб. м., расчетная лесосека на душу населения, куб. м., налог на добычу полезных ископаемых на душу населения, рублей.

В “Комплексной оценке социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Томской области” за 2004-2006 гг. [11] экологическую ситуацию характеризует только один показатель — объем выбросов загрязняющих веществ на одного жителя.

И в “Методике комплексной оценки социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Пермского края, 2007 г.” [19] оцениваются такие экологические аспекты, как:

1. темпы роста (снижения) массы выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта;
2. темпы роста (снижения) сбросов загрязняющих веществ в водные объекты за счет увеличения мощностей очистных сооружений объектов коммунальной инфраструктуры.

Все остальные методики, приведенные в табл. 1, никак не учитывают при оценке экологический аспект.

Одним из требований к системе показателей для оценки развития муниципальных образований является то, что она должна охватывать прошлое, настоящее и будущее. Основной целью всех методик оценки развития муниципальных образований является анализ результатов деятельности в отчетном периоде и отражение социально-экономической ситуации в настоящий момент. Однако для благополучного развития необходимо оценивать экономический потенциал МО и перспективы дальнейшего роста, т. е. использовать для оценки показатели, позволяющие прогнозировать социально-экономическую ситуацию в МО на будущие периоды. Критерием оценки будущих событий может быть, например, объем инвестиций, рождаемость, показатели, характеризующие инновационный потенциал МО и, разумеется, его экологическое состояние, т. к. нерациональное использование природных ресурсов сегодня — это экономические затраты завтра.

## **2. Влияние экологических факторов на социально-экономическую ситуацию в муниципальных образованиях**

Анализ критериев качества жизни, действующих в России и за рубежом, показывает, что качество жизни характеризуется показателями, которые определяют не только уровень, но и условия жизни:

- Макроэкономические показатели (динамика промышленного производства, уровень инфляции, уровень заработной платы занятого населения).
- Жилье, социальная инфраструктура.
- Состояние здоровья населения.
- Состояние окружающей среды.
- Социальные аномалии (преступность, наркомания и т. д.).

В настоящее время установлено, что средняя продолжительность жизни, другие показатели здоровья людей в значительной мере зависят от степени загрязнения окружающей среды, а показатели состояния здоровья населения могут выступать функцией состояния природной среды. Поэтому необходим мониторинг сложившейся экологической ситуации, включающий оценку и сравнение параметров качества отдельных компонентов природной среды с действующими нормативами, проведение специальных медико-экологических исследований, направленных на выявление негативно влияющих факторов окружающей среды на здоровье населения с учетом их комплексного воздействия, выделение зон с различной степенью напряженности экологической ситуации.

Оценка экологической ситуации в городе должна включать сравнение параметров качества отдельных компонентов природной среды с действительными нормативами, определяющие тенденции и степени их изменения за ретроспективный период, расчет величин ущерба, вызываемого этими процессами, выявление и ранжировку значимости основных источников, ухудшающих качество окружающей среды. В ходе экологического мониторинга рассматриваются основные природные и антропогенные факторы, влияющие на состояние окружающей среды, проводится анализ поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, рациональности использования земельных ресурсов, воздействия шумового, электромагнитного и радиационного фона на окружающую среду.

Основные направления экологического мониторинга связаны с оценкой состояния поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, почвенного покрова, воздействия шумового и радиационного фонов на окружающую среду.

При оценке состояния поверхностных и подземных вод необходимо провести инвентаризацию основных источников загрязнения водной среды региона, установить концентрации вредных веществ в сточных водах и водоемах, сравнить их с ПДК.

Оценка состояния атмосферного воздуха также предполагает инвентаризацию основных источников, загрязняющих атмосферу. Особое внимание необходимо уделить влиянию на загрязнение атмосферного воздуха транспорта, в первую очередь автомобильного.

Также следует дать оценку удельному весу вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу от стационарных источников, доля уловленных и обезвреженных загрязнителей в общем количестве вредных веществ, затраты на охрану атмосферы и т. д.

Оценка состояния почв и почвенного покрова связана с анализом процессов загрязнения его промышленными и бытовыми отходами, сравнением величин предельных количеств химических веществ в почве с их текущими значениями.

Анализ вредных воздействий шума и радиации на население включает в себя выявление зон шумового и радиационного дискомфорта, где превышаются соответствующие санитарные нормы.

В рамках мониторинга должна быть произведена оценка влияния сложившейся (прогнозной) экологической обстановки в городе, в его административных районах на основе характеристики здоровья населения, его заболеваемость, продолжительность жизни и т. д.

### **3. Учет экологического фактора в системах оценки социально-экономического развития муниципальных образований**

Несмотря на то, что экологический блок не получил широкого применения в методиках оценки развития муниципальных образований, показатели, прямо или косвенно характеризующие экологическую ситуацию оцениваемых территорий, встречаются в отдельных методиках. Например, проект «Городской барометр», основной целью которого является отработка методики мониторинга социально-экономического развития муниципальных образований, использует систему индикаторов, содержащую 123 показателя, сгруппированных в 7 крупных блоков и 22 подблока по основным направлениям муниципальной экономики и социальной сферы. Однако, ни один блок или подблок не посвящен экологической ситуации в муниципальном образовании. Тем не менее, в таких категориях как доходы населения, благоустройство МО и здравоохранение присутствуют индикаторы:

- количество автомобилей в личной собственности граждан;
- площадь зеленых насаждений от всей площади города;
- площадь садово-парковых территорий на 1000 жителей;
- заболеваемость.

Таким образом, экологические показатели находят применение даже в методиках, не оценивающих состояние окружающей среды. Это говорит о том, что экономическая, экологическая и социальная сфера существуют в неразрывном взаимодействии, составляя единую систему. Поэтому для обеспечения комплексной оценки необходимо принимать во внимание все компоненты этой системы и их взаимосвязи.

В данном случае, показатель «Количество автомобилей в личной собственности граждан», характеризующий, согласно методике, доходы населения, отражает также уровень загрязнения атмосферного воздуха. То есть, чем больше уровень загрязнения, тем выше будет оценка муниципального образования. Такого рода оценка уже не может быть комплексной.

Заболеваемость населения, достаточно распространенный индикатор в методиках оценки, является интегральным показателем экологической обстановки. Разумеется, здоровье человека не всегда зависит напрямую от состояния окружающей среды. На него оказывает также влияние образ жизни, наследственность, какие-то факторы, воздействовавшие в прошлом. И, тем не менее, в статистических оценках, здоровье общества, безусловно, является отражением и важнейшим интегральным показателем состояния окружающей среды урбанизированных территорий. Иначе можно сказать так: при хорошем экологическом состоянии территории может состояться хорошее здоровье населения, при плохом — не может. Следовательно, ссылаясь на здоровье людей, как на высший показатель экологического благополучия территории, следует оговориться: здоровое общество всегда указывает на здоровую экологическую обстановку, нездоровое — на возможность существования неблагоприятных экологических условий.

Другие индикаторы, аналогично показателям озеленения территории муниципального образования, напрямую отражают состояние окружающей среды. Однако, для комплексной оценки развития МО эта информация не является достаточной.

Во-первых, потому что при анализе результатов оценки эти данные имеют выборочный характер и не отражают всех сторон экологической сферы. И основной проблемой является то, что, если экологические индикаторы будут рассредоточены по разным группам, при анализе результатов оценки невозможно будет выявить, является ли высокое (или наоборот, низкое) значение комплексной оценки следствием благоприятной (неблагоприятной) экологической ситуации.

#### **4. Проблема комплексной оценки экологического и социально-экономического развития муниципальных образований**

Тесная взаимосвязь экологических и социально-экономических факторов является как основной причиной необходимости их совместного применения в методиках оценки развития муниципальных образований, так и существенной проблемой для составления подобной методики.

Например, низкие значения показателей загрязнения в муниципальном образовании являются следствием эффективной природоохранной деятельности или отсутствием производства на данной территории? Какие действия необходимо осуществлять относительно этого муниципального образования? Для того, чтобы полученная в результате оценки информация была достаточно объективной и удобной в интерпретации, необходимо выбрать соответствующий подход к оценке.

Изученные автором 14 методик оценки развития муниципальных образований используют различный подход к распределению МО в рейтинге. Наиболее часто используется ранговый метод оценки развития муниципальных образований. При данном подходе каждому муниципальному образованию присваивается ранг среди других муниципальных образований по каждому из показателей. Показатели, характеризующие “позитивные” ресурсы и процессы (объем производства, прибыль, величина ресурса и так далее) ранжируются от максимального к минимальному. Показатели, характеризующие “негативные” ресурсы и процессы (заболеваемость населения, количество правонарушений и так далее), ранжируются от минимального к максимальному.

На первом этапе оценки производится ранжирование муниципальных образований по каждому из участвующих показателей. Место МО в рейтинге определяется суммой рангов по всем показателям.

Подобный подход применялся для оценки развития МО Республики Алтай в 2006 году [9], Свердловской области в 2005 г. [5], Пермского края в 2007 г. [19], Ярославской области в 2004, 2005, 2006 гг. и 1-й половине 2007 г. [12, 13, 14].

Ранговый метод является наиболее простым и удобным для оценки развития муниципальных образований. Однако, в рассмотренных методиках для него характерны два недостатка:

- небольшое число показателей, которое, в случае включения в методику экологической составляющей, не сможет обеспечить ее всесторонней оценки;
- “плоская”, неструктурированная система показателей, что существенно затрудняет анализ результатов оценки.

Кроме рангового метода оценка уровня развития муниципальных образований производится с помощью расчета интегрального оценочного показателя. Например, в методике комплексной оценки уровня социально-экономического развития муниципальных образований Ленинградской области за 2003 г. [8] интегральный показатель рассчитывается по формуле:

$$УРМО = K_{cc} \times ЧИ_{cc} + K_{фс} \times ЧИ_{фс} + K_{эр} \times ЧИ_{эр},$$

где УРМО — величина интегрального показателя комплексной оценки МО; ЧИ<sub>cc</sub>, ЧИ<sub>фс</sub>, ЧИ<sub>эр</sub> — частные индикаторы развития социальной сферы, финансового состояния и экономического развития соответственно; K<sub>cc</sub>, K<sub>фс</sub>, K<sub>эр</sub> — весовой коэффициент (коэффициент значимости) соответствующего индикатора ( $\sum_i K_i = 1$ ).

Величина частного индикатора развития социальной сферы рассчитывается по формуле:

$$ЧИ_{cc} = K_{д} \times I_{дем} + K_{о} \times I_{обр} + K_{з} \times I_{здрав} + K_{к} \times I_{культ} + K_{жс} \times I_{жил},$$

где ЧИ<sub>cc</sub> — частный индикатор развития социальной сферы; I<sub>дем</sub>, I<sub>обр</sub>, I<sub>здрав</sub>, I<sub>культ</sub>, I<sub>жил</sub> — индикаторы демографии, образования, здравоохранения, культуры и жилищных условий муниципального образования соответственно; K — весовой коэффициент (коэффициент значимости) соответствующего индикатора ( $\sum K_i = 1$ );

Величины индикаторов демографии, образования, здравоохранения, культуры и жилищных условий представляют собой сумму отношений величин соответствующих параметров текущего года (периода) к аналогичным величинам в базовом году (периоде) и рассчитываются по следующей формуле:

$$I_i = \sum d_i \times \frac{D_{тек}}{D_{база}},$$

где I<sub>i</sub> — величина соответствующего индикатора; D<sub>тек</sub> — значение параметра в текущем году (периоде); D<sub>база</sub> — значение параметра в базовом году (периоде); d<sub>i</sub> — весовой коэффициент соответствующего исходного параметра в составе индикатора ( $\sum_i d_i = 1$ ).

За базовый принимается предыдущий год (период).

Такой подход дает числовую оценку муниципального образования по всем основным социально-экономическим аспектам. Он удобен также тем, что при интерпретации результатов оценки возможно руководствоваться не только интегральным, но и частными показателями, проанализировать влияние каждой сферы жизни в МО на его место в рейтинге.

По мнению автора, этот подход является наиболее приемлемым для комплексной оценки МО с учетом экологического фактора. При этом частный

индекс экологической ситуации в муниципальном образовании может быть представлен следующим образом:

$$ЧИ_{эс} = K_{загр} \times I_{загр} + K_{охр} \times I_{охр} + K_{эу} \times I_{эу},$$

где  $ЧИ_{эс}$  — индикатор экологической ситуации в МО;  $I_{загр}$  — индикатор уровня загрязнения;  $I_{охр}$  — индикатор, отражающий эффективность проведенных природоохранных мероприятий. Он может быть детализован:

- индикатор эффективности мероприятий, направленных на устранение последствий экологических нарушений;
- индикатор, характеризующий действия по предотвращению экологических нарушений.

Их следует дифференцировать, по причине приоритетности второго индикатора. Следовательно, и коэффициент значимости у него должен быть выше;  $I_{эу}$  — индикатор нанесенного экономического ущерба;  $K_{загр}$ ,  $K_{охр}$ ,  $K_{эу}$  — соответствующие весовые коэффициенты.

## 5. Выводы

Качество и полнота информации о комплексном состоянии территории во многом зависит от сбалансированности системы частных социально-экономических и экологических показателей и методики их интегрирования с целью получения обобщающих оценок, адекватно отражающих различные стороны их формирования в зависимости от мер государственного воздействия.

Подобные методики должны не только отражать посредством значений интегральных показателей общее социально-экономическое и экологическое состояние муниципальных образований, но и способствовать анализу эффективности принимаемых управленческих решений, направленных с учетом специализации региона на оздоровление окружающей природной среды, улучшение качества жизни общества и изменение темпов развития процессов в экономике.

Анализ ряда методик оценки социально-экономического развития МО, действующих в РФ, показал, что в настоящее время экологический фактор не учитывается при оценке муниципальных образований, либо учитывается не в полной мере и потому не может всесторонне охарактеризовать экологическую сферу отдельного МО.

Необходимость оценки в единой системе экономической, экологической и социальной составляющих обусловлена их взаимовлиянием, а также актуальностью экологических вопросов как в России, так и за рубежом.

## 6. Список литературы

1. *Александрова А., Гришина Е.* Оценка неравенства социально-экономического положения муниципальных образований, М.: Фонд “Институт экономики города”, 2004.
2. *Ветров Г. Ю., Визгалов Д. В., Шанин А. А., Шевырова Н. И.* Индикаторы социально-экономического развития муниципальных образований, М.: Фонд “Институт экономики города”, 2002.
3. *Дмитриева Т. Е.* Рейтинговая оценка в межрегиональных и внутререгиональных сопоставлениях — методический аспект — Сыктывкар, 2002 г.— <http://sopssecretary.narod.ru/Konferencya/programm.htm>
4. *Домашенко А. А.* Инструментарий оценки уровня социально-экономического развития муниципальных образований в регионах России.: автореф. дисс. кандидата экономических наук.— ГОУ ВПО “Волгоградский государственный университет”— Волгоград, 2007.

5. Информационно-справочный портал о библиотеках и для библиотек — [www.library.ru](http://www.library.ru) / Методика оценки потенциала конкурентоспособности муниципальных образований в Свердловской области (утв. постановлением Правительства Свердловской области от 21 октября 2004 г.) — [www.library.ru/help/docs/n23078.htm](http://www.library.ru/help/docs/n23078.htm)
6. Комплексная оценка социально-экономического развития муниципальных образований Краснодарского края за 2005–2006 годы — <http://www.kuban.cc/>
7. *Рюмина Е. В.* Ущерб от экологических нарушений: больше вопросов, чем ответов // Экономика природопользования. — 2004. — № 4, с.55–65.
8. Методика комплексной оценки уровня социально-экономического развития муниципальных образований Ленинградской области в 2003 г. — [www.lenobinvest.ru](http://www.lenobinvest.ru)
9. Минэкономразвития Республики Алтай — <http://mineco.altai-republic.ru> / Справка к ранжированию показателей по отдельным показателям социально-экономического развития муниципальных образований республики Алтай за 2006 год (по итогам мониторинга).
10. *Никифоров О. Н., Филиппова А. И.* Оценка социально-экономического развития субъектов РФ с использованием показателей косвенно характеризующих восстановительные процессы в экономике // Вопросы статистики. — 2003. — № 10. — С. 3–6.
11. Официальный сайт Администрации Томской области — [www.tomsk.gov.ru/](http://www.tomsk.gov.ru/) Комплексная оценка социально-экономического развития муниципальных районов (городских округов) Томской области за 2004–2006 годы и прогноз на 2008–2010 годы — [http://www.tomsk.gov.ru/export/sites/ru.gov.tomsk/ru/economy\\_finances/socially\\_economic\\_status/ocenka](http://www.tomsk.gov.ru/export/sites/ru.gov.tomsk/ru/economy_finances/socially_economic_status/ocenka)
12. Официальный сайт органов государственной власти Ярославской области — [www.adm.yar.ru](http://www.adm.yar.ru/) // Рейтинг социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Ярославской области 2004 г. — [http://www.adm.yar.ru/invest/ec\\_anal/RatingMO2004.zip](http://www.adm.yar.ru/invest/ec_anal/RatingMO2004.zip)
13. Официальный сайт органов государственной власти Ярославской области — [www.adm.yar.ru](http://www.adm.yar.ru/) // Рейтинг социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Ярославской области 2005 г. — [http://www.adm.yar.ru/invest/ec\\_anal/RateMO2005.zip](http://www.adm.yar.ru/invest/ec_anal/RateMO2005.zip)
14. Официальный сайт органов государственной власти Ярославской области — [www.adm.yar.ru](http://www.adm.yar.ru/) // Рейтинг социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Ярославской области 2006 г. — [http://www.adm.yar.ru/invest/ec\\_anal/Рейтинг\\_МО\\_2006\\_12\\_final.zip](http://www.adm.yar.ru/invest/ec_anal/Рейтинг_МО_2006_12_final.zip)
15. Официальный сайт органов государственной власти Ярославской области — [www.adm.yar.ru](http://www.adm.yar.ru/) // Об утверждении Методики оценки социально-экономического развития муниципального образования Ярославской области: Постановление Администрации Ярославской области от 10.09.2007 № 387-а — [www.kodeks.adm.yar.ru](http://www.kodeks.adm.yar.ru)
16. Официальный сайт органов государственной власти Ярославской области — [www.adm.yar.ru](http://www.adm.yar.ru/) // Оценка социально-экономического развития муниципальных образований Ярославской области за первое полугодие 2007 года — <http://www.adm.yar.ru/dms/faq.html>
17. Официальный сервер Правительства Свердловской области — <http://econom.midural.ru/> Рейтинг муниципальных образований Свердловской области по итогам за январь-сентябрь 2007 года — <http://econom.midural.ru/monitoring/socekrazvitie/itogisocrazvitie/353/>
18. *Пенюгалова А. В.* Российский опыт муниципальной статистики: анализ содержания информационной базы и направления ее совершенствования // Вопросы статистики. — 2005. — № 6. — С. 17–21.
19. Справочно-правовая система “Гарант” — <http://www.garant.ru/> О комплексной оценке социально-экономического развития муниципальных районов и городских округов Пермского края: Постановление Правительства Пермского края от 26 января 2007 г. № 6-п — <http://www.garant.ru/hotlaw/mon/92861.htm>

## ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

---

### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

К. б. н. *Г. С. Ферару*

доцент каф. общего и специального менеджмента  
Поморского государственного университета им. М. В. Ломоносова  
(г. Архангельск)

Система экологического менеджмента (СЭМ), являясь частью общей системы административного управления предприятием, включает в себя организационную структуру, планирование деятельности и распределение обязанностей, процедуры и ресурсы для развития и внедрения проектов, ведущих к достижению, пересмотру и поддержанию экологической политики. В рамках реализации этой программы отдается приоритет организационным (административным) методам управления.

Формирование и развитие системы экологического менеджмента в организации включает две основные стадии: развитие деятельности в области предотвращения воздействия на окружающую природную среду и создания экологически чистого производства и собственно стадию формирования и развития системы экологического менеджмента. Сертификационный аудит завершает процесс внедрения на предприятии системы экологического менеджмента и подтверждает ее соответствие предъявляемым требованиям.

Нормативной основой формирования и развития СЭМ на предприятии является российский стандарт ГОСТ ИСО Р 14001-98, либо международный стандарт ISO 14001:2004. Однако существующие стандарты содержат лишь общие требования и рекомендации, регламентирующие процесс формирования и внедрения СЭМ, не включая методических подходов к реализации отдельных этапов, что снижает эффективность и создает трудности практической реализации данного процесса.

Поэтому нами разработана методическая основа отдельных этапов процесса формирования и развития СЭМ в организации, касающаяся: формулировки принципов экологической политики; процедуры идентификации экологических аспектов и проведения внутреннего аудита; формулировки, структуризации и измерения экологических целей и задач; направлений и мер государственной поддержки экологизации производства и развития СЭМ.

Как указывает стандарт ГОСТ Р ИСО 14001 процесс формирования СЭМ следует начинать с выработки экологической политики (environmental policy) — специальный документ о намерениях и принципах организации, который служит основой для действий организации и определения экологических целей и задач. Обоснование, принятие и декларирование современной экологической политики является одним из ключевых направлений практической деятельности промышленных предприятий в области экологического менеджмента.

Экологическая политика, как правило, учитывает масштаб, природу и экологические воздействия компании, а также содержит заявление о стремлении к соответствию нормативам, “постоянному улучшению” (continual improvement) СЭМ и “предотвращению загрязнений” (pollution prevention).

Учитывая требования законодательства в области охраны окружающей среды и функциональную направленность СЭМ, видится целесообразным в содержание экологической политики предприятий ЛПК включить следующие принципы:

**1. Последовательное из года в год улучшение во всех экологических аспектах деятельности предприятия, где это практически достижимо.** Система экологического менеджмента является гибким, легко перестраиваемым инструментом, который может применяться для решения любых производственных задач, делая упор на экологические аспекты. При развитии результатов деятельности в области экологического менеджмента принципы последовательного улучшения будут применяться не только к экологическим аспектам, которые можно идентифицировать для любых производственных процессов и задач, но и к отдельным элементам системы экологического менеджмента (политика, процедуры и т. д.) и ко всей системе в целом.

**2. Сокращение негативного воздействия на окружающую среду.** В это понятие включается не только обычная деятельность “на конце трубы”, направленная на очистку отходящих газов, сточных вод, организованное размещение и удаление отходов, но и деятельность, направленная на предотвращение образования загрязняющих веществ непосредственно формирующих воздействие на окружающую среду — снижение потерь сырья, материалов, энергоресурсов, уменьшение брака, соблюдение технологической дисциплины, повышение экологической культуры производства и т. д.

**3. Соблюдение установленных экологических норм и правил.** Помимо требований экологического законодательства, местных органов власти, ISO 14001 сюда могут быть включены различные отраслевые стандарты и внутренние стандарты предприятия, международные требования и т. д.

**4. Достижение экоэффективности.** Деятельность в области экологического менеджмента уже на первых этапах своего развития способна приводить к существенным экономическим эффектам за счет экономии и сбережения сырья, материалов, энергетических ресурсов, уменьшения экологических платежей и штрафных санкций и т. д.

На следующем этапе формирования СЭМ необходимо разработать и внедрить процедуры для определения *значимых воздействий* (как со стороны деятельности организации, так и продуктов и услуг) на окружающую среду, а также *учесть все законодательные требования и требования иной природы*, связанные деятельностью организации.

Определение значимых экологических аспектов (ЭА) деятельности предприятия проводится с целью анализа и актуализации экологической политики и установления целевых и плановых экологических показателей в процессе разработки программы экологического менеджмента.

Для определения значимых ЭА деятельности на предприятии следует составить Регистр ЭА по производствам (службам) (табл. 1), деятельность которых оказывает негативное воздействие на окружающую среду, и Перечень значимых ЭА по всему предприятию (табл. 2).

Формирование Регистра ЭА состоит из следующих последовательных этапов: идентификация видов деятельности предприятия, а также его продукции или услуг, которые оказывают или могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду; идентификация ЭА; оценка значимости выявленных ЭА.

Таблица 1

**Форма регистра экологических аспектов**

Регистр экологических аспектов \_\_\_\_\_  
(наименование производства/службы)

Процесс	Место реализации процесса	Экологические аспекты	Воздействие на окружающую среду	Документы, регламентирующие требования в ЭА	Критерии оценки	Фактор значимости (Ф <sub>з</sub> )

Таблица 2

**Перечень значимых экологических аспектов**

№ п.п.	Местонахождение процесса	Выявленный экологический аспект	Фактор значимости, в баллах

Входными данными для идентификации ЭА могут являться результаты анализа: реестра природоохранных документов; нормативной документации, регламентирующей требования к выполнению технологических процессов и различных видов работ; входных материальных потоков (расходуемые сырье, материалы, энергоресурсы); выходных материальных потоков (готовая продукция, отходы, сбросы и выбросы); имеющейся информации о происшедших и потенциальных аварийных ситуациях.

Суммарное воздействие на окружающую среду того или иного ЭА следует определять экспертным путем посредством выявления фактора значимости ЭА (Ф<sub>з</sub>), который рассчитывается по формуле:

$$Ф_з = М_в \times И_в \times В_в \times П_в,$$

где М<sub>в</sub> — масштаб воздействия ЭА (в баллах); И<sub>в</sub> — интенсивность (тяжесть) воздействия ЭА (в баллах); В<sub>в</sub> — вероятность воздействия ЭА (в баллах); П<sub>в</sub> — продолжительность воздействия ЭА (в баллах).

Разработанные числовые значения критериев оценки (М<sub>в</sub>, И<sub>в</sub>, В<sub>в</sub>, П<sub>в</sub>) представлены в табл. 3.

За организацию работ по идентификации ЭА и оценке их значимости отвечают руководители подразделений. По результатам идентификации формируется сводный регистр ЭА предприятия, в котором выявленные аспекты ранжируются в порядке убывания значений Ф<sub>з</sub>. После чего значимые ЭА вносятся в “Перечень”. К значимым ЭА целесообразно отнести те, фактор значимости которых равен или более 36.

В последующем действующие Регистр и Перечень значимых ЭА следует ежегодно актуализировать. При этом документы заново оформляются, проходят согласование и утверждаются. Предыдущие версии изымаются и аннулируются.

Таблица 3

## Шкала оценок значимости экологических аспектов

Критерии оценки	Значения критерия, в баллах
1. Масштаб воздействия ЭА ( $M_B$ ) в пределах:	
— мест проведения работ	1
— объекта в целом	2
— близлежащей территории	3
— района и более	4
2. Интенсивность (тяжесть) воздействия ЭА ( $I_B$ ):	
— воздействие в пределах допустимых, законодательно установленных норм	1
— превышение предельно допустимых, законодательно установленных норм с незначительными последствиями для окружающей среды	2
— превышение предельно допустимых, законодательно установленных норм со значительными последствиями для окружающей среды	3
3. Вероятность воздействия ЭА ( $B_B$ ):	
— случайные редкие события (малая)	1
— периодически повторяющиеся события (средняя)	2
— часто повторяющиеся события или постоянное воздействие (высокая)	3
4. Продолжительность воздействия ЭА ( $P_B$ ):	
— в течение нескольких часов	1
— в течение дней	2
— длительное время или постоянно	3

Основанием для внесения изменений в Регистр и Перечень могут быть изменения нормативной документации и природоохранных требований. Изменения, внесенные в Перечень, в свою очередь, являются основанием для пересмотра планов деятельности предприятия, изменения целевых и плановых экологических показателей, пересмотра Экологической политики, разработки новых и пересмотра действующих процедур интегрированной системы менеджмента.

Мониторинг соблюдения требований процедуры идентификации ЭА осуществляется в процессе внутреннего аудита. Результаты идентификации анализируются руководством предприятия.

В целом процесс формирования Реестра ЭА и Перечня можно представить в виде алгоритма, который размещается в Карте идентификации экологических аспектов (табл. 4).

На следующем этапе формирования СЭМ, с учетом значимых экологических воздействий, законодательных и других требований, в организации разрабатываются *экологические цели и задачи*, основанные на экологической политике, определенные для каждой функции (области деятельности) и уровня организации.

Мы считаем, что важнейшей *целью экологической политики* должно стать *стремление к постоянному снижению вредного воздействия на окружающую среду и неукоснительное выполнение природоохранного законодательства при высоком качестве выпускаемой продукции*. Главную цель, в свою очередь, целесообразно подразделить на подцели (рис. 1).

Таблица 4

Карта процесса идентификации экологических аспектов

<p>Номер внутреннего документа «Идентификация экологических аспектов»</p>	<p>Входы (требования)</p>	<p>Карта процесса «Идентификация экологических аспектов» Цель процесса: выявление экологических аспектов, оказывающих значительное воздействие на окружающую среду</p>	<p>Владелец процесса: представитель руководства Ответственный исполнитель: начальник отдела экологии</p>
<p>Поставщики</p>	<p>Алгоритм процесса и участники</p>	<p>Записи</p>	<p>Потребители</p>
<p>1. Технологи цехов (производители), лица, ответственные по вопросам природоохранной деятельности, специалисты отдела экологии и производственного контроля</p>	<p>1. Информация о технологических процессах, производимой продукции, потребляемых сырье и ресурсах, природоохранных нормативных документах, статистика аварийных ситуаций</p>	<p>Необходимость разработки (актуализации) Реестра ЭА</p> <p>Разработка Реестра ЭА в подразделениях (ежегодная актуализация до 10 декабря)</p> <p>Регистры ЭА</p>	<p>Отдел экологии</p>
<p>2. Руководители производств (служб)</p>	<p>2. Информация об экологических аспектах и характере их воздействия на окружающую среду</p>	<p>Руководители производств (служб)</p> <p>Формирование сводного Реестра ЭА</p> <p>Сводный Реестр ЭА</p>	<p>Отдел экологии</p>
	<p>Формирование Перечня (ежегодная актуализация до 25 декабря)</p> <p>Начальник отдела экологии</p> <p>Перечень</p>	<p>Перечень значимых ЭА</p>	<p>Высшее руководство, структурные подразделения предприятия, внешние заинтересованные стороны</p>
<p>Показатели результативности</p>	<p>Наиболее значимые ЭА деятельности предприятия</p>	<p>Периодичность мониторинга</p>	<p>1 раз в год 1 раз в год</p>
<p>1. Соблюдение сроков разработки и формы Реестра ЭА и Перечня</p> <p>2. Достижение цели процесса</p>	<p>100% цель достигнута</p>		



Рис. 1. Основные цели формирования и развития на предприятии СЭМ

Достижение целей экологической политики следует основывать на решении следующих задач: применение технологий и оборудования, направленных на снижение негативного влияния на окружающую среду; использование ресурсосберегающих технологий; анализ влияния изменений производственных процессов на потребление природных ресурсов и воздействие на окружающую среду; анализ влияния взаимодействия предприятия с окружающей средой на сегодняшнее и перспективное экономическое положение данного субъекта; постоянный контроль объемов и состава потребляемых природных ресурсов и результатов производственных процессов, оказывающих влияние на окружающую среду; повышение эффективности производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности и экологического мониторинга на основе внедрения методов технической диагностики; прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций, смягчение отрицательных воздействий, связанных с такими ситуациями; открытость информации по экологическим вопросам, связанной с деятельностью предприятия; систематическое обучение персонала и его стимулирование к производственной деятельности, позволяющей минимизировать вредное воздействие на окружающую среду.

Цели и задачи СЭМ следует разрабатывать на основе анализа законодательных и иных требований, идентифицированных экологических аспектов

и воздействий, рисков и опасностей предприятия, технологических возможностей, финансовых, производственных, коммерческих требований и мнений заинтересованных сторон.

Учитывая, что процессы улучшения не могут протекать во всех областях деятельности предприятия одновременно, целесообразно, на наш взгляд, цели СЭМ разбить на три группы: “мониторинг”, “менеджмент”, “улучшение”.

В группу “мониторинг” включаются цели, направленные на потенциальное улучшение значимыми аспектами деятельности комбината при ограничении финансовых, технологических и других ресурсов (т. е. выбранные действия на данный период не выполнимы). Такие цели направлены на исследование конкретных проблем. В группу “менеджмент” включают цели, по которым уже осуществляется успешное управление или повышение эффективности в настоящее время невозможно. Такие цели гарантируют, что все средства, касающиеся данных аспектов деятельности, систематически применяются. В группу “улучшение” включают цели направленные на улучшение управления определенными аспектами деятельности. Такие цели необходимы для демонстрации непрерывного улучшения.

На наш взгляд, критерием выполнимости экологических целей следует считать степень их достижения, которая может иметь три уровня. Экологическая цель считается к запланированному сроку:

- выполненной полностью (применительно к группе целей “улучшение”), если все относящиеся к данной цели задачи выполнены полностью;
- выполненной на  $x$  % (применительно к группе целей “улучшение”), если хотя бы одна из задач, относящихся к цели, не выполнена;
- выполняющейся (применительно к целям групп “менеджмент” и “мониторинг”), если в течение запланированного срока ее достижения все относящиеся к ней задачи выполняются.

Следует ежегодно проводить оценку выполнения целей и задач при анализе СЭМ со стороны высшего руководства с последующей их корректировкой.

Эффективность функционирования системы экологического менеджмента во многом зависит от учета материалопотоков предприятия, алгоритм которого представлен в виде схемы (рис. 2) [1].

Четкое распределение поставленных задач между уровнями управления, в рамках которых разграничиваются полномочия и ответственность должностных лиц, будет способствовать их эффективному достижению (табл. 5).

В ходе развития СЭМ необходимо разработать *экологическую программу, программу по обучению персонала и подготовке к нештатным ситуациям*, а также выделить *достаточное количество человеческих, технологических и финансовых ресурсов*.

На наш взгляд, инструментальный аппарат СЭМ, базируясь на экологической политике и поставленных целях, может включать следующие *основные средства и формы экологически ориентированного управления*: эффективный менеджмент потребляемых природных ресурсов в рамках длительного развития; экологический аудит как важное средство и инструмент обеспечения соответствия экологическим стандартам и экологической безопасности; акцент на соответствие продукции экологическим нормам и требованиям; внедрение экологических подходов в маркетинговых исследованиях; принятие во внимание экологических аспектов при разработке производственных процессов (проведение ОВОС); управление отходами производства через рециклизацию и внедрение биотехнологий; рациональное распределение экологической ответственности при принятии управленческих решений и др.

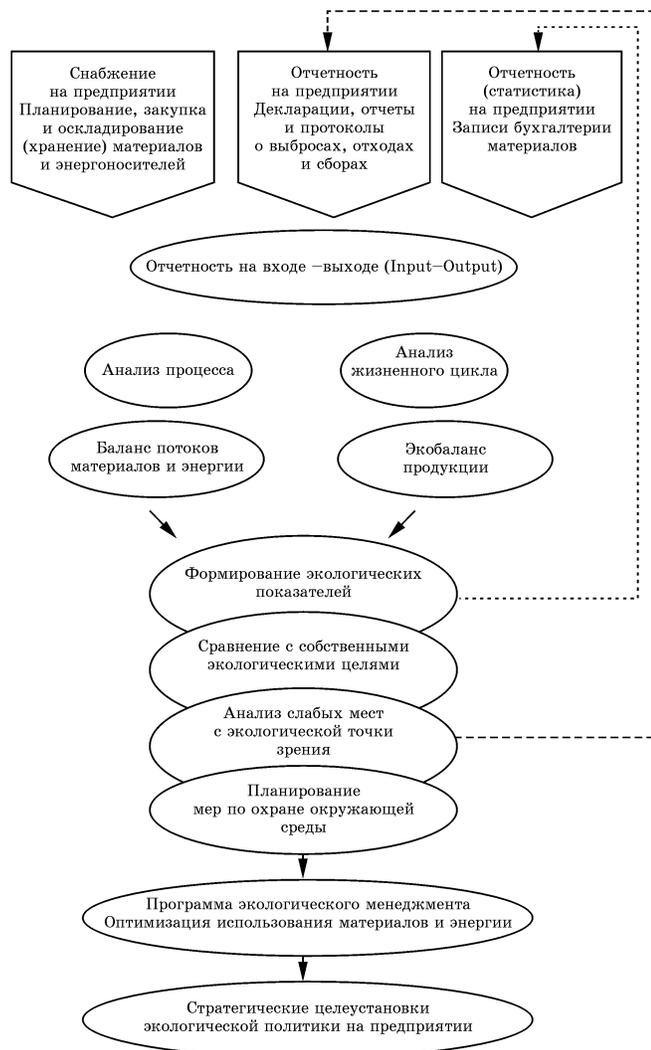


Рис. 2. Схема материалопотоков на уровне предприятия

Используемые методы, нацеленные на предупреждение негативного воздействия на окружающую среду, можно объединить в четыре основные категории: рациональное хозяйствование, замена материалов, модернизация производства, рациональное потребление ресурсов.

В организации в ходе функционирования СЭМ необходимо осуществлять мониторинг или измерение основных параметров той деятельности, которая может оказывать существенное воздействие на окружающую среду. По мере развития СЭМ следует проводить периодический аудит СЭМ, результаты которого необходимо анализировать с точки зрения адекватности и эффективности СЭМ, руководствуясь стремлением к постоянному улучшению.

Таблица 5

## Задачи различных уровней управления в СЭМ предприятия

Уровни управления	Задачи менеджмента
Высший	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Интеграция проблем охраны окружающей среды и рационального природопользования с общепроизводственными проблемами.</li> <li>2. Формирование экологической политики предприятия.</li> <li>3. Определение экологических целей и задач для различных уровней управления.</li> <li>4. Планирование основных направлений природоохранной деятельности предприятия.</li> <li>5. Координация и стимулирование природоохранной деятельности предприятия.</li> <li>6. Обеспечение природоохранных проектов материальными, трудовыми и финансовыми ресурсами.</li> <li>7. Комплексная оценка состояния природоохранной деятельности предприятия и пр.</li> </ol>
Средний	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Осуществление экоаудиторских проверок.</li> <li>2. Разработка организационно-технических и инвестиционных рекомендаций по совершенствованию природоохранной деятельности предприятия.</li> <li>3. Детальная разработка и координация конкретных проектов в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.</li> <li>4. Представительство предприятия по экологическим вопросам при взаимодействии с контролирующими органами и общественностью и пр.</li> </ol>
Низший	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реализация экологических проектов.</li> <li>2. Осуществление контроля за работой оборудования, представляющего угрозу для окружающей среды.</li> <li>3. Работа с персоналом.</li> <li>4. Разработка предложений по совершенствованию технологических процессов и выпускаемой продукции относительно их экологических аспектов и пр.</li> </ol>

Учитывая, что результаты аудита ложатся в основу будущих планов совершенствования СЭМ, значимое место в методологии следует уделить процедуре проведения внутреннего аудита.

Внутренний аудит проводится с целью установления соответствия СЭМ требованиям внешних и внутренних стандартов и оценки ее результативности. В программу проведения аудита целесообразно включить цель аудита, область его применения, критерии аудита, проверяемые подразделения (должностные лица), участвующие в реализации требований к процессу, период проведения конкретных аудитов по месяцам и номер отчета о результатах внутреннего аудита (табл. 6).

Процесс проведения внутреннего аудита можно представить в виде алгоритма, который размещается в Карте процесса внутреннего аудита (табл. 7).

Таблица 6

## Форма программы внутреннего аудита

№ аудита	Цель	Процесс	Критерии аудита	Проверяемые подразделения, должностные лица	Месяцы	№ отчета
			ГОСТ Р ИСО 14001			

Таблица 7

Номер внутреннего документа «Внутренние аудиты»		Карта процесса внутреннего аудита		Владелец процесса: представитель руководства Ответственный исполнитель: руководитель группы по аудиту	
Поставщики	Входы (требования)	Цель процесса: установления соответствия и оценка результативности СЭМ	Алгоритм процесса и участники	Записи	Потребители
1. ОМК	Цель, критерии, область и сроки аудита		Извещение, программа проверки	ОМК, рабочая группа по аудиту, проверяемые подразделения	
2. Проверяемые подразделения	Информация по областям аудита		Акта регистрации несоответствий и/или уклонений	Проверенные подразделения	
3. Проверяемые подразделения	Дополнительная информация по областям аудита		Отчет о внутреннем аудите	Директор по качеству, ОМК, проверяемые подразделения	
Показатели результативности		Норма		Периодичность мониторинга	
1. Полнота материалов (документов) проверки		100%		каждая проверка	
2. Соблюдение сроков проверки		100%		каждая проверка	
3. Полнота выполнения программы проверки		100%		каждая проверка	
4. Достижение цели проверки		цель достигнута		каждая проверка	

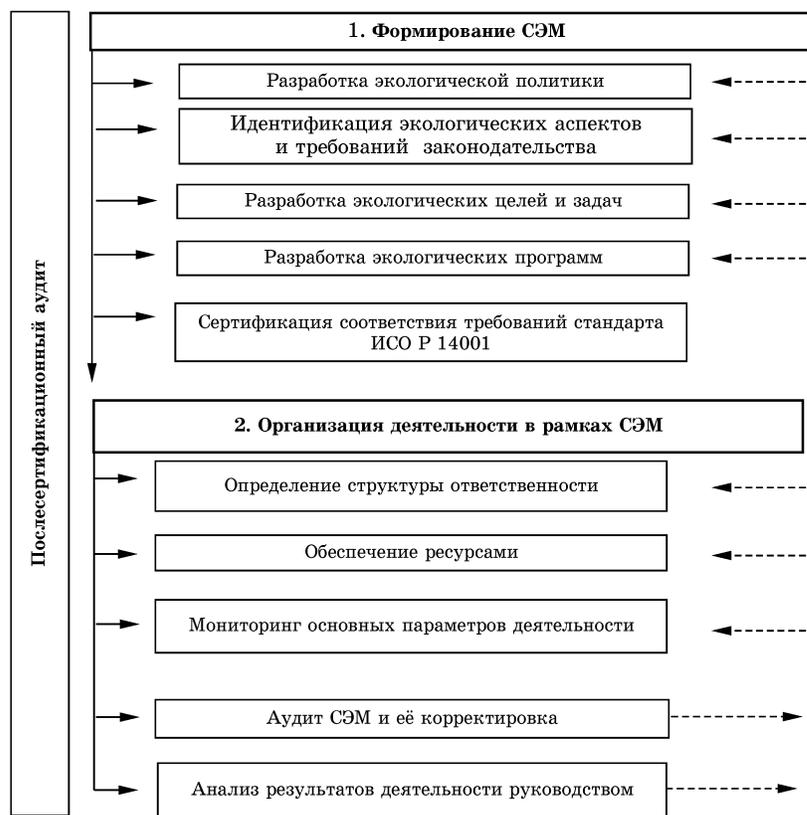


Рис. 3. Алгоритм формирования и развития СЭМ в организации

В целом процесс формирования и развития СЭМ в организации будет соответствовать алгоритму, представленному на рис. 3.

Мы считаем, что развитие экологического менеджмента и аудита как инструментов экономического роста, отвечающего целям устойчивого развития, требует внимания и поддержки органов государственной власти и управления, специально уполномоченных органов, отечественных и зарубежных экспертов, деловых кругов, общественности Российской Федерации, а также международных организаций.

Государственное регулирование деятельности предприятий в экологической сфере подразумевает воздействие на субъекты хозяйствования со стороны органов управления (федерального, регионального и местного уровней) с целью уменьшения их негативного влияния на окружающую природную среду на основе комплексного использования механизмов централизованного планирования, стимулирующего регулирования и рыночного саморегулирования. В связи с этим систему государственной поддержки экологизации производства и развития СЭМ, на наш взгляд, следует формировать на основе включения информационного, институционального, законодательного и экономического блоков, каждый из которых включает ряд целевых мероприятий (рис. 4).



Рис. 4. Система государственной поддержки экологизации производства, формирования и развития СЭМ

Таким образом, четко организованная система управления качеством окружающей среды промышленных предприятий путем формирования и развития СЭМ даст возможность комплексно решать вопросы минимизации воздействия на окружающую природную среду, рационально использовать природные ресурсы и материалы, а также снижать экологические издержки на всех стадиях производства, начиная с приема сырья и заканчивая выпуском продукции, что, в свою очередь, будет способствовать повышению эффективности и устойчивости развития организации. А всесторонняя поддержка извне придаст этому процессу масштабность, системность, динамичность и стабильность.

#### Литература

1. Фритцше К., Баркентин Х.-П., Атапина Н. Руководство по экологическому менеджменту для предприятий Восточной Европы. — СПб.: ООО «Новая типография», 2003.— С. 49.

### ВРЕМЯ КАК ПАРАМЕТР ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ<sup>1</sup>

к. э. н. *С. И. Абрамян, А. А. Федотов*

(Московский государственный университет приборостроения  
и информатики)

Исследуются вопросы дисконтирования при оценке инвестиционных проектов, оказывающих влияние на состояние окружающей природной среды.

Discounting questions are investigated at an estimation of the investment projects influencing a condition of the environment.

Методы, используемые современными аналитиками при решении вопроса об инвестициях, делятся специалистами на традиционные и основанные на дисконтировании. Традиционные методы иначе называются методами, основанными на учетных ставках. По существу все они сравнивают ожидаемую чистую прибыль, т. е. доход без издержек и налогов, и инвестированный капитал. Полученные результаты дают возможность оценить рассматриваемый проект с точки зрения возмещения вложений, получения прибыли, а также приемлемых для инвестора сроков возмещения вложений [1–5].

Выделяются три основных традиционных метода:

— метод определения рентабельности инвестиций или простая (годовая) норма прибыли (ROI — Return On Investment, ARR — Average Rate of Return);

— метод расчета срока окупаемости инвестиций (PP — Payback Period);

— коэффициент покрытия долга (DCR — Debt Cover Ratio).

Все остальные учетные оценки так или иначе основаны на этих коэффициентах.

#### Метод определения рентабельности инвестиций

Коэффициент эффективности инвестиций рассчитывается как отношение средней величины доходности фирмы к средней величине инвестиций. При этом доход берется до выплаты процентных и налоговых платежей — ЕБИТ (Earning Before Interest and Tax) или (чаще всего) до процентных, но после налоговых платежей — ЕБИТ(1-Н), где Н — ставка налога. Среднюю величину инвестиций находят как половину разности между стоимостью активов на начало и конец периода.

$$ROI = 2EBIT(1 - H)/(C_a^H - C_a^k), \quad (1)$$

где  $C_a^H$  и  $C_a^k$  — соответственно стоимость активов на начало и конец периода.

По сути, это расчет годовой нормы прибыли. Показатель обычно рассчитывается для года выхода производства на полную мощность. Применяют

---

<sup>1</sup>Статья подготовлена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 07-02-00044а).

показатель, сравнивая его значение с приемлемым для фирмы (или стандартным) уровнем рентабельности инвестиций. Если расчетный уровень показателя превышает заданный, то проект приемлем. Метод чрезвычайно прост и очевиден, что является несомненным достоинством и обуславливает его широкое применение на практике. Применение этого метода оправдано и может служить достоверной оценкой прибыльности в случае с ожидаемой одинаковой годовой прибылью во все годы реализации проекта. Кроме того, условием применения является неизменный состав оборотного капитала за время реализации инвестиций, а также использование накопленных амортизационных отчислений для замены выбывшего оборудования, что избавляет от дополнительных вложений.

Одним из недостатков метода является трудность выбора представительного года, т. к. могут быть значительные отклонения в значениях чистой прибыли в разные годы. Для устранения этого недостатка показатель рассчитывается для каждого года, а затем берется средняя норма прибыли.

Гораздо более существенным недостатком является игнорирование разности денежных средств во времени. Кроме того, показатель не учитывает срок функционирования активов, созданных за счет инвестирования, а это иногда существенно для оценки проекта.

#### Метод расчета срока окупаемости инвестиций (Payback Period)

Срок окупаемости рассчитывается как период, в течение которого первоначальные инвестиции возвращаются за счет денежных поступлений от их использования. При этом берется кумулятивная сумма поступлений, т. е. поступления рассчитываются нарастающим итогом:

$$PP = I_0 / CF_t^{(\Sigma)}, \quad (2)$$

где PP — период окупаемости,  $I_0$  — первоначальные инвестиции,  $CF_t^{(\Sigma)}$  — годовая сумма денежных поступлений от реализации инвестиционного проекта.

$CF_t^{(\Sigma)}$  можно определять как среднегодовую величину, если в среднем величины годовых поступлений равны, а можно и нарастающим итогом. Тогда предполагается процесс суммирования годовых поступлений до тех пор, пока результат не сравняется с величиной первоначальных инвестиций.

Метод тоже достаточно прост, очевиден и поэтому популярен. Возможность его применения ограничена условиями равенства ежегодных поступлений и разового вложения первоначальных инвестиций. Кроме того, в случае, когда сравниваются несколько инвестиционных проектов, этот метод можно применять, если все проекты имеют одинаковый срок жизни.

Недостатки метода: во-первых, традиционное для учетных методов игнорирование различий ценности денег во времени, а во-вторых, неучет сумм денежных поступлений и после срока окупаемости.

Указанные недостатки дают основание использовать срок окупаемости не в качестве критерия выбора инвестиционных проектов, а лишь в виде ограничения при принятии решения. Это означает, что если срок окупаемости больше некоторого принятого граничного значения, то инвестиционный проект исключается из состава рассматриваемых.

Тем не менее в случаях, когда главной проблемой принимающих решение является ликвидность, а не прибыльность, или когда высока степень риска инвестиций, и срок окупаемости становится критерием принятия проекта, применение данного метода можно считать целесообразным.

Обобщая все недостатки рассмотренных учетных критериев, можно еще раз отметить, что используемые величины прибыли и инвестиций не приводятся к настоящей стоимости, т. е. в процессе расчета сопоставляются заведомо несопоставимые величины — сумма инвестиций в настоящее время и сумма прибыли в будущем. Кроме того, в качестве показателя возврата вложенных средств традиционно используется лишь прибыль, хотя в экономической практике давно уже оценивают возврат инвестиций в более реальном показателе — в денежном потоке, включающем помимо чистой прибыли и амортизационные отчисления. Игнорирование этого факта приводит к занижению коэффициента эффективности и соответственно завышает срок окупаемости. И наконец, эти критерии дают лишь одностороннюю оценку эффективности проекта, т. к. оба используют в качестве исходных одинаковые показатели — сумму прибыли и сумму инвестиций.

Значительно более точные оценки эффективности проекта дают методы, основанные на дисконтировании. Они включают метод определения чистой текущей стоимости (чистого дисконтированного дохода), метод индекса рентабельности (доходности), метод определения внутренней нормы доходности.

Именно эти методы лежат в основе рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов, разработанных ЮНИДО (United Nations Industrial Development Organization) — Организацией Объединенных Наций по промышленному развитию [6]. На их основе разрабатываются и используются имитационные динамические модели, позволяющие анализировать ключевые технико-экономические и финансовые показатели инвестиционного проекта и оценивать влияние на них различных факторов — инфляции, изменения ставки процента по кредиту, изменения рынков сбыта продукции и др.

Эта же идея лежит в основе отечественной разработки — “Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования”, утвержденных Госстроем России, Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Госкомпромом в 1994 г. [7]. Методика рассчитана на применение в условиях перехода российской экономики к рынку и соответствует принятым международным стандартам, что является необходимым условием для привлечения в российскую экономику иностранных инвесторов. Кроме того, авторы методики, правильно оценив невозможность разрешения в единственной критерии всех проблем, связанных с понятием эффективности, пошли по пути построения системы критериев оценки эффективности, и таким образом разработанная методика является многокритериальной.

Сравнение различных инвестиционных проектов и выбор лучшего из них производится с использованием системы показателей:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД) или интегральный эффект;
- индекс доходности (ИД);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- срок окупаемости.

Эта система критериев открыта для введения других показателей, отражающих интересы участников или специфику проекта.

Именно эта методика была взята нами за основу при разработке подхода к учету ущерба от загрязнения при оценке экономической эффективности инвестиционных проектов как загрязняющих окружающую природную среду, так и природоохранного назначения [8].

Везде, где речь идёт о сравнении разновременных затрат и результатов, встаёт вопрос о дисконтировании — приведении разновременных показателей к одному моменту времени. От того, какой выбирается ставка дисконта,

зависит величина сравниваемых показателей. В связи с этим целесообразно рассмотреть вопросы дисконтирования применительно к оценке экономического ущерба от экологических нарушений.

Для иллюстрации рассмотрим ситуацию с неким производством, которое приносит доходы в настоящий момент и будет приносить их в ближайшем будущем, однако наносит вред окружающей среде, катастрофический для будущих поколений. Это может быть хранение высокорadioактивных отходов, выпуск в атмосферу соединений, разрушающих озоновый слой, выпадение кислотных дождей, избыток углерода, ведущий к возникновению “парникового” эффекта и т. д. До тех пор, пока вес, который мы приписываем будущему, становится всё меньше и меньше по мере продвижения в будущее, таким катастрофическим последствиям будет придаваться всё меньше внимания в результате дисконтирования. Другими словами, дисконтирование содержит в себе предубеждение против будущих поколений.

Дисконтирование также воздействует на интенсивность использования нами природных ресурсов. Чем выше норма дисконтирования — норма, по которой мы дисконтируем будущее, тем быстрее природные ресурсы будут, по всей вероятности, исчерпаны. Как и в предыдущем случае этот эффект является также дискриминирующим для будущих поколений.

Правомерность применения дисконтирования при проведении анализа на микроэкономическом уровне не вызывает сомнений, так как именно здесь описывается поведение отдельных индивидов, анализируются функции полезности индивидов и присущие индивидам предпочтения, в том числе временные. Однако уже при анализе отдельных хозяйственных субъектов начинают появляться некоторые разногласия относительно выбора ставки дисконтирования при оценке инвестиционного проекта. Ведь чем выше ставка, тем больше вероятность отвергнуть проект. Значение ставки, как мы уже показывали, зависит от нескольких факторов. При этом, поскольку основную часть её составляет процент по вкладам, то для субъективности в определении её величины остаётся немного места. И чем стабильнее экономическая ситуация в стране, тем меньше субъективизма. Совсем другая картина вырисовывается на макроэкономическом уровне. И проблем, связанных с дисконтированием, становится неизмеримо больше.

Исследования окружающей среды как раз представляют собой исследования на макроуровне. И первой проблемой является здесь проблема обобщения индивидуальных предпочтений — является ли это обобщение правомерным и в какой степени. Очевидно, что общественная полезность не является прямой суммой индивидуальных предпочтений. Кроме того, дисконтирование на макроуровне затрагивает общественные блага, потребление или использование которых сопряжено с внешними эффектами. И именно внешние эффекты представляют собой разность между уровнем общественного благосостояния и простой суммой значений индивидуальных функций благосостояния.

Что касается окружающей среды, то возможный ущерб от того или иного проекта и является внешним эффектом на макроуровне.

Обобщая всё вышеизложенное в приложении к выбору ставки дисконта при определении экономического ущерба от экологических нарушений, отметим, что к этому выбору необходимо подходить чрезвычайно аккуратно. На наш взгляд, учитывая все перечисленные аргументы, правомерно применять минимальную ставку дисконтирования. При этом, чем хуже современное состояние окружающей среды, тем меньше должна быть ставка дисконтирования.

Исходя из этих положений, в предлагаемой методике расчёта показателей эколого-экономической эффективности при оценке проектов производ-

ственного назначения выбирается нулевая ставка дисконта, т. е. рассчитанный экономический ущерб от экологических нарушений не дисконтируется. А при оценке проектов природоохранного назначения рассчитанный предотвращённый ущерб рассматривается как результат проекта и тоже не дисконтируется.

Не дисконтируя наносимый и предотвращаемый ущерб, мы как бы увеличиваем его значение по сравнению со значением традиционных экономических затрат и результатов. В действительности же, даже при таком учёте экономического ущерба, мы всё равно его недооцениваем. Поясним это подробнее. До сих пор мы предполагали, что горизонт расчёта по проекту обусловлен только продолжительностью его жизненного цикла. Действительно, начало проекта определяется моментом вложения средств в его реализацию, конец — моментом прекращения выпуска продукции. Однако экологические последствия имеют более продолжительный период существования: экологические нарушения, вызванные проектом, будут ощущаться и в отдалённом будущем, а в некоторых случаях могут даже расти во времени вследствие синергетических эффектов. Соответственно, и экономический ущерб будет наноситься даже тогда, когда проект закончит своё существование.

### Литература

1. *Идрисов А. Б. и др.* Стратегическое планирование и анализ эффективности инвестиций.— М., 1997.
2. *Инвестиционная стратегия фирмы.*— СПб., 1996.
3. *Инвестиционное проектирование.* Под ред. Шумилина С. И.— М., 1995.
4. *Ковалев В. В.* Финансовый анализ.— М.: Финансы и статистика, 1998.
5. *Липсиц И. В., Косов В. В.* Инвестиционный проект: методы подготовки и анализа.— М.: Издательство БЕК, 1996.
6. *Беренс В., Хавранек П. М.* Руководство по оценке эффективности инвестиций.— М.: ИНФРА-М, 1995.
7. *Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования.*— М.: Информэлектро, 1994.
8. *Абрамян С. И., Лучшева В. В., Рюмина Е. В.* Эколого-экономическая эффективность инвестиционных проектов // Экономика природопользования.— 2002.— № 2.

**ОЦЕНКА НАТУРАЛЬНОГО  
И ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА  
КОМПОНЕНТАМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
И РЕЦИПИЕНТАМ  
ОТ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

---

**УПРАВЛЕНИЕ  
ПОСЛЕДСТВИЯМИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ТЕРРИТОРИИ КРУПНОГО ГОРОДА**

*С. В. Стрижова*

(Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН)

В работе рассмотрены подходы к организации работ по реабилитации загрязненных радиоактивными веществами территорий города и методы оптимизации распределения ресурсов по видам работ с учетом уровня загрязнения различных зон.

**MANAGEMENT OF CONSEQUENCES OF RADIOACTIVE  
POLLUTION OF URBAN TERRITORIES**

*S. V. Strizhova*

We consider approaches to organization of urban territories rehabilitation after radioactive pollution under restriction on available resources. We use special optimization methods of resource distribution with respect of pollution level.

Возможное загрязнение даже небольшого участка территории крупного города требует оперативных мер по защите населения и сопровождается значительным экономическим ущербом. Предотвратить или сократить экономический ущерб, ущерб здоровью и жизни людей, ущерб окружающей среде — это важная государственная задача. Она решается в двух направлениях. На предотвращение подобных инцидентов направлено совершенствование систем безопасной эксплуатации ядерных объектов, систем безопасной транспортировки расщепляющихся материалов, систем контроля и охраны соответствующих объектов и материалов, а также систем противодействия терроризму. На сокращение ущерба от инцидента направлено совершенствование систем мониторинга и раннего предупреждения о радиационном заражении, систем гражданской обороны, схем эвакуации и укрытия, методик медицинского обеспечения, техники и технологий дезактивационных работ.

При обосновании мер по снижению как социального, так и экономического ущерба от радиоактивного загрязнения центральным вопросом является адекватная оценка всех составляющих такого рода ущерба в условиях крупного города. Чем детальнее рассматривается состав объектов заражённого участка — тем точнее оценки ущерба и более адекватны и экономически оправданы принимаемые решения. Однако детализации препятствует недостаточная разработанность системы городских регистров и отсутствие

моделей распространения загрязнения, ориентированных на их информацию. Созданные в России и за рубежом компьютерные программы (TRACE, MARC-1, MACCS, RECAST, RODOS, RADTRAN, НОСТРАДАМУС и др. [1, 4]) ориентированы на прогноз распространения радиоактивных осадков при достаточно крупных авариях на АЭС или при транспортировке расщепляющихся материалов. Методики оценки ущерба, используемые в ряде упомянутых комплексов программ (например, MACCS), дифференцированно подходят к оценке ущерба для сельскохозяйственных и городских территорий определённого типа. При этом в составе ущерба, как правило, учитываются лишь прямые потери: для сельскохозяйственных территорий — потеря земли, частично потеря сельскохозяйственной продукции, затраты на дезактивацию; для городских территорий — потеря национального богатства, амортизация, затраты на эвакуацию и дезактивацию [2].

Для загрязнения меньшего масштаба, вызванного радиационной аварией или террористическим актом в крупном городе, с учетом характера городской застройки, сложности транспортной сети и многокомпонентности объектов инфраструктуры эти модели будут давать весьма грубую и сглаженную картину распределения радиоактивности. В крупных городах следует учитывать и косвенный ущерб, вызванный нарушением органической целостности города (систем магистралей, транспортных узлов, узлов управления и снабжения).

Управление чрезвычайными ситуациями, в том числе и обусловленными радиационным загрязнением городской среды, как правило, базируется на понятии издержек управления. Они рассматриваются как сумма ущерба, нанесённого загрязнением, и затрат, предпринятых с целью его уменьшения и ликвидации последствий. При этом под ущербом понимаются оценённые в денежном выражении потери от наступления чрезвычайного события. В ущербе принято выделять прямой ущерб, косвенный ущерб, упущенную выгоду [5]. Ущерб и затраты на его уменьшение находятся в диалектической взаимосвязи, представленной на рис. 1.

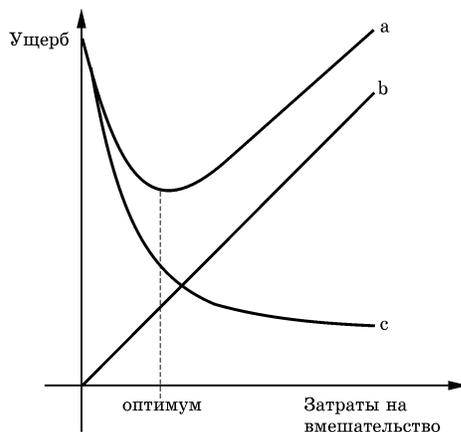


Рис. 1. Зависимость издержек управления последствиями загрязнения и ущерба от уровня затрат по его снижению. а — издержки управления последствиями загрязнения, б — затраты на снижение ущерба от загрязнения, с — ущерб от загрязнения.

Увеличивая затраты на ликвидацию последствий загрязнения можно уменьшить величину ущерба, однако с ростом затрат непрерывно снижа-

ется их эффективность, поэтому до некоторого оптимального уровня затрат величина издержек будет снижаться, а при превышении этого уровня — расти, то есть всегда существует какой-то оптимальный уровень затрат.

Оценка ущерба представляется достаточно сложной задачей. Различные методики его определения основаны на учёте места и времени проявления события, его влияния на состояние и жизнедеятельность различных объектов. Для чрезвычайных ситуаций, связанных с радиационным заражением, достаточно адекватной представляется следующая классификация видов ущерба:

1. Ущерб для здоровья и жизни людей.
2. Ущерб окружающей среде.
3. Потери, связанные с адаптационным поведением людей, обусловленные стихийной и организованной реакцией населения на загрязнение.
4. Материальные потери.
5. Потери общества, связанные с остановкой и прекращением деятельности хозяйственных объектов, включая косвенный эффект от разрыва хозяйственных связей, упущенную выгоду и др.

Уровень таких потерь обычно зависит от степени загрязнения территории города. Обычно загрязнённая территория в зависимости от принятых радиологических нормативов [6] разбивается на три категории:

I — зоны, пригодные для жизнедеятельности, с учётом осуществления контроля за уровнем загрязнения;

II — зоны, которые могут стать пригодными для жизнедеятельности или отдельных видов деятельности после принятия определённых мер по их дезактивации;

III — зоны, непригодные для жизнедеятельности в связи с тем, что их дезактивация неэффективна.

Районирование загрязнённой территории города осуществляется на основе оценки уровня загрязнения, аккумулялирующим показателем которого является ожидаемая коллективная доза облучения  $D$  [6]. Такая типология заражённой территории базируется на оценках последствий загрязнения для жизни и здоровья людей и задаёт уровни вмешательства соответствующих служб. Дозовые границы типов (и степени вмешательства) обусловлены санитарными нормами и могут сдвигаться при ужесточении или ослаблении их требований. На рис. 2 схематически показана классификация заражённых зон по этому показателю.

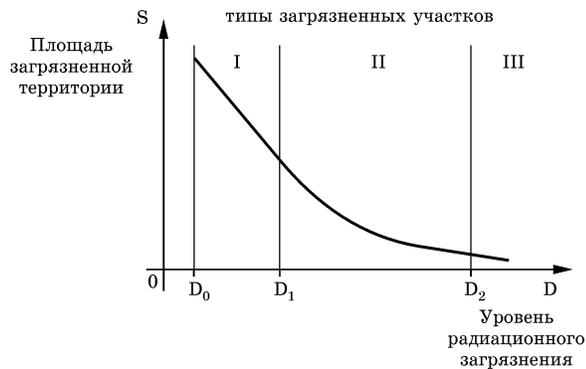


Рис. 2. Типология зон заражения и характерное распределение их площади по уровню загрязнения  $D$  ( $D_0$  — загрязнение соответствующее уровню коллективной дозы радиационного фона,  $D_1$ ,  $D_2$  — граничные значения коллективных доз определяемые санитарными правилами)

Состав мероприятий и соответствующих им затрат по снижению уровня ущерба и напрямую зависит от уровня и площади загрязнения, т. е. структурно они определяются приведённой типологией заражённых участков. Эффективность мероприятий и соответствующих им затрат принято оценивать с использованием понятия предотвращённой коллективной дозы облучения. Производная  $D'(U)$  функции полученной дозы  $D$  от затрат  $U$  на ее предотвращение имеет смысл стоимости дозы (чел.-Зв/руб.) или цены снижения дозы. С ростом расходов цена снижения дозы непрерывно растёт, и после определённого оптимального уровня затраты становятся чрезмерными и неэффективными. Снижение коллективной дозы ограничено очевидным пределом — коллективной дозой  $D_0$ , обусловленной естественным радиационным фоном (космическое излучение и излучение, создаваемое природными радионуклидами, содержащимися в земной коре, воздухе, почве, воде, растительных и животных организмах). Уровень доз, обусловленных естественным фоном, зависит от местности и нередко может превышать пределы, установленные санитарными нормами ( $D_1$ ) для техногенного облучения. Эффективность принятых мер оценивается соотношением предотвращённой коллективной дозы и произведённых затрат.

В крупном городе использование чисто радиологических и санитарно-гигиенических критериев разбиения на зоны поражённого участка и выбора для них соответствующего уровня вмешательства представляется мало эффективным. Значительный разброс в ценности объектов на поражённом участке, наличие объектов общегородского значения, неоднородность поражённого участка по допустимым методам вмешательства требуют дифференцированного подхода при зонировании, учитывающего как санитарно-гигиенические критерии, так и экономические параметры объектов. Заметим, что эффективность затрат по управлению чрезвычайной ситуацией зависит от своевременности осуществления соответствующих мер. Особенно это относится к мерам защиты населения, потери здоровья которого напрямую зависят от времени пребывания в заражённой зоне.

В условиях большого города обычное зонирование поражённых участков по санитарно-гигиеническим критериям, на наш взгляд, должно быть дополнено зонированием по экономическим критериям: по оценке косвенного ущерба для города от потери объектов в зоне, по назначению городских территорий и оценке прямого ущерба, по оценке затрат на различные защитные мероприятия, включая дозовые нагрузки спасателей. Число зон и разнообразие условий может быть весьма велико, поэтому оптимальные сетевые графики вмешательства должны разрабатываться компьютерными программами как рекомендации по возникшей ситуации после ввода соответствующих ситуации управляющих параметров. Принимающий решение компетентный орган должен видеть для каждого мероприятия и по всему комплексу мер достигаемый эффект, сопутствующие ему затраты и порождаемый экономический ущерб.

В данной работе предлагается метод формирования рациональной системы защитных мероприятий, базирующейся на оптимизации графика защитных и реабилитационных работ при радиоактивном заражении участка территории крупного города. Будем полагать, что поражённый участок территории города уже разбит на зоны в соответствии с заданными диапазонами ожидаемых коллективных доз (дозовые диапазоны определяют необходимость и порядок эвакуации населения) и с учетом экономической ценности и важности, связности и однородности объектов. Также полагаем, что по каждой зоне уже принято принципиальное решение о типе вмешательства (эвакуация, оперативная дезактивация, отложенная дезактивация, отчуждение). Информацию об этих решениях будем представлять индикатором  $\theta_{ik}$

необходимости мероприятий типа  $k$  ( $k = \overline{1, m}$ ) в зоне  $i$  ( $i = \overline{1, n}$ ). Значение индикатора  $\theta$  равно 1, если мероприятие необходимо и равно 0 в противном случае.

Каждая зона  $i$ , в первом приближении, характеризуется следующим набором описывающих её параметров:  $\{D_i, N_i, B_i, v_i, w_i\}$ , где  $D_i$  — ожидаемая коллективная доза для населения в зоне,  $N_i$  — численность населения зоны,  $B_i$  — размер национального богатства в зоне,  $v_i$  — производимый предприятиями зоны в единицу времени ВВП,  $w_i$  — размер косвенного ущерба для города от поражения зоны в единицу времени. Искомый сетевой график вмешательства  $G_i$  можно представить набором следующих параметров:  $G_i\{\theta_{ik}t_{ik}, E_{ik}, r_{ik}\}$ , где  $\theta_{ik}$  — индикатор необходимости мероприятий,  $t_{ik}$  — время начала защитного мероприятия типа  $k$  в зоне  $i$ ,  $E_{ik}$  — объём работ (человеко-дней) в зоне  $i$  для мероприятий типа  $k$ ,  $r_{ik}$  — выделяемые ресурсы (число рабочих) для работ по мероприятию типа  $k$  в зоне  $i$ .

Принципиальные решения по зонам, учтенные в индикаторе  $\theta_{ik}$  задают определённую классификацию зон: не эвакуируемые  $i \in I_0$ , эвакуируемые  $i \in I_1$ , оперативно дезактивируемые  $i \in I_2$ , подлежащие выдержке (отложенная дезактивация)  $i \in I_3$ , подлежащие отчуждению  $i \in I_4$ . Очевидны включения:  $I_v \subset I_1, v = \overline{2, 4}$ .

Продолжительность работ  $\tau_{ik}$  определяется параметрами графика:

$$\tau_{ik} = E_{ik}/r_{ik}. \quad (1)$$

Периоду работ по мероприятию типа  $k$  в зоне  $i$  соответствует интервал для времени  $t$ :  $t_{ik} \leq t \leq t_{ik} + \tau_{ik}$ . Функцию индикатор распределения работ  $\psi_{ik}(t)$  можно задать так:

$$\psi_{ik}(t) = \begin{cases} 1, & t \in \left(t_{ik}, t_{ik} + \frac{E_{ik}}{r_{ik}}\right) \\ 0, & \text{в ином случае} \end{cases} \quad (2)$$

Используемые ресурсы спасателей являются специализированными и ограниченными. Располагаемые на момент времени  $t$  специализированные ресурсы обозначим через  $\overline{r}_k(t)$ . Распределение ресурсов типа  $k$  по зонам для любого момента времени  $t$  должно удовлетворять ресурсным ограничениям:

$$\sum_{i=1}^n \theta_{ik} r_{ik} \psi_{ik}(t) \leq \overline{r}_k(t) \quad (3)$$

Для множества типов защитных мероприятий характерно определённое отношение порядка (предшествования). Сам пакет мероприятий по зоне определяется принятым по ней решением. Для не эвакуированных зон  $i \in I_0$  всё сводится к медицинскому и радиологическому контролю. Для эвакуируемых зон все мероприятия группируются в два этапа. Первый этап с укрытием, профилактикой, санобработкой завершается эвакуацией. На втором этапе для зон отчуждения  $i \in I_3$  и выдержки  $I \in I_4$  эвакуированное население расселяется, а в зонах проводятся работы по локализации и консервации, порядок которых диктуется степенью заражения и близостью незаражённых зон. В зонах, дезактивируемых на втором этапе, предприятия остановлены, а население эвакуировано до завершения очистки.

Рассмотрим критерии построения оптимального графика для двух этапов, как для двух укрупнённых мероприятий (для первого этапа  $k = 1$ , для

второго этапа  $k = 2$ ) . До завершения эвакуации, т. е. на первом этапе, критерий оптимизации графика работ (порядка эвакуации) заключается в минимизации возможной дозы облучения населения. Ущерб  $U_i^D$  от облучения в зоне  $i$  можно оценить величиной:

$$U_i^D = cD_i(t_{i1} + \tau_{i1}), \quad (4)$$

где  $c$  — коэффициент характеризующий скорость набора коллективной дозы. Объем работы по эвакуации может быть оценён формулой

$$E_{i1} = aN_{i1}, \quad (5)$$

где  $a$  — коэффициент, зависящий от оснащённости работников и близости пунктов размещения.

Задача оптимизации работ первого этапа состоит в нахождении минимума следующей функции

$$\sum_{i \in I_1} \left( t_{i1} + a \frac{N_i}{r_{i1}} \right) D_i \rightarrow \min \quad (6)$$

по параметрам сетевого графика  $t_{i1}$  и  $r_{i1}$ ,  $i = \overline{1, n}$  с учётом ресурсных ограничений

$$\sum_{i \in I_1} \theta_{i1} r_{i1} \psi_{i1}(t) \leq \overline{r_1}(t) \quad (7)$$

и соотношений между переменными, определёнными выражениями (1), (4) и (5). Содержательно целевая функция (левая часть (6)) пропорциональна общему радиационному ущербу для населения зараженной местности, который накапливается в виде коллективной дозы и зависит от организации всех мероприятий первого этапа и направленных на них ресурсов ( $t_{i1}$  и  $r_{i1}$ ).

На втором этапе, когда население защищено, в зонах проведения дезактивационных работ график осуществления мероприятий и распределение ресурсов должны обеспечить минимум экономических издержек связанных с загрязнением. В их состав входят: ежедневный ущерб от приостановки нормальной жизнедеятельности, который складывается для каждой зоны  $i$  из затрат на эвакуацию, потерь производства ВВП, косвенного ущерба городу (и экономическим контрагентам). Уровень таких ежедневных издержек для зоны  $i$  можно оценить так:

$$u_i = gN_i + v_i + w_i, \quad (8)$$

где коэффициент  $g$  — нормативные суточные затраты на одного эвакуированного,  $N_i$  — население зоны,  $v_i$  — ежедневное производство ВВП в зоне,  $w_i$  — ежедневный косвенный ущерб от остановки работы объектов общегородского уровня в зоне.

Оценка стоимости дезактивационных работ может производиться различными способами. Например объединение “Родон” свои расценки даёт по отдельным операциям: очистки территории и помещений, вывоза, обработки и размещения радиоактивного мусора и т. д. В зарубежной практике таблицы расценок на дезактивацию территории даются, как правило, в виде удельных затрат (на одного жителя зоны). При этом расценки различаются для различных степеней очистки, определяемых кратностью снижения

уровня излучения  $f$  ( $f = 3, 15, 20$ ) после дезактивации. Проведённое нами исследование таблиц расценок [4], показало, что зависимость цены работ от степени очистки  $f$  достаточно точно воспроизводится логарифмической функцией. Если использовать в качестве единицы измерения дозы, её допустимый размер, то величина любой дозы  $D$  будет кратна допустимой дозе и равна необходимой степени понижения уровня излучения. Исходя из этого можно оценить стоимость дезактивационных работ:

$$E_{i2} = E_0 N_i \ln D_i, \quad (9)$$

где  $E_0$  — константа.

Ущерб в зоне  $i$  определяется ежедневным ущербом и периодом времени до завершения работы  $t_{i2} + \tau_{i2}$ .

Задача оптимизации графика работ второго этапа по дезактивации заключается в минимизации функции

$$\min_{t_{i2}, r_{i2}} \left\{ \sum_{i \in I_1} \left( t_{i2} + E_0 \frac{N_i \ln D_i}{r_{i1}} \right) (g N_i + v_i + w_i) \right\} \quad (10)$$

при ресурсных ограничениях

$$\sum_{i \in I_1} \theta_{i2} r_{i2} \psi_{i2}(t) \leq \bar{r}_2(t), \quad (11)$$

с учётом соотношений между переменными, определённых выражениями (1), (8) и (9).

Общая система формирования оптимального графика проведения работ и распределения ресурсов по защитным мероприятиям на загрязнённых территориях города, распределённых по уровню загрязнения должна также включать помимо основной расчетной части дополнительные блоки: блок для оперативного изменения параметров операторами системы безопасности, блок учёта и оценки “неоптимальных” решений руководства службы безопасности, принятых по не учитываемым моделью обстоятельствам, блок связи с распределёнными базами данных городских служб с заранее согласованными протоколами обмена, блок картографического представления, блок документирования и архивации.

## Литература

1. MELCOR Accident Consequence Code System (MACCS) — NUREG/CR-4691, SAND86-1562 — Vol. 2.
2. Защита населения от радиационного воздействия в случае радиологической атаки. Публикация МКРЗ 96.— М.: Изд. “Комтехпринт”— 2006.
3. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103.— Annals of the ICRP— v. 37.— № 2-4.— 2007.
4. *Burke R. P.* Economic risks of nuclear power reactor accidents.— <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/35931>— 1983.
5. *Гасанов А. З., Рыжов И. В., Чеботарев С. С.* Экономические последствия чрезвычайных ситуаций и методические подходы к оценке социально-экономического ущерба (учебное пособие).— Новогорск.— РИО АГЗ МЧС России, 1999.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП2.6.1758-99, Апрохим, 2000, 109 с.

## АНАЛИЗ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ

---

### ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГНОЗОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ РИСКА

д. э. н. *Н. П. Тихомиров*, к. э. н. *Т. М. Тихомирова*,  
аспирант *А. В. Щербаков*

(Российская экономическая академия им. Г. В. Плеханова)

В работе предложены подходы к верификации прогнозов социально-экономических показателей, базирующихся на оценках их достоверности с использованием показателей типа Var, рассчитываемых для допустимых значений ошибок прогноза, определяемых как сумма их случайной и систематической ошибок. Рассмотрены процедуры получения этих показателей для различных законов распределения случайной и систематической ошибки прогноза.

### FORECAST VERIFICATION BASED ON RISK THEORY

*N. P. Tikhomirov, T. M. Tikhomirova, A. V. Scherbakov*  
(Plekhanov Russian Academy of Economics)

We proposed new approaches to verification of forecasts of socio-economic indices. The suggested approaches are based on estimations of their confidence with usage of indices like Var, that are calculated as possible forecast errors. Errors are obtained as a sum of stochastic error and bias. We considered different procedures of calculating confidence indices for number of distribution of random and bias errors.

В современной литературе по проблемам прогнозирования верификация определяется как оценка обоснованности прогноза. Обоснованность обычно отождествляется с мерами его достоверности, точности, трактуемыми как характеристики качества прогноза. Однако в самом общем случае эти понятия имеют более конкретное, хотя и более узкое содержание, чем верификация.

Под достоверностью прогноза обычно понимается оценка вероятности попадания будущих значений рассматриваемого процесса в заданный доверительный интервал при сохранении в прогнозном периоде условий его развития, положенных в основу разработки прогноза.

Точность прогноза оценивается мерой близости предсказанного результата к имевшему место в действительности значению исследуемого процесса. Определить степень такого приближения объективно можно только в двух случаях: во-первых, после окончания периода учреждения, когда становятся известными реальные характеристики прогнозируемой системы, во-вторых, когда прогноз разрабатывается ретроспективно, т. е. при известных фактических данных. Ретроспективное прогнозирование обычно осуществляется на этапе “настройки” метода для определения целесообразности его использования в решении реальной задачи.

Также следует иметь в виду, что совпадение или близость прогнозного результата и реального значения процесса в перспективе не всегда является желательным условием. Это обусловлено тем, что практическая полезность прогноза не всегда оказывается связанной с его достоверностью. Примером этого являются прогнозы — предупреждения или “саморегулирующиеся” прогнозы, которые могут стать недостоверными потому, что их результаты не соответствуют целям развития систем, процессов. Сущность этого парадокса заключается в том, что управляющая система, реагируя на такие прогнозы, стремится изменить тенденции развития рассматриваемых процессов и не допустить проявления прогнозного результата. В данном случае прогноз несет в себе предупреждающую информацию, которая используется для формирования более рациональных тенденций развития рассматриваемых систем и процессов.

Существуют и другие подходы к оценке качества прогнозов. Однако их результаты вряд ли могут быть распространены на все случаи жизни. В частности, с качеством прогноза связывалось количество новой информации, получаемой по реализации исследуемого процесса. Прогноз считался надежным, если новая информация, полученная в ходе реализации процесса, была невелика. И наоборот, если реализация давала много новой информации по сравнению с прогнозом, то его следовало считать некачественным.

Точность предсказания будущего состояния рассматриваемого процесса находится в прямой зависимости от полноты, обоснованности нашего представления об условиях его развития в перспективе. Существует достаточно тесная связь между степенью детерминизма этих условий и возможностью получения достоверного прогноза. Более того, эта степень определяет пределы точности и достоверности прогнозирования. Если условия развития процесса в какой-то степени недетерминированы, то возникает неопределённость прогноза, которая не может быть раскрыта только на основе информации, используемой при его разработке. Для ее уменьшения необходимо проводить комплексные исследования, составляющие содержание верификации прогноза.

Верификация прогноза предполагает всестороннее изучение качества полученного прогнозного результата на основе анализа совокупности разнообразных критериев, способов и процедур, направленных на выявление истинности исходных гипотез в отношении причинно-следственных взаимосвязей между рассматриваемыми явлениями, соответствия выбранного метода прогнозирования этим гипотезам, характеру и составу исходной информации, определение полезности и эффективности принимаемых на основе прогноза управляющих решений, оценку точности прогноза не только с помощью статистических критериев, но и путём обобщения накопленного опыта прогнозирования и т. п. Таким образом, верификация в общем случае не может быть сведена к последовательному осуществлению полностью формализованных процедур, позволяющих однозначно определить качество прогноза. По её результатам нельзя получить однозначный ответ на вопрос, насколько ошибочен прогноз. Однако эти результаты должны характеризоваться некоторой мерой его обоснованности, на базе которой качество данного прогноза можно сравнивать с качеством его альтернативных вариантов.

Верификация прогноза в любом случае направлена на выявление и устранение возможных ошибок, которые могли бы иметь место при его разработке, и предполагает анализ их влияния на полученный результат. Ошибки могут возникать на любом этапе разработки прогноза: при разработке исходных гипотез, при формировании прогнозной информации, выборе метода прогнозирования, проведении расчетов, интерпретации их результатов

и т. п. По своему характеру они делятся на случайные и систематические. *Систематические ошибки* появляются, как правило, в результате принятия принципиально неверных решений на этапах разработки прогноза. Они обычно взаимодействуют друг с другом, накапливаются, суммируются, что в итоге делает прогноз ложным, заведомо ошибочным и неприемлемым для разработки управляющих решений. *Случайные ошибки* часто являются следствием неизбежной идеализации проблемы, модели, методов (если такая идеализация не влечёт за собой принципиальных ошибок), при округлениях исходных данных, неточности измерения информации и т. п. Они независимы между собой и, таким образом, взаимополагаются, в результате чего их суммарное воздействие на прогноз не слишком значительно.

Верификация прогноза в основном имеет целью выявление систематической ошибки прогноза, объяснение причин её возникновения и ее устранение. Для этого используются самые разнообразные приёмы, направленные на обнаружение противоречивости полученных результатов. Среди них выделяются следующие:

- **прямая верификация** — получение исходного значения прогноза с помощью других методов прогнозирования;
- **косвенная верификация** — подтверждение прогноза ссылкой на уже имеющийся прогноз развития исследуемого процесса;
- **консеквентная верификация** — подтверждение значения верифицируемого прогноза путём логического (или математического) выведения следствий из уже известных прогнозов других процессов, связанных с исследуемым;
- **дублирующая верификация** — получение значения верифицируемого прогноза из другого прогноза, отвечающего той же проблеме, но иначе сформулированной;
- **постпрогнозная верификация** — предполагает оценку имевших место в прошлом состояний процесса, например, на основе данных, соответствующих более поздним временным периодам. В этом случае для каждого варианта прогноза можно определить некоторую меру качества путём сопоставления реальной и постпрогнозной информации;
- **верификация способом “адвоката дьявола”** — несколько оппонентов пытаются привести доводы против разработанного прогноза. Прогноз может рассматриваться как достоверный, если его разработчикам не удалось опровергнуть выдвигаемые аргументы.

Выбор приема (или их группы) верификации прогноза непременно должен базироваться на учёте свойств исследуемого процесса, т. е. степени его устойчивости, инерционности, связанности, сложности, полноты описания, эффективности принятия прогнозного решения. Как уже отмечалось, полностью формализовать процедуру верификации невозможно. Но при ее проведении следует стремиться получить качественную и количественную оценки надёжности и достоверности прогнозных результатов, учесть влияние субъективных факторов на прогнозное решение, оценить степень его неопределённости и т. п.

Основным недостатком обычно используемых на практике приемов верификации прогнозов является то, что они в явной мере не опираются на какие-либо четко выраженные объективные количественные оценки качества разработанного прогноза. Хотя каждый из них может базироваться на целом спектре таких оценок, однако носящих субъективный характер.

На наш взгляд, более объективные оценки качества прогноза могут быть получены с использованием положений теории риска, где под риском в нашем случае будем понимать риск отклонения априорно неизвестного фактического показателя от его прогнозного значения в неблагоприятную сторону

под действием каких-либо причин, факторов. Эти причины в научной литературе получили название факторов риска. Следствием воздействия фактора риска может быть как случайное отклонение фактического значения показателя от расчетного, так и систематическое.

Предположим, что закономерности случайной ошибки (закон ее распределения) могут быть установлены (хотя бы приблизительно) в ходе разработки прогноза. Иными словами, если прогнозное значение показателя  $x$  обозначить как  $x_0$ , то будем считать известными плотность распределения  $f_0(x)$  фактического значения этого показателя относительно прогноза  $x_0$ ,  $M[x] = x_0$  — математическое ожидание показателя,  $x$ ,  $\sigma_\varepsilon^2$  — дисперсию случайной ошибки  $\varepsilon$  прогноза, определяемой как

$$\varepsilon = x - x_0. \quad (1)$$

Плотность распределения  $\varepsilon$  обозначим как  $f_0(\varepsilon)$ . Она очевидно характеризуется нулевым математическим ожиданием и дисперсией  $\sigma_\varepsilon^2$ . Обычно предполагается, что  $f_0(x)$  является плотностью нормального распределения, т. е.  $x \sim N(x_0, \sigma_\varepsilon^2)$ , и  $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ .

Систематическая ошибка прогноза на этапе его разработки не выявляется. В противном случае прогноз мог бы быть скорректирован с учетом ее влияния. Согласно положениям теории риска систематическую ошибку следует рассматривать как результат случайного (и относительного редкого) проявления фактора риска, неучтенного при разработке прогноза, и вызывающего отклонение показателя от прогнозного значения  $x_0$  в определенную сторону. В общем случае могут иметь место несколько факторов риска, влияющих на рассматриваемый показатель разнонаправлено. В этом случае необходимо оценивать суммарный результат их действия.

Предположим, что в случае одного фактора риска известна плотность распределения случайной систематической ошибки, возникающей при его проявлении. Обозначим эту плотность как  $f_1(\Delta x_1/1)$ , где  $\Delta x_1$  — величина систематического отклонения показателя  $x$  от расчетного значения  $x_0$  под воздействием рассматриваемого фактора. Пусть вероятность проявления этого фактора равна  $q_1$ . С учетом этого плотность распределения показателя  $x$  относительно расчетного значения прогноза может быть представлена в следующем виде:

$$\varphi(x) = (q_0\delta(x_0) + q_1f_1(\Delta x_1/1))^* f_0(x), \quad (2)$$

где  $f_1(\Delta x_1) = (q_0\delta(x_0) + q_1f_1(\Delta x_1/1))$  — безусловная плотность распределения систематической ошибки, определенная с учетом случайного характера обуславливающего ее фактора риска,  $q_0 = 1 - q_1$  — вероятность непроявления фактора,  $\delta(x_0)$  — дельта функция, \* — знак свертки плотностей.

С учетом этих предположений математическое ожидание плотности  $\varphi(x)$  определяется следующей суммой:

$$M[x] = x_0^1 = x_0 + q_1\overline{\Delta x_1}, \quad (3)$$

где  $x_0$  — расчетное значение прогноза;  $x_0^1$  — “истинное” (правильное) значение прогноза;  $\overline{\Delta x_1}$  — среднее значение систематической ошибки, неучтенной при получении значения  $x_0$ , которое может быть определено согласно следующему выражению:

$$\overline{\Delta x_1} = \int_{-\infty}^{\infty} \Delta x_1 f_1(\Delta x_1/1) d(\Delta x_1). \quad (4)$$

В случае нескольких факторов риска ошибки прогноза выражение плотности  $\varphi(x)$  имеет следующий вид

$$\varphi(x) = (q_0 \vartheta(x_0) + \sum_i q_i f_i(\Delta x_i/i))^* f_0(x), \quad (5)$$

где  $q_0 = 1 - \sum_{i=1}^n q_i$  в случае независимости событий;  $f_i(\Delta x_i/i)$  —  $i$ -я условная плотность вероятностей соответствующей систематической ошибки,  $i = \overline{1, n}$ , и  $f_0(x)$  — безусловная плотность распределения  $x$  под воздействием случайной ошибки;  $q_i$  — вероятность проявления  $i$ -го неблагоприятного фактора. В дальнейшем будем полагать, что факторы риска независимы между собой, и каждый из них проявляется достаточно редко, так что значения  $q_i$  достаточно малы и эффектами совместного проявления двух и более факторов можно пренебречь.

При независимости ошибок очевидно, что математическое ожидание плотности  $\varphi(x)$  определяется выражением

$$M[x] = x_0 + \sum_{i=1}^n q_i \overline{\Delta x_i}, \quad (6)$$

где  $\overline{\Delta x_i}$  — математическое ожидание систематической ошибки прогноза, обусловленной воздействием  $i$ -го фактора риска.

Рассмотрим случай, когда область неблагоприятных отклонений фактического значения параметра от прогнозного  $x_0$  определена неравенством  $x > x_0$ . Например, нежелательным является превышение сроков реализации проекта над расчетными.

В качестве характеристик риска ошибки прогноза выберем точку на полуоси  $x > x_0$ , которую обозначим как  $x_*$ , и вероятность  $P_* = P_*(x > x_*)$ , которая характеризует допустимую меру возможности превышения этой точки. Несложно заметить, что точка  $x_*$  представляет собой квантиль распределения  $\varphi(x)$ , которому должна соответствовать вероятность  $P_*$ .

Заметим, что если плотность распределения прогнозного значения  $x$  определена функцией  $\varphi(x)$ , то реальная вероятность превышения фактического значения процесса значения  $x_*$  определяется следующей формулой:

$$p(x > x_*) = \int_{x_*}^{\infty} \varphi(x) dx. \quad (7)$$

В соответствии с таким подходом предполагается, что риск ошибки прогноза признается существенным в том случае, когда вероятность недопустимого для разработчика прогноза отклонения  $\Delta x > \Delta x_* = x - x_*$  является достаточно большой, т. е.  $p(x > x_*) > P_*$ . В противном случае, т. е. когда  $p(x < x_*) > 1 - P_*$ , прогнозный результат “устраивает” его разработчики и в этом случае прогноз может быть верифицирован.

Таким образом, для верификации прогноза при известном законе распределения  $\varphi(x)$  должны быть заданы две характеристики: во-первых, величина допустимого для разработчика прогноза отклонения фактического значения прогнозируемого показателя от его прогнозной оценки, т. е.  $\Delta x = x_* - x_0$ ,

или, что то же самое — значение  $x_*$ , и, во-вторых, приемлемая для разработчика вероятность превышения прогнозного показателя данного рубежа  $P_* = P_*(x > x_*) = P_*(e > x_* - x_0)$ , где  $e = \varepsilon + \Delta x$  — ошибка прогноза, определенная как сумма его случайной и систематических ошибок, т. е.  $\varepsilon$  и  $\Delta x$  соответственно.

Аналогичным образом риск ошибки прогноза может быть оценен и при нежелательности значительных отклонений фактических значений прогнозного показателя от прогнозной оценки одновременно и в большую, и в меньшую сторону. В этом случае должны быть установлены два рубежных значения для допустимых пределов отклонений —  $x_*^1$  (отклонение в меньшую сторону) и  $x_*^2$  (отклонение в большую сторону) и две доверительные вероятности  $P_*^1$  и  $P_*^2$ . Прогноз верифицируется, если одновременно выполняются следующие неравенства

$$\left. \begin{aligned} P_*^1 > p(x < x_*^1) &= \int_{-\infty}^{x_*^1} \varphi(x) dx \\ P_*^2 > p(x > x_*^2) &= \int_{x_*^2}^{+\infty} \varphi(x) dx \end{aligned} \right\} \Rightarrow p(x_*^1 < x < x_*^2) = \int_{x_*^1}^{x_*^2} \varphi(x) dx < 1 - P_*^1 - P_*^2. \quad (8)$$

Следует отметить, что на практике значения  $x_*^1$  и  $x_*^2$  обычно имеют под собой объективные основания, а вероятности  $P_*^1$  и  $P_*^2$  отражают субъективное отношение разработчика прогноза к риску. Их увеличение означает склонность к риску, а снижение — несклонность.

Ситуация с двумя рубежами характерна, например, для прогнозирования цены изделия с учетом ограничений, характеризующих минимально и максимально допустимые ее уровни. При этом под минимально допустимой ценой, понимается уровень, при котором сохраняется экономическая целесообразность заключения контракта для конкретного исполнителя. Под максимально допустимой ценой понимается ее уровень, при котором сохраняется экономическая целесообразность заключения контракта для его заказчика.

Для реализации данного подхода к оценке риска ошибки прогноза необходимо задание функции плотности  $\varphi(x)$ , которая в случае одной систематической ошибки может быть построена как свертка образующих ее независимых плотностей  $f_1(\Delta x_1)$  и  $f_0(x)$  согласно следующему выражению:

$$\varphi(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(y) f_0(x - y) dy, \quad (9)$$

где под случайной величиной  $y$  понимается ошибка  $\Delta x$ .

Для положительных случайных величин  $x$  и  $y$  выражение (9) может быть представлено в следующем виде:

$$\varphi(x) = \int_0^y f_1(y) f_0(x - y) dy, \quad (10)$$

Для некоторых законов распределений плотность  $\varphi(x)$  может быть представлена в аналитическом виде, что значительно упрощает оценку риска ошибки прогноза.

Рассмотренный выше подход к верификации прогнозов несложно реализовать и при наличии нескольких, но известных плотностях распределения систематических и случайных отклонений фактических значений показателей от их прогнозных оценок  $f_i(\Delta x_i/i)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $f_0(x)$  соответственно.

При известных плотностях  $f_i(\Delta x_i/i)$  и значениях  $q_i$  плотность  $\varphi(x)$  можно сформировать с использованием выражений (9) и (10) и индуктивной процедуры, согласно которой сначала оценивается плотность распределения систематической ошибки, порожденной двумя случайными событиями, затем к ним добавляется третий и т. д.

Вместе с тем, на практике формирование функций плотностей распределений представляет собой значительную проблему, во-первых, в связи с тем, что эти функции должны быть сформированы априорно, т. е. они строятся на основе информации, известной на момент разработки прогноза, а не на момент его реализации, а, во-вторых, невозможно предложить универсальный подход к их построению, поскольку исходная информация имеет достаточно специфический состав в каждом конкретном случае.

Вместе с тем, методология риск-анализа позволяет предложить некоторый набор подходов к построению функций плотностей распределений ошибок, каждый из которых является рациональным для соответствующей ситуации, характеризующейся наличием исходной информации определенного вида. Эти подходы можно разделить на следующие группы: статистические, аналитические, экспертные и комплексные.

Статистические подходы используют информацию, позволяющую непосредственно сформировать плотности законов распределения случайной и систематических ошибок. Такая информация может отражать прошлый опыт разработки подобных прогнозов или масштаб влияния факторов риска на эти отклонения.

Аналитические подходы используются в условиях, когда известна логика проявления ошибок, в случае систематической ошибки, отражающая характер влияния факторов риска на ее уровень, что позволяет применять для оценки риска ее проявления соответствующий модельный аппарат.

Экспертные методы, как правило, используются при недостаточности исходной информации и невозможности системного представления закономерностей проявления ошибок из-за наличия большого числа неоднозначных взаимосвязей между их причинами и факторами риска, отсутствия необходимой информации. В этих условиях приходится полагаться только на опыт и интуицию экспертов.

Комплексные подходы к оценке распределений ошибки предполагают совместное использование рассмотренных выше подходов, дополняющих друг друга методами и исходной информацией.

В случае систематической ошибки каждый из подходов практически всегда предполагает определение значимости и оценку влияния факторов риска на ее величину.

В прогнозных исследованиях появление систематических ошибок связывается, во-первых, с неправильной спецификацией метода прогнозирования, под которой понимается выбор метода, модели развития ситуации, неадекватной закономерностям и тенденциям развития рассматриваемого показателя, а во-вторых, с учетом влияния на эти тенденции и закономерности каких-либо значимых факторов, событий, которые проявляются достаточно редко. Последствием систематической ошибки, обусловленной влиянием каждого фактора риска, является неслучайное смещение истинного значения прогнозного показателя  $x_0^1$  обычно в одну сторону (вправо и влево) от расчетного прогнозного значения  $x_0$ .

Примерами таких факторов являются:

- ошибочное решение прогнозиста при выборе прогнозной модели (в теории риска аналогом является ошибка персонала);
- дефолт контрагента (ведет к увеличению срока реализации проекта разработки изделия, росту его себестоимости);
- изменение таможенного законодательства (рост таможенных тарифов ведет к росту себестоимости изделия);
- производственные аварии и техногенные катастрофы и т. п.

Каждый такой фактор имеет своим следствием отклонение фактических значений рассматриваемых показателей от прогнозных, как правило, в неблагоприятную сторону (увеличение срока реализации проекта, рост себестоимости изделия).

Справедливости ради следует отметить, что на практике могут иметь место и факторы, улучшающие эти характеристики (например, отмена налогов на определенные виды работ, снижение таможенных пошлин на некоторые виды ввозимой продукции, сырья и т. п.).

С учетом содержания изложенного материала можно предложить следующие подходы для оценки риска ошибки, например, превышения прогноза т. е.  $p(x > x_*)$ .

Во-первых, можно попытаться напрямую получить “корректное” значение вероятности ошибки прогноза  $p(x > x_*)$ , используя для этих целей функцию плотности  $\varphi(x)$ , определенную выражениями (9) и (10). Данный подход, хотя технически и реализуем, но сопровождается достаточно сложными вычислениями, громоздкость которых возрастает с увеличением числа учитываемых факторов риска. Кроме того, методологические преимущества этого подхода в значительной степени “нейтрализуются” возможными ошибками при построении плотностей  $f_i(\Delta x_i/i)$  и определении значений вероятностей  $q_i$ .

Во-вторых, можно использовать упрощенный подход, согласно которому оценке подлежит только дисперсия плотности  $\varphi(x)$  по известным дисперсиям  $\sigma_0 = \sigma_\varepsilon^2$  и  $\sigma_i^2$  — случайной и систематических ошибок, а функциональная зависимость  $\varphi(x)$ , выражающая конкретный закон распределения ошибки  $e$  относительно математического ожидания (6), постулируется или определяется экспертными или какими-либо другими доступными методами.

Рассмотрим особенности реализации этих подходов более подробно.

С учетом того, что распределение суммарной ошибки  $e = \varepsilon + \Delta x$  определяется следующей формулой

$$\varphi_e(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f_\varepsilon(y) f_\Delta(x - y) dy, \quad (11)$$

где  $f_\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ ,  $f_\Delta(x) = (q_0 \delta(x_0) + \sum_{i=1}^n q_i f_i(\Delta x_i/i))$ , вероятность события  $x > x_*$  определяется как

$$p(x_0 + e > x_*) = p(e > \Delta x = x_* - x_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_\Delta(y) \int_{\Delta x - y}^{+\infty} f_\varepsilon(t) dt dy =$$

$$\begin{aligned}
&= \int_{-\infty}^{+\infty} f_{\Delta}(y) \int_{\Delta x - y}^{\Delta x} f_{\varepsilon}(t) dt dy + \int_{-\infty}^{+\infty} f_{\Delta}(y) \int_{\Delta x}^{+\infty} f_{\varepsilon}(t) dt dy = \\
&= (1 - F_{\varepsilon}(\Delta x)) + \int_{-\infty}^{+\infty} f_{\Delta}(y) (F_{\varepsilon}(\Delta x) - F_{\varepsilon}(\Delta x - y)) dy \quad (12)
\end{aligned}$$

где  $F_{\varepsilon}(x) = \int_{-\infty}^x f_{\varepsilon}(t) dt$  — функция нормального закона распределения случайной ошибки.

Дальнейшие преобразования выражения (12) с учетом вида функций  $f_{\Delta}(x)$  ведут к следующему результату

$$\begin{aligned}
p(e > \Delta x = x_* - x_0) &= (1 - F_{\varepsilon}(\Delta x)) + \\
&+ q_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \vartheta(y) (F_{\varepsilon}(\Delta x) - F_{\varepsilon}(\Delta x - y)) dy + \sum_i q_i \int_{-\infty}^{+\infty} f_i(y) (F_{\varepsilon}(\Delta x) - \\
&- F_{\varepsilon}(\Delta x - y)) dy = (1 - F_{\varepsilon}(\Delta x)) + \sum_{i=1}^n q_i \int_{-\infty}^{+\infty} f_i(y) (F_{\varepsilon}(\Delta x) - F_{\varepsilon}(\Delta x - y)) dy. \quad (13)
\end{aligned}$$

Поскольку случайная ошибка распределена по нормальному закону, то имеем:

$$1 - F_{\varepsilon}(\Delta x) = A_0(\Delta, x), \quad (14)$$

где  $A_0(\Delta x) = \Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_0}\right)$  и  $\Phi(z)$  табличное значение стандартного нормального распределения переменной  $z$ ,  $z \sim N(0,1)$ .

Обозначим вклад условной систематической ошибки  $i$ -го фактора в оценку риска ошибки прогноза через

$$\alpha_i(\Delta x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_i(y) (F_{\varepsilon}(\Delta x) - F_{\varepsilon}(\Delta x - y)) dy. \quad (15)$$

Тогда оценку риска ошибки прогноза можно определить с использованием следующего выражения

$$p(e > \Delta x = x_* - x_0) = A_0(\Delta x) + \sum_i q_i \alpha_i(\Delta x). \quad (16)$$

Значение  $q_i \alpha_i(\Delta x)$  можно интерпретировать как прирост вероятности ошибки прогноза, обусловленный влиянием  $i$ -го фактора,  $i = \overline{1, n}$ .

Рассмотрим частные случаи данного подхода.

1. Предположим, что условная плотность распределения систематической ошибки  $\Delta x$  является нормальной с параметрами  $m$  и  $\sigma_\Delta$ . Тогда на основании выражений (15) и (16) имеем

$$\varphi(e) = \varphi(\Delta x) = -\Phi\left(\frac{\Delta x - m}{\sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_\Delta^2}}\right) + \Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_0}\right), \quad (17)$$

$$p(e > \Delta x = x - x_*) = 1 - (1 - q_1)\Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_0}\right) - q_1\Phi\left(\frac{\Delta x - m}{\sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_\Delta^2}}\right). \quad (18)$$

2. Предположим, что условная плотность распределения систематической ошибки  $\Delta x$  является экспоненциальной с параметром  $\lambda$ . Математическое ожидание такого распределения равно  $\frac{1}{\lambda}$ , а дисперсия  $-\frac{1}{\lambda^2}$ . Тогда согласно выражению (15) получим:

$$\begin{aligned} \alpha(\Delta x) &= \int_{-\infty}^{\Delta x} f_\varepsilon(t)(1 - e^{-\lambda(\Delta x - t)})dt = \\ &= \int_{-\infty}^{\Delta x} f_\varepsilon(t)dt - \int_{-\infty}^{\Delta x} f_\varepsilon e^{-\lambda(\Delta x - t)}dt = \Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_0}\right) - \\ &\quad - \int_{-\infty}^{\Delta x} \frac{1}{\sigma_0\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_0^2} + p - \lambda(\Delta x - t)} dt = \\ &= \Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_0}\right) - e^{-\lambda\Delta x} \int_{-\infty}^{\Delta x} \frac{1}{\sigma_0\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma_0^2} + 2\lambda\sigma_0^2 t - \frac{\lambda^2\sigma_0^4}{2\sigma_0^2} + \frac{\lambda^2\sigma_0^4}{2\sigma_0^2}} dt = \\ &= \Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_0}\right) - e^{-\lambda\Delta x} e^{\frac{\lambda^2\sigma_0^2}{2}} \int_{-\infty}^{\Delta x} \frac{1}{\sigma_0\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t - \lambda\sigma_0^2)^2}{2\sigma_0^2}} dt = \\ &= \Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_0}\right) - e^{-\lambda\Delta x} e^{\frac{\lambda^2\sigma_0^2}{2}} \Phi\left(\frac{\Delta x - \lambda\sigma_0^2}{\sigma_0}\right). \end{aligned} \quad (19)$$

С учетом этого результата, оценка риска ошибки прогноза  $e$  определяется выражением

$$\begin{aligned} p(e > \Delta x = x_* - x_0) &= 1 - (1 - q)\Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_0}\right) - \\ &\quad - qe^{-\lambda\Delta x} e^{\frac{\lambda^2\sigma_0^2}{2}} \Phi\left(\frac{\Delta x - \lambda\sigma_0^2}{\sigma_0}\right). \end{aligned} \quad (20)$$

Для реализации второго подхода нам потребуется оценка дисперсии общей ошибки прогноза  $e = \varepsilon + \Delta x$ . Это выражение имеет достаточно сложный вид даже в случае известных значений дисперсий ошибок  $\sigma_i^2 = \sigma_i^2(\Delta x_i)$  условных распределений  $f_i(\Delta x_i/i)$ . На практике его можно получить воспользовавшись известными взаимосвязями между первым и вторыми (центральным и начальным) моментами ошибок.

Очевидно, что математические ожидания общей и систематической ошибок прогноза равны между собой и определяются следующим выражением

$$M[e] = M[\Delta] = \sum_{i=1}^n q_i \overline{\Delta x_i}. \quad (21)$$

С учетом независимости ошибок  $\varepsilon$  и  $\Delta x_i$  дисперсию ошибки прогноза  $e$  можно оценить с использованием следующего выражения

$$\begin{aligned} \sigma_e^2 &= \int_{-\infty}^{+\infty} (e - M[e])^2 f(e) de = \sigma_\varepsilon^2 + \\ &+ \sum_i \int_{-\infty}^{\infty} (\Delta x_i - q_i \overline{\Delta x_i})^2 (q_0 \delta(0) + \\ &+ q_i \varphi_i(\Delta x_i/i)) d\Delta x_i = \sigma_\varepsilon^2 + \sum_i [q_i M(\Delta x_i^2) - \\ &- 2q_i^2 M^2(\Delta x_i) + q_i^3 M^2(\Delta x_i) + q_0 q_i M^2(\Delta x_i)], \end{aligned} \quad (22)$$

где  $M(\Delta x_i^2) = \int_{-\infty}^{+\infty} (\Delta x_i)^2 f_i(\Delta x_i/i) d\Delta x_i$  — условное математическое ожидание квадрата  $i$ -й систематической ошибки;  $M(\Delta x_i) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Delta x_i f_i(\Delta x_i/i) d\Delta x_i$  — условное математическое ожидание  $i$ -й систематической ошибки.

Далее, поскольку

$$M(\Delta x_i^2) = \sigma_i^2 + M^2(\Delta x_i), \quad (23)$$

то выражение (22) можно привести к следующему виду

$$\begin{aligned} \sigma_e^2 &= \sigma_\varepsilon^2 + \sum_i [q_i \sigma_i^2 + q_i M^2(\Delta x_i) - 2q_i^2 M^2(\Delta x_i) + \\ &+ q_i^3 M^2(\Delta x_i) + q_0 \cdot q_i \cdot M^2(\Delta x_i)] = \\ &= \sigma_\varepsilon^2 + \sum_i q_i \sigma_i^2 + \sum_i (q_i [(1 - q_i)^2 + q_0] M^2(\Delta x_i)) \end{aligned} \quad (24)$$

С учетом этого выражения, в предположении, что, если, например, суммарная ошибка прогноза распределена по нормальному закону с математическим ожиданием  $M[e] = \sum_i q_i \overline{\Delta x_i}$ , то оценку риска ошибки прогноза можно определить согласно следующему выражению

$$p(x > x_*) = 1 - \Phi\left(\frac{\Delta x}{\sigma_e}\right), \quad (25)$$

где  $\Delta x = x_* - x_0 - \sum_i q_i \overline{\Delta x_i}$ .

Рассмотрим случай, когда систематическая ошибка распределена по экспоненциальному закону

$$f(\Delta x_1/1) = \lambda e^{-\lambda \Delta x_1}, \quad (26)$$

с параметрами  $M(\Delta x) = \frac{1}{\lambda}$ ,  $\sigma^2(\Delta x) = \frac{1}{\lambda^2}$ ,  $M(\Delta x^2) = \frac{2}{\lambda^2}$ .

Тогда на основании выражения (26) общая дисперсия прогноза ошибки будет определяться следующим выражением

$$\begin{aligned} \sigma_e^2 &= \sigma_\varepsilon^2 + \frac{q_1}{\lambda^2} + \frac{2q_1((1-q_1)^2 + (1-q_1))}{\lambda^2} = \\ &= \sigma_\varepsilon^2 + \frac{q_1 + 2q_1q_0 + 2q_1 \cdot q_0^2}{\lambda^2}, \end{aligned} \quad (27)$$

где  $q_0 = 1 - q_1$ .

Заметим, что в выражении (27) второе слагаемое  $\frac{q_1 + 2q_1q_0 + 2q_1 \cdot q_0^2}{\lambda^2}$  определяет поправку к дисперсии случайной ошибки прогноза. Поправка к математическому ожиданию  $x_0$  сделанного прогноза определяется как  $\frac{q_1}{\lambda}$ , т. е.  $x_0^1 = x_0 + \frac{q_1}{\lambda}$ .

Заметим, что рассмотренный подход к верификации прогнозов может быть применен и при сценарном прогнозировании, когда прогнозный результат определяется как средневзвешенное значение прогнозов, полученных по каждому из возможных сценариев. Например, если при  $j$ -м сценарии развития ситуации значение прогнозного показателя равно  $x_j$ , а вероятность

этого сценария равна  $\Pi_j$ ,  $\sum_{j=1}^k \Pi_j = 1$ , то обобщенное значение прогноза обычно рассчитывают как

$$\bar{x} = \sum_{j=1}^k \Pi_j x_j. \quad (28)$$

Для оценки риска такого прогноза необходимо определить условные функции плотности распределения прогнозов по всем рассматриваемым сценариям  $\varphi_j(x_j)$  и сформировать на их основе плотность распределения

$\varphi(x) = \sum_{j=1}^k \Pi_j f_j(x_j)$ . Это можно сделать с использованием предложенных в данном разделе методов.

Рассмотренные подходы к верификации прогнозов на основе оценок риска ошибки отклонения фактического значения рассматриваемого показателя от его расчетного значения могут быть дополнены методами анализа чувствительности характеристик риска к возможным изменениям параметров распределений случайной и систематической ошибок прогноза, мер возможностей проявления факторов риска.

Такой анализ предполагает оценку изменения уровня риска ошибки прогноза в зависимости от возможных изменений (обычно в сторону увеличения) дисперсий случайной и систематической ошибок, математического ожидания систематической ошибки, вероятности проявления фактора риска.

Повышенная чувствительность риска ошибки, которая может быть измерена уровнем его эластичности по отношению к изменению какого-либо из факторов, может служить основанием для “отрицательной” верификации прогноза, особенно в ситуации когда его уровень риска близок к используемому при верификации значению доверительной вероятности.

Представление общей ошибки прогноза  $e$  в виде суммы случайной ( $\varepsilon$ ) и систематической ошибок ( $\Delta x$ ),  $e = \varepsilon + \Delta x$ , и разработка подходов к оценке уровня ее дисперсии и закона распределения предполагает необходимость формирования некоторых базовых предположений в отношении возможного характера распределения этих составляющих общей ошибки.

В отношении случайной ошибки прогноза, на наш взгляд, целесообразно использовать обычное предположение о нормальном характере ее распределения,  $\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$  с нулевым средним и постоянной дисперсией, отражающей результат неучета в прогнозе некоторого множества незначимых факторов, влияющих на результат прогнозирования.

В отношении закона распределения систематической ошибки могут быть выдвинуты различные предположения.

1. Например, при негативном воздействии  $i$ -го фактора на прогнозный результат (в основном в сторону увеличения), но с неизвестной силой и временем воздействия, можно использовать предположение, что вызванная им систематическая ошибка будет также подчинена нормальному закону с положительным математическим ожиданием. Такая ситуация характерна для прогнозов временных показателей проектов, когда случайные, хотя и редкие события ведут в основном, к увеличению периода времени завершения работ (срывы сроков поставок, задержки в выполнении отдельных работ и т. п.), а более раннее завершение отдельных работ не ведет к уменьшению сроков выполнения проекта из-за того, что их результаты не могут быть использованы до завершения смежных (параллельных) этапов проекта. Это связано с тем, что в большинстве случаев работы заранее запланированы, существуют определенные договоренности по срокам с поставщиками комплектующих и оборудования и исполнителями работ, и каждый новый этап не представляется возможным начать раньше, чем намечалось изначально.

При прогнозировании стоимостных показателей возможность проявления систематической ошибки с “левым сдвигом” представляется более реальной.

Допущение о том, что большинство результатов хозяйственной деятельности подчиняется закону, близкому к нормальному, широко используется при решении проблемы количественной оценки экономического риска. Однако, несмотря на то, что нормальное распределение или распределение Гаусса является наиболее универсальным, удобным и широко применяемым, зачастую влияние рисков на результат деятельности нельзя описать с помощью нормального закона. Это связано с тем, что, например, нормальное распределение не учитывает эффекты “толстых” хвостов распределений.

Однако в условиях реальной экономики сильные отклонения от математического ожидания гораздо более вероятны, чем это описывает нормальный

закон распределения. В случае более пессимистического подхода для учета подобных экстремальных значений используют так называемые распределения с “тяжелым хвостом”, которое формально может быть определено следующим выражением

$$\lim_{x \rightarrow \infty} e^{\lambda x} P[X > x] = \infty, \text{ для } \forall \lambda > 0. \quad (29)$$

Использование распределений этого типа для оценки рисков прогнозирования обусловлено тем, что в ряду факторов, воздействующих на изменения цен и сроки реализации проектов встречаются такие, которые характеризуются более сильными последствиями, несоизмеримыми по величине с другими событиями. Вероятность больших отклонений фактического значения от прогнозного для распределений с тяжелым хвостом существенно выше. И если при анализе “привычных” статистических зависимостей обыкновенно пренебрегают последствиями проявления редких, но значимых по силе факторов, используя быстро убывающие “хвосты” распределений, то в случае сверхзначимых событий это делать не рекомендуется.

К такого рода событиям обычно относят экономические кризисы, дефолты соисполнителей работ (которые были заранее отобраны с учетом всех мер предосторожности), техногенные и природные катастрофы и т. п.

Влияние таких событий характеризуется тем, что распределения систематических ошибок являются асимметричными с “тяжелым” правым “хвостом”, как например, у распределения Вейбулла. Закон Вейбулла характеризуется следующей плотностью (рис. 1) и функцией распределения:

$$f(\Delta x) = d\lambda^d \Delta x^{d-1} e^{-(\lambda \Delta x)^d}, \quad \Delta x > 0, \quad (30)$$

$$F(x) = 1 - e^{-(\lambda \Delta x)^d}, \quad \Delta x > 0, \text{ где } \lambda > 0, \quad d > 0, \quad (31)$$

где  $\lambda$  — параметр масштаба,  $d$  — параметр формы

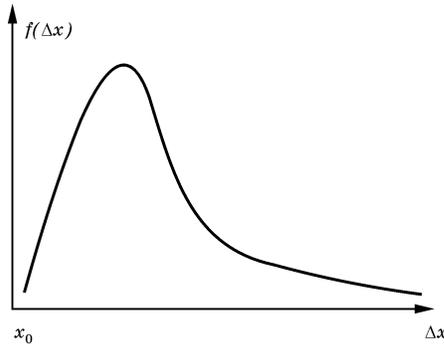


Рис. 1. График плотности распределения Вейбулла

Частным случаем закона распределения Вейбулла является экспоненциальный закон распределения  $Экспон(\lambda) = Вейб(d = 1, \lambda)$ .

С учетом выражений (30) и (31) плотность и функция распределения экспоненциального закона имеет вид (рис. 2).

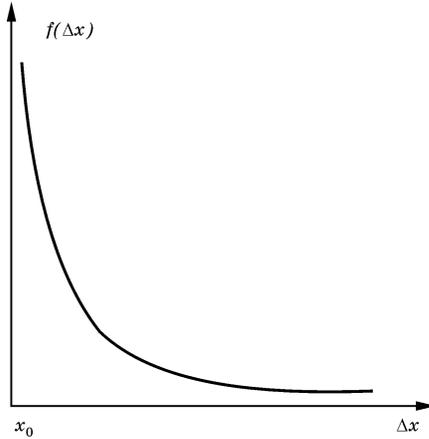


Рис. 2. График плотности экспоненциального закона распределения

$$f(\Delta x) = \lambda e^{-\lambda \Delta x}, \Delta x > 0; \quad (32)$$

$$F(\Delta x) = 1 - e^{-\lambda \Delta x}, \Delta x > 0. \quad (33)$$

Для экспоненциального закона распределения часто вводят параметр сдвига —  $c$ , который показывает минимально возможное значение исследуемой случайной величины. Тогда

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda(\Delta x - c)}, \Delta x > c. \quad (34)$$

К распределениям с тяжелыми хвостами можно отнести и логарифмическое нормальное распределение. Его функция плотности имеет следующий вид:

$$f(\Delta x/m, \sigma^2) = \frac{1}{\Delta x \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\ln(\Delta x/m)^2}{2\sigma^2}}, \Delta x > 0, \quad (35)$$

где  $0 < m < +\infty$ .

Функция распределения логнормального распределения имеет следующий вид:

$$F_{LN}(\Delta x/m, \sigma^2) = \int_0^{\Delta x} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\ln(t/m)^2}{2\sigma^2}} dt = \Phi\left(\frac{\ln(\Delta x/m)}{\sigma}\right), \Delta x > 0. \quad (36)$$

Рассмотрим примеры использования некоторых из рассмотренных в этом разделе распределений при оценке рисков прогнозирования стоимостных и временных показателей проекта разработки нового изделия.

Пусть совокупность работ в рамках проекта по разработке изделия описывается с помощью следующего сетевого графика (рис. 3).

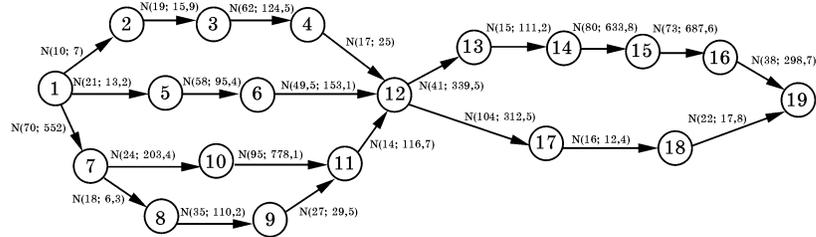


Рис. 3. Сетевой график разработки изделия

Каждое ребро графа характеризуется параметрами нормального закона распределения времени соответствующей работы — математическим ожиданием  $t_i$  и дисперсией  $\sigma_i^2$ .

Прогноз продолжительности данного проекта, рассчитанный по времени критического пути как сумма математических ожиданий времен выполнения составляющих его этапов, состоит из следующей последовательности работ (на графе выделены жирными стрелками):

$$\{(1,7); (7,10); (10,11); (11,12); (12,13); (13,14); (14,15); (15,16); (16,19)\}.$$

Время  $t$  выполнения всего проекта подчиняется нормальному закону распределения как сумма нормально распределенных сроков выполнения отдельных этапов, лежащих на критическом пути. Параметры этого распределения следующие:

$$m_0 = \sum_i m_{t_i} = 450 \text{ день.}$$

$$\sigma_0^2 = \sum_i \sigma_{t_i}^2 = 3721 \text{ дней.}$$

$$\sigma_0 = 61 \text{ день.}$$

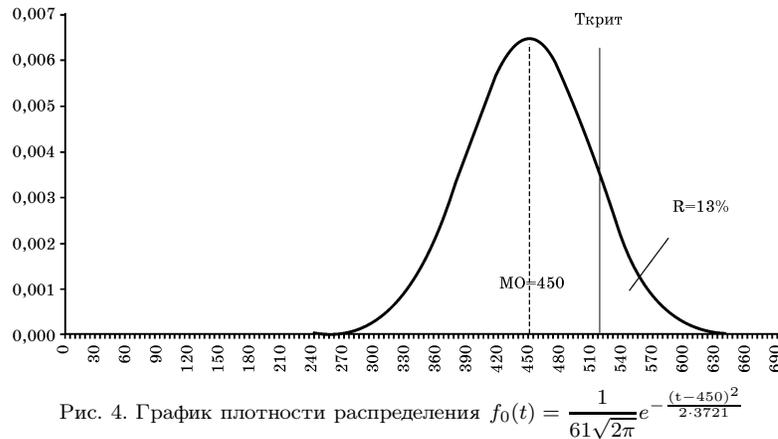
С учетом этого имеем:

$$f_0(t) = \frac{1}{61\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-450)^2}{7442}}. \tag{37}$$

Пусть наибольшая приемлемая задержка выполнения проекта составляет 15% от прогнозируемого времени, что соответствует максимально приемлемому сроку выполнения проекта  $T_{\text{крит}}$  — 518 дней, а допустимая вероятность превышения этого срока  $P_*=0,2$ .

График плотности вероятности закона распределения времени выполнения работ с этими параметрами представлен на рис. 4.

Определим оценки риска прогнозной ошибки продолжительности периода разработки проекта с использованием рассмотренных выше подходов.



### 1. Пример оценки риска ошибки прогноза продолжительности разработки проекта с учетом случайной ошибки

Найдем вероятность того, что фактическое время выполнения проекта превысит максимально допустимый срок:

$$\begin{aligned}
 p(T > T_* = 518) &= 1 - \Phi\left(\frac{T_* - m_0}{\sigma_0}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{518 - 450}{61}\right) = \\
 &= 1 - \Phi(1,1148) = 1 - 0,8675 = 0,1325 < 0,2.
 \end{aligned}$$

Из этого результата вытекает, что в отсутствие систематических ошибок вероятность превышения срока выполнения проекта над его максимально приемлемой величиной меньше допустимой вероятности, следовательно, прогноз может быть верифицирован.

### 2. Пример оценки риска ошибки прогноза продолжительности проекта с учетом законов распределения случайной и систематической ошибок

Предположим, что условная плотность распределения систематической ошибки  $\Delta$  под влиянием одного фактора является нормально распределенной с параметрами  $m=80$ ,  $\sigma_\Delta=14$ . Вероятность проявления фактора  $q$  равна 0,01. Тогда в соответствии с выражением (18) имеем:

$$\begin{aligned}
 p(e > \Delta t = T_* - T_0) &= 1 - (1 - q)\Phi\left(\frac{\Delta t}{\sigma_0}\right) - q\Phi\left(\frac{\Delta t - m}{\sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_\Delta^2}}\right) = 1 - \\
 &- 0,99\Phi\left(\frac{68}{61}\right) - 0,01\Phi\left(\frac{68 - 80}{\sqrt{3721 + 196}}\right) = 1 - 0,99 \cdot \Phi(1,1147) - 0,01 \cdot \Phi(-0,1917) = \\
 &= 1 - 0,99 \cdot 0,5457 - 0,01 \cdot 0,424 = 0,45552 > 0,2.
 \end{aligned}$$

Таким образом, верхняя оценка риска прогноза, полученная при нормально распределенной систематической ошибке с представленными параметрами, превышает выбранные значения параметра верификации (допустимый предел риска) и прогноз не может быть верифицирован.

Предположим, что условная плотность распределения систематической ошибки  $\Delta$  является экспоненциальной с параметром  $\lambda=0,007$ . Математическое ожидание распределения равно  $\frac{1}{\lambda}=143$ , а дисперсия —  $\frac{1}{\lambda^2}=20\,408$ .

Оценка риска ошибки прогноза в этом случае определяется выражением (19):

$$\begin{aligned} p(e > \Delta t = T_* - T_0) &= 1 - (1 - q)\Phi\left(\frac{\Delta t}{\sigma_0}\right) - qe^{-\lambda\Delta t} e^{\frac{\lambda^2\sigma_0^2}{2}} \Phi\left(\frac{\Delta t - \lambda\sigma_0^2}{\sigma_0}\right) = \\ &= 1 - 0,95\Phi\left(\frac{68}{61}\right) - 0,05e^{-0,007\cdot 68} e^{\frac{0,007^2\cdot 3721}{2}} \cdot \Phi\left(\frac{68 - 0,007\cdot 3721}{61}\right) = \\ &= 1 - 0,95 \cdot 0,5457 - 0,005 \cdot 0,62126 \cdot 1,09549 \cdot 0,754211 = 0,48159 - 0,02567 = \\ &= 0,45593 > 0,2. \end{aligned}$$

Полученное значение риска также свидетельствует о том, что прогноз не может быть верифицирован.

### 3. Пример оценки риска ошибки прогноза продолжительности проекта с учетом дисперсий случайной и систематической ошибок в предположении, что суммарная ошибка прогноза имеет нормальное распределение

Рассмотрим случай, когда систематическая ошибка распределена по экспоненциальному закону с параметром  $\lambda=0,007$ . Найдем математическое ожидание времени выполнения проекта с учетом ошибки прогноза:

$$M[t] = T_{\text{ожид}} + \frac{q}{\lambda} = 450 + \frac{0,05}{0,007} = 450 + 7,14 = 457,14.$$

Общую дисперсию прогноза рассчитаем с помощью следующего выражения (см. (27)):

$$\begin{aligned} \sigma_e^2 &= \sigma_\varepsilon^2 + \frac{q_1 + 2q_1q_0 + 2q_1q_0^2}{\lambda^2} = 3721 + \\ &+ \frac{0,05 + 2 \cdot 0,95 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,05 \cdot 0,95^2}{0,007^2} = 8522. \end{aligned}$$

Согласно рассматриваемому подходу используем упрощающее предположение, что общая ошибка прогноза имеет нормальное распределение.

Тогда вероятность превышения срока исполнения проекта над максимально допустимым находится согласно следующему выражению:

$$\begin{aligned} p(T > T_* = 518) &= 1 - \Phi\left(\frac{T_* - m}{\sigma_e}\right) = \\ &= 1 - \Phi\left(\frac{518 - 457,14}{92,3}\right) = 1 - \Phi(0,6598) = 1 - 0,7422 = 0,2578 > 0,2. \end{aligned}$$

Полученный результат свидетельствует, что прогноз также не может быть верифицирован.

Заметим, что полученная оценка риска  $\sim 0,26$  в данном случае меньше оценки риска, соответствующей более корректному способу его расчета согласно выражению (19). Это обусловлено тем обстоятельством, что систематическая ошибка распределена согласно правостороннему экспоненциальному закону, и использование предположения о нормальности закона распределения общей ошибки в такой ситуации, объективно, “уменьшает” эффект правого хвоста ее реального распределения.

### “ПОРТФЕЛЬНОЕ” ИНВЕСТИРОВАНИЕ В РЕСУРСНОЙ ЭКОНОМИКЕ: ИНТЕРВАЛЬНЫЙ ПОДХОД

канд. физ.-мат. наук *Д. В. Давыдов*  
(Дальневосточный государственный университет (Владивосток))

В статье рассматриваются вопросы оптимального инвестирования в ресурсный сектор экономики с учетом присущей ему высокой степени неопределенности параметров, включая конъюнктуру рынков, оценки разведанных запасов месторождений и пр.

In this paper we consider problems of optimal investment in resource sectors which property is the high level of parameters uncertainty including the state of market, imprecise mineral resources deposit estimations etc.

#### Введение

В настоящее время в экономике России инвестиционные вложения в ресурсные рынки становятся все более значимыми. Несмотря на выбранный курс долгосрочного развития на модернизацию и передовые технологии, ресурсный сектор остается и будет оставаться в среднесрочной перспективе базисным обеспечением экономики.

Инвестирование в ресурсный сектор обладает рядом специфических особенностей. Это долгосрочность вложений, неполная информация об объемах доступных для изъятия ресурсов (разведанных месторождений, биомассы возобновляемых ресурсов и т. п.), а также нестабильная конъюнктура ресурсных рынков, подверженная высоким политическим рискам (проблема вступления в ВТО, запретительные пошлины и др.) и, часто, спекулятивному воздействию. Совокупность данных факторов позволяет говорить о высокой неопределенности уровня доходности инвестиционных вложений в ресурсный сектор.

В данной работе анализируется “портфельный” подход [2; 3] к инвестированию на ресурсных рынках, при этом в силу указанной выше неопределенности постулируется интервальная доходность [1] инвестиционных вложений, называемых далее “активами”. Существенное отличие интервальной постановки задачи от стохастической состоит в отсутствии статистических распределений доходности каждого актива: доступны лишь верхняя и нижняя оценки границ изменения доходности. Внешние обязательства компании учитываются величиной “требуемой” доходности. Таким образом, критерием оптимальности служит минимум риска невыполнения внешних обязательств компании или, по-другому, риск неполучения требуемой доходности. Такой критерий используется, в частности, в некоторых моделях паевых инвестиционных фондов, привлекающих денежные средства вкладчиков для размещения в различные активы и гарантирующих им заранее определенную доходность. В нашем случае величина требуемой доходности служит

параметром, на основании которого строятся представления о величине сопутствующего риска вложений.

Отметим, что данная постановка задачи предполагает оперирование с реальными (а не номинальными) значениями доходностей инвестиционных вложений. Кроме того, в условиях высокой неопределенности говорить о статистической зависимости доходностей активов бессмысленно, поэтому в модели рассматриваются активы, доходности которых являются независимыми.

В работе рассматриваются свойства функции риска неисполнения внешних обязательств. Доказаны утверждения о непрерывности и монотонности функции оптимального риска по величине требуемой доходности; получено ее аналитическое представление для некоторых интервалов требуемой доходности. Сделаны выводы о структуре диверсификации вложений в зависимости от величины требуемой доходности.

### Постановка задачи

Пусть инвестиционная компания обладает капиталом  $K \geq 0$ , планируемым к размещению в активы  $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$ . Доходность  $u_i$  актива  $i$  лежит в замкнутом интервале

$$a_i \leq u_i \leq b_i, \quad i \in I \quad (1)$$

с известными концами  $a_i, b_i$ .

Примем за  $s_i K$  часть капитала  $K$ , вкладываемую в приобретение  $i$ -го актива, тогда

$$\sum_{i=1}^n s_i = 1, \quad s_i \geq 0, \quad i \in I. \quad (2)$$

Неотрицательность  $s_i$  означает отсутствие “коротких продаж”, то есть приобретение активов в долг сверх имеющегося капитала  $K$ . Вектор  $s = (s_1, \dots, s_n)^T$ , удовлетворяющий условиям (2), назовем портфелем активов.

Требуемая доходность  $w$  портфеля активов  $s$  будет обеспечена, если  $\sum_{i=1}^n (s_i K) u_i \geq w K$ , или, эквивалентно,

$$\sum_{i=1}^n s_i u_i \geq w. \quad (3)$$

Последнее означает независимость структуры портфеля от величины начального капитала  $K$ .

Пусть  $u = (u_1, \dots, u_n)^T$  — вектор неопределенных доходностей портфеля,  $a = (a_1, \dots, a_n)^T$ ,  $b = (b_1, \dots, b_n)^T$  — векторы нижних и верхних границ доходностей,  $c = 0.5(a + b)$  — вектор “средних” доходностей,  $e = (1, \dots, 1)^T$  — вектор с единичными координатами. Условия (1)–(3) формируют (соответственно)  $n$ -мерный параллелепипед  $U = \{u : a \leq u \leq b\}$ ,  $(n - 1)$ -мерный симплекс  $S = \{s : e^T s = 1, s \geq 0\}$  и полупространство  $\Pi(s, w) = \{u \in \mathbf{R}^n : s^T u \geq w\}$ . Множество  $U(s, w) = U \cap \Pi(s, w)$  — общая часть параллелепипеда  $U$  и полупространства  $\Pi(s, w)$  — определяет “безопасные” реализации доходностей для  $s \in S, w \in [0, +\infty)$ .

Введем функцию

$$R(s, w) = 1 - \frac{\mu(U(s, w))}{\mu(U)}, \quad (4)$$

где символ  $\mu(A)$  означает лебегову меру (объем) множества  $A \subset \mathbf{R}^n$ . Величину  $R(s, w)$  будем интерпретировать как риск неполучения требуемой доходности  $w$  портфеля активов  $s$ .

Задача состоит в минимизации функции риска  $R(s, w)$  по  $s \in S$  и нахождении оптимального портфеля

$$s^*(w) = \arg \min_{s \in S} R(s, w),$$

а также построения функции оптимального риска

$$R^*(w) = R(s^*(w), w)$$

при всех значениях требуемой доходности  $w \in [0, +\infty)$ .

Опишем далее аналитические свойства функции риска  $R(s, w)$ , функции оптимального риска  $R^*(w)$ , а также результаты вычислительных экспериментов, позволяющие дополнить анализ структуры оптимальных и субоптимальных долгосрочных вложений.

### Свойства функции риска

Сформулируем основные свойства функции риска (4). Для этого введем обозначения

$$\underline{a} = \min_{i \in I} a_i, \quad \bar{a} = \max_{i \in I} a_i, \quad \underline{b} = \min_{i \in I} b_i, \quad \bar{b} = \max_{i \in I} b_i.$$

**Свойство 1.** При любом фиксированном портфеле  $s \in S$  функция риска  $R(s, w)$  не убывает и

- 1)  $R(s, w) = 0$ , если  $w \leq \underline{a}$ ;
- 2)  $R(s, w) = 1$ , если  $w > \bar{b}$ .

**Свойство 2.** Для  $w \in [\underline{a}, \bar{a}]$  существует такой портфель  $\bar{s}$ , что  $R(\bar{s}, w) = 0$ .

**Свойство 3.** Пусть  $w \in (\underline{b}, \bar{b})$ . Если  $b_k < w$ , то в оптимальном портфеле  $s^*$  компонента  $s_k^*$  равна нулю. Другими словами, если верхняя граница доходности актива  $k$  меньше требуемой доходности  $w$ , то данный актив не включается в оптимальный портфель.

Свойство 3 позволяет уменьшить размерность задачи по количеству активов и рассматривать в портфеле только те активы  $s_j$ , для которых  $w < b_j$ . Из свойств 1–3 видно, что существенными для анализа функции риска  $R(s, w)$  являются значения  $w$  из отрезка  $W = [\bar{a}, \bar{b}]$ , поэтому далее рассматриваем функцию риска  $R(s, w)$  на декартовом произведении  $S \times W$ .

**Свойство 4.** Если  $c = we$ , то  $R(s, w) = 0,5$  для всех  $s \in S$ , т. е. риск вложения, при котором требуемая доходность совпадает со средними доходностями всех активов, равен 50%.

**Свойство 5.** Функция  $R(s, w)$  непрерывна по совокупности переменных  $(s, w) \in S \times W$ .

### Функция оптимального риска

Из свойства 5 и теоремы Вейерштрасса следует, что для каждого фиксированного  $w \in W$  функция  $R(s, w)$  достигает на компакте  $S$  своего минимума в некоторой точке  $s^*$ , быть может, неединственной (см. св-во 4).

Пусть функция оптимального риска  $R^*(w) = R(s^*(w), w)$  характеризует минимальный риск неполучения требуемой доходности  $w$ . Укажем ее основные свойства.

**Свойство 6.** Функция  $R^*(w) = \min_{s \in S} R(s, w)$  непрерывна по переменной  $w \in W$ .

**Свойство 7.** Функция оптимального риска  $R^*(w) = \min_{s \in S} R(s, w)$  строго монотонно возрастает по переменной  $w \in W$ .

**Свойство 8.** [1] При  $n = 2$  функция оптимального риска  $R^*(w)$  на отрезке  $w \in [\bar{a}, \underline{c}]$  равна  $R^*(w) = 2 \frac{(w - a_1)(w - a_2)}{(b_1 - a_1)(b_2 - a_2)}$  и достигается на портфеле  $s_i^* = (w - a_i)^{-1} ((w - a_1)^{-1} + (w - a_2)^{-1})^{-1}$ ,  $i = 1, 2$ . На полуотрезке  $w \in (\underline{c}, \underline{b}]$  оптимальный риск  $R^*(w) = \min \left\{ \frac{w - a_1}{b_1 - a_1}, \frac{w - a_2}{b_2 - a_2} \right\}$  достигается при  $s_1^* = 2 - \arg \min_{i=1,2} \left\{ \frac{w - a_i}{b_i - a_i} \right\}$ ,  $s_2^* = -1 + \arg \min_{i=1,2} \left\{ \frac{w - a_i}{b_i - a_i} \right\}$ .

Таким образом, оптимальные вложения в 2 альтернативных проекта пропорциональны величине, обратной разности требуемой доходности и нижней границы доходности активов, однако если требуемая доходность высока, вложения целиком осуществляются только в один актив.

**Свойство 9.** Пусть  $w \leq \min_{i \in I} \left\{ a_1 + \frac{b_i - a_i}{n} \right\}$ . Тогда функция риска  $R(s, w)$  достигает локального минимума по переменным  $s_1, s_2, \dots, s_n$  в точ-

ке  $s^* : s_i^* = (w - a_i)^{-1} \left( \sum_{j=1}^n (w + a_j)^{-1} \right)^{-1}$ ,  $i \in I$ . При этом оптимальный

риск равен  $R^*(w) = \frac{n^n}{n!} \prod_{i=1}^n \frac{w - a_i}{b_i - a_i}$ .

**Замечание.** При  $w = \min_{i \in I} \left\{ a_1 + \frac{b_i - a_i}{n} \right\}$  оптимальный риск не превосходит величины

$$\frac{n^n}{n!} \prod_{i=1}^n \frac{a_1 + \frac{b_1 - a_i}{n} - a_i}{b_1 - a_i} = \frac{1}{n!}$$

**Пример.** Рассмотрим задачу составления портфеля из  $n = 10$  активов с одинаковыми интервалами доходности, определенными границами  $a_i = 0.6$ ,  $b_1 = 1.4$ ,  $i = 1, \dots, 10$ . В силу свойства 9 для значений доходности  $w \in [0.6, 0.68]$  оптимальный портфель определяется пропорциональным вложением во все активы:  $s_i^* = 0.1$ ,  $i = 1, \dots, 10$ , а оптимальный риск равен  $R^*(w) = \frac{10^{10}(w - 0.6)^{10}}{10!(1.4 - 0.6)^{10}} \approx 25664.75(w - 0.6)^{10}$ . В частности,  $R^*(0.61) \approx 10^{-15}$ ,  $R^*(0.68) = 1/3628800 \approx 0.27 \cdot 10^{-6}$ .

Несмотря на перечисленные свойства, в общем случае функция оптимального риска достаточно сложна для представления в явном виде, поэтому более перспективным направлением является построение ее оценок на основе численного моделирования с использованием различных методов, в том числе метода Монте-Карло.

### Построение оценок функции оптимального риска

Рассмотрим далее различные способы приближенного вычисления оценок функции оптимального риска  $R^*(w)$ . Для сравнительно небольшого числа активов  $n$  нетрудно составить переборный алгоритм, позволяющий построить функцию  $R^*(w)$  “эмпирически”, вычисляя для каждого  $w \in W$  значения  $R(s, w)$  на некоторой сетке симплекса  $S$ . Малость ошибки при дроблении сетки гарантируется свойством непрерывности функции  $R(s, w)$ . Структура множества  $U \setminus U(s, w)$  позволяет вычислять его меру на основе построения  $n$ -мерных тетраэдров с вершинами в точках вида  $(a_1, \dots, a_n)$ ,  $a_i \in \{a_i, b_i\}$ , используя метод включений и исключений.

Вычисление оценки функции  $R^*(w)$  для каждого  $w \in W$  можно осуществить и с использованием метода Монте-Карло, предполагая равномерное распределение доходностей на интервалах (1).

С другой стороны, можно использовать метод внутренней неулучшаемой аппроксимации  $U(s, w)$  некоторым множеством с легко вычисляемой мерой. В частности, в работе [1] предложен метод вписывания  $n$ -мерных параллелепипедов в область  $U(s, w)$  и показано, что нахождение решения можно свести к задаче линейного программирования. Другим методом внутренней аппроксимации является вписывание в область  $U(s, w)$   $n$ -мерных эллипсоидов.

Рассмотрим методы внутренней аппроксимации функции риска более подробно.

### Метод вписывания параллелепипедов

Следуя [1], введем в рассмотрение семейство параллелепипедов

$$P(v, r) = \{z \in R^n : v - r \leq z \leq v + r\}$$

с центрами  $v = (v_1, \dots, v_n)^T$  и набором полусторон  $r = (r_1, \dots, r_n)^T$ , параллельных соответствующим координатным осям пространства  $R^n$ . Нетрудно заметить, что включение  $P(v, r) \subset U(s, w)$  справедливо тогда и только тогда, когда совместна система неравенств

$$s^T v - s^T r \geq w, v - r \leq a, v + r \leq b, r \geq 0.$$

Задача состоит в увеличении объема множества  $U(s, w)$  путем расширения вписанного в него параллелепипеда  $P(v, r)$ . В качестве критерия максимизации можно выбирать непосредственно объем параллелепипеда (что приводит к существенной нелинейности в постановке задачи) или же взвешенную сумму полуосей, как предложено в [1], что позволяет преобразовать исходную задачу к задаче линейного программирования.

Действительно, если в качестве весов выбрать компоненты  $s_i$  вектора  $s$ , нелинейную задачу

$$s^T r \rightarrow \max,$$

$$s^T v - s^T r \geq w, v - r \geq a, v + r \leq b, \quad (9)$$

$$e^T s = 1, s \geq 0, r \geq 0$$

можно преобразовать заменой переменных  $x_i = s_i v_i$ ,  $y_i = s_i r_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  к эквивалентной [1] задаче линейного программирования

$$\sum_{i=1}^n y_i \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n y_i \geq w, \sum_{i=1}^n s_i = 1, \quad (10)$$

$$x_i - y_i - a_i s_i \leq 0, x_i + y_i - b_i s_i \leq 0,$$

$$s_i \leq 0, y_i \leq 0, i = 1, 2, \dots, n.$$

Оптимальное решение задачи (9) восстанавливается из решения задачи (10) обратной заменой переменных.

В работе [1] предложено решать данную задачу численно, с использованием алгоритма симплекс-метода. Однако нетрудно показать, что задача (10) имеет аналитическое решение.

**Утверждение.** Пусть  $j = \arg \max_{i=1, n} b_i$ . Набор значений переменных

$$s_j^* = 1, x_j^* = 0.5(b_j + w), y_j^* = 0.5(b_j - w);$$

$$s_i^* = x_i^* = y_i^* = 0, i \neq j \quad (*)$$

есть оптимальное решение задачи (10).

Доказательство утверждения основано на построении точной верхней оценки целевой функции задачи (10) и дальнейшего “подбора” допустимого плана задачи, доставляющего целевой функции значение  $Y^*$ . Действительно, из ограничений задачи (10) нетрудно получить верхнюю оценку

$$2 \sum_{i=1}^n y_i + w \leq \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i \leq \sum_{i=1}^n s_i b_i \leq b_j,$$

где  $j = \arg \max_{i=1, n} b_i$ .

Полагая  $Y^* = 0.5(b_j - w)$ , непосредственной проверкой убеждаемся, что план (\*) допустимый. При этом  $\sum_{i=1}^n y_i^* = y_j^* = Y^*$ , следовательно, план (\*) — оптимальный.

Таким образом, предложенный в работе [1] метод вписывания параллелепипедов приводит к вырожденному решению, в котором весь имеющийся капитал вкладывается в актив с наибольшей верхней границей доходности.

### Метод вписывания эллипсоидов

В отличие от линейной структуры задачи (10) метод вписывания эллипсоидов обладает очевидной нелинейностью, поэтому можно предполагать перспективность его использования (с точки зрения невырожденности получающихся решений). Однако при более подробном рассмотрении выявляется невыпуклость структуры ограничений соответствующей оптимизационной задачи, что фактически приводит к нахождению локального, а не глобального оптимума в допустимой области при использовании численных процедур оценивания. Таким образом, данный подход можно рассматривать только как получение достаточно грубой верхней оценки риска.

Не вдаваясь в подробное математическое описание метода вписывания эллипсоидов, приведем далее основные результаты численных экспериментов в сравнении с альтернативными методами нахождения субоптимальных портфелей.

### Сравнительный анализ методов

Все рассмотренные выше методы оптимизации портфеля инвестиций позволяют найти субоптимальные оценки функции риска. Из результатов проведенных вычислительных экспериментов видно, что метод Монте-Карло определения долей распределения капитала между активами оказывается наиболее предпочтительным при небольшом числе альтернатив. Данный метод демонстрирует наиболее близкие к оптимальным верхние оценки риска и при достаточных вычислительных ресурсах позволяет рассчитать субоптимальный портфель вложений с наперед заданной точностью. При большом числе альтернатив инвестирования требования к вычислительным ресурсам оказываются чрезмерными, поэтому предлагается совместно использовать более грубые, но и более простые методы вписывания параллелепипеда и эллипсоида. Последние позволяют формировать портфель инвестиций с достаточно завышенной верхней оценкой риска.

Метод Монте-Карло демонстрирует диверсификацию, то есть распределение капитала между различными активами, при малых значениях доходности портфеля. При высоких значениях доходностей капитал рекомендуется вкладывать в одну-две ценные бумаги, верхние границы интервалов доходностей которых имеют относительно высокие значения.

В методе вписывания эллипсоида при малых значениях требуемой доходности капитал также распределяется между всеми активами, входящими в портфель. По мере увеличения значения требуемой доходности возрастает количество активов, не включаемых в субоптимальный портфель. В методе вписывания параллелепипеда весь капитал вкладывается в одну ценную бумагу при любых значениях доходности. Выбранному активу соответствует наибольшая верхняя граница интервала изменения доходностей. В случае если верхние границы интервалов равны, метод вписывания параллелепипеда не учитывает, что выгоднее вкладывать капитал в актив с наибольшим нижним значением доходности.

На основании вычислительных экспериментов можно также заключить, что метод вписывания эллипсоида “в среднем” лучше работает для малых значений доходности, а метод вписывания параллелепипедов — для больших значений доходности. Так как оба метода дают верхние оценки функции риска, их можно сочетать, выбирая минимум из двух оценок и соответствующие им портфели вложений в активы. Тогда разница между значением полученной оценки риска и соответствующей оценке риска по методу Монте-Карло оказывается незначительной.

В качестве примера рассмотрим портфель, состоящий из 8 активов с заданными границами доходностей:  $2,49 \leq x_1 \leq 17,34$ ;  $3,91 \leq x_2 \leq 15,43$ ;  $2,57 \leq x_3 \leq 19,33$ ;  $4,21 \leq x_4 \leq 13,21$ ;  $3,82 \leq x_5 \leq 19,1$ ;  $1,17 \leq x_6 \leq 21,3$ ;  $1,68 \leq x_7 \leq 17,4$ ;  $3,25 \leq x_8 \leq 18,77$ .

Результаты построения различными методами субоптимальных портфелей при различных значениях требуемой доходности приведены в таблице.

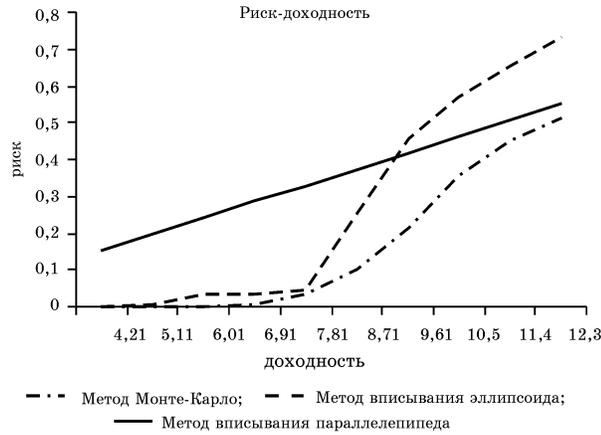
Результаты вычислений

w	Метод Монте-Карло							
	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
4,21	0	0	0	0	0,05	0,1	0,4	0,45
5,11	0	0	0	0	0,4	0,1	0,1	0,4
6,01	0	0	0,1	0,3	0,2	0,1	0,05	0,25
6,91	0,05	0,1	0,15	0,15	0,2	0,1	0,15	0,1
7,81	0,05	0,15	0,15	0,1	0,25	0,1	0,05	0,15
8,71	0,05	0,1	0,1	0,05	0,3	0,2	0	0,15
9,61	0,15	0	0,15	0,05	0,3	0,2	0	0,15
10,51	0	0	0,15	0	0,6	0,25	0	0
11,41	0	0	0	0	0,85	0,1	0	0,05
12,31	0	0	0	0	0,9	0,05	0	0,05
Метод вписывания эллипсоида								
	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
4,21	0,0459013	0,718651	0,022285	0,122744	0,0266203	0,0137128	0,0245969	0,0254887
5,11	0,0307745	0,692277	0,0243115	0,148178	0,0323715	0,0110281	0,0299522	0,0310973
6,01	0,0539029	0,425102	0,00498426	0,462677	0,0219426	0	0,0148526	0,016482
6,91	0,0467598	0,500052	0,0946263	0	0,125184	0,0725778	0,0392413	0,121558
7,81	0,099646	0,204478	0,116692	0,115989	0,163195	0,0882336	0,0730806	0,138684
8,71	0,0568316	0,538676	0,0829385	0	0,122502	0,0648082	0,0349325	0,0993117
9,61	0,0137787	0,761905	0,0475245	0	0,0789379	0,0399509	0	0,0579035
10,51	0	0,912858	0,014368	0	0,0373222	0,0164112	0	0,0190404
11,41	0	0,998281	0	0	0,00171883	0	0	0
12,31	0	1	0	0	0	0	0	0
Метод вписывания параллелепипеда								
	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
4,21	0	0	0	0	0	1	0	0
5,11	0	0	0	0	0	1	0	0
6,01	0	0	0	0	0	1	0	0
6,91	0	0	0	0	0	1	0	0
7,81	0	0	0	0	0	1	0	0
8,71	0	0	0	0	0	1	0	0
9,61	0	0	0	0	0	1	0	0
10,51	0	0	0	0	0	1	0	0
11,41	0	0	0	0	0	1	0	0
12,31	0	0	0	0	0	1	0	0

Сравнительное поведение верхних оценок функции оптимального риска, вычисленных соответствующими методами представлено на рисунке.

В результате мы можем использовать различные подходы к построению оценок риска, выделяя соответствующие им субоптимальные портфели инвестиционных вложений.

Данные подходы могут быть дополнены некоторыми эвристическими соображениями, сформулированными на основе свойств функции риска и проведенных численных экспериментов.



Верхние оценки функции оптимального риска

### Эвристические критерии

Результаты проведенных вычислительных экспериментов демонстрируют, что  $i$ -й актив не включается в оптимальные и субоптимальные портфели, если выполняется неравенство  $w \geq c_i = 0.5(a_i + b_i)$ , поэтому одним из упрощений при построении верхней оценки риска является сокращение размерности задачи искусственными ограничениями  $\hat{s}_i = 0$  по мере достижения требуемой доходностью  $w$  значений  $c_i$ .

С другой стороны, технически сложные процедуры вычисления многомерных объемов для построения функции оптимального риска  $R^*(w)$  или ее верхних оценок  $\hat{R}(w)$  можно заменить на более простой, хотя и более грубый, линейный критерий. В качестве такого критерия может служить расстояние от одной или нескольких точек параллелепипеда  $U$  до гиперплоскости  $\partial\Pi(s, w) = \{u : s^T u \geq w\}$ .

Введем функцию

$$d_x(s, w) = \frac{(s^T x - w)}{\sqrt{s^T s}} = \frac{(s^T x - w)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n s_i^2}} \quad (17)$$

“расстояния” (с учетом знака) от точки  $x$  до гиперплоскости  $\partial\Pi(s, w)$ . В частном случае, для всех  $w \in W$  можно выбирать положения гиперплоскости, максимизирующие расстояние  $d_b(s, w)$  до нее от точки  $b$  верхних доходностей.

С учетом высказанной выше гипотезы для  $w \leq \underline{c}$  можно также составить задачу максимизации на симплексе  $S$  расстояния  $d_c(s, w)$  от центра симметрии  $c$  параллелепипеда  $U$  до гиперплоскости  $\partial\Pi(s, w)$ , или, что эквивалентно, минимизировать функцию —  $d_c(s, w)$  для значений требуемой доходности  $w \leq \underline{c}$ .

Наконец, можно минимизировать расстояние  $d_a(s, w)$  до нижних границ доходности  $a$ , что определяет вырожденное решение  $s_j = 1, j = \arg \max_{k \in I} c_k, s_i = 0, i \in I, i \neq j$ .

В силу линейности введенных функций  $d_a(s, w)$ ,  $d_b(s, w)$ ,  $d_c(s, w)$  по переменным  $s_i$ ,  $i \in I$ , перечисленные критерии можно комбинировать в виде Парето-свертки

$$D(s, w) = \lambda_a d_a(s, w) + \lambda_b d_b(s, w) + \lambda_c d_c(s, w) \rightarrow \max_s \quad (18)$$

с параметрами  $\lambda_a, \lambda_b, \lambda_c \geq 0$ ,  $\lambda_a + \lambda_b + \lambda_c = 1$  при всех  $w \in W$ .

Подставляя (17) в (18), выразим функцию  $D(s, w)$  в явном виде:

$$\begin{aligned} D(s, w) &= \lambda_a \frac{(s^T a - w)}{\sqrt{s^T s}} + \lambda_b \frac{(s^T b - w)}{\sqrt{s^T s}} + \lambda_c \frac{(s^T c - w)}{\sqrt{s^T s}} = \\ &= \frac{(s^T (\lambda_a a + \lambda_b b + \lambda_c c) - w)}{\sqrt{s^T s}}. \end{aligned}$$

Учитывая линейную зависимость  $c = 0.5(a + b)$  центров и границ параллелепипеда  $U$ , введем весовые множители  $\mu_a = \lambda_a + 0.5\lambda_c$ ,  $\mu_b = \lambda_b + 0.5\lambda_c$ , ( $\mu_a, \mu_b \geq 0$ ,  $\mu_a + \mu_b = 1$ ), тогда

$$D(s, w) = \frac{s^T (\mu_a a + \mu_b b) - w}{\sqrt{s^T s}}.$$

Введем точку  $M$  с координатами  $m_i = \mu_a a_i + \mu_b b_i$ ,  $i \in I$ , тогда задача (18) эквивалентна задаче

$$D(s, w) = \frac{s^T m - w}{\sqrt{s^T s}} \rightarrow \max_s, \quad \sum_{i=1}^n s_i = 1, \quad s_i \geq 0. \quad (19)$$

Нетрудно убедиться, что решение задачи (19) выглядит следующим образом:

1) если  $m_i - w \leq 0$  ( $\forall i \in I$ ), то  $s_k^* = 1$ ,  $s_j^* = 0$ ,  $j \neq k$ ,  
где  $k = \arg \max_{i \in I} (m_i - w)$ ;

2) в противном случае компоненты портфеля  $s_j$  пропорциональны тем активам, для которых  $m_i - w > 0$ :

$$s_j^* = \max \left\{ 0, \frac{m_i - w}{\sum_{i=1}^n \max\{0, m_i - w\}} \right\}.$$

### Заключение

Рассмотренный в работе «портфельный» подход к инвестированию на ресурсных рынках позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. Выбор методов формирования оптимальных или субоптимальных портфелей существенно зависит от числа доступных для инвестирования альтернатив.

Если число потенциальных объектов инвестирования невелико (порядка 10), наиболее предпочтительным является метод моделирования Монте-

Карло. В противном случае снижение вычислительной сложности нахождения субоптимальных портфелей можно достичь сочетанием методов вписывания параллелепипеда и эллипсоида, а также сформулированных в работе эвристик.

2. Структура субоптимальных вложений характеризуется принципом диверсификации при низких значениях требуемой доходности и стратегией “все или ничего”, достигаемой за счет вложений в 1–2 актива с высокой верхней границей доходности, при высоких значениях требуемой доходности.

В целом, использование предложенных в работе методов и подходов позволяет усилить рациональность принятия решений при инвестировании в ресурсные рынки, обладающие высокой степенью неопределенности.

#### Литература

1. *Ащепков Л. Т., Стегостенко Ю. Б.* Формирование оптимального портфеля ценных бумаг // Дальневосточный математический сборник.— Владивосток: “Дальнаука”, 1997.— Вып. 3.— С. 77–85.

2. *Markowitz H.* Portfolio selection: efficient diversification of investments.— N. Y.: John Wiley and Sons, 1959.

3. *Кан Ю. С.* Оптимизация портфеля ценных бумаг по квантильному критерию / В кн.: Финансовая математика.— Под ред. *Осипова Ю. М.* и др.— М.: ТЕИС, 2001.— С. 83–105.

### ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ЕГО КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА

К. э. н., доцент *И. Ю. Новоселова*

(Государственный университет управления г. Москва)

В статье рассматривается проблема оценки потенциала природных ресурсов региона. Потенциал природных ресурсов региона — часть запаса природных ресурсов региона, которая может быть добыта исходя из технических возможностей и экономической целесообразности. В качестве критерия отнесения части запасов к потенциалу природных ресурсов предложено использовать показатель доступности ресурса. Показатель доступности вычисляется как отношение фактической цены к расчетной цене ресурса. Для определения расчетной цены приведена вычислительная схема. Приведен алгоритм определения экономической оценки потенциала природных ресурсов региона.

### POTENTIAL OF NATURAL RESOURCES AND ITS QUANTITATIVE ESTIMATION

The senior lecturer *I. Y. Novoselova*

In clause the problem of an estimation of potential of natural resources of region is considered. Potential of natural resources of region — part of a stock of natural resources of region, which can be extracted proceeding from technical opportunities and economic

feasibility. As criterion of reference of a part of stocks to potential of natural resources it is offered to use a parameter of availability of a resource. The parameter of availability is calculated as the relation of the actual price to the settlement price of a resource. For definition of the settlement price the computing circuit is given. The algorithm of definition of an economic estimation of potential of natural resources of region is given too.

Природно-ресурсный потенциал любого региона определяется наличием природных ресурсов, их количеством, качеством, сочетанием и потребительской стоимостью. К ним относятся: земля, почва, недра, воды, ресурсы растительного и животного мира, рекреационные природные ресурсы и другие компоненты природной среды. Размещение, условия освоения и характер использования потенциала природных ресурсов влияют на содержание и темпы регионального развития.

Существуют различные определения природно-ресурсного потенциала. Например, А. Г. Емельянов рассматривает природно-ресурсный потенциал как предельное количество природных ресурсов, которые человек может использовать без подрыва условий своего существования и развития; А. А. Минц — как суммарную народохозяйственную ценность того или иного сочетания ресурсов, исчисленных в стоимостном выражении.

Наиболее изученным понятием является экономический потенциал. Б. М. Мочалов экономический потенциал понимает как совокупную способность отраслей народного хозяйства производить промышленную, сельскохозяйственную продукцию, осуществлять капитальное строительство, перевозить грузы, оказывать услуги населению. Это же определение приведено в экономико-математическом словаре под редакцией Л. И. Лопатникова и в экономической энциклопедии под редакцией А. М. Румянцева. Здесь раскрывается лишь один из аспектов экономического потенциала — способность хозяйственного механизма выполнять производственную функцию. В публикациях Б. Плышевского, А. Тодосейчука, Ю. Лычкина и А. Цыгичко экономический потенциал рассматривается как совокупность имеющихся в наличии ресурсов: “потенциал” заменяется такими понятиями как “ресурсы”, “инвестиции”, “численность занятых” и т. д.

Отсюда при определении природно-ресурсного потенциала учитывались предварительно изученные, разведанные природные ресурсы, которые при существующем уровне экономического развития, освоенности территории и экологических ситуациях могут быть реально использованы в хозяйственной и иной деятельности в настоящее время и в прогнозируемом будущем. Поэтому оценка природных ресурсов (объектов) представляет собой определение их ценности в денежном выражении в фиксированных социально-экономических условиях производства, при заданных режимах природопользования и ограничениях (экономических, социальных, экологических, стратегических и др.) на хозяйственную и иную деятельность. Поскольку природная рента имеет тенденцию к росту, возникает необходимость регулярной оценки (переоценки) природных ресурсов.

Зачастую природно-ресурсный потенциал отождествляется с запасами природных ресурсов. Прежде всего следует разобраться в различии этих понятий.

Следует признать, что “потенциал”, кроме материальных и нематериальных средств включает возможности общества к эффективному использованию имеющихся средств или ресурсов. В противном случае — это некоторый запас, который может быть полностью или частично вовлечен в экономический процесс при наличии технических возможностей и выполнении

условия экономической целесообразности. Если некоторый объем ресурса не может быть добыт и вовлечен в экономический процесс по техническим или технологическим причинам или в силу экономической нецелесообразности, то данный объем ресурса может быть рассмотрен как запас. Этот объем может быть вовлечен в экономический процесс тогда, когда будут иметь место технические (технологические) возможности и экономическая целесообразность его добычи.

В случае, если некоторый объем ресурса, может быть добыт, что подтверждается техническим (технологическими) возможностями и оценкой экономической целесообразности, но фактически еще не используется, то он и составляет ресурсный потенциал региона.

Таким образом, природно-ресурсный потенциал региона — та часть запаса природных ресурсов региона, которая может быть добыта и вовлечена в экономический процесс исходя из технических (технологических) возможностей и оценки экономической целесообразности.

Научно-технический прогресс позволяет постоянно совершенствовать технику и технологию добычи, транспортировки и первичной переработки природных ресурсов. Это, в свою очередь, приводит к снижению затрат на добычу, транспортировку и первичную переработку природных ресурсов. В то же время, в связи с ростом спроса и сокращением запасов ресурсов, имеет место рост цен на природные ресурсы. Рост цен и снижение затрат приводят к росту экономической целесообразности и возможности перевода части запасов природных ресурсов в природно-ресурсный потенциал (рис. 1).

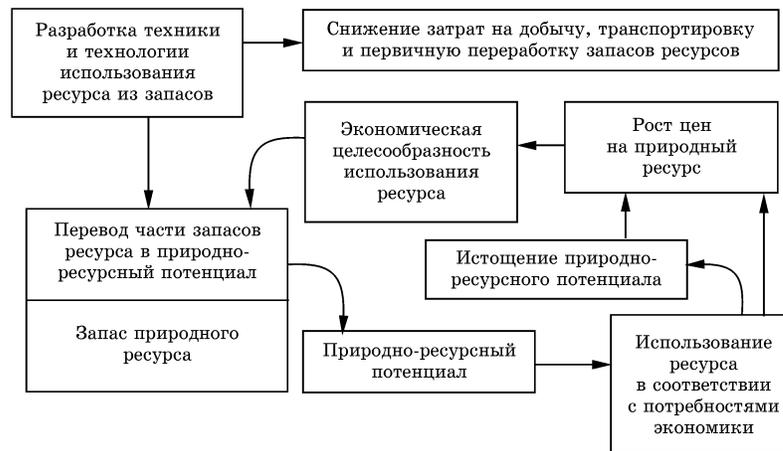


Рис. 1. Принципиальная схема формирования природно-ресурсного потенциала

В результате будет получена некоторая динамика перехода запасов в природно-ресурсный потенциал. Гипотетическая динамика цены, затрат и объема природно-ресурсного потенциала представлена на рис. 2.

В качестве интегрального критерия отнесения части запасов к природно-ресурсному потенциалу целесообразно использовать показатель доступности ресурса, который был разработан применительно к минерально-сырьевым ресурсам А. А. Пешковым и Н. А. Мацко. Количественной мерой предложенного показателя доступности является отношение фактической цены товарного продукта  $P^f$  к его расчетной цене  $P^c$ , обеспечивающей безубыточное

извлечение и переработку минерального сырья:  $D = \frac{P^f}{P^c}$ . Решение об использовании ресурсов принимается при значениях показателя доступности, превышающих единицу. Таким образом, доступность природного ресурса — свойство системы “общество — природные ресурсы”, характеризующее возможность экономически эффективного использования в зависимости от состояния ресурсов, потребности в них и достигнутого технологического уровня. Расчетная цена характеризует минимальную цену единицы природного ресурса, при которой принимается решение о разработке и использовании данных запасов. В монографии [6] указывается, что способы определения расчетной цены могут быть различны, однако все они основываются на дисконтированных стоимостных характеристиках и обязательном учете предстоящих затрат для добычи природного ресурса.

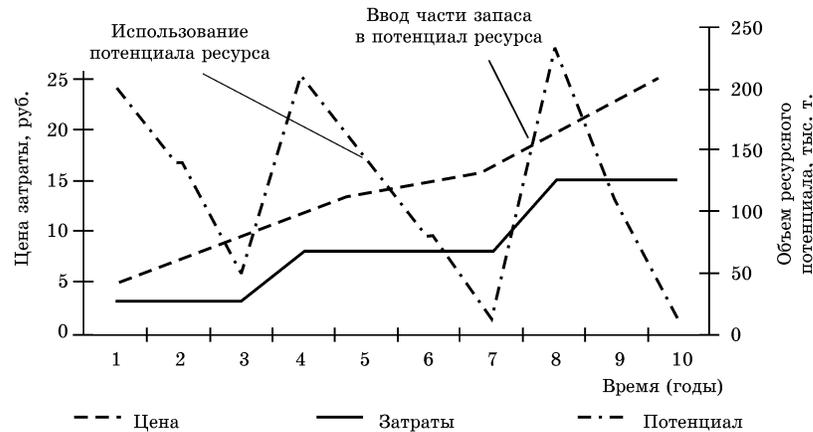


Рис. 2. Гипотетическая динамика основных экономических показателей и природно-ресурсного потенциала

Для выявления доступной части природного ресурса с целью отнесения ее к природно-ресурсному потенциалу региона, целесообразно определить расчетную цену  $P^c$ , как минимальную цену, позволяющую получить желаемый (предельный, максимальный) срок окупаемости при эксплуатации источника данного ресурса (например, месторождения). С этой целью необходимо воспользоваться уравнением:

$$\sum_{t=1}^{T^*} [P^c Q_t - F_t(t, Q_t) - S_t(t, Q_t)](1+r)^{1-t} - \sum_{t=1}^{T^*} Z_t(1+r)^{1-t} = 0,$$

где  $P^c$  — искомая расчетная цена;  $F_t(t, Q_t)$  — размер налогов в год  $t$  при добыче природного ресурса в объеме  $Q_t$ ;  $S_t(t, Q_t)$  — текущие затраты в году  $t$  при добыче природного ресурса в объеме  $Q_t$ ;  $Z_t$  — единовременные затраты в год  $t$ ;  $Q_t$  — объем добычи природного ресурса в году  $t$ ;  $r$  — коэффициент дисконтирования;  $T^*$  — максимальный (предельный) срок окупаемости источника природного ресурса (например, месторождения).

Для определения расчетной цены  $P^c$  разработана следующая вычислительная схема:

1. Задается шаг изменения расчетной цены  $\Delta P^c$ ; номер итерации  $k = 0$ ; расчетная цена полагается равной некоторой начальной величине  $P^k = P^0$ .
2. Проводится расчет  $NPV$  на итерации  $k$  при указанном значении расчетной цены.

$$NPV^k = \sum_{t=1}^{T^*} [P^k Q_t - F_t(t, Q_t) - S_t(t, Q_t)](1+r)^{1-t} - \sum_{t=1}^{T^*} Z_t(1+r)^{1-t}$$

3. Если  $NPV^k > 0$  — переход к шагу; в противном случае — переход к шагу 4.
4. Вычисление  $k = k + 1$ ;  $P^k = P^{k-1} + \Delta P^c$ ; переход к шагу 2.
5. Определение расчетной цены по формуле:

$$P^c = P^{k-1} - \frac{NPV^{k-1}}{NPV^k - NPV^{k-1}}$$

Для установления текущих и единовременных затрат на добычу и переработку минеральных ресурсов можно базироваться на эмпирических зависимостях, разработанных д. ф.-м. н., профессором Ю. М. Ампиловым и д. э. н., профессором А. А. Гертом [1]. В таблице для ряда типов руд, видов месторождений и коэффициентов вскрыши при открытой отработке приведены две зависимости:

- зависимость удельных эксплуатационных затрат  $S$  (руб./т) на добычу от годовой производительности предприятия по руде или обогатительной фабрики  $Q$  (млн. т/год):  $S = \psi(Q)$ ;
- Зависимость капитальных вложений  $Z$  (млн. руб.) от годовой производительности предприятия по руде или обогатительной фабрики  $Q$  (млн. т/год):  $Z = \varphi(Q)$ .

**Эмпирические зависимости капитальных и эксплуатационных затрат для ряда рудных месторождений (фрагмент)**

Вид месторождения	Коэффициент вскрыши при открытой отработке, %	Тип руд или количество компонентов	$Z = \varphi(Q)$ $S = \psi(Q)$
Открытый способ отработки для производственной мощности от 3 до 30 млн. т/год	3	Железная руда	$Z = 126,71Q^2 - 77,307Q + 1427,5$ $S = 155,43Q^{-0,2449}$
Открытый способ отработки для производственной мощности по руде от 0,25 до 10 млн. т/год	3	Цветные и благородные металлы	$Z = 1,9414Q^2 - 322,05Q + 184,62$ $S = 158,51Q^{-0,1479}$

Изменение затрат может меняться исходя из объемов добычи ресурса. Например, разработка нефтяных месторождений включает в себя три основных этапа: этап нарастающей добычи; этап постоянной максимальной

добычи (так называемая “полка”); этап падающей добычи. Продолжительность этапов различна и варьируется в зависимости от пластового давления, свойств нефти, размеров месторождения и прочих факторов. Срок разработки месторождения обычно составляет 20–40 лет, поэтому при геолого-экономическом анализе его берут равным 20–25 годам. Именно на этот срок выдаются лицензии на добычу.

Продолжительность первого этапа, называемого этапом подготовки к эксплуатации, определяется наличием соответствующего парка буровых станков. По мере строительства эксплуатационные скважины могут переводиться в фонд добывающих, если проведены все необходимые работы для приема продукции, организованы сборные пункты нефти или подведены трубопроводы и т. п. Параллельно создается необходимая промышленная инфраструктура, прокладываются дороги, ЛЭП и т. д. На средних и крупных месторождениях этот этап занимает 3–10 лет, а на мелких он существенно меньше.

Второй этап характеризуется постоянной максимальной добычей, обеспеченной вводом в эксплуатацию большинства проектных добывающих скважин. Ежегодно в этот период добывается 4–6% от извлекаемых запасов средних и крупных месторождений (около 10% от запасов мелких месторождений). При недостаточной энергии пласта применяется система поддержания пластового давления, заключающаяся в нагнетании воды в пласт для вытеснения нефти и поддержания рабочих дебитов скважин в приемлемом состоянии. В этом случае необходимо строительство дополнительных нагнетательных скважин. Длительность второго этапа для нефтяных месторождений обычно составляет 2–3 года. К концу этого этапа накопленная добыча составляет 30–40% от суммарных извлекаемых запасов нефти.

Третий этап обычно растягивается на 20–30 лет. При этом добыча падает довольно быстро — примерно в 1,5–2 раза за первые 5–6 лет этого этапа, а затем темп падения постепенно снижается. Традиционный график добычи нефти, охватывающий все три этапа приведен на рис. 3.

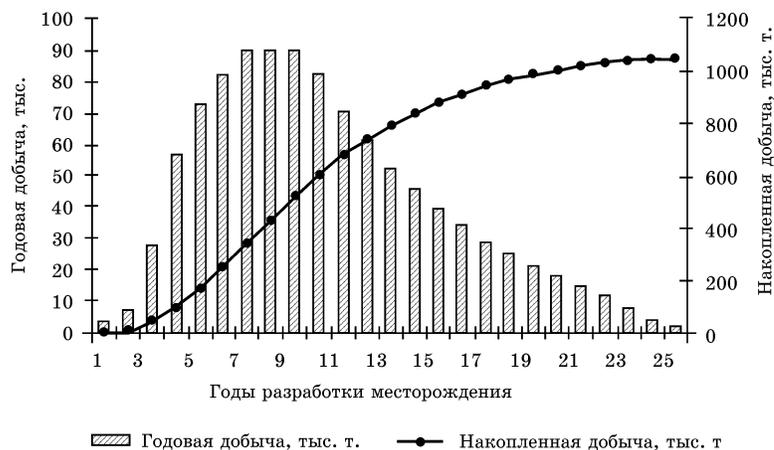


Рис. 3. Гипотетический график добычи нефти

Ключевыми параметрами при подсчете являются количественные характеристики графика добычи и прогнозные дебиты скважин. Если по аналогии с открытыми в районе добычи месторождениями принята длительность периодов нарастающей добычи  $t_1$ , постоянной добычи —  $t_2$ , падающей добы-

чи —  $t_3$  и уровень постоянной максимальной добычи  $s$ , то функция объема добычи  $Q_t$  в каждый из этих периодов рассчитывается по формуле:

$$Q_t = \begin{cases} Q^0 s \frac{t}{t_1} & | t = 1, 2, \dots, t_1 \\ Q^0 s | t = t_1 + 1, t_1 + 2, \dots, t_1 + t_2 \\ Q^0 s \exp\{-\beta[t - (t_1 + t_2)]\} & | t = t_2 + 1, t_2 + 2, \dots, t_2 + t_3 \end{cases}$$

где  $Q^0$  — извлекаемые природные ресурсы;  $s$  — относительная величина (доля от объема извлекаемых запасов) ежегодного отбора в период постоянной максимальной добычи;  $\beta$  — параметр падения добычи, значения которого обычно находятся в интервале 0,1–0,2.

Если известна формула для экономической оценки природного ресурса, то экономический потенциал данного ресурса при наличии  $i = 1, 2, \dots, n$  источников ресурса в регионе следует оценивать по следующему алгоритму:

Шаг 1. Положим  $i = 1, t = 1$  и  $Q^\Sigma = 0$ .

Шаг 2. Определение расчетной цены для года  $t$  и источника  $i - P_{ti}^c$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Шаг 3. Проверка доступности природного ресурса в год  $t$ :  $D_i = \frac{P_t^f}{P_{ti}^c} > 1$

Шаг 4. Расчет экономически доступной части запаса природного ресурса (нарастающим итогом):  $Q^\Sigma = Q^\Sigma + Q_{ti} | D_i > 1$ .

Шаг 5. Проверка:  $t < T^*$ ? Если да, то переход к шагу 6; иначе — переход к шагу 7.

Шаг 6. Переход к следующему году:  $t = t + 1$ ; переход к шагу 2.

Шаг 7. Расчет экономической оценки потенциала рассматриваемого природного ресурса исходя из найденного доступного объема  $Q^\Sigma$ :  $E = \Theta(Q^\Sigma)$ .

Таким образом, в отличие от экономической оценки запаса природных ресурсов, оценка их потенциала базируется на доступном объеме  $Q^\Sigma$ . Сложность экономической оценки природных ресурсов заключается в том, что природные объекты являются многофункциональными — одни и те же природные ресурсы имеют разные области использования. Кроме того, с точки зрения использования природных ресурсов можно разделить на четыре группы:

1. природные ресурсы при обеспечении неистощительного их использования приносят постоянный годовой доход (земельные, водные, охотничьи и некоторые другие) за продолжительный период времени;

2. природные ресурсы приносят доход в течение только определенного времени (минерально-сырьевые ресурсы);

3. природные ресурсы не приносят прямого дохода, но удовлетворяют потребности общества в поддержании определенного экологического баланса и сохранения биоразнообразия;

4. Природные ресурсы нетронутые хозяйственной деятельностью; но имеющие большое стратегическое значение.

Объем запасов возобновимых ресурсов определяется годовой продуктивностью, т. е. той их частью, которая может быть использована при условии естественного воспроизводства соответствующих ресурсов:

- для земель сельскохозяйственного назначения — производство растениеводческой и животноводческой продукции;
- для древесных ресурсов — объемы расчетных рубок; для недревесных растительных ресурсов — объемы возможных сборов дикорастущих ягод, грибов, кедровых орехов, живицы и лекарственных растений;

- для фаунистических — возможная добыча охотопромысловых животных, вылов промысловых рыб, сборы меда и др. продуктов пчеловодства.

При оценке объема водных запасов обычно рассматриваются водоснабженческая и гидроэнергетическая его составляющие. Водоснабженческий потенциал оценивается исходя из величины возможного изъятия годового поверхностного и подземного стока.

Рекреационные запасы могут быть оценены по ожидаемой прибыли от использования эффективных рекреационных ресурсов — курортов, санаториев, домов отдыха, туристических маршрутов и т. д.

При экономической оценке запасов (месторождений) минерально-сырьевых ресурсов обычно базируются на годовом объеме добычи за весь период эксплуатации.

Проблеме экономической оценки природных ресурсов посвящено значительное число работ отечественных и зарубежных ученых: Е. С. Мелехина, Л. В. Канторовича, Г. М. Комарницкого, Ю. В. Разовского, Г. Г. Шалминой, К. Г. Гофмана, А. Л. Яншина, С. Н. Бобылева, Г. А. Фоменко, Дж. Хикса, А. Маршалла, А. Маркандиа, Д. Пирса, Д. Диксона, П. Шермана, Ф. Бакенбаха, В. Шульца и др. [3–10, 12]. Все многообразие методов сводится к четырем методам оценки стоимости: сравнительному, затратному, рентному и косвенному.

В основе сравнительного подхода лежит стоимость уже оцененного рынком аналога. При оценке природных ресурсов найти аналог всех их компонентов будет практически невозможно, поэтому данный подход использовать нецелесообразно.

Затратный подход основан на подсчете средств, вложенных в создание объекта, и оценки вложений необходимых для создания точного аналога оцениваемого объекта. При затратном подходе не учитываются факторы спроса и предложения на рынке природных ресурсов; наиболее качественные и выгодно расположенные природные ресурсы получают наименьшую оценку, поскольку чем выше качество ресурса, тем меньше затрат требуется на его эксплуатацию.

Рентный подход совмещает дифференциальную ренту, текущие и капитальные затраты и рыночные цены, поэтому в условиях рыночной экономики данный подход является наиболее приемлемым.

Специфика оценки природных ресурсов, в связи со сложностью расчетов и большим количеством исходных данных, заключается также в том, что при проведении расчетов показателей оценки приходится использовать неполную информацию. Для преодоления этой проблемы следует использовать один из трех подходов: вероятностный подход, методы теории неопределенности Л. Заде (Fuzzy-технологии) [2] или метод имитационного моделирования Монте-Карло [11]. Вообще говоря, безразлично, какой метод использовать для учета неполной информации, поскольку трудно отдать предпочтение одному из этих подходов. Последний метод является весьма эффективным и достаточно простым методом машинной имитации и его применение представляется наиболее целесообразным.

## Литература

1. Ампилов Ю. П., Герт А. А. Экономическая геология.— М., Геоинформмарк, 2006.
2. Бочарников В. П. Fuzzy-технология: математические основы. Практика моделирования в экономике.— С.-Пб., Наука РАН, 2001.
3. Лопатников Л. И. Популярный экономико-математический словарь.— М., 1990 г.
4. Лычкин Ю. Потенциал строительного комплекса. // Экономист, № 6, 1997 г.

5. *Мелехин Е. С.* Стоимостная оценка недр.— М., Наука, 2000.
6. *Пешков А. А., Мацко Н. А.* Доступность минерально-сырьевых ресурсов.— М., Наука, 2004.
7. *Пльшевский Б.* Потенциал инвестирования. // *Экономист*, № 3, 1996 г.
8. *Разовский Ю. В.* Горная рента.— М., Экономика, 2000.
9. *Тодосийчук А.* Научно-технический потенциал социально-трудовой сферы // *Экономист*.— 1997 г.— № 12.
10. *Цыгичко А.* Сохранение и приумножение производственного потенциала страны // *Экономист*.— 1992 г.— № 7.
11. *Шеннон Р.* Имитационное моделирование систем — искусство и наука.— М., Мир, 1978.
12. *Экономическая энциклопедия. Политическая экономия. Т. 4.* // Ред. *А. М. Румянцева*.— М., 1983.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, АУДИТ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

---

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ГИБКИХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Генеральный директор НТО ИРЭ-Полус *И. Э. Самарцев*,  
д-р. физ.-мат. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ *В. Ф. Крапивин*,  
канд. физ.-мат. наук *В. И. Ковалев*, аспирант *С. В. Ковалев*

(Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники РАН  
им. В. А. Котельникова, НПО ИРЭ-Полус)

Канд. техн. наук *И. И. Потапов*

(Всероссийский институт научной и технической информации РАН,  
г. Москва)

Описывается структура аппаратно-программного комплекса, основанного на методах синтеза гибких информационно-измерительных систем на базе оптоэлектронной техники и обеспечивающего идентификацию параметров систем окружающей среды. Рассматривается пример комплекса, который состоит из компактного измерительного прибора типа спектрополяриметра, информационного интерфейса, компьютера с необходимым набором программных блоков и расширяющейся базой данных.

A structure of device-software system based on the adaptable methods of information-measuring system syntheses using optoelectronic technique and giving possibility to identify the environmental parameters is described. The system is discussed that consists of a compact multi-channel spectropolarimeter, informational interface with computer, software and extending database.

### Введение

Проблема синтеза информационно-измерительных систем нового поколения, ориентированных на изучение и оценку состояния природно-техногенных структур различного масштаба вплоть до наноструктур, требует решения огромного спектра задач, входящих в компетенцию многих областей знания. Комплексный характер этой проблемы обусловлен совокупностью разнородных и разноплановых теоретических и прикладных исследований, которые ведутся во многих странах по национальным и международным программам. Основная цель всех подобных исследований состоит в попытке ответить на единственный базовый вопрос: какова должна быть структура и режим работы системы наблюдения за элементами изучаемой среды, чтобы обеспечивались надежные оценки ее текущего состояния и прогноз ее развития на ближайшее и перспективное будущее? К сожалению, ответа на этот вопрос пока нет. Развитие в работах авторского коллектива

[1–3] подходы к решению этой проблемы дают теоретическую основу новой стадии развития науки об информационно-измерительной технике. Одним из препятствий здесь является отсутствие научной базы, которая бы объединяла усилия ученых в направлении развития новых информационных технологий, которые бы давали механизмы оптимизации информационных потоков в системах мониторинга и способствовали бы поиску методов решения указанной задачи. Особенно актуальной данная задача является при создании систем наблюдения и контроля окружающей среды.

Существующие технические средства мониторинга объектов окружающей среды во многих случаях не обеспечивают необходимой точности оценок их состояния, особенно при анализе химических и биологических загрязнений водных сред с учетом их неоднородности в пространстве. В данной работе предлагается новая технология синтеза систем мониторинга окружающей среды, обобщающая технологию географических информационных систем за счет комплексного использования методов имитационного моделирования, эволюционной технологии синтеза баз знаний, алгоритмов восстановления пространственных образов по отрывочным в пространстве и фрагментарным во времени измерениям, приемов компьютерной картографии и дистанционного зондирования. Эта технология синтеза гибких информационно-моделирующих систем (ГИМС-технология) реализует процедуру адаптивной оценки структуры информационно-измерительной конкретной назначения с учетом ее динамической эффективности в рамках установленных технических и функциональных ограничений. В рассматриваемом здесь частном случае учитываются возможности спектральной эллипсометрии, обеспечивая чувствительность и точность оценки содержания примесей в жидких растворах до наночастиц. При этом оценивается экономическая эффективность ГИМС-технологии.

### **Спектральная эллипсометрия как элемент ГИМС-технологии**

В последнее время интенсивно развивается спектральная поляризационно-оптическая аппаратура для исследований в реальном масштабе времени — многоканальные поляризационные спектрофотометры, спектрополяриметры, спектральные эллипсометры и дихрометры, нефелометры, рефрактометры. Использование в современных поляризационно-оптических приборах эффективных модуляторов состояния поляризации и многоканальных анализаторов, развитие методов программирования определяют их высокие технические характеристики. Так, современные спектрофотометры обеспечивают измерение нескольких спектров в секунду с точностью и чувствительностью на уровне 1% и 0.01% соответственно, а измерения спектров вращения плоскости поляризации в реальном масштабе времени на спектрополяриметрах выполняются с высокой точностью. В то же время, коммерческие многоканальные поляризационно-оптические спектральные приборы еще не получили широкого распространения.

Предметом нанотехнологии является конструирование, производство и использование функциональных структур, по крайней мере, с одним характерным размером в диапазоне 1–100 нм. Информационно-измерительная система, обеспечивающая реализацию таких измерений, обладает высокой чувствительностью при контроле физических, химических и биологических свойств, явлений и процессов. Достижение такого уровня чувствительности достигается при использовании спектроэллипсометра, разработанного в ИРЭ РАН [4], в решении задач генерации наночастиц с заданными размерами [5], для контроля с обратной связью процессов напыления пленочных структур [6], при определении среднего радиуса пор и их распределения

по размерам в различных наноструктурах [7], а также во многих других исследованиях [8, 9].

Предложенный и развиваемый в ИРЭ РАН [2,4,9] новый метод эллипсометрических измерений — эллипсометрия с дискретной модуляцией состояния поляризации, основан на попеременном облучении изучаемого объекта пучком монохроматического света с двумя состояниями поляризации. Переключатель состояния поляризации обеспечивает точность до  $10^{-5}$  в спектральном диапазоне от 220 до 2200 нм и высокую (до единиц кГц) точность достижимой частоты модуляции пучков излучения. В соосном ахроматическом компенсаторе на основе ромба Френеля из плавленого кварца используется пара плоских параллельных зеркал, установленных под углом 12–15 градусов к падающему на них пучку, при этом повышение ахроматичности компенсатора обеспечивается противоположными знаками изменения фазового сдвига в ромбе и в зеркалах.

### Алгоритм идентификации спектральных образов

Применение спектроэллипсометра для решения конкретной задачи сводится к предварительной подготовке обучающей выборки спектральных образов в виде эталонной базы в виде векторного пространства  $A_{\mu,I}^i = \{a_1^i, \dots, a_n^i, I, \mu\}$ ,  $\theta_{\mu,I}^i = \{\theta_1^i, \dots, \theta_n^i\}$ , где  $a_j^i$  — амплитудная характеристика,  $\theta_j^i$  — фазовая характеристика,  $I$  — идентификатор исследуемого объекта,  $n$  — число используемых каналов,  $\mu$  — оценка изучаемого параметра объекта. В общем случае при измерениях определяются два вектора: один  $\Xi_A$  — интенсивность света на фотодетекторе, другой  $\Xi_\Psi$  — тангенс относительного сдвига фаз двух ортогональных поляризованных компонент. В простейшем случае считается, что  $\Xi_A = \{a_1^i, \dots, a_n^i\}$ ,  $\Xi_\Psi = \{\theta_1^i, \dots, \theta_n^i\}$ .

Основная идея алгоритма идентификации состоит в том, что полученный набор векторов  $\Xi_A$  и  $\Xi_\Psi$  сравнивается с соответствующими векторами базы эталонов и по одному из критериев их близости с применением алгоритма интерполяции находится оценка для параметра  $\mu$  или набора таких характеристик. При этом в случае, когда оценивается набор характеристик объекта, база эталонов расширяется за счет создания векторных индикаторов самих спектральных образов (табл. 1).

Таблица 1

Пример структуры эталона спектрального образа контролируемого объекта.

Номер эталона в базе данных	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_9$	$B$
1	$A_{11}$	$A_{21}$	$A_{31}$	$A_{41}$	$A_{51}$	$A_{61}$	$A_{71}$	$A_{81}$	$A_{91}$	$B_1$
.....										
$n$	$A_{1n}$	$A_{2n}$	$A_{3n}$	$A_{4n}$	$A_{5n}$	$A_{6n}$	$A_{7n}$	$A_{8n}$	$A_{9n}$	$B_n$

Обозначения:  $A_1$  — площадь под спектральной кривой;  $A_2$  — максимальное значение спектральной кривой;  $A_3$  — минимальное значение спектральной кривой;  $A_4$  — расстояние в нанометрах между максимальным и минимальным значениями спектральной кривой;  $A_5$  — максимальная производная спектральной кривой;  $A_6$  — максимальная вторая производная спектральной кривой;  $A_7$  — число максимумов на спектральной кривой;  $A_8$  — значение спектральной кривой при  $\lambda=400$  нм;  $A_9$  — значение спектральной кривой при  $\lambda=800$  нм;  $B$  — значение оцениваемой характеристики.

Идентификация полученного спектрального образа испытуемого образца осуществляется путем сопоставления его вектора  $\Xi(X_1, \dots, X_n, Y)$  с набором эталонных векторов в базе данных. Идентификация образца осуществляется путем поиска в базе эталонов образцов, имеющих минимальное удаление от полученных спектров. Расстояние между векторами рассчитывается по среднему значению:

$$\Delta = \min_n \rho(\Xi - \Xi_n) = \frac{1}{2n} \min_i \left[ \sum_{j=1}^n |X_j - A_j^i| + \sqrt{\sum_{j=1}^n (X_j - A_j^i)^2} \right]$$

Применение этой формулы дает большую точность по сравнению с использованием только отклонения по абсолютной разнице компонент векторов или только по среднеквадратическому отклонению.

### ГИМС-технология и водные растворы

В настоящее время совместное применение технических средств и software для оперативного мониторинга водной среды развито недостаточно из-за сложности синтеза комплексной системы мониторинга. Особенно сложны задачи сочетания алгоритмического обеспечения с уровнем информационного обеспечения системы мониторинга. Актуальная задача экологического мониторинга требует разработки компактных прецизионных поляризационно-оптических приборов для экспресс анализа жидких сред. При этом эффективность решения многопараметрических задач в большой мере определяют чувствительность и точность приборов, их универсальность, возможность использования широкого спектрального диапазона. Спектральные измерения в водной среде дают информативную базу для применения современных методов и алгоритмов распознавания и идентификации загрязнителей этой среды.

В институте радиотехники и электроники Российской академии наук (ИРЭ РАН) впервые созданы устройства, основанные на принципах многоканальной регистрации спектров ослабленного, отраженного или рассеянного света. Совместное использование оперативных измерений спектрометрии и методов обработки данных впервые реализовано в адаптивном идентификаторе, принципиальная схема которого представлена на рис. 1, а различные его модификации указаны на рис. 2 и 3.

Адаптивный идентификатор был испытан в экспедиционных условиях на НИС “Дмитрий Менделеев” в Японском море и Центральных районах Тихого океана, а также при обследовании водных систем Южного Вьетнама и Сибири (о. Байкал, реки Ангара и Енисей) в рамках программ международного сотрудничества с Вьетнамским Научным Центром естественных наук и технологий, а также с Университетами Аляски и Дилларда США. Эти эксперименты показали перспективность применения технологии спектроэллипсометрии для оперативного контроля сточных вод, водных растворов в медицинской промышленности и изучения экосистем водоемов (пятнистость загрязнений поверхности водоемов, биомасса фитопланктона, мутность водной среды, содержание взвешенных веществ и др.).

Традиционно оптические методы исследования жидкостей являются одними из наиболее информативных. В частности, поляризационно-оптические спектральные измерения позволяют решить широкий круг сложных задач экологического мониторинга водных сред. Задача определения концентрации различных веществ в многокомпонентных растворах по спектрам оптического пропускания и отражения, линейного и циркулярного двулучепреломления и дихроизма и по спектрам нарушенного полного внутреннего отражения успешно решается только с помощью развитого программного обеспечения.

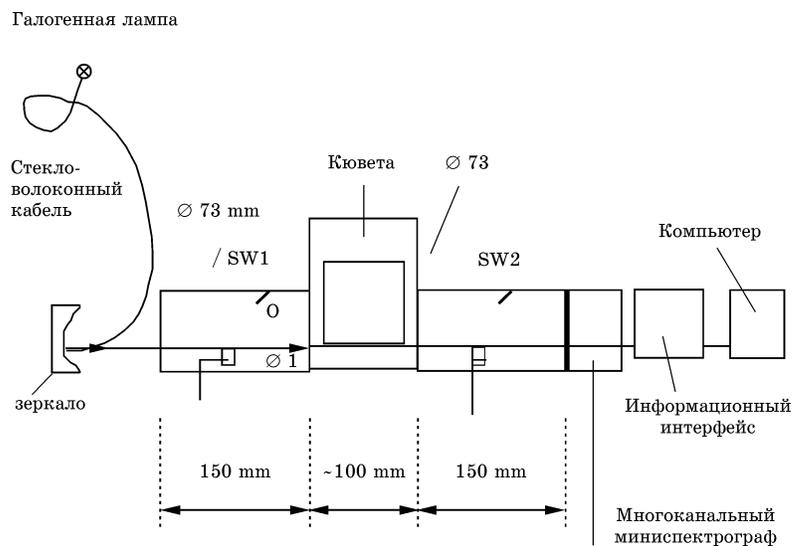


Рис. 1. Принципиальная схема адаптивного идентификатора.  
Через SW1 и SW2 обозначены переключатели состояния поляризации

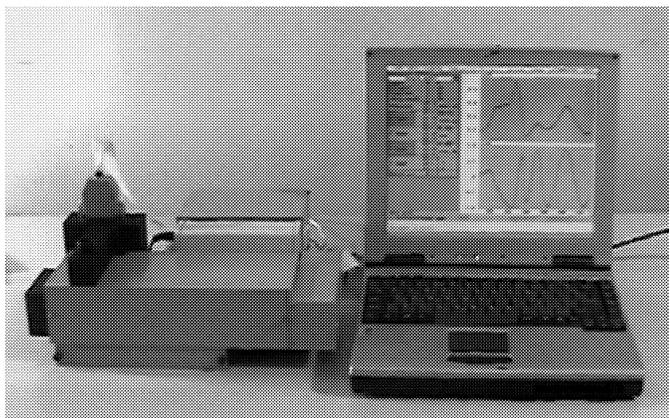


Рис. 2. Спектроэллипсометрическая система для регистрации характеристик водной среды в лабораторных условиях

Одним из перспективных направлений анализа растворов является жидкостная хроматография с прецизионными поляриметрическими устройствами. Следует отметить определенные трудности при создании компактных многоканальных поляризационно-оптических приборов. Как правило, ключевым элементом поляризационно-оптических приборов является модулятор состояния поляризации излучения. Это либо вращающийся поляризационный элемент (поляризатор, анализатор или компенсатор), ограничивающий частоту модуляции и значительно повышающий уровень помех, либо дорогостоящий фотоупругий модулятор, требующий совершенной термостабилизации. Используются в основном ПЗС линейки и матрицы фотодетек-

торов, имеющие недостаточно высокие фотометрические характеристики: малый динамический диапазон, недостаточная линейность, отсутствие доступа к отдельным пикселям, последовательное считывание фотоприемных элементов, приводящее к неэквивалентности измерительных промежутков на всех фотоприемниках.

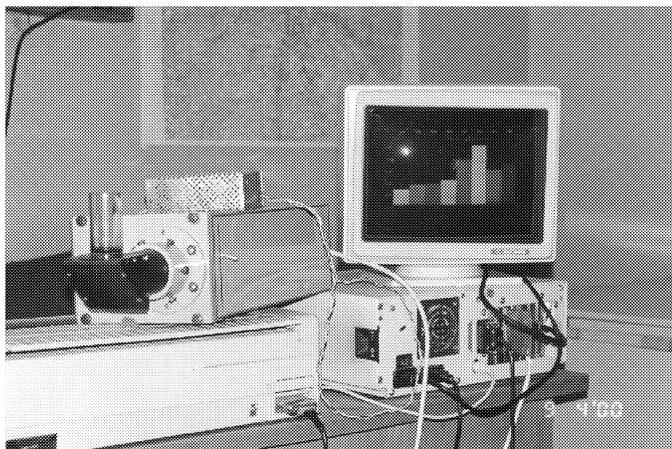


Рис. 3. Адаптивный идентификатор для изучения характеристик водной среды в лабораторных и полевых условиях в реальном масштабе времени

Создание адаптивного идентификатора оказалось возможным благодаря развитию нового подхода в области поляризационной оптики. Разработаны эффективная элементная база поляризационной оптики, метод дискретной модуляции состояния поляризации, и на их основе созданы высокоточные поляризационно-оптические приборы различного назначения (рис. 2). Применение простых высокоэффективных переключателей поляризации и линеек кремниевых фотодиодов с произвольным доступом к фотодиодам существенно упростило задачу создания компактных недорогих поляризационно-оптических приборов: спектрофотометров, спектрополяритметров, спектроэллипсометров и т.д.

Технология совместного использования спектрометрии и алгоритмов идентификации и распознавания позволило впервые создать типовой цельный комплекс аппаратных, алгоритмических, модульных и программных средств сбора и обработки данных о водной среде с функциями прогноза и принятия решений. Адаптивный идентификатор имеет ряд модификаций, ориентированных на использование в различных условиях. Стационарный вариант охватывает полный комплект технических и алгоритмических средств, обеспечивающих проведение измерений в реальном масштабе времени. Использование этого варианта возможно при наличии сетевого питания 220 В. Полевой переносной вариант адаптивного идентификатора предусматривает два режима использования. При наличии компьютера Note-book в полевых условиях (при отсутствии сетевого питания) весь функциональный спектр адаптивного идентификатора реализуется в режиме реального времени. В противном случае результаты измерений запоминаются в блоке автономной памяти, а затем вводятся в компьютер и обрабатываются.

Алгоритмическое обеспечение адаптивного идентификатора основано на комплексном использовании методов распознавания и классификации дискретных образов, формируемых на базе 512 спектров, регистрируемых за устанавливаемое оператором время. Обычно устанавливается интервал в 1 сек, который обеспечивает получение около 60 отсчетов значений освещенности по каждому из 512 оптических каналов. Полученные спектры являются источниками рядов статистических параметров и различных характеристик, объединяемых в векторные пространства для последующего сопоставления с эталонными образцами, хранящимися в памяти компьютера. Технология этого сопоставления зависит от многообразия методов идентификации.

Адаптивный идентификатор рассчитан на обучение, которое представляет собой процедуру измерения спектральных характеристик и одновременное независимое измерение содержания химических элементов в водной среде. В результате в базе знаний формируется банк эталонов, сопоставление с которыми обеспечивает решение задачи идентификации. В частности, такое сопоставление может реализовываться в рамках расчета среднего квадратического отклонения измеренного спектрального образа объекта от имеющихся в памяти компьютера эталонов. Программное обеспечение адаптивного идентификатора предусматривает различные алгоритмы решения этой задачи, среди которых имеется и кластерный анализ.

Адаптивный идентификатор может применяться в различных областях, где требуется оценить качество водного раствора или выявить присутствие в водной среде определенного набора химических элементов. Эти задачи адаптивный идентификатор решает в режиме непрерывного наблюдения за водной средой. Установленный для стационарного измерения он позволяет следить за динамикой качества воды в потоке, а при размещении на борту судна — измерять характеристики водного объекта по маршруту следования.

Функциональные возможности адаптивного идентификатора могут расширяться за счет увеличения объема эталонов в базе знаний. Переключение на естественный источник освещения позволяет решать задачи экспертизы земных покровов, обнаружения пленок нефтепродуктов на водной поверхности, определение степени загрязнения атмосферного воздуха и оценки состояния других объектов окружающей среды, спектральные образцы которых в видимом диапазоне могут изменяться. Созданная за последнее время технология адаптивной идентификации элементов окружающей среды по данным спектральных измерений в видимом диапазоне позволяет перейти к синтезу экспертной системы для адаптивной идентификации параметров окружающей среды (ЭСАИПО). В структуру системы входят компактный многоканальный спектрополяриметр (КМС), информационный интерфейс с компьютером (ИИК), пакет компьютерных программ (ПКП) и расширяющаяся база данных (РБД). ПКП реализует ряд алгоритмов обработки потоков данных от КМС и обеспечивает сервисные функции визуализации и управления режимом измерений. РБД состоит из наборов эталонов спектральных образов пятен загрязнителей, изображаемых точками в многомерном векторном пространстве признаков, предварительно рассчитанных на основе обучающих выборок.

Принцип функционирования ЭСАИПО основан на фиксации изменений светового потока на выходе КМС и преобразование их в цифровой код. Дальнейшая обработка этих данных по своей эффективности определяется составом ПКП, куда включены различные алгоритмы распознавания двумерных образов. Адаптивность процедуры распознавания определяется уровнем накопления знаний об особенностях флуктуации интенсивности и поляризационных качеств отраженного света от водной поверхности. В состав ПКП

входят средства, позволяющие в случае неопределенности ситуации с идентификацией пятна загрязнителя принимать экспертное решение на основе визуального анализа его спектрального образа. Эта процедура реализуется в режиме диалога с ЭСАИПО и если решение принято, то оператор может фиксировать его в базе данных в форме эталона для последующих ситуаций возникновения аналогичных пятен.

После обучения функционирование экспертной системы ограничивается только количеством измерений, фиксируемого оператором исходя из соображений достижимости статистической достоверности и сохранения режима реального времени. Оператор имеет две возможности регулировать этот режим, устанавливая объем измерений или фиксируя время их накопления. Оператор связывается с различными блоками ЭСАИПО через человеко-машинный интерфейс ИИК, который обеспечивает селективность управления операциями всех блоков.

Таким образом, применение спектроэллипсометрической технологии и разработанных на ее основе систем для контроля водной среды дает возможность быстро, практически в реальном масштабе времени, решать широкий круг задач оперативного мониторинга водных растворов как искусственного, так и природного происхождения. При этом измерительная часть ЭСАИПО может монтироваться стационарно и пользователь будет получать непрерывный поток данных о состоянии водной среды. Это особенно важно при необходимости инспекции особо опасных химических предприятий.

Методические, алгоритмические, конструктивные и технические решения, положенные в основу создания ЭСАИПО были одобрены различными организациями. В 1992 г. Ассоциация авторов научных открытий выдала диплом № 235 “За открытие механизма формирования природных иерархических структур и создание на этой основе методики моделирования природно-антропогенных систем”. Адаптивный идентификатор получил в 2001 г. на Первом международном салоне инноваций и инвестиций диплом и золотую медаль. Многоканальный спектроэллипсометр для исследования водных систем на III Выставке-ярмарке “Инновации-2000. Технологии живых систем” был удостоен Диплома “За соответствие критериям безопасности жизнедеятельности человека”.

В табл. 2 приведен фрагмент результатов идентификации однокомпонентных растворов.

Таблица 2

Результаты идентификации водных растворов.

Раствор	Вектора-идентификаторы спектрального образа раствора									Погрешность идентификации (%)
CuSO <sub>4</sub>	21,6	0,17	0,1	143	0,67	0,12	2	0,16	0,21	8
	43,1	0,89	0,04	201	0,59	0,09	3	0,65	0,01	
Zn	4,6	0,14	0,07	89	0,56	0,22	1	0,1	0,06	3
	328,1	0,87	0,84	65	0,92	0,15	3	0,84	0,82	
	76,4	0,09	0,01	234	0,55	0,04	1	0,02	0,03	
Сахар	89,7	0,13	0,03	187	0,63	0,09	1	0,01	0,01	5

## Волоконно-оптические информационно-измерительные системы

Согласно [10, 11] в ИРЭ РАН и НТО ИРЭ-Полус на основе нанотехнологий разрабатываются устройства и информационно-измерительные системы нового поколения, основанные на последних достижениях волоконно-оптической техники. Научные основы их создания базируются на результатах фундаментальных исследований в области физики распространения света в опто-волоконных структурах. Используются особенности распространения света в диэлектрических средах и прохождения им границ раздела сред с различными свойствами с учетом явлений хроматической дисперсии, интерференции и дифракции световых волн. Многообразие достижений в области волоконной оптики позволяет реализовать их в виде волоконно-оптических систем передачи информации, датчиков физических величин и т.д. [10].

Структура типовой волоконно-оптической системы передачи информации включает кодер, оптический излучатель, оптическое волокно, фотоприемник, декодер и преобразователь сигналов. Если передача оптических сигналов осуществляется в цифровом виде, то используется кодер, в котором осуществляется избыточное кодирование для обеспечения требуемой помехоустойчивости, удобств синхронизации приемных устройств и контроля исправности регенераторов. Далее электрическим сигналом осуществляется модуляция оптического излучения, генерируемого лазером или светодиодом. Это излучение вводится в оптическое волокно и далее оптический сигнал передается к удаленному приемнику, где он преобразуется в электрический сигнал и приобретает необходимую для потребителя информации форму. На пути распространения оптический сигнал преодолевает границы разветвителей, ответвителей и соединителей, которые осуществляют пространственное разделение оптического сигнала.

Современные достижения в области волоконно-оптических технологий позволяют реализовать ГИМС-технологии с использованием датчиков физических величин, созданных на принципиально новых принципах и обладающих возможностями передачи и обработки информации без ее потерь. На основе развитой теории создан ряд новых датчиков и измерительных систем:

- **Микрорезонаторный волоконно-оптический датчик магнитных полей.** Датчик основан на применении магнитосилового эффекта, возникающего при взаимодействии измеряемого магнитного поля с микрорезонатором, что обуславливает изменение его характеристик и, следовательно, изменение резонансной частоты в системе волоконно-оптический лазер — микромеханический резонатор (ВОЛ-МР). Техническое решение при создании данного датчика основано на том, что коллиматорное излучение лазера — микромеханический резонатор (МР), осуществляется с помощью волоконного автоколлиматора, а изменение параметров измеряемого магнитного поля сопряжено с изменением характеристик МР, приводящих к изменению резонансной частоты в системе ВОЛ-МР.

- **Многоканальная волоконно-оптическая измерительная система концентрации различных газов.** Система содержит источник излучения, разветвитель, который разделяет световой поток от источника излучения и направляет его в  $N$  измерительных каналов, каждый из которых содержит микрорезонатор, фотоприемник и блок обработки сигнала. Источник излучения представляет собой полупроводниковый лазер накачки. В качестве разветвителя использован многомодовый волоконный разветвитель, входной торец которого оптически связан с полупроводниковым лазером накачки, а  $N$  свободных торцов сопряжены с  $N$  измерительными каналами, каждый из которых дополнительно содержит отрезок активного одномодового световода с зеркалом на основе Брегговской решетки и представляет собой волоконный лазер.

Система работает следующим образом. Накачка волоконных лазеров осуществляется полупроводниковым лазером, излучение которого с помощью волоконного разветвителя направляется в соответствующие отрезки активных световодов. В условиях непрерывной накачки одновременно могут возбуждаться автоколебания различных пар микрорезонаторов. При этом выходной сигнал фотоприемника содержит гармонические составляющие на различных частотах, соответствующих колебаниям  $N$  пар микрорезонаторов, тем самым осуществляется частотное мультиплексирование микрорезонаторных волоконно-оптических датчиков концентрации газов, обладающих высокой чувствительностью и точностью. Определение концентрации газа осуществляется блоком обработки сигналов с учетом площади сорбента, коэффициента диффузии газа и массы газа ( $m_r$ ), поглощенной пленкой с сорбентом и определяемой по формуле  $\Delta F = -0,5fm_r m^{-1}$ , где  $f$  — собственная частота микрорезонатора.

- **Мультиплексная система автогенераторных микрорезонаторных волоконно-оптических датчиков физических величин.** Данная система включает: полупроводниковый лазер накачки; высокоэффективный эрбиевый волоконный лазер (ЭВЛ); многомодовый разветвитель, входной торец которого связан с полупроводниковым лазером, а другие торцы сопряжены с соответствующими резонаторами ЭВЛ; дихроические зеркала, отражающие излучение на линии генерации лазера и пропускающие на длине волны полупроводникового лазера накачки (0,98 мкм); волоконные автоколлиматоры; микрорезонаторы, резонансные частоты которых чувствительны к соответствующей физической величине (температуре, давлению, ускорению и т. д.); отражающие поверхности микрорезонаторов; фотоприемник; блок обработки сигналов и отрезок активного одномодового световода, легированного, например,  $\text{Yb}^{+3}$  —  $\text{Er}^{+3}$  с  $\gamma=1,55$  мкм.

В условиях непрерывной накачки в данной системе одновременно возбуждаются автоколебания различных микрорезонаторов, при этом выходной сигнал фотоприемника содержит гармонические составляющие на разных частотах, соответствующих колебанию МР в каждом измерительном канале. Таким образом, осуществляется частотное мультиплексирование микрорезонаторных датчиков физических величин, обладающих высокой чувствительностью и точностью измерений, быстродействием, высоким КПД и расширенными функциональными возможностями.

- **Система измерений предвестника землетрясения.** За последние годы выявлено несколько новых, ранее недоступных для наблюдения предвестников землетрясения. Среди них такие как эманация газов из земной коры в атмосферу, образование над эпицентральной областью очага землетрясения в атмосфере вертикального электростатического поля с напряженностью несколько кВ/м и др. Эманация легких газов, таких как водород или гелий, приводит к падению на несколько мм рт. ст. атмосферного давления в локальных областях атмосферы непосредственно над очагом накануне землетрясения. Однако изменение атмосферного давления может происходить и при изменении метеоусловий, что не позволяет однозначно интерпретировать результаты измерений данного признака. Поэтому, целесообразно использовать средства непосредственного измерения концентрации водорода в атмосфере над местами тектонических разломов земной коры.

Достоверность определения момента начала землетрясения зависит от чувствительности измерительной техники. Данная система состоит из измерительного канала, включающего генератор оптического излучения, чувствительный элемент — электрооптический модулятор, фотоприемник, пороговое устройство, аналогово-цифровой преобразователь, буфер-накопитель и программируемую схему выборки. Чувствительный элемент

выполнен в виде электрооптического модулятора на отрезке дырчатого волокна, частота модуляции светового потока которого пропорциональна концентрации водорода в воздухе.

Динамика взаимодействия элементов системы состоит в следующем. Избыточная концентрация водорода в воздухе существенно изменяет средний молярный вес и теплоемкость воздушной среды. Электрооптический резонатор реагирует на эти изменения и в системе оптический лазер-чувствительный элемент возникают устойчивые колебания на частоте колебаний отрезка волокна. Частота собственных колебаний отрезка волокна непосредственно зависит от концентрации водорода в воздухе. Чем больше концентрация, тем меньше инерционность среды и тем выше частота. Эта зависимость и является признаком возникновения землетрясения.

### Экономическая эффективность ГИМС-технологии

Затраты на создание и обслуживание систем природного мониторинга оцениваются сотнями миллиардов долларов. Созданная в США трехуровневая система диагностики процессов в зонах возможного зарождения тропических ураганов для своего функционирования ежегодно требует несколько миллиардов долларов, хотя ее эффективность не превышает 35%. Как показано в [1] применение ГИМС-технологии для оптимизации этой системы может снизить экономические затраты на обслуживание самой системы мониторинга более чем в два раза при повышении ее эффективности до 90%. Предварительные расчеты, сделанные в [12], оказались убедительными для Европейской секции Международного научного и технического центра, чтобы открыть специальную работу по развитию ГИМС-технологии применительно к решению задачи раннего обнаружения источников зарождения тропических ураганов. Эта работа поручена Институту радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова.

Вообще созданные и планируемые к созданию системы природного мониторинга отличаются высокой избыточностью, так как в процессе их синтеза не применяются новые информационные технологии, обеспечивающие оптимизацию этих систем на этапе разработки. Одной из таких технологий является ГИМС-технология, базирующаяся на адаптивных методах выбора структур при синтезе систем мониторинга. В качестве примера, демонстрирующего эффективность этой технологии, рассмотрим случай мониторинга лагуны Нюк Нгот на Вьетнамском побережье Южно-Китайского моря. Исходная структура мониторинга этой лагуны включала еженедельные взятия проб воды по четырем разрезам с использованием малого судна. Стоимость этой работы в течение года до 2003 г. составляла 48 тысяч долларов. В 2003 г. применение ГИМС-технологии позволило снизить частоту измерений до двух в год при одной дополнительной контрольной экспедиции. При этом измерения необходимо было проводить только в устье лагуны. Промежутки между измерениями были заменены имитационной моделью. В результате годовая стоимость мониторинга лагуны снизилась до 7 тысяч долларов.

### Литература

1. Савиных В. П., Крапивин В. Ф., Потанов И. И. Информационные технологии в системах экологического мониторинга. Геодезкартиздат, Москва, 2007, 388 с.
2. Mkrtchyan F. A., Krapivin V. F., Kovalev V. I., and Klimov V. V. Spectroellipsometric technology for ecological monitoring of the aquatic environment. // Proceedings of the First Mediterranean Photonics Conference, 25–28 June 2008, Ischia, Napoli, Italy, pp. 333–335.

3. Бурков В. Д., Крапивин В. Ф., Потапов И. И. Экономичность адаптивно-эволюционного синтеза информационно-измерительных систем. // Экономика природопользования.— 2007.— № 5.— с. 42–48.
4. Mkrtchyan F. A., Krapivin V. F., Kovalev V. I., Klimov V. V., Rukovishnik A. I., and Golovachev S. P. An adaptive spectroellipsometric technology for the ecological monitoring of the aquatic environment. Proceeding of 25-th ACRS, Chiang-Mai, Thailand, 2004, pp. 13–15.
5. Weis R., Suk-Ho Hong, Ransch J., and Winter J. Rayleigh-Mie scattering ellipsometry as an in situ diagnostic for the production of "smart nanoparticles". / Phys. Stat. Sol.— 2008, vol. 205.— No. 4.— pp. 802–805.
6. Giovanni Bruno. Spectroscopic ellipsometry: a tool for the real time monitoring at the nanoscale of surface processing. / [http://www.nanotec.it/metrologia/Giovanni Bruno.PDF](http://www.nanotec.it/metrologia/GiovanniBruno.PDF)
7. Baklanov M. R. and Mogilnikov K. P. Non-destructive characterisation of porous low-k dielectric films. // Microelectronic Engineering.— 2002.— Vol. 64.— No. 1.— pp. 335–349.
8. Chun Ye. Photopolarimetric measurement of single, intact pulp fibers by Mueller matrix imaging polarimetry. // Applied Optics.— 1999.— Vol. 38.— No. 10.— pp. 1975–1985.
9. Perov P. I., Kovalev V. I., Rukovishnikov A. I., Rossukanov N. M., and Johnson W. H. Hydrogen-sensitive film study with precise and fast ellipsometers. // IJnt. J. Electronics.— 1994.— vol. 76.— No. 5.— pp. 797–803.
10. Бурков В. Д., Иванов Г. А. Научные основы создания устройств и систем волоконно-оптической техники. Изд-во Московского государственного университета леса, Москва, 2008.— 332 с.
11. Бурков В. Д., Крапивин В. Ф. Экоинформатика: алгоритмы, методы и технологии. Изд-во Московского государственного университета леса, Москва.— 2008, 432 с.
12. Kondratyev K. Ya., Krapivin V. F., and Varotsos C. A. Natural disasters as interactive components of global ecodynamics. — Springer/Praxis, Chichester.— 2006.— 580 pp.

## НОВЫЕ КНИГИ

---

*Порфирьев Б. Н. Экономика климатических изменений* / Б. Н. Порфирьев.— М.: Анкил, 2008.— 168 с.  
ISBN 978-5-86476-274-5.

В книге дается анализ экономических проблем изменений климата: включая оценку их последствий для перспектив развития хозяйственного комплекса России. Рассматривается эволюция проблемы климатических изменений (от глобального политико-экологического к политико-экономическому вызову), а также основные концепции глобального потепления и его последствий для общественного развития в свете экономической теории и экономической политики. Исследуются концептуальные основы политики экономического развития в условия глобальных климатических изменений с позиций неоклассической и институционально-эволюционной теории развития. Рассматриваются институциональные и технологические инновации и инвестиционная политика, а также финансовые механизмы, обеспечивающие снижение риска и адаптацию экономики России к климатическим изменениям. Формулируются императивы экономической политики устойчивого развития, учитывающей риски климатических изменений, на глобальном уровне и для России.

*ПОРФИРЬЕВ Борис Николаевич* — руководитель Центра институтов взаимодействия государства и экономики и Сектора анализа рисков и кризисов Института экономики РАН, доктор экономических наук, профессор. С 1977 г. после окончания с отличием МГУ им. М. В. Ломоносова по настоящее время работает в системе АН СССР/РАН. Член Экспертного совета МЧС России и лауреат премии МЧС России на научные и технические разработки 2005 г.

В 1988–1990 гг. работал экспертом — координатором от АН СССР в Комиссии Верховного Совета СССР по расследованию причин аварии на Чернобыльской АЭС и оценке действий должностных лиц в послеаварийный период.

В 2003–2007 гг. — Первый вице-президент Международного комитета по исследованию бедствий и катастроф Международной социологической ассоциации.

С 2005 г. член правления Европейской академии по кризисному правлению. Основные научные интересы включают: анализ риска и управление риском (экономические проблемы); политико-экономические проблемы управления кризисными ситуациями; экономика природных рисков (включая политико-экономические проблемы климатических изменений). Его перу принадлежат более 250 научных трудов по указанной проблематике, включая, более 20 книг, в которых он является соавтором и научным редактором. Помимо России работы Б. Н. Порфирьева опубликованы в Австралии, Австрии, Великобритании, Германии, Китае, Нидерландах, США, Франции и Швеции.

**Климатические изменения: тормоз или фактор развития экономики?** — *Рецензия на монографию Б. Н. Порфирьева “Экономика климатических изменений”*. М.: Изд-во Анкил, 2008.— 168 с.

Ускоряющееся изменение климата, растущее потребление природных ресурсов и энергии, дальнейшее увеличение нагрузки на окружающую среду ставит мир перед лицом крупных глобальных вызовов. Как известно, проблема изменения климата и управления процессами по стабилизации климата и адаптация экономических и социальных систем к данным изменениям стала одним из центральных пунктов саммита на высшем уровне на о. Хоккайдо в Японии в июле 2008 г.

Если несколько лет назад на земном шаре оставалось еще немало людей, считавших глобальное потепление мифом, то теперь их число значительно поубавилось. Слишком уж аномальная погода стояла в последнее время в десятках стран. Что касается специалистов, то они давно уже бьют тревогу. Даже долгожданное похолодание, которое пришло в Европу в конце пугающе теплой зимы 2008 г., не успокоило экономистов-экологов, окончательно убедившихся, что прежние климатические нормы и стандарты ушли в прошлое. Изменения климата дают о себе знать по всему земному шару. И это могут заметить не только специалисты. Величайшую опасность для человека и экономики несут такие аномалии, связанные с изменениями климата: жара, засуха, сильные осадки, чреватые наводнениями, ураганы на побережье, повышение уровня моря. Общественность оказалась столь взволнована капризами природы вроде участившихся «наводнений века» и экстремальной жары, что изменения климата многими политиками, учеными было признано главным вызовом человечества. В этих условиях задачи защиты и сохранения климата следует рассматривать как в контексте глобализации экономики, так и с учетом конкретных особенностей развития территории, ее географического положения, социально-экономического развития, состояния окружающей среды.

Несмотря на большое число исследований и публикаций по этой теме осталось много неясного и противоречивого во взглядах на решение проблемы климатических изменений. Эти неопределенности связаны не только со стохастичностью природных явлений, и их последствий для экономики и общества, но ограниченностью информации о происходящих климатических процессах, и соответственно различиями в интерпретации ее при анализе и переработке. Насколько реальна тревога по поводу процесса глобального потепления, или это конъюнктурные интересы определенных политических, экономических, экологических сил, что именно и как нужно делать в настоящее время и в будущем для смягчения проблемы глобального потепления? Все эти вопросы на сегодняшний день являются чрезвычайно актуальными и продолжают оставаться в центре внимания политиков, ученых, управленцев, бизнес-сообщества, рядовых граждан.

Не случайно вопросы климатических изменений стали одним из центральных пунктов переговоров на всемирном саммите G8, который состоялся в японском городе Хоккайдо в июле 2008 г.

В этих условиях выход в свет в издательстве «Анкил» монографии д. э. н. профессора Порфирьева Б. Н. «Экономика климатических изменений». М., 2008.— 168 с. В значительной мере является одной из первых попыток дать комплексный аналитический научный взгляд на происходящие эколого-экономические процессы. По сути — это первая работа такого рода в России, которая закладывает основы формирования нового научного направления для фундаментальных и прикладных исследований в нашей стране — экономика климатических изменений.

Настоящая монография посвящена проблеме глобального потепления климата, которую политики называют уже важнейшей проблемой международной безопасности в нынешнем столетии. В данной монографии приведен большой информационный материал об оценке и прогнозе изменений климата в мире и России с использованием обширного фактического материала,

в частности, по данным Международной группы экспертов по проблеме изменения климата (IPCC) и Росгидромета. Рассмотрены критические оценки данных оценок, а также основные тенденции динамики природных рисков и оценка их воздействия на экономическое развитие. Показан процесс перерастания проблемы глобального потепления из научной и экологической проблемы в политико-экономическую.

В первом разделе “Изменения климата земли — от глобальной экологии к глобальной политике” автор анализирует проблемы лидерства и мотивации при рассмотрении мировой политики в области климата, процесс переноса акцентов при рассмотрении данной проблемы от констатации фактов и описания ситуации к изучению климатических изменений как важного объекта экономической науки. Заслуживают внимания выполненный в работе анализ перемен в мировом общественном мнении и политике и международных корпораций по данной проблеме.

Попутно заметим, что данная проблема все больше волнует и россиян, которые боятся глобального потепления. Среди множества глобальных угроз россияне больше всего опасаются эпидемии неизвестных ранее болезней (66%), техногенных катастроф (63%) и глобального потепления (62%). Такковы результаты опроса, проведенного в марте 2007 г. Всероссийским центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ), в ходе которого было опрошено 1600 человек в 153 населенных пунктах в 46 областях, краях и республиках России. О глобальном потеплении осведомлены 93% опрошенных. Влияние глобального потепления на Россию будет скорее негативным, считают 59% опрошенных против 18% (при 23% затруднившихся с прогнозом). Наиболее оптимистично настроены жители самого холодного, Сибирского федерального округа (29% положительных прогнозов, 57% — отрицательных), наиболее пессимистичны респонденты Южного ФО (+6%, -70%).

По данным АМИ-ТАСС, почти 90% японцев встревожены глобальным изменением климата, о чем свидетельствуют данные опроса общественного мнения, опубликованные в 7 июля 2008 г. японской деловой газетой “Никкэй”. Большинство японцев — свыше 70% — считают “одним из наиболее эффективных средств борьбы с глобальным потеплением широкое использование солнечных электростанций и восстанавливаемых источников энергии”. Около 63% опрошенных высказались за переход на автотранспорт, работающий на водороде и электричестве.

Второй раздел книги “Политическая экология и политическая экономика глобальных климатических изменений” посвящен критическому анализу различных подходов к проблеме оценки климатических изменений. В работе проанализированы основные концепции глобального потепления и его последствий для общественного развития. Показаны достоинства и недостатки базовых положений, на основе которых построены эти концепции. Концепция антропогенного глобального потепления, основанная на использовании мер воздействия государства на хозяйствующие субъекты — источники внешних эффектов (экстерналий) путем создания соответствующих институтов, не учитывает положительных экстерналий, получаемых в некоторых секторах экономики и регионах. А ограниченность положений концепции оппонентов как справедливо указывает автор, в частности в том, что они рассматривают технологические инновации на уровне традиционных экономических показателей экономической эффективности “затраты-выгоды” без учета в расчетах экологической составляющей.

Заметим, что в приложении даны критические оценки официальных данных и прогнозов глобального потепления в мире и в России, а также рассмотрены альтернативные концепции и оценки климатических изменений.

В третьем, одном из центральных разделов книги — “Изменения климата и их последствия для общественного развития в свете экономической

теории” рассматриваются концептуальные основы политики экономического развития в условиях глобальных климатических рисков.

Методологический подход, принятый в Киотском протоколе и рассматривающий экономические проблемы глобального потепления в кратковременной перспективе автор рассматривает как явно ущербный, поскольку климат как глобальное общественное благо усложняется долгосрочным характером климатических изменений и необходимостью учета не только интересов разных поколений и что немаловажно справедливого распределения издержек экономических субъектов на сегодняшний момент. Исходя из этого, автор считает, что методология должна исходить из системного подхода и учитывать существенные позиции обеих концепций, где происходит совпадение точек зрения по данной проблеме. Исходя из вышесказанного, теоретическая база политики развития в условиях глобальных климатических изменений, по мнению автора, должна быть определена в рамках институционально-эволюционного подхода, который снижает риски неоклассической модели развития общества. Такой подход, исходящий из теории ноосферы В. И. Вернадского, универсального эволюционизма Н. Н. Моисеева, а также их интерпретации в терминах эволюционной экономики У. Уитта увязывает экономический рост, инерционность технологических укладов, долгосрочность и инерционность климатических изменений и снижение различных рисков. Суть его в эволюционном переходе от современного “общества риска” к качественно новому обществу и экономике знаний, который основан на общечеловеческих ценностях, выходящих за чисто экономические рамки.

Основываясь на исследовании имеющихся подходов к решению данной проблемы в мировой практике, автор справедливо отмечает, что “возможности традиционной экономической теории как методологической базы эффективной политики устойчивого развития, в том числе снижения экологических и экономических рисков климатических изменений, очевидно, ограничены. Необходима другая теоретическая база, увязывающая экономический рост, технологический переход и снижение указанных рисков в единую стратегию в отношении глобального потепления” (с. 35–36). По мнению Порфирьева Б. Н. такую теорию, очевидно, еще предстоит разработать, в то же время в рассматриваемой монографии он пытается, и вполне успешно, задать основные контуры этой новой экономической теории, в рамках институционально-эволюционного подхода.

В работе большое внимание уделяется разработке и реализации методологии эффективной экономической стратегии и политики в решении климатической проблемы. В связи с этим автор указывает на ограниченность неоклассической теории экономики всеобщего благосостояния, которая лежит в основе механизмов Киотского протокола. Она не учитывает один из важных, вследствие долговременного характера воздействия хозяйственной деятельности на природную среду, моментов — необходимость растянутости во времени принятия и реализации мер. Кроме того, по мнению автора немаловажное значение в плане разработки методологии, имеет тезис о необходимости учета множественности (специфичности) вариантов и способов снижения рисков Киотского протокола и адаптации к ним национальных экономик. Учет этих моментов позволит снизить неопределенность и повысить оправданность затрат национальных экономик.

В связи с этим надо отметить, что автор акцентирует внимание на недостаточности информации и знаний о природных явлениях и, в особенности о климате, подчеркивает необходимость приоритетного развития науки и образования, прежде всего наук о Земле, которые являются условием снижения неопределенности относительно причин и соотношения факторов

глобального потепления. Полнота знаний является необходимым условием для правильного нахождения путей решения климатических проблем, что позволит уменьшить негативный эффект в виде снижения экономического роста, эколого-экономических потерь. Эти рассуждения автора перекликаются с идеями Э. Тоффлера, Д. Белла, Дж. Гэлбрейта о четвертом факторе производства — знаниях — и переходе власти к “техноструктуре”, в настоящее время достаточно сильно потесненные неоклассической теорией в его монетаристской форме, и очень своевременны. Если считать информацию, знания производственным фактором, участвующим в создании дохода, то неоклассические представления могут быть сильно модифицированы в связи с ситуацией с климатом.

Кроме того, автор затрагивает вопрос, важный в понимании причин сложности перехода национальных экономик и мировой экономики к новому технологическому укладу, обеспечивающий его устойчивое развитие — знание эндогенных и экзогенных факторов. И здесь важную роль должны играть неформальные институты в выборе моделей и способов производства и потребления энергии. В частности, для снижения рисков технологического перехода и, соответственно глобального потепления, как отмечает автор, важное место имеет использование стратегии управления технологическими нишами — например, семь групп критически важных технологических систем, которые называются “стабилизационными клиньями” — модель Пакалы-Соколова, хотя набор технологий, конечно, значительно шире. Поскольку эти технологические ниши предназначены для лучшего восприятия, принятия и институциональной поддержки и продвижения обществом наиболее перспективных технологий, которые обеспечивают принцип “беспроектных” инвестиций и “двойного дивиденда”. В системе управления ими важную роль отводится государству для создания стимулов и финансирования таких НИОКР (пример США). Кроме того, они важны для сокращения времени для перехода к новому технологическому укладу.

Подробно освещаются два направления снижения рисков климатических изменений: превентивный и адаптационный. Последний в свою очередь предполагает сочетание эволюционного и иерархического подходов. Для реализации этих направлений требуется активизация институционально-технологических и финансовых механизмов. Значимость инноваций превентивного характера, конечно, очень велика, но и затраты на них также огромны, по разным оценкам, которые приводит автор, они должны составлять от 0,05 до 0,12% мирового ВВП в период до 2030 г. Поэтому справедливо подчеркивается, что решение климатической проблемы тогда эффективно, когда учитывается высокая степень неопределенности и связанная с ней высокая степень риска капиталовложений, тогда целесообразно, когда инвестиции в энергосберегающие технологии обеспечивают двойной эффект.

Автор поднимает такую важную проблему, как рентабельность технологий, поскольку учет только данного показателя может привести к негативным явлениям, как, например, производство первичного биотоплива из древесины и растительной массы сельскохозяйственных культур (биоэтанол), которое оказывает негативное влияние на другие отрасли хозяйства. Такие же опасности появляются при ускоренном развитии атомной энергии, сопряженной с проблемами национальной и международной безопасности. Поэтому политика должна в первую очередь влиять на выбор технологий, которые благоприятствуют снижению выбросов CO<sub>2</sub>, и в то же время проводить работу по минимизации негативных моментов, связанных с некоторыми технологиями.

Значительный научный и практический интерес представляют те размышления автора, которые затрагивают такие дискуссионные в настоящее

время моменты как возможности использования биотоплива для управления выбросами парниковых газов, взаимосвязь стратегии энергосбережения и энергоэффективности в рамках снижения выбросов углерода и др. Как известно, во время саммита G8, проходящего в июле 2008 г. в Японии, в качестве основных вопросов обсуждались вопросы мирового продовольственного кризиса в увязке с проблемами глобального изменения климата. Тем самым, мировые лидеры хотели бы видеть решение трех основных вопроса: конкретные обязательства стран в области мер по снижению эффектов глобального потепления, разработка мер по разрешению всемирного продовольственного кризиса, а также выполнение обещаний по оказанию помощи развивающимся странам. Указанные аспекты проблемы подробно анализируются в рассматриваемой монографии.

Отметим, что на саммите G8 на о. Хоккайдо в мировые лидеры достигли договоренности о снижении уровня выбросов парниковых газов к 2050 году на 50% по сравнению с уровнем 1990 года. Вместе с тем, многие эксперты и экологические организации считают, что необходимо снизить указанные выбросы к 2050 году как минимум на 80% по сравнению с уровнем 1990 года. Последствия таких решений и возможные климатические изменения в связи с этим и предстоит еще оценить, и Порфирьев Б.Н. дает методологическую базу в своей работе, как это сделать. Очевидно, что любой процесс, направленный на снижение отрицательных эффектов глобального потепления, должен быть направлен в первую очередь на то, чтобы помочь беднейшим слоям населения адаптироваться к нему. В этом состоит важный социальный аспект данной работы.

Очевидно, что биотопливо не является универсальным ответом на борьбу с глобальным потеплением, и использование многих культур для производства биотоплива наносит иногда больше вреда, чем приносит пользы (например, для добычи пальмовое масла в Бразилии уничтожаются ценные лесные массивы, а снижение поставок кукурузы и некоторых других культур оказывает критическое влияние на мировой запас продовольствия). В мировой практике в поисках так называемых “хороших” видов биотоплива рассматриваются вторичные виды биотоплива, производимые из отходов и древесины. Как отметил на данном саммите президент России Дмитрий Медведев, необходимо переходить на производство биотоплива второго поколения, которое не будет выводить из оборота пахотные площади.

В монографии в этой связи отмечает, что из основных факторов, который оказывает решающую роль на изменение социальной ситуации во многих странах, является списание внешнего долга этих стран. Кроме того, важное значение имеет совместная работа органов государственного управления, природоохранных служб именно по адаптации экономики, населения к последствиям глобального изменения климата.

Как считают специалисты, одним из факторов, существенно влияющих на изменение климата, является растущее мировое потребление энергии. По данным Международного энергетического агентства, в настоящее время в мире потребляется почти в 2 раза больше энергии, чем в 70-е годы; к 2030 г. потребление вырастет еще на 50%. В то же время выбросы CO<sub>2</sub>, обусловленные потреблением энергии, увеличатся на 55%. Следует отметить, что Россия уверенно занимает третье место (2007 г.) по выбросам CO<sub>2</sub> на душу населения (10,6 т) вслед за США (19,7 т) и Канадой (17,5 т).

Не случайно Указом Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 “О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики” предусмотрен ряд мер по снижению к 2020 году энергоемкости ВВП России не менее чем на 40% по сравнению с 2007 годом, по обеспечению рационального и экологически ответственно-

го использования энергии и энергетических ресурсов. В частности, предусмотрено принять меры по техническому регулированию, направленные на повышение энергетической и экологической эффективности таких отраслей экономики, как электроэнергетика, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство, транспорт, подготовить проекты федеральных законов, предусматривающих экономические механизмы, стимулирующие хозяйствующих субъектов, применяющих энергосберегающие и экологически чистые технологии, при формировании тарифной политики и проектов федерального бюджета предусматривать бюджетные ассигнования, необходимые для поддержки и стимулирования реализации проектов использования возобновляемых источников энергии и экологически чистых производственных технологий и др.

Четвертый раздел книги “Институциональные и технологические инновации и инвестиции для снижения рисков и адаптация экономики России к климатическим изменениям” посвящен институциональным, научно-техническим и технологическим инновациям в контексте экономики климатических изменений. В институциональном плане для создания национальной инновационной системы автор говорит о необходимости совершенствования нормативно-правовой базы сбережения и использования топливно-энергетических ресурсов и развития возобновляемых источников энергии, поскольку основные ущербы от выбросов парниковых газов есть следствие неэффективного законодательства. Например, в отношении возобновляемых источников энергии предлагается законодательно закрепить в программах социально-экономического развития норматив — доля возобновляемых источников энергии в общем объеме потребления энергии. Конкретно для России этот показатель, по мнению автора, должен быть на уровне хотя бы 10% к 2020 г. (учитывая опыт развитых стран).

Попутно заметим, что, к примеру, в Германии, начиная с 2000 г. уже действует Закон о возобновляемых источниках энергии, который регулирует получение и оплату электроэнергии, произведенной из таких источников. Цель данного закона как раз и состоит в том, чтобы до 2010 г. увеличить долю возобновляемых источников энергии до 12,5%, а к 2020 г. — до 20%. В настоящее время их доля в производстве электроэнергии уже достигла 11,8%.

По мнению Порфирьева Б. Н., необходимо также разработать систему дифференцированных тарифов на электроэнергию в зависимости от технологий ее производства, в том числе технологий на основе возобновляемых источников энергии. Стоит не менее важная задача качественного совершенствования стимулирования более рационального землепользования, включая сохранение естественных экосистем, прежде всего лесов России, углеродный баланс которых составляет около 300 тыс. т/год, что соответствует 11 млрд. долл. косвенных субсидий мировой экономике в решении глобального потепления климата.

Пятый раздел книги “Финансовые механизмы снижения риска и адаптации экономики к климатическим изменениям: эффективность и возможность интеграции” посвящен разработке экономического и финансового инструментария по управлению климатическими изменениями и разработке рекомендаций по адаптации экономики к таким изменениям.

К таким инструментам, автор относит, прежде всего, нестраховым источникам финансирования в сфере управления и роли в них государства, развитие системы страхования и перестрахования рисков, а также государственное стимулирование страхования в интеграции с другими финансовыми механизмами снижения эколого-экономических рисков. В этой связи автором предлагается механизм, сочетающий налогообложение выбросов парниковых газов и внутренний рынок торговли квотами (разрешениями) на эти

выбросы. При создании такого механизма целесообразно использовать зарубежный опыт. Приведенный пример о недавно принятом Законе о квотах на использование биотоплива в Германии, предусматривающий освобождение от налогов до 2015 г. производства вторичного биотоплива из отходов древесины и сельскохозяйственных культур и введение соответствующего налога на производство первичного биотоплива из тех же видов сырья, является, безусловно, более эффективным, чем прямое административное запрещение. При формировании внутреннего рынка торговли квотами на выбросы парниковых газов необходимо использовать положительную сторону централизации экономической политики и управления страны с использованием комплекса мер законодательного порядка, рыночных инструментов.

Рассматривая финансовые механизмы снижения риска и адаптации экономики к глобальному потеплению, автор справедливо говорит о необходимости сочетания, а не противопоставления двух механизмов управления природными рисками: системы государственного субсидирования мер по снижению природных опасностей через бюджеты всех уровней, внебюджетные фонды и системы страхования и перестрахования от природных рисков. В отношении механизма страхования и перестрахования необходимо отметить, что он недостаточно реализуется, особенно в России. Его неиспользованные возможности и перспективы развития, по мнению автора, сдерживаются институциональными факторами. В этой связи, как обоснованно указывается в монографии, назрела необходимость помимо добровольного, ввести обязательное страхование от природных бедствий, что требует принятия соответствующего законодательства, тем более что в России используется всего 10 видов обязательного страхования, тогда как в развитых странах их количество на порядок больше. Такой подход позволил бы уменьшить проблему наполняемости страховых фондов.

В заключении “Императивы политики устойчивого развития и снижения рисков климатических изменений: Россия в глобализирующем мире” автор рассматривает императивы политики устойчивого развития в плане снижения выбросов парниковых газов. Стратегию снижения он справедливо рассматривает в общесистемном, долгосрочном и кратко-, среднесрочном планах. Так, в краткосрочной перспективе отмечается о необходимости создания межгосударственной системы регулирования выбросов парниковых газов взамен Киотского протокола и видит два варианта организации предлагаемой системы — первое — как общемировая система, которая предусматривает включение всех стран — источников выбросов парниковых газов, и второе — “клубный” вариант, включающий лидеров мировой экономики, в том числе США, Китай и Россию. И придерживается в силу определенных причин, второй точки зрения как более реалистичной, но который менее эффективный.

В основу формирования указанной межгосударственной системы регулирования выбросов парниковых газов предлагаются десять принципиальных положений, шесть из которых включают позиции, по которым имеются совпадение точек зрения по проблеме глобального потепления, остальные касаются существующих противоречий сторон будущего соглашения. Институциональный механизм такой системы — развитие стандартов корректного поведения стран. В противном случае необходимо применение определенных мер, чтобы предупредить оппортунистическое поведение некоторых стран, в частности США, используя механизмы ВТО и др. С другой стороны, участие стран-оппортунистов в процессе повышается, в частности, из-за продолжающегося повышения цен на нефть, что делает инвестиции в альтернативные источники энергии рентабельными. Этому также способствуют изменения ситуации на политической арене с приходом более лояльных к Киотскому протоколу политиков.

Анализируя способы стимулирования включения развивающихся стран в межгосударственную систему регулирования выбросов парниковых газов: введение глобального налога на выбросы, нормативного показателя, связывающего снижение выбросов с темпами и уровнем экономического развития, который определял бы обязательства стран, автор выступает за главенство принципа дифференциации снижения данных выбросов, поскольку он методологически соответствует институционально-эволюционному подходу. Тем самым, автор является сторонником мнения, что Киотский протокол должен уступить место новому соглашению, который должен предусматривать более длительный по сравнению с Киотским протоколом срок и поэтапный характер действия стран и считает, что стабилизация концентрации CO<sub>2</sub> должна быть отнесена к 2020 году. Этот срок соответствует многим разработанным программам, в частности в ЕС. И он более реалистичен, учитывает длительность и инерционность Киотского протокола, неопределенность будущих изменений климата и экономические риски. Кроме того, более продолжительный срок и поэтапность действий стран по снижению выбросов парниковых газов имеет явные преимущества, так как позволил бы определить более эффективные организационные и технологические решения и тем самым облегчить добровольное участие развивающихся стран, не входящих в Приложение 1 Рамочной конвенции по изменению климата.

В отношении политики России на национальном уровне, автор считает, что при любом варианте организации регулирования выбросов парниковых газов необходимо отстаивать свои политические и экономические интересы, особенно роль лесов как поглотителя мировых выбросов парниковых газов и активно участвовать в международных программах и проектах, направленных на решение данной проблемы. Такая позиция, по мнению автора, является экономически выгодным. Автор отмечает, что недопустимо упускать потенциал современных энергосберегающих технологий, нужных для модернизации и структурной перестройки российской экономики, тем более что у России имеется потенциал энергосберегающих инноваций и накопленный финансовый капитал. Все это хорошая предпосылка для перехода на новый технологический уклад. Но этому, как он отмечает, мешает российская бюрократия и институциональная неготовность. Поэтому нужна политическая воля руководства страны для проведения институциональных преобразований для решения этой проблемы.

В итоге стоит цель интеграции задачи снижения выбросов в национальную стратегию устойчивого экономического развития страны. При этом главное здесь — обеспечение роста благосостояния, а снижение выбросов CO<sub>2</sub> должно быть встроено в нее и являться сопутствующим явлением, как один из положительных внешних эффектов реализации национальной стратегии. Такая цель более эффективна, чем уменьшение выбросов за счет снижения экономического роста. Рассматривая финансовые ресурсы для проведения такой политики, автор подчеркивает необходимость участия госбюджета, а также собственных средств бизнеса в рамках общественно-частного партнерства, средств международных партнеров. Кроме этого это могут быть внешние капиталовложения в рамках механизма совместного осуществления энергосберегающих программ в рамках Киотского протокола, доходы от внутренней торговли квотами эмиссии CO<sub>2</sub>, которую необходимо создать. Автор подчеркивает, что эффективность осуществления такой политики во многом зависит от активного участия научных и профессиональных сообществ, СМИ, гражданского общества. А также создания общероссийского координирующего органа по проблемам устойчивого развития с учетом снижения выбросов парниковых газов, на которого возложить обязанности разработки Климатической доктрины России. И на основе этой доктрины

корректировать правительственную Концепцию социально-экономического развития до 2030 года, для того чтобы обеспечить устойчивое развитие с учетом решения климатической проблемы.

Достоинство работы в том, что проблема глобального потепления рассматривается более широко, не только с точки зрения разработки мер по снижению выбросов парниковых газов, которые продолжают оставаться открытыми, но и снижения риска и адаптации экономики и общества к климатическим изменениям. И главный вывод, что через улучшение качества экономического роста за счет проведения диверсификации производства, структурной реформы, преобразований в социальной сфере достигается снижение риска и улучшение адаптации населения и экономики. В целом работа является синтезированным результатом многолетних исследований автора, которая базируется на собственных публикациях, большом объеме новейших публикаций зарубежных специалистов по данной проблеме, логична и выполнена на высоком профессиональном уровне. Отдельные положения книги, идеи автора хорошо иллюстрированы, подкрепляются многочисленными примерами. К примеру, в приложении к монографии дается оценка влияния глобального потепления на экономику и здоровье населения, дана классификация научных взглядов на причины глобального потепления, показана динамика экономического ущерба от крупнейших катастроф в мире и др.

На наш взгляд, в книге следовало бы шире рассмотреть вопросы международного сотрудничества России в решении проблемы климатических изменений, подробнее изложить уже имеющийся опыт отдельных регионов страны, предприятий и отраслей экономики, развивающих и внедряющих экономические и другие механизмы в рамках реализации Киотского протокола. В то же время одной из главных миссий данной книги, на наш взгляд, является не столько описание сложившейся ситуации, даже выполненное на очень хорошем уровне, а именно формирование новой философии относительно путей решения климатических проблем и связанных с ней экономических механизмов регулирования и новой отрасли экономической науки — экономики климатических изменений. В этом вопросе автор свою задачу выполнил блестяще!

Следует отметить, что сразу же после выхода книга стала библиографической редкостью. Тираж 1000 экз. явно недостаточен для удовлетворения потребности в издании такого рода по такой актуальной тематике.

Безусловно, данная монография будет полезна не только ученым и специалистам, занимающимися климатическими проблемами, но и также широкому кругу специалистов, аспирантам, студентам, небезразличных к экологически устойчивому будущему.

Представляется целесообразным подготовка в развитие данной монографии специальных учебных пособий и учебников для школ, вузов, системы профессиональной подготовки и переподготовки специалистов по актуальным проблемам экономики климатических изменений.

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ, проект № 07-02-00099а.

*Тумохонов А. К.*, член-корр. РАН, д. г. н., профессор,  
директор Байкальского института природопользования СО РАН,  
г. Улан-Удэ.

*Потравный И. М.*, д. э. н., профессор,  
Российская экономическая академия им. Г. В. Плеханова, г. Москва.

## СОДЕРЖАНИЕ

В редакцию журнала “Экономика природопользования” . . . . .	3
<b>УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ</b>	
<i>Рюмина Е. В.</i> Отношение экономики к проблеме сохранения биоразнообразия . . . . .	5
<i>Лосев К. С., Потапов И. И., Чеснокова И. В., Докучкина Т. П.</i> Аграрная революция и аграрная цивилизация как пример неустойчивого природопользования . . . . .	11
<i>Кашиenkova O. B.</i> Экологическая составляющая в оценке социально-экономического развития . . . . .	14
<b>ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ</b>	
<i>Ферару Г. С.</i> Методологические аспекты формирования системы экологического менеджмента на предприятии . . . . .	25
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО</b>	
<i>Абрамян С. И., Федотов А. А.</i> Время как параметр оценки инвестиционных проектов . . . . .	38
<b>ОЦЕНКА НАТУРАЛЬНОГО И ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА КОМПОНЕНТАМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РЕЦИПИЕНТАМ ОТ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
<i>Стрижова С. В.</i> Управление последствиями радиоактивного загрязнения территории крупного города . . . . .	43
<b>АНАЛИЗ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ</b>	
<i>Тихомиров Н. П., Тихомирова Т. М., Щербачев А. В.</i> Верификация прогнозов на основе методов теории риска . . . . .	50
<b>ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ</b>	
<i>Давыдов Д. В.</i> “Портфельное” инвестирование в ресурсной экономике: интервальный подход . . . . .	69
<i>Новоселова И. Ю.</i> Природно-ресурсный потенциал и его количественная оценка . . . . .	79
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, АУДИТ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b>	
<i>Самарцев И. Э., Крапивин В. Ф., Ковалев В. И., Ковалев С. В., Потапов И. И.</i> Экономическая эффективность технологии гибких информационно-моделирующих систем в задачах мониторинга окружающей среды . . . . .	88
<b>НОВЫЕ КНИГИ</b>	
<i>Порфирьев Б. Н.</i> Экономика климатических изменений . . . . .	100
<i>Тулохонов А. К., Потравный И. М.</i> Климатические изменения: тормоз или фактор развития экономики? — Рецензия на монографию Б. Н. Порфирьева “Экономика климатических изменений” . . . . .	100

Ответственный за выпуск *И. И. Потапов*

---

ИД № 04689 от 28.04.01    Подписано в печать 04.12.2008 г.    Гарн. литературная  
Бумага “Хегох”            Формат бумаги 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>            Печать цифровая  
Усл. печ. л. 6,53            Уч.-изд. л. 8,54            Тираж 112 экз.            Заказ 30120

---

Адрес редакции: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, д. 20.  
Тел. (499) 152-55-00

ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНТИ»,  
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403. Тел. (495) 554-21-86

## **ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!**

С 2000 года ВИНТИ РАН вошел в состав Управляющего совета Консорциума Универсальной десятичной классификации (УДК). Институт в качестве единственного в России владельца лицензии на распространение печатных и электронных изданий УДК на русском языке возобновил полное издание таблиц УДК.

В 2008 году ВИНТИ РАН предлагает издания:

### **1. Таблицы УДК**

<b>УДК. Том I</b>	Общая методика применения УДК. Вспомогательные таблицы. Основные таблицы. Общий отдел. Алфавитно-предметный указатель к Общему отделу
<b>УДК. Том II</b>	1/3 Философия. Психология. Религия. Богословие. Общественные науки
<b>УДК. Том III</b>	5/54 Математика. Естественные науки
<b>УДК. Том IV</b>	55/59 Геологические и биологические науки
<b>УДК. Том V</b>	6/61 Медицинские науки
<b>УДК. Том VI (часть 1)</b>	6/621 Прикладные науки. Технология. Инженерное дело
<b>УДК. Том VI (часть 2)</b>	622/629 Техника. Инженерное дело
<b>УДК. Алфавитно-предметный указатель к т. VI (1 и 2 части)</b>	
<b>УДК. Том VII</b>	63/65 Сельское хозяйство. Домоводство. Управление предприятием
<b>УДК. Том VIII</b>	66 Химическая технология. Химическая промышленность. Пищевая промышленность. Metallургия. Родственные отрасли
<b>УДК. Том IX</b>	67/69 Различные отрасли промышленности и ремесел. Строительство
<b>УДК. Изменения и дополнения. Выпуск 2</b> (к т.т. 1–3)	
<b>УДК. Изменения и дополнения. Выпуск 3</b> (к т.т. 1–6)	
<b>УДК. Изменения и дополнения. Выпуск 4</b> (к т.т. 1–7)	

### **2. Государственный рубрикатор научной и технической информации (ГРНТИ) в 2-х томах, издание шестое, 2007.**

Для подписки необходимо направить заявку для оформления счета по адресу:  
125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНТИ РАН, НМО  
Факс (499) 943 00 60 (для НМО)  
Справки по телефону: (499) 155-42-52  
E-mail: [info@viniti.ru](mailto:info@viniti.ru)  
<http://www.udcc.ru>

## **ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!**

### ***Полное четвертое издание таблиц Универсальной десятичной классификации на русском языке***

**УДК. ТОМ X**

**7/9 Искусство. Спорт. Филология. География. История**

#### ***Содержание тома:***

- класс 7 Искусство. Развлечения. Зрелища. Спорт  
В этот класс входят такие подклассы, как:
  - ◆ 71 Планировка в масштабе страны. Районная планировка.  
Градостроительство
  - ◆ 72 Архитектура
  - ◆ 74 Рисование и черчение. Декоративно-прикладное искусство.  
Художественные промыслы. Дизайн
  - ◆ 75 Живопись
  - ◆ 76 Графические искусства
  - ◆ 77 Фотография, кинематография
  - ◆ 78 Музыка
  - ◆ 79 Зрелищные искусства. Массовые развлечения. Игры. Спорт
- класс 8 Языкознание и языки. Лингвистика. Литература
- класс 9 География. Биографии. История
- Алфавитно-предметный указатель ко всем представленным в томе классам

*К сведению читателей:*

Изданные ранее Таблицы УДК – Том I, Том II, Том III, Том VI (ч. II), а также «Изменения и дополнения к таблицам УДК» (Вып. 2) предоставляются только в электронном виде на CD.

Для подписки необходимо направить заявку для оформления счета по адресу:  
125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20, ВНИТИ РАН, НМО  
**Факс** 8 (499) 943 00 60 (для НМО)  
**Справки по телефону** 8 (499) 155-42-52  
**E-mail:** [typo@viniti.ru](mailto:typo@viniti.ru)  
<http://www.udcc.ru>