РОССИЙСКАЯ АКАЛЕМИЯ НАУК

ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ (В И Н И Т И)

ЭКОНОМИКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Обзорная информация

Выпуск № 3

Издается с 1995 г.

Москва 2018

Выходит 6 раз в год

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- 1. Арский Юрий Михайлович, главный редактор, доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук»;
- 2. Потапов Пван Пванович, заместитель главного редактора, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук», заведующий отделом научной информации по глобальным проблемам;
- 3. Ушмаева (Гихомирова) Татьяна Михайловна, ученый секретарь редколлегии, доктор экономических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», профессор кафедры математических методов в экономике;
- 4. Власова Екатерина Яковлевна, научный редактор, доктор экономических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет», профессор кафедры сервисной экономики;
- 5. Гусев Андрей Александрович, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», НИИ «Новая экономики и бизнес», ведущий научный сотрудник;

- 6. Крапивин Владимир Федорович, научный редактор, доктор физикоматематических наук, профессор, академик РАЕН, заслуженный деятель науки, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук», заведующий отделом информатики;
- 7. *Лаверов Александр Николаевич*, научный редактор, кандидат экономических наук, «Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук», старший научный сотрудник;
- 8. Рюмина Елена Викторовна, научный редактор, доктор экономических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт социально-экономических проблем народонаселения Российской академии наук», главный научный сотрудник;
- 9. Тихомиров Николай Петрович, научный редактор, доктор экономических наук, заслуженный деятель науки, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», заведующий кафедрой математических методов в экономике;
- 10. Яндыганов Яков Яныбаевич, научный редактор, доктор географических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет», профессор кафедры сервисной экономики.

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

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № ФС 77-63283 от 06 октября 2015 г.

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) 943-00-00

E-mail: ipotapov37@mail.ru

THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

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

NATURE MANAGEMENT ECONOMICS

Review information

№ 3

Founded in 1995 r.

Moscow 2018

6 issues per year

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief – *Arskij M.Yu.* Member of Russian Academy of Sciences

Editorial Board Members:

Vlasova E.Y., Gusev A.A., Krapivin V.F., Laverov A.N., Potapov I.I., Ryumina E.V., Tikhomirov N.P., Ushmaeva (Tikhomirova) T.M., Iandyganov Ia.Ia.

> 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 research institute for scientific and technical information
Department of Scientific Information on global Problems
Telephone: 8 (499) 152-55-00.
Fax: 8 (499) 943-00-00
E-mail: ipotapov37@mail.ru

© VINITI, 2018

ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

ПУТИ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ¹

Д.э.н., проф. Гусев А.А. (Российский экономический университет им Г.В. Плеханова) andgusev@inbox.ru

Модернизация российской экономики невозможна без решения проблемы реформирования системы охраны окружающей среды. Реформы касаются основных направлений государственного регулирования, включая совершенствование нормирования. Система нормирования включает нормативы двух типов: 1) качества окружающей среды; 2) эколого-технологических показателей. Обосновывается наличие допустимого диапазона таких нормативов. Показывается важность использования внутри диапазона показателей экономического ущерба от загрязнения окружающей среды и ступенчатой стандартизации нормативов. Ставится задача поэтапного достижения социального оптимума загрязнения на основе использования экологически чистых технологий. Особо выделяются промежуточные нормативы НДТ и отмечаются их характеристики. Для внедрения НДТ учитываются как экономические, таки и административные стимуляторы. Целенаправленное достижение социального оптимума качества окружающей среды на основе внедрения экологически чистого оборудования должно привести к повышению производительности труда, что является основным трендом развития нашей экономики.

Ключевые слова: эколого-экономическое нормирование, допустимый диапазон нормативов, экономическое и административное стимулирование, НДТ, социальный оптимум качества окружающей среды.

WAYS OF DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC STANDARTIZATION

Gusev A.A. (Plekhanov Russian University of Economics)

4

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-02-00144а).

Modernization of the Russian economy is impossible without solving the problem of reforming the environmental protection system. Reforms concern the basic directions of state regulation, including the improvement of rationing. The system of rationing includes standards of two types: 1) the quality of the environment; 2) environmental and technological indicators. The existence of an acceptable range of such standards is justified. The importance of using indicators of economic damage from environmental pollution and stepwise standardization of standards is shown. The task is to achieve a phased achievement of the social optimum of pollution based on the use of environmentally friendly technologies. Particularly distinguished are intermediate BAT standards and their characteristics are noted. For the introduction of BAT, both economic and administrative stimulants are taken into account. Targeted achievement of the social optimum of environmental quality through the introduction of environmentally friendly equipment should lead to an increase in labor productivity, which is the main trend of development of our economy.

Key words: ecological and economic regulation, permissible range of standards, economic and administrative incentives, BAT, social optimum of environmental quality.

Модернизация российской экономики невозможна без решения проблемы реформирования системы охраны окружающей среды. Реформы в сфере охраны окружающей среды касаются основных направлений государственного регулирования, включая совершенствование нормирования.

Особое значение имеет учет такого принципа нормирования как установление критических пороговых значений воздействия хозяйственной деятельности, не превышение которых гарантирует экологическую безопасность. На наш взгляд, пороговые значения связаны с наличием ассимиляционного потенциала окружающей среды (АПОС). Если бы его не было, то возникла бы необходимость «нулефикации» воздействия хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды. А достижение воздействия ниже порогового уровня приводит к резкому возрастанию затрат при приближении к «нулефикации». Экономическая сущность АПОС обоснована, например, в работе Гусева А.А [2].

Согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002 г.) нормирование осуществляется в целях государственного регулирования воздействия хозяйственной или иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности. В сложившейся практике различают два вида нормирования: санитарно-гигиеническое и экологическое. Санитарно-гигиеническое нормирование отражает нормативы приемлемых для человека условий среды и не допускает никакого ущерба даже отдельному организму (человеку). Экологическое нормирование отражает границу количественного изменения параметров экосистемы, устанавливаемую из условий сохранения структуры и функций экосистемы, а также всех экологических компонентов, необходимых для учета в хозяйственной деятельности. По сути санитарногигиеническое нормирование представляет собой особый вид экологического нормирования.

С другой стороны, в ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002 г.) система нормирования включает нормативы двух типов: 1) нормативы качества окружающей среды; 2) эколого-технологические нормативы. Для упроще-

ния дальнейшего изложения будем опираться на термины охраны воздушного бассейна. Санитарно-гигиеническим нормативам качества атмосферного воздуха (ПДК) должны соответствовать эколого-технологические нормативы ПДВ. Достижение жестких ПДВ подчас вызывает затруднения финансового и технологического характера. Технологические затруднения связаны с возможным отсутствием наилучших доступных технологий $(H\Delta T)$, не позволяющих в настоящее время достигнуть $\Pi\Delta B$, основанных на жестких санитарно-гигиенических нормативах. С другой стороны, в «Основах государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденных Президентом РФ 30 апреля 2012 г., предложено совершенствование нормативно-правового обеспечения охраны окружающей среды. Оно должно быть связано с ориентацией на самые слабые звенья экосистемы. В частности, в упомянутых «Основах государственной политики» отмечается важность сохранения биологического разнообразия. Такого рода совершенствование неизбежно приведет к установлению еще более жестких нормативов ПДВ. В силу указанных затруднений на пути достижения ПДВ были предложены временные сверхнормативные выбросы (ВСВ).

Позднее был принят Федеральный закон от 21 июля 2014 г. №219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации», направленный на гармонизацию процесса внедрения НДТ в нашей стране с нормами международного права. В нем вместо показателей ВСВ вводится норматив временно разрешенных выбросов (ВРВ), устанавливаемый в целях достижения нормативов допустимых выбросов (ДВ) на базе использования НДТ.

Система эколого-технологических нормативов ДВ и ВРВ предполагает наличие допустимого диапазона таких показателей. Диапазон эколого-технологических нормативов должен опираться на допустимый диапазон нормативов качества окружающей среды. Последний состоит как минимум из трех внутренних нормативов: предкризисная нагрузка на состояние окружающей среды; экономический оптимум нагрузки; социальный оптимум нагрузки. Обоснование социального и экономического оптимумов загрязнения окружающей среды сделано достаточно давно [1]. Социальный оптимум характеризует потребности общества, выражающиеся, например, в достижении санитарно-тигиенических или более жестких экологических нормативов. Экономический оптимум характеризует равенство по модулю предельных издержек предотвращения загрязнения и предельных величин экономического ущерба от загрязнения.

Нормирование по сути относится к административным методам управления качеством окружающей среды. Устойчивое развитие предполагает их дополнение экономическими методами. В интервале от предкризисной нагрузки до экономического оптимума для управления эффективно использования относительно малозатратных технологий по причине их высокой окупаемости снижением экономического ущерба. В интервале от экономического оптимума до социального, экономические методы управления имеют подчиненное значение относительно ступенчатой стандартизации нормативов из-за сравнительно низкой окупаемости природоохранных затрат снижением ущерба. Достижение каждой новой ступени должно быть обеспечено достаточным финансированием и использованием относительно дорогих НДТ, имеющихся на данный момент времени.

В отмеченных ранее «Основах государственной политики» для снижения негативного воздействия на окружающую среду ставится задача поэтапного достижения социального оптимума загрязнения. Выход на социальный оптимум возможен только на основе использования экологически чистых технологий, которые входят в состав базисных шестого технологического уклада.

В области перехода к использованию экологически чистых технологий в ЕС разработана директива внедрения НДТ, разработаны и применяются несколько десятков справочников по НДТ, большинство из которых охватывают производственные процессы (технологии), относящиеся к одной или нескольким отраслям экономики. Важным моментом для России является то, что на справочники по НДТ не распространяется авторское право, то есть их можно свободно переводить на другие языки и распространять.

Реальным стимулом использования НДТ служит переход на взимание платежей на базе экономического ущерба от загрязнения при условии кардинального изменения принципов налогообложения. Сущность такого кардинального изменения изложена, например, в работе [9]. Иллюстрацией реального стимулирующего значения взимания платежей на основе экономического ущерба служит то, что расчетный ущерб от загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха в среднем по промышленности превышает существующие уровни платежей в 72 раза [6]. Минприроды РФ предлагает еще одну меру экономического стимулирования – ускоренную амортизацию, ограниченную исключительно технологическим оборудованием, используемым при применении НДТ. На наш взгляд, здесь важно замечание РСПП, что ускоренная амортизации должна применяться ко всем типам оборудования, обеспечивающего снижение негативного воздействия на объекты окружающей среды, безотносительно к НДТ. Но в целом, по уровню значимости, наибольшее стимулирующее значение имеет переход к взиманию платежей на базе экономического ущерба.

Представляет несомненный интерес важный аспект, касающийся возрождения института государственной экологической экспертизы. Дело в том, что в 1990-х годах был принят Закон РФ «Об экологической экспертизе», который по сути ставил барьер для принятия неэкологичных решений по развитию производства. Далее действие этого закона было фактически дезавуировано. На стадии перехода к внедрению НДТ важность экологической экспертизы становится очевидной, поскольку проектные решения должны способствовать эколого-экономическому обновлению.

Важным недостатком, относящимся к сфере правового регулирования, на наш взгляд, являются трудности выполнения новых требований в области контроля охраны окружающей среды. Имеются в виду технические средства измерения выбросов от конкретных источников загрязнения. В 2010-х годах в большинстве случаев выбросы предприятий будут определяться расчетным балансовым методом исходя из величин технологического образования, устранения и поступления вредных отходов в окружающую среду. Платежи за загрязнение, по существу, взимаются на основе информации о выбросах, которую предприятия предоставляют сами о себе. Возможная неоднозначность составления такого баланса и недостаточность прямого контроля за выбросами порождает спрос на консалтинговые услуги по занижению, в особенности, сверхнормативных платежей, влияющих на прибыль предприятий [7, 8]. В 1990-х годах такое явление породило «черный» рынок консалтинговых услуг [3]. Возможность существования такого рынка существует и сейчас, поскольку необходимый контроль выбросов автоматиче-

скими средствами измерения (АСИ) появится в нашей стране, по современным данным Минприроды РФ, только с 2018 года.

Следует отметить, что в системе экологической экономики под наилучшей существующий (природоохранной) технологией понимается технология, основанная на самых последних достижениях в разработке производственных процессов, установок или режимов их эксплуатации, доказавших практическую пригодность для ограничения негативного воздействия на окружающую среду (выбросов, сбросов, отходов и др.). При определении того, представляют ли собой процессы, установки или режимы их эксплуатации наилучшую технологию в целом или в каждом отдельном случае, особо учитываются:

	сравнимые процессы, установки или режимы их эксплуатации, ус-
тешно а	пробированные в последнее время;
	технический прогресс и изменения в научных знаниях и понима-
нии про	блемы;
	экономическая эффективность технологии;
	сроки внедрения как на новых, так и на существующих предпри-
тиях;	
	характер и объем негативного воздействия на окружающую среду;
	уровень безотходности технологии.
Оче	видно, что НДТ для конкретного процесса будет со временем пре-

терпевать изменения под воздействием технического прогресса, экономических, социальных, энергетических, климатических факторов, а также в свете изменений в научных знаниях и понимании проблемы.

При формировании НДТ необходимо создать собственную информа-

При формировании НДТ необходимо создать собственную информационную базу последних достижений в области новых технологий с учетом данных адаптированных европейских справочников. При этом важно обеспечить долгосрочное выполнение основного требования стандартов серии ISO-14000 по улучшению системы экологического менеджмента в процессе функционирования предприятий.

Устойчивое развитие предполагает налаживание процессов непрерывных и постоянных улучшений, обеспечивающих получение дополнительных выгод. Среди них можно отметить экономию ресурсов и снижение платежей за загрязнение. Требование последовательных улучшений является одним из принципов стандарта ISO-14001, на основе которого с 1996 года перестраивается деятельность большинства предприятий во всем мире.

На состоявшемся 27 декабря 2016 года заседании Государственного совета по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» были подведены итоги и обсуждены перспективы развития НДС [5]. Развитие НДТ носит комплексный характер и направлено на совершенствование экологического надзора и контроля, экологической экспертизы и стимулирования деятельности в сферах охраны окружающей среды.

Для реализации первого, самого главного, этапа необходимо выделить 300 предприятий наивысшей, первой, категории экологической опасности, оказывающих до 60% негативного воздействия на компоненты окружающей среды. Эти предприятия за три года, начиная с 2019 года, будут обязаны реализовывать программу модернизации. Остальные объекты первой категории должны будут перейти на новую систему к 2025 году. Для этого сегодня предприятия ставятся на государственный учет, выделяются из них наиболее грязные, и с 2018 года их будут оснащать системами автоматического

контроля и внедрять экологическую экспертизу в отношении строительства и реконструкции таких объектов. В целом необходимо поэтапное, в зависимости от остроты экологической ситуации, оснащение предприятий приборами автоматического контроля выбросов и выдача комплексных экологических разрешений для новых предприятий еще до начала их строительства. Проведение государственной экологической экспертизы инвестиционных проектов необходимо перенести на этап выбора места размещения промышленных предприятий.

Внедрение НДТ достаточно капиталоемко. По предварительным оценкам отмеченные выше масштабные задачи оцениваются в 1,5% ВВП. За счет средств федерального бюджета создается Российский фонд технологического развития для поддержки развития предприятий. Для перехода на НДТ через фонд будут выделяться займы на реализацию предбанковской фазы инвестиционных проектов по льготным ставкам. Они будут использованы для модернизации производства с учетом новых требований и разработки оборудования, соответствующего НДТ. Важно отметить то, что этот фонд могут использовать все желающие внедрять НДТ на предприятиях, помимо отмеченных 300 объектов. Уже сейчас многие крупные предприятия включились в работу. В частности, Минприроды РФ совместно с Роспотребнадзором заключили 55 соглашений с предприятиями, и ожидаемый объем природоохранных инвестиций составит свыше 130 млрд. рублей.

Интересно замечание А.Шохина на указанном заседании Госсовета РФ, что для компаний-членов РСПП, да и для всех ведущих компаний России, снижение негативного воздействия на окружающую среду является неотъемлемой частью программы модернизации и инвестиционной деятельности.

Так, Магнитогорский металлургический комбинат за последние пять лет выделил на природоохранную деятельность от 3,5 до 4 млрд. руб. Новолипецкий металлургический комбинат только в 2016 году инвестировал 4 млрд. рублей в эту работу. Одним из самых крупных инвесторов является «Норникель»: за четыре года он выделил и будет выделять до 2020 года порядка 300 млрд. рублей. Эти предприятия видят в такой деятельности пути повышения конкурентоспособности своей продукции.

Для экологического стимулирования внедрения НДТ могут быть задействованы внутренние и внешние факторы. К внутренним факторам относится переход на взимание платы за загрязнение окружающей среды на основе наносимого экономического ущерба. К внешним факторам относится тот факт, то сейчас во всем мире усиливается экологический протекционизм. Например, в США в соответствии с законом Лейси (Lacey Act) может быть запрещен импорт товаров, не имеющих ясного «экологического происхождения». Если развитые страны будут активно внедрять низкоуглеродные стратегии, а Россия будет продолжать использовать ископаемое топливо, то мы окажемся неконкурентоспособными. Необходима разработка законодательного документа, в которым должны быть отражены механизмы экологической ответственности отечественных компаний.

Экологическое регулирование, включая НДТ и нормативы качества окружающей среды, требует совершенствования. Это — сложный вопрос. Для перехода на НДТ, например, важны: оценки риска причинения вреда здоровью человека на основе санитарных норм и правил; изменения состояния биоразнообразия; учет целевого назначения территорий; нормирование качества отдельных компонентов природной среды с учетом фонового состояния территорий и акваторий.

Один из возможных подходов к экологическому регулированию на основе анализа диапазона возможного применения экономических методов управления качеством окружающей среды изложен, например, в [4].

В целом согласование производственной и природоохранной деятельности непосредственно связано с механизмом осуществления целенаправленного достижения социальных нормативов качества окружающей среды. Этот механизм включает комплекс экологических и технологических направлений, выполнение которых, наряду с действенным стимулированием снижения загрязнения, направлено на последовательное улучшение состояния окружающей среды. Внедрение экологически чистого оборудования должно привести к повышению производительности труда, что является основным трендом развития нашей экономики.

Используемая литература:

- 1. Гофман К.Г., Гусев А.А. Экологические издержки и концепция экономического оптимума качества окружающей природной среды // Экономика и математические методы. 1981. Т. XVII. Вып. 3.
- 2. Гусев А.А. Ассимиляционный потенциал окружающей среды в системе прав собственности на природные ресурсы // Экономика и математические методы. 1997. Т. 33. Вып. 3.
- 3. Гусев А.А. Современные экономически проблемы природопользования. М.: Международные отношения, 2004.
- 4. Гусев А.А., Новоселова П.Ю., Новоселов А.Л., Плямина О.В. Моделирование «зеленой» экономики. Теория и практика. М.: Экономика, 2017.
- 5. Доклад «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений». М.: Государственный Совет Российской Федерации, 2016.
- 6. *Рюмина Е.В.* Экономический анализ ущерба от экологических нарушений. М.: Наука, 2009.
- 7. *Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М.* Совершенствование управления природоохранной деятельностью на территориях экологически опасных объектов // Экономика природопользования. 2000. № 1. С. 33-45.
- 8. Tихомиров H. Π ., \hat{T} ихомирова T.M. Эколого-экономические риски: методы определения и анализа // Экономика природопользования. 2001. № 6. С. 2-108.
- 9. Gofman K.G., Gusev A.A. Taxation and Environment in the Russian Federation // Taxation and the Environment Economies in Transition. Paris. OECD, 1994.

ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Абдуллоев Б.Б.

ассистент кафедры автомобили и управление на транспорте политехнического института таджикского технического университета имени академика М.С. Осими.

Тел: +992 98 887 76 56. abdulloev bobur@bk.ru

В статье рассматриваются принципы оценки социально-экономической эффективности хозяйственных мероприятий на автомобильном транспорте который позволяет эффективное использование ресурсов целесообразно руководствуясь общими методологическими принципами важнейшими из которых являются системный анализ всех основных последствий принимаемых на транспорте решение с прослеживанием вызываемый им как в прямых и обратных связей между основными объектами таких решений и другими звеньями народного хозяйства. При оценке эффективности мероприятий на транспорте нужно принимать во внимание последствие их реализации. Расчет эффективности обладает определенной спецификой в зависит от конкретной цели их проведения, стадии, на которой они осуществляются. Количество всех воспроизводимых и невоспроизводимых ресурсов, которыми располагает общества в каждый момент времени является объективно ограниченными. Оцениваемые альтернативы хозяйственных решений на транспорте и способы их оценки должны быть приведены к сопоставимому виду по ряду признаков. Расчет эффективности хозяйственной мероприятий на транспорте и сравнительную оценку в соответствующих вариантам этих мероприятий на базе предварительной оптимизации эндогенных параметров и режимов функционирования транспортных объектов. В условиях хорошо структурированных задач когда множество альтернатив все их социально-экономические характеристики и предпочтения четко определены и допускают свертку оценки эффективности может производиться по скалярному критерию в котором синтезируется все существенные результаты и затраты. При оценке эффективности мероприятий на транспорте необходимо всесторонне учитывать различные аспекты факторов времени. В задачах оптимизации развития транспорта определение наивыгоднейших вариантов хозяйственных мероприятий должна реализоваться как поиск оптимального управления функционированием и развитием рассматриваемой системы в предстоящий период времени.

Ключевые слова: системность, комплексность, народнохозяйственный подход, целевой характер расчётов, учет ограниченности ресурсов, согласованность, оптимальность альтернатив, учет степени структурированности задач, динамичность, управляемость.

EVALUATION OF SOCIAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF ROAD TRANSPORT IN MARKET CONDITIONS

Abdulloev B.B.

The article discusses the principles of assessing the social and economic efficiency of economic activities in road transport which allows efficient use of resources expediently guided by general methodological principles, the most important of which are a system analysis of all the main effects of the transport solution, with tracking, caused by it both in direct and inverse relations between the main objects such decisions and other links of the national economy. When assessing the effectiveness of measures in transport, one must take into consideration the consequences of their implementation. The calculation of effectiveness has a certain specificity, depending on the specific purpose of their conduct, the stage at which they are carried out. The number of all reproduced and nonreproducible resources that the society has at any given time is objectively limited. Estimated alternatives to economic solutions in transport and methods for assessing them should be brought to a comparable view on a number of grounds. Calculation of the efficiency of economic measures in transport and comparative evaluation in the relevant options of these measures on the basis of preliminary optimization of endogenous parameters and modes of operation of transport facilities. In conditions of wellstructured tasks, when a lot of alternatives are fully defined, their socioeconomic characteristics and preferences are clearly defined and the convolution of the efficiency estimate can be made according to a scalar criterion in which all significant results and costs are synthesized. When evaluating the effectiveness of transport measures, it is necessary to take full account of various aspects of time factors. In problems of optimization of transport development, the definition of the most advantageous variants of economic measures should be realized as a search for optimal control over the functioning and development of the system under consideration in the forthcoming period of time.

Key words: systematic, integrated, national economic approach, target nature of calculations, allowance for limited resources, consistency, optimality of alternatives, accounting for the degree of structured tasks, dynamism, manageability.

В национальной стратегии развития Республики Таджикистан на период до 2030 года говорится, что ускоренной интенсификации общественного производства на основе внедрения достижений научно-технического прогресса транспорту отведена весьма важная роль. В период независимости Республики Таджикистан и до сегодняшнего дня в рамках развития транспортного комплекса осуществлено 38 инвестиционных проектов, исходом которых стало сдача в эксплуатацию 2000 км автомобильных дорог, 240 мостов, 132 километров железнодорожных линий, 31,5 км тоннелей и противолавинных галерей, 1.

Связывая воедино различные отрасли и регионы страны, транспорт обеспечивает реализацию хозяйственных связей между потребителями и производителями. Одновременно, удовлетворяя потребности населения в трудовых и культурно-бытовых передвижениях, транспорт выполняет многочисленные функции социального характера, в которой особую роль играет автомобильный транспорт.

_

¹ Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года. Утверждено Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 1 октября 2016 года, №392.

Однако до настоящего времени, несмотря на улучшение работы в последние годы, автомобильный транспорт далеко не полностью удовлетворяет потребности транспортных предприятий и населения в транспортных услугах. Поэтому предстоят заметные изменения в техническом оснащении и структуре автомобильного транспорта, ориентированные на повышение эффективности его работы, сокращение народнохозяйственных потерь от несвоевременного или некачественного обслуживания ими клиентуры.

Ввиду того что на проведение этих мероприятий потребуется инвестиционное обеспечение, проблема правильной оценки эффективности автомобильного транспорта имеет первостепенное значение.

Ниже на основе положений теории оптимального планирования [2] излагаются методические основы проведения такой оценки. Под социальноэкономической эффективностью различных хозяйственных мероприятий, проводимых на автомобильном транспорте, понимается комплексная характеристика конечных народнохозяйственных результатов их реализации с учетом как экономических, так и социальных, демографических, экологических и иных факторов, существенных с точки зрения целей обеспечение экономической безопасности².

По данным Агентства по статистике при Президенте Республики Таджикистан, в 2016 году внешнеторговый оборот республики, включая электроэнергию и природный газ, составил 3929,6 млн. долл. США, сократившись по сравнению с 2015 годом на 9,2%.

Динамика соотношения внутреннего валового продукта и внешнеторгового оборота в период с 2009 по 2016 года, также свидетельствует о том, что степень открытости национальной экономики продолжает возрастать с некоторыми колебаниями (рис. 1.). Коэффициент эластичности внешнеторгового оборота за указанный период составил 11 %, коэффициент зависимости экономики страны от экспорта - 2 %, от импорта - 9 % [8].

Внешнеторговое сальдо услугами имеет положительное значение -95,4 млн. долл. США. В совокупности структура экспорта и импорта характеризуется преобладанием транспортных услуг. В экспорте - это регулярные воздушные пассажирские перевозки - 60,4% (в 2015 году - 55,9%). В импорте преобладают строительные услуги по возведению мостов и дорог - 27,8% (в 2015 году - 40,9%) и услуги воздушного транспорта - 15,7% (в 2015 году - 11,4%), а также различные услуги по обслуживанию воздушного транспорта с общей долей в импорте - 21,3% (в 2015 году - 19,0%).

В общем объеме число автомобильных средств парка подвижного состава республики Таджикистан составляет:

грузовые автомобили составляют 17,1%;

автобусы и микроавтобусы - 7,0%;

легковые автомобили -74,1%;

специальные и прочие автомобили - 1,8%.

Число транспортных средств, в личной собственности увеличилось на 26,1 тыс. единиц, причем число автобусов и легковых машин в личной собственности граждан увеличилось соответственно на 0,9 и 23,3 тысяч единиц [8].

13

 $^{^2}$ Тохиров Т.И. Инновационный потенциал развития экономической безопасности автотранспортной системы.

Качество. Инновации. Образование. 2013. № 3 (94). С. 74-76.

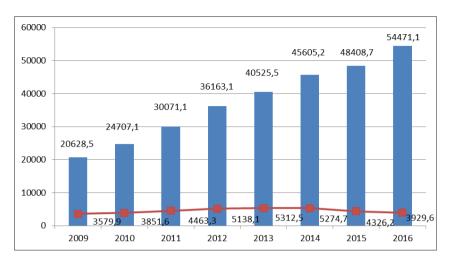


Рисунок 1. Соотношение внешнеторгового оборота и ВВП

*Источник: Составлено автором с использованием [8].

В связи с возрастающей урбанизацией населения Таджикистана в Таджикистане набирает обороты развитие городского пассажирского транспорта. В настоящий момент в целях развития транспортной инфраструктуры в стране реализуется Государственная целевая программа развития транспортного комплекса до 2025 года.

Несмотря на значительные различия отдельных типов таких мероприятий, специфику транспорта [3,4] и условия его функционирования на современном этапе, при оценке социально-экономической эффективности использования ресурсов целесообразно руководствоваться общими методологическими принципами, важнейшими из которых являются следующие.

Необходим системный анализ всех основных последствий принимаемых на транспорте решений с прослеживанием вызываемых ими как прямых, так и обратных связей между непосредственными объектами таких решений и другими звеньями народного хозяйства. При этом следует учитывать масштабы и место соответствующих мероприятий в многоуровневой системе планирования и управления общественным производством, степень их влияния на взаимодействующие с ними элементы хозяйственной структуры (зависящие, в частности, от объемов используемых ресурсов), наличие и интенсивность обусловленных проведением мероприятий внутри внетранспортных и так называемых синергических эффектов и т. д.

Синергические эффекты, которые возникают вследствие несводимости свойств и характеристик транспортной системы в целом к свойствам и характеристикам составляющих ее подсистем, ведут и к образованию эмерджентных эффектов. Они могут существенно изменять представления об эффективности, причем по мере нарастания сложности объектов — этих решений влияние эффектов целостности обычно усиливается. Следует от-

метить специфику проявления синергических эффектов на транспорте, — часто в ходе проведения эффективных мероприятий показатели деятельности транспорта сначала ухудшаются и лишь, затем с увеличением масштабов использования начинают резко улучшаться.

При оценке эффективности мероприятий на транспорте нужно принимать во внимание всесторонние последствия их реализации, влияние рассматриваемых мероприятий на экономические показатели не только самих транспортных объектов, но и связанных с ними объектов базовых отраслей. Включать в рассмотрение вызываемые этими мероприятиями результаты как экономического, так и социального, экологического и иного характера, которые допускают лишь частичную экономическую оценку.

При выборе структуры и параметров подвижного состава следует вводить экономическую оценку транспортной усталости, времени пассажиров, высвобождаемого за счет сокращения ожидания транспорта или пребывания в пути. При оптимизации схем развития магистральных и местных дорожных сетей необходимо учитывать зависимость от намечаемых мероприятий, размеров дорожно-транспортных происшествий, качества школьного образования и медицинского обслуживания населения и т. д. Соответственно для учета этих факторов должен применяться разнообразный инструментарий системного анализа, включающий формальные и неформальные процедуры оценки.

Эффективность мероприятий на транспорте должна оцениваться с точки зрения их влияния на получаемые конечные народнохозяйственные результаты.

Однако современный реальный хозяйственный механизм на транспорте, действующие тарифы и системы оценки и стимулирования недостаточно ориентируют на достижение конечных результатов. Вследствие этого реализация эффективных с позиций экономики в целом мероприятий (или оптимальных с той же точки зрения их вариантов) но всегда возможна на основе непосредственной заинтересованности соответствующих транспортных объектов. Поэтому при оценке мероприятий, осуществление которых намечается на ближайшую перспективу, приходится учитывать их практическую реализуемость на базе заинтересованности в условиях современного хозяйственного механизма. Что же касается мер, |реализации которых предполагает функционирование объектов в более отдаленной перспективе, то параллельно с мероприятиями по совершенствованию техники и технологии необходимы разработка и осуществление предложений по повышению степени соответствия критерием оценки деятельности транспортных объектов народнохозяйственным целям их работы.

Расчеты эффективности обладают определенной спецификой в зависимости от конкретных целей их проведения, стадии, на которой они осуществляются, и т. д. Следует различать расчеты, производимые на транспорте для сравнения вариантов плановых решений и выбора конкретных мероприятий, подлежащих реализации, оценки плановой эффективно намечаемых и фактической эффективности реализованных мероприятий.

Объем необходимой информации, её качество в этих задачах могут различаться — так для оптимизации работы и развития транспорта нужно иногда меньше информации, а требования к ее точности не такие жесткие, как при последующем анализе фактической эффективности. Если в последнем случае, как правило, нужно определять и сопоставлять все существенные составляющие, затрат и результатов, то в расчетах оптимизации достаточно ограничиться учетом лишь тех из них, от которых зависит оптимальное

решение. Неизменные по всем альтернативам составляющие могут быть исключены из расчетов как не оказывающие влияния на выбор оптимального решения, причем это относится как к простейшим ситуациям полного упорядочения альтернатив по скалярному критерию, так и к более сложным ситуациям их ранжирования по многим целям в рамках задач векторной оптимизации. При этом желательно по возможности содержательно формировать синтетические целевые показатели (в виде вектора небольшой размерности, а в идеале — одномерного), дающие обобщенное значение социально-экономической эффективности использования всех видов ресурсов по сопоставляемым альтернативам.

Вопрос об исключении из оптимизационных расчетом составляющих, неизменных по всем альтернативам, особенно важен при учете транспорта в задачах оптимального размещения и развития производства. Здесь достаточно ограничиться учетом лишь дополнительных транс портных затрат. Это позволяет значительно облегчить как подготовку информации, так и решение отраслевых задач благодаря большей стабильности удельных дополнительных транспортных затрат и, следовательно, большей правомерности их использования в рамках линейных оптимизационных моделей задач развития и размещения производства [5].

Конечно, структура транспортных расходов (доля зависящих и независящих от объема перевозок) является динамичной и меняется при переходе от одного уровня технического оснащения к другому. Естественно, что эти изменения должны учитываться в оптимизационных расчетах.

Количество всех воспроизводимых и невоспроизводимых ресурсов, которыми располагает общество в каждый момент времени, является объективно ограниченным. Поэтому следует исходить из того, что по каждому из рассматриваемых мероприятий или их вариантов использование любого из ресурсов целесообразно только при условии, если оно дает полезный эффект, не меньший, чем в случае применения данного ресурса в соответствующем объеме где-либо в другом месте при отказе от реализации этого мероприятия. Указанное исходное положение должно всегда служить методологической основой количественной оценки в каждом году всех видов затрат, связанных с выполнением намечаемых хозяйственных мероприятий, при сравнениях вариантов соответствующих решений. В эти затраты необходимо включать оценки расходуемых и используемых ресурсов.

При участии транспорта в мероприятиях связанных с внешнеторговыми операциями необходимо учитывать ограниченность соответствующего валютного фонда нормативы и процедуры его эффективного использования.

Оцениваемые альтернативы хозяйственных решений на транспорте и способы их оценки должны быть приведены к сопоставимому виду по ряду признаков в том числе:

- реализуемости альтернатив, т. е. возможности обеспечении каждой из них ресурсами всех требуемых видов в объемах, которые народное хозяйство может выделить на рассматриваемые цели;
- полноте охвата затрат и результатов, т. е. учету в процессе оптимизации всех их элементов, существенных для корректного проведения оценки каждой из альтернатив;
- отсутствию повторного счета одних и тех же затрат и результатов (это требование в практических расчетах чисто нарушается;

- используемой нормативной базе, степени достоверности принимаемых социально-экономических характеристик и параметров по альтернативам, конкретным способам и уровням оценки расходуемых ресурсов;
- степени соответствия применяемых показателей и критериев оптимизации содержанию задачи и исходным посылкам, принимаемым при ее решении;
- наличию у используемых показателей эффективности и критериев оптимизации упомянутых выше свойств системности, комплексности и др.

Рассматриваемый принцип предполагает выполнение также некоторых условий соответствия в системе планирования и хозяйственном механизме (согласование текущих и перспективных планов, действующих тарифов и дефицитности ресурсов, тарифов и планов развития транспорта в системе общественного производства и др.).

Расчет эффективности хозяйственных мероприятий на транспорте и сравнительную оценку соответствующих вариантов этих мероприятий следует производить на базе предварительной оптимизации эндогенных параметров и режимов функционирования транспортных объектов. Иными словами, варианты надо сопоставлять при фиксированных внешних ограничениях и выборе относительно наилучших для каждого варианта внутренних условий. Здесь следует иметь в виду, что сами внешние ограничения и используемые нормативы должны строиться исходя из народнохозяйственных соображений, включать в себя составляющие синергических эффектов.

Анализируя социальные последствия тех или иных решений и их экономическую значимость, необходимо рассматривать возможные степени компенсации негативных влияний и соответствующие мероприятия и выбирать наиболее экономичные из них, включая требующиеся для этого расходы и общую совокупность затрат по конкретному варианту решения в целом. При оценке плановой эффективности развития транспорта составляющая вне транспортного эффекта должна определяться в результате оптимизационных расчетов, связанных с сопоставлением потерь от порчи продукции, ухудшения социальных показателей с затратами в отраслях на ликвидацию или уменьшение этих нежелательных последствий.

В условиях хорошо структурированных задач, когда множество альтернатив все их социально-экономические характеристики и предпочтения четко определены и допускают свертку, оценка эффективности может производиться по скалярному критерию, в котором синтезируются все существенные результаты и затраты. В общем случае когда альтернативам могут изменяться как затраты так и результаты таким критерием в задачах оптимизации является достижение максимума народнохозяйственного эффекта. При этом если такие нормативные показатели, как цены и тарифы, зависят от осуществляемых мероприятий, в том числе от объемов выпускаемой продукции, услуг, то расчеты эффективности производят с учетом их соответствующих изменений. Если же эти нормативы практически неэластичны, то критерий максимума народнохозяйственного эффекта модифицируется в критерий максимума народнохозяйственной прибыли, при расчете которой принимается во внимание нормативная плата за все используемые производственные ресурсы.

В случаях же когда по всем альтернативам объем производимой транспортной продукции, ее качество и сроки выполнения неизменны, то критерием оптимизации служит минимум суммарных народнохозяйственных затрат.

При оценке эффективности мероприятий на транспорте необходимо всесторонне учитывать различные аспекты фактора времени, изменение как объемов и структуры перевозок, затрат и результатов на транспорте и вне его, так и нормативных показателей, наличие различного рода лагов, экономическую неравноценность разновременных затрат и результатов и т. д.

Если имеется информация о существенных предполагаемых изменениях цен на используемые ресурсы и оценок достигаемых результатов, то расчеты следует производить в прогнозных ценах и оценках. В качестве критериев эффективности при учете фактора времени выступают соответствующие рассматриваемому варианту развития транспорта интегральные за расчетный период разности результатов и затрат, приведенные к соизмеримому виду с отражением фактора неравноценности разновременных их значений. Такое приведение должно производиться к единому для всех альтернатив базовому моменту времени умножением затрат и результатов на соответствующие коэффициенты. В задачах оптимизации базовый момент времени устанавливают исходя лишь из соображений удобства расчетов применительно к условиям конкретной задачи, поскольку соблюдение требования единства этого момента для всех вариантов обеспечивает одинаковые результаты выбора из их числа оптимального. В некоторых других задачах оценки эффективности выбор базового момента времени является существенным и должен регламентироваться соответствующими инструктивно-методическими документами.

В задачах оптимизации развития транспорта определение навыгоднейших вариантов хозяйственных мероприятий должно осуществляться как поиск оптимального управления функционированием и развитием рассматриваемой системы в предстоящий период времени. Это требование имеет ряд аспектов.

Экстремальный характер управления. Прошлое оптимизации не поддается, и поэтому включать в расчеты составляющие уже осуществленных затрат и результатов нет необходимости. В отношении высвобождаемых овеществленных ресурсов (производственных фондов и др.) имеются две ситуации. В первой — ресурсы могут быть использованы в народном хозяйстве за пределами непосредственного объекта рассматриваемого мероприятия с той или иной эффективностью (например, снимаемые с магистралей локомотивы передают для работы на подъездные пути или других хозяйственных нужд); во второй — ресурсы нельзя эффективно применять и они практически подлежат ликвидации. В первом случае предстоящие затраты по мероприятию следует при оптимизации учитывать за вычетом положительной народнохозяйственной оценки высвобождаемых ресурсов (но. разумеется, с учетом расходов, связанных с таким высвобождением); во втором — в затраты включают расходы, вызванные ликвидацией высвобождаемых ресурсов, но не их остаточную стоимость. Ликвидационная же стоимость из суммарных затрат вычитается.

Составление планов развития транспорта, строительства новых, модернизации и реконструкции действующих транспортных объектов носит дискретный характер. При оценке эффективности плановых вариантов хозяйственных мероприятий, в рамках процессов оптимизации необходимо иметь в виду поиск не только лучших технических решений, но и определение оптимальных характеристик процесса их реализации во времени. Таким образом, и общей динамической постановке каждый вариант планового решения может представлять собой своего рода «склейку» во времени нескольких квазистатических его частей, параметры, режимы функциониро-

вания которых последовательность перехода от одного этапа к другому также должны выбираться наивыгоднейшим образом.

Основные социально-экономические показатели, определяющие объем и динамику, обычно не могут быть точно известными, а задаются в рамках объективных тенденций развития процессов с некоторой увеличивающейся во времени неопределенностью. Поэтому критерии оптимизации, приемлемые в детерминированных случаях, должны применяться в модифицированной форме в соответствии с принципами теории статистических решений.

При оценке эффективности вариантов развития транспорта в условиях неполноты информации следует учитывать возможность корректировки набора мероприятий и их характеристик, в связи с изменением ситуации, или с отличием условий фактической реализации от предполагавшихся на стадии первоначального планирования. Поэтому необходимо учитывать затраты и результаты, связанные с адаптацией вариантов к заранее точно неизвестным будущим условиям работы.

При оптимизации в условиях неполноты информации во многих случаях можно получить новые данные, уменьшить степень неопределенности ценой дополнительных затрат финансовых, трудовых и иных ресурсов. Однако реализовывать эти возможности не всегда целесообразно: важно пустить в дело лишь ту полезную информацию, предполагаемые затраты на сбор и использование которой заметно ниже вероятного эффекта от ее применения. В то же время всю ту полезную информацию, которую можно иметь и использовать без существенных дополнительных затрат, надо извлекать и вводить в процесс сравнения плановых и проектных вариантов. Хотя этот процесс не всегда тривиален, поступление новой полезной информации может приводить к переоценке альтернатив.

Приведенная система принципов не претендует на полноту — слишком многообразны конкретные социально-экономические задачи, связанные с работой транспорта, однако они охватывают важные методологические аспекты оптимизаций, которые необходимо учитывать. Не менее важны и реализация указанных принципов в конкретных методах проведения плановых и проектных расчетов и оценки эффективности — здесь (особенно при рассмотрении не отдельных транспортных объектов, а их комплексов) должны найти широкое применение соответствующие системы моделей функционирования и развития транспорта, включающие имитационные, оптимизационные модели и т. д.

Список использованной литературы

- 1. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 года. Утверждена Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 1 октября 2016 года, №392.
- 2. Гаврилова Р.А. Развитие теории оптимального планирования. Научный альманах. 2016. № 12-1 (26). С. 83-86.
- 3. Скибинский В.В., Джалалов У.М. Системный анализ логистики железнодорожного транспорта на примере деятельности компании оао «Российские железные дороги». Новая наука: От идеи к результату. 2015. № 5-1. С. 124-127.
- 4. *Усикова А.Д.* Системный анализ видов и технологий перевозок грузов. Тенденции развития науки и образования. 2016. № 19-1. С. 31-33.
- 5. Жанбиров Ж.Г., Кенжегулова С.Б. Оптимизация планирования и организация эксплуатации грузовых автомобилей. Грузовик. 2014. № 6. С. 27-28.

- 6. Горбачев А.М. Методы оптимизации планирования движения городского транспорта. В сборнике: Информационные технологии в науке, образовании и управлении под редакцией проф. Е.Л. Глориозова. 2015. С. 221-224.
- 7. *Тохиров Т.Н.* Ретроспективный анализ состояния автотранспортной системы Согдийской области. Вестник Института дружбы народов Кавказа Теория экономики и управления народным хозяйством. 2014. № 1 (29). С. 23.
- 8. Таджикистан в цифрах 2017. Статистический сборник. Душанбе, 2017, стр. 324.
- 9. *Тохиров Т.П.* Принципиальное положение автотранспортной системы региона в условиях рыночной экономики (Таджикистан). Финансовый бизнес. 2017. № 1 (186). С. 61-66.
- 10. Бобоев К.О. Развитие транспортной инфраструктуры в регионах Республики Таджикистан: анализ и оценка состояния. Часть 1. Региональные проблемы преобразования экономики. 2015. № 10 (60). С. 87-99.
- 12. Бобоев К.О. Развитие транспортной инфраструктуры в регионах Республики Таджикистан: Анализ и оценка состояния. Часть ІІ. Региональные проблемы преобразования экономики. 2015. № 11. С. 196-210.
- 13. Данилюк А.А., Мифтахова М.Р. Грузооборот автомобильного транспорта как показатель экономического развития региона. Казанская наука. 2016. № 4. С. 30-32.
- 14. Литвяков С.С. Отбор и оценка эффективности проектов в сфере развития транспортной инфраструктуры для их реализации на основе государственно-частного партнерства. Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 44. С. 36-47.
- 15. Раджабов Р.К., Караев Р.Х. Оценка экономической эффективности деятельности предприятий, оказывающих автосервисные услуги в Республике Таджикистан. Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. 2016. № 2-8 (215). С. 63-71.
- 16. *Раджабов Р.К.* Оценка предпринимательского климата в сфере услуг на современном этапе. Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2016. Т. 2. № 2 (34). С. 43-47.
- 17. *Шатманов О.Т.* Исследования показателей и факторов, оказывающих влияние на эффективность перевозок международных грузов автомобильным транспортом. Вестник Таджикского технического университета. 2013. № 1 (21). С. 67-70.
- 18. Методика оценки интенсивности конкуренции рынка международных автомобильных перевозок республики Беларусь. Ивуть Р.Б., Равино В.В., Зубрицкий А.Ф. Каспийский регион: политика, экономика, культура. 2012. № 1. С. 151-157.

List of used literature

- 1. National development strategy of the Republic of Tajikistan for the period until 2030. Approved by the Decree of the Government of the Republic of Tajikistan dated October 1, 2016, No. 392.
- 2. Gavrilova R.A. Development of the theory of optimal planning. Scientific almanac. 2016. No. 12-1 (26). Pp. 83-86.

- 3. Skibinsky V.V., Jalalov U.M. System analysis of rail transport logistics by the example of the company's activity "Russian Railways". New science: From idea to result. 2015. № 5-1. Pp. 124-127.
- 4. *Usikova A.D.* System analysis of types and technologies of cargo transportation. Trends in the development of science and education. 2016. No. 19-1. Pp. 31-33.
- 5. Zhanbirov Zh. G., Kenjegulova S.B. Optimization of planning and organization of operation of trucks. Truck. 2014. № 6. P. 27-28.
- 6. Gorbachev A.M. Methods for optimizing urban transport planning. In the collection: Information technology in science, education and management, edited by prof. E.L. Gloriozova. 2015. P. 221-224.
- 7. *Tohirov T.I.* A retrospective analysis of the state of the Sogd Oblast motor transport system. Bulletin of the Institute of Friendship of Peoples of the Caucasus Theory of Economics and Management of the National Economy. 2014. No. 1 (29). C. 23.
 - 8. Tajikistan in figures 2017. Statistical compilation. Dushanbe, 2017, p. 324.
- 9. Tohirov T.I. Principal position of the region's road transport system in a market economy (Tajikistan). Financial business. 2017. No. 1 (186). Pp. 61-66.
- 10. Boboev K.O. Development of transport infrastructure in the regions of the Republic of Tajikistan: analysis and assessment of the state. Part 1. Regional problems of economic transformation. 2015. No. 10 (60). Pp. 87-99.
- 12. Boboev K.O. Development of transport infrastructure in the regions of the Republic of Tajikistan: Analysis and assessment of the state. Part II. Regional problems of economic transformation. 2015. No. 11. P. 196-210.
- 13. Danilyuk A.A., Miftakhova M.R. Freight turnover of road transport as an indicator of the economic development of the region. Kazan science. 2016. № 4. P. 30-32.
- 14. Litvyakov S.S. Selection and evaluation of the effectiveness of projects in the field of transport infrastructure development for their implementation on the basis of public-private partnership. National interests: priorities and security. 2013. No. 44. P. 36-47.
- 15. Radzhahov R.K., Karaev R.Kh. Estimation of economic efficiency of the activity of enterprises rendering car-care services in the Republic of Tajikistan. Bulletin of the Tajik National University. A series of socio-economic and social sciences. 2016. No. 2-8 (215). Pp. 63-71.
- 16. Radzbabov R.K. Assessment of the business climate in the service sector at the present stage. Polytechnic herald. Series: Intellect. Innovation. Investments. 2016. T. 2. No. 2 (34). Pp. 43-47.
- 17. Shatmanov O.T. Studies of indicators and factors affecting the efficiency of international cargo transport by road. Bulletin of the Tajik Technical University. 2013. No. 1 (21). Pp. 67-70.
- 18. Methodology for assessing the intensity of competition in the international road transport market in the Republic of Belarus. Ivut R.B., Ravino V.V., Zubritsky A.F. The Caspian region: politics, economy, culture. 2012. № 1. P. 151-157.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Апулу Окпой Годсповер (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва) ibomozikenah@yahoo.com

В статье рассматриваются вопросы экономической оценки ущерба от загрязнения окружающей среды нефтепродуктами. Анализируются методические подходы к формированию экологических издержек загрязнения в сфере управления природпользованием. Показаны факторы состояния, влияния и восприятия при формировании ущерба от загрязнения окружающей среды нефтепродуктами. На примере аварии на нефтепроводе в Нигерии анализируются методические подходы к оценке экономического ущерба от загрязнения окружающей среды с целью обоснования и выбора технологий по рекультивации нарушенных земель. Показаны преимущества использования биологического типа рекультивации территории при загрязнении окружающей среды нефтепродуктами. Предложен алгоритм выбора оптимальных природоохранных мероприятий по восстановлению почв при нефтяных загрязнениях.

Ключевые слова: экономика природопользования, ущерб от загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, рекультивация нарушенных земель, технологии очистки загрязненной территории, биологическая рекультивация загрязненных земель. Нигерия.

ECOLOGICAL-ECONOMIC SUBSTANTIATION OF THE CHOICE OF TECHNOLOGY FOR REMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS BY OIL PRODUCTS

Apulu Okpoi Godspower
(Plekhanov Russian University of Economics, Moscow)
ibomozikenah@yahoo.com

The article discusses the issues of economic assessment of damage from environmental pollution with oil products. Analyzed the methodological approaches to formation of environmental costs of pollution in the area of environmental management. Shows the factors of status, influence and perception in the formation of a damage from environmental pollution with oil products. For example the accident on the oil pipeline in Nigeria, analyzes methodological approaches to the assessment of economic damage from environmental pollution with the purpose of the study and selection of technologies for remediation of disturbed lands. Advantages of using organic reclamation of the territory in the environmental pollution with oil products. The algorithm for selecting the optimum environmental measures for the restoration of soils at oil contamination.

Key words: environmental Economics, damage from environmental pollution with oil products, land reclamation, technologies to clean up contaminated areas, biological remediation of contaminated land, Nigeria.

Нефтегазовый комплекс в Нигерии является одним из основных элементов экономики. Предприятия нефтегазового комплекса дают более четверти объема производства промышленной продукции, более трети всех налоговых платежей и других доходов в бюджетную систему, а также более половины поступлений страны от экспорта. Капитальные вложения в нефтегазовый комплекс за счет всех источников финансирования составляют около одной трети от общего объема инвестиций. Запасы нефти и газа делают экономику страны одной из крупнейших в Западной Африке [1, 27].

В то же время, нефтегазовая отрасль и трубопроводный транспорт являются наиболее опасными во многих регионах Нигерии и других стран. С ними связаны техногенные аварии и общирные загрязнения земель [4, 11]. Такие экологические происшествия наносят ощутимый вред экосистемам, приводят к негативным экономическим и социальным последствиям. В связи с увеличением количества чрезвычайных ситуаций, которое обусловлено ростом добычи нефти, износом основных производственных фондов (в частности, трубопроводного транспорта), негативное воздействие разливов нефти на окружающую среду становится все более существенным [19, 22, 24]. Экологические последствия при этом носят трудно учитываемый характер, поскольку нефтяное загрязнение нарушает многие естественные циклы и взаимосвязи, существенно изменяет условия обитания живых организмов и накапливается в биомассе [21, 23]. В результате нефтяного загрязнения создаются масштабные нарушения экосистем, включая гибель организмов и деградацию почв. Следствие этого 🗆 угроза для развития сельского хозяйства и других отраслей, использующих загрязненные природные ресурсы.

Воздействие добывающей промышленности на окружающую среду связано с повреждением ландшафта и образованием большого количества отходов [6, 9]. Эти изменения проявляются в различных сочетаниях негативных явлений, важнейшими из которых являются отчуждение для производства горных работ нужных для сельского хозяйства территорий, истощение и загрязнение подземных и поверхностных вод, затопление и заболачивание подработанных территорий, обезвоживание и засоление почв, загрязнение атмосферного воздуха, изменение микроклимата [10, 18, 27]. В свою очередь нарушенные земли, часто угратившие первоначальную ценность, являются источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

Следует отметить, что эколого-экономические проблемы, связанные с добычей нефти и газа, значительны и разнообразны, что особенно отчетливо видно на примере развивающихся стран. В Нигерии зачастую разливы нефти является результатом аварий при транспортировке нефтепродуктов. Такие происшествия наносят ощутимый вред экосистемам, приводят к негативным экономическим и социальным последствиям. Основными причинами аварий на нефтепроводах являются коррозия металла, некачественная сварка, нарушение технологии проведения ремонтных работ. Прослеживается тенденция увеличения и количества аварий и аварийного поступления загрязняющих веществ в окружающую среду и увеличение площадей загрязненных земель (см. табл. 1.)

Экономическая оценка экологического ущерба заключается в определении фактических и возможных финансовых потерь от негативного изменения качественных и количественных параметров окружающей среды в целом и ее отдельных компонентов, а также от последствий этого изменения. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды является комплексной величиной и представляет собой сумму затрат, возникающих у реципиентов в пределах загрязненной зоны [7, 14, 20]. При этом учитыва-

ются затраты на снижение загрязнения, на восстановление окружающей среды, затраты на компенсацию риска для здоровья людей, затраты на замещение загрязненных природных ресурсов и др. [5, 8]. В самом общем плане методические вопросы экономической оценки ущерба от загрязнения окружающей среды можно свести к денежной оценке негативных изменений и оценке последствий загрязнения и нарушения окружающей среды, что проявляется в ухудшении здоровья населения, нарушении ландшафта и отдельных экосистем, в изменении полезности окружающей среды вследствие ее загрязнения и др. [16, 29].

Таблица 1
Причины аварий на нефтепроводах в Нигерии с загрязнением земель

№ п/п	Причины аварий	Количество аварий в среднем за год (2005-2016 гг.)	Доля аварий на нефтепроводах по выявленным причинам, %
1.	Коррозия труб	80	39,8
2.	Самовольная врезка в трубу	36	17,9
3.	Механическое воздействие на нефтепровод при прове- дении земляных работ	20	9,9
4.	Строительный и технический брак	30	15,0
5.	Ошибки персонала при экс- плуатации нефтепровода	20	9,9
6.	Другие факторы (износ оборудования и др.)	15	7,5
	Итого:	201	100,0

Примечание: составлено автором

Таким образом, экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды может складываться из следующих затрат: дополнительных затрат в связи с изменениями в окружающей среде, затрат на восстановление окружающей среды в прежнее состояние, а также затрат в связи с изъятием части природных ресурсов из хозяйственного оборота [13].

Ущерб от загрязнения окружающей среды формируется под влиянием различных факторов, таких как, степень загрязнения окружающей среды; количества объектов, воспринимающих негативное влияние и др. В настоящее время в научной литературе выделяют три группы факторов, формирующие экономический ущерб от загрязнения окружающей среды – это факторы влияния, восприятия и состояния [2, 17]. К примеру, факторы влияния характеризуют степень загрязнения элемента окружающей среды в количественном выражении. В широком понимании к факторам влияния можно отнести объем и структуру выбрасываемых загрязняющих веществ, технические особенности источника загрязнения, используемую технологию производства (добычи полезных ископаемых), концентрацию вредных веществ и количество ингредиентов загрязнения, попадающих в окружающую среду, их токсичность, климато-метеорологические особенности тер-

ритории и др. В условиях Нигерии важным фактором влияния при оценке ущерба являются оценка токсичности и площади разлива нефтепродукта при аварии. Поскольку большие площади в нефтедобывающих районах заняты мангровыми лесами, то оценка ущерба этим тропическим ресурсам флоры и фауны в количественном выражении очень важна при принятии решений о дальнейших природоохранных мероприятиях [13, 25]. Другими словами, факторы влияния учитывают в большей мере площадь загрязнения и концентрации токсичных веществ в почве.

Факторы восприятия представляют собой объекты, воспринимающие негативное воздействие загрязнения, то есть те объекты, которые попадают в зону загрязнения и подвергаются его влиянию. Примерами таких объектов могут быть — население, элементы жилищно-коммунального хозяйства, сельскохозяйственные и лесные угодья, основные фонды промышленности, транспорта, связи и прочие. К факторам восприятия относится структура народного хозяйства района, где произошел экологический инцидент, количество пострадавших объектов в результате загрязнения окружающей среды. Факторы восприятия могут проявляться через социальный ущерб сельскому населению, затраты на проведение природоохранных и восстановительных мероприятий. При расчете ущерба от разливов нефти в условиях Нигерии в качестве факторов восприятия необходимо учитывать особо сельское население, которое на загрязненных сельскохозяйственных землях не может выращивать традиционные культуры, а при загрязнении водоема не имеет доступа к рыбному промыслу.

Факторы состояния представляют собой те или иные экономические и социальные показатели, которые используются в управлении природопользованием для выражения изменения, возникшего под влиянием загрязнения и нарушения природных систем в стоимостном выражении. К таким характеристикам относится почвенный профиль, стоимость единицы непроизведенной сельскохозяйственной продукции, стоимость мероприятий по очистке территории и др. Основными из них являются: объем производимой продукции, выплаты по больничным листам на одного работающего, затраты на медобслуживание на одного заболевшего, стоимость работ по содержанию основных фондов жилищно-коммунального хозяйства и городского общественного транспорта, среднюю продуктивность сельского хозяйства, затраты, связанные с производством единицы продукции лесного хозяйства, стоимость различных работ по содержанию основных фондов промышленности и др. Для Нигерии, где разливы на нефтепроводах случаются довольно часто и наносят существенный ущерб для окружающей среды и экономики, расчет размера компенсации жителям пострадавших территорий имеет особо важное значение. Примерами могут служить – стоимость утраченной, в том числе - недополученной сельскохозяйственной продукции на территории разлива, стоимость потерь рыболова и его упущенный улов. Таким образом, только комплексный анализ трех групп перечисленных факторов позволяет дать оценку экономического ущерба в результате загрязнения окружающей среды нефтепродуктами [12, 14].

Следует отметить, что в России в некоторых нефтедобывающих регионах (Ханты-Мансийский автономный округ, Республика Коми и др.) действуют нормативы содержания нефтепродуктов в почвах, учитывающие местные особенности почв. Те же проблемы существуют и для оценки качества водных объектов. Для подобных оценок необходима информационная база, характеризующая нормативное состояние окружающей среды для определения степени отклонения в результате загрязнения окружающей среды в

целях достижения «нормального» состояния качества окружающей среды. Разработанные и применяемые ПДК нефти и нефтепродуктов в почвах едины для всех типов почв и для всей территории страны. В то же время, весьма интересен зарубежный опыт в данном направлении (Канада, страны ЕС) – стандарты качества почв в этих странах учитывают не только особенности природных условий в соответствующих регионах, но и возможные (или существующие) направления использования земель. Очевидно, что территории промышленных площадок или земли, прилегающие к объектам инфраструктуры, не могут быть в той же степени чисты, что и земли с минимальным уровнем нагрузки на окружающую среду. В связи с этим разработаны стандарты, более адекватные реальным уровням антропогенных нагрузок. В странах ЕС стандарт «Чистые почвы» для нефтепродуктов составляет 400 ppm, а для некоторых регионов Российской Федерации он может достигать 100 ppm. Опыт экологического нормирования за рубежом показывает необходимость выделения нескольких категорий почв и грунтовых вод с учетом целей или истории их использования – эти подходы применяются в практике нормирования в странах Европы (ФРГ, Нидерланды и др.).

В табл. 2 дана характеристика некоторых нормативов и нормативной базы для оценки последствий от нефтяного загрязнения.

 Таблица 2

 Нормативная база для оценки эколого-экономических последствий нефтяного загрязнения почвы

Важнейшие нормативы для регулирования природопользования при аварийных разливах нефти	Проблемы разработки и применения эколого- го-экономических нормативов в управлении природопользованием
Нормативы качества земель, химический состав, уровни нарушенности и загрязненности Нормативы допустимых воздействий, изъятия для различных хозяйственных объектов, внесения удобрений	Недостаточный учет многообразия природных условий в регионах, где ведутся работы по добыче и транспортировке нефти Необходимость учета и оценки трансформации нефтяных загрязнении и миграции в компонентах окружающей среды. Комплексный учет экономических и социальных последствий нарушений загрязнения земель, отставание нормативной и правовой базы экономических оценок экологического ушерба
Нормативы стоимости земель Нормативы оценок эколого-экономических ущербов	Совершенствование информационного обеспечения для оценки последствий эко- логических нарушений

Примечание: составлено автором

В настоящее время Нигерия не имеет необходимой собственной нормативно-правовой базы для оценки последствий от разлива нефти на окружающую среду. Отсутствует ряд законодательных актов, необходимых для защиты национальных природных ресурсов и населения, что не позволяет в

полной мере применять механизм компенсации возможных потерь в результате нефтяного загрязнения. Для этих целей в Нигерии на уровне правительственных учреждений и министерств используются международные стандарты в целях регулирования и контроля за деятельностью нефтяных компаний. Стандарты HSE (от англ. Health, Safety, Environment – здоровье, безопасность, окружающая среда) в области безопасности являются ориентиром для очистки территории в районе экологического инцидента. Они разработаны с учетом интересов всех заинтересованных сторон с целью поддержки экологически ориентированных управленческих решений. Такие стандарты, поддерживающие безопасность, документированы в правовых и нормативных документах Нигерийской национальной нефтяной компанией (1977 г.), Федеральным агентством по охране окружающей среды (Актом № 58, 1988 г.), Департаментом нефтяных ресурсов, Национальным менеджментом по защите окружающей среды от регулирования твердых и опасных отходов (1991 г.), Национальной политикой по защите окружающей среды (1999 г.), Лесным законодательством (1994 г.), Законом по использованию земли (1978 г.), Законом о нефтяных загрязнениях (1990 г.), Национальным законом об обнаружении разливов нефти (2006 г.), Нигерийской комиссией по развитие дельты Нигера (2000 г.).

Рамки для нефтяных операций в Нигерии предусмотрены в Законе о нефти 1988 г. и некоторых других законодательных актах и нормативных документах, таких как: Закон 1968 года о добыче нефти в судоходных водах, Закон о нефтепроводах 1956, Закон 1979г. о попутном газе, и бурению и добыче нефти и др. С 1988 года Федеральные правила, обнародованные через агентство по охране окружающей среды, регулируют экологические мероприятия в нефтяном секторе и других отраслях промышленности. Департаментом нефтяных ресурсов Нигерии также сформулированы различные экологические стандарты и руководящие принципы для развития нефтяной промышленности в Нигерии. В значительной степени содержание этих установленных норм отражает те процессы, которые применяются к нефтяным секторам в Европе и США.

В российских методических документах, регламентирующих оценку и компенсацию нефтяного загрязнения, окружающая среда рассматривается в виде основных ее компонентов: земель, водных объектов и атмосферы. Определение ущерба в данном случае включает: расчет общего объема (массы) нефти, вылившейся при аварии из нефтепровода, и масс нефти, загрязнивших компоненты окружающей среды, расчет площадей загрязненных нефтью земель (почв) и водных объектов, а также расчет ущерба за загрязнение нефтью каждого компонента окружающей среды и общей суммы платы за загрязнение окружающей среды [3]. В связи с тем, что загрязнение при аварийных разливах нефти не подлежит нормированию, вся масса происходящих при этом выбросов (сбросов) углеводородов в атмосферу, растворенной в воде нефти и нефти, загрязнившей земли, должна учитываться как сверхлимитная, а размер ущерба оценивается как величина сверхлимитных платежей за негативное воздействие на окружающую среду. Таким образом, основными факторами, определяющими величину ущерба, наносимого окружающей среде при авариях на нефтепроводах, можно считать: количество вылившейся из нефтепровода нефти и распределение ее по компонентам окружающей среды, а также площадь и степень загрязнения земель.

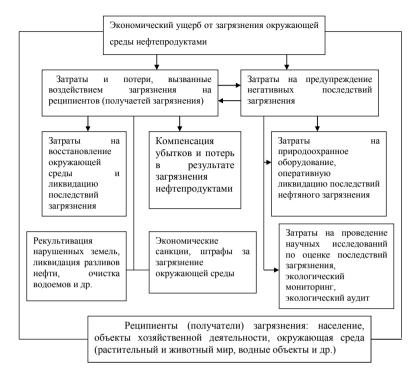


Рис 1. Схема формирования экономический ущерб от загрязнения окружающей среды нефтепродуктами

На рис. 1 показана схема формирования экологических издержек и компенсации потерь в случае загрязнения окружающей среды, земель нефтепродуктами.

Следует учитывать, что способы и технологии рекультивации загрязненных почв могут быть различными с учетом уровня и площади загрязнения, глубины проникновения, вида и концентрации загрязнителя, технических и финансовых возможностей и климатических условий. В последнее время технологии биологической рекультивации для восстановления загрязненных нефтепродуктами земель. Для очистки почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, по данной технологии используются углеводородокисляющие микроорганизмы, которые способны использовать поллютантов (загрязняющее вещество) в качестве источника энергии [28]. Среди способов биологической рекультивации земель можно назвать естественное самоочищение; биостимулирование; использование биопрепаратов и др. При восстановлении загрязнение земель, на наш взгляд, необходимо применять технологии биологической рекультивации нарушенных земель как обязательный этап работ, который позволяет максимально полно восстановить нарушенные природные комплексы. Преимущества этих технологий включают: 1) экономические и экологические выгоды; 2) эффективность и безопасность для окружающей среды; 3) учет специфики восстанавливаемых

природных комплексов; 4) короткие сроки очистки (3-8 месяцев). Если говорить об оптимальных природоохранных мероприятиях по очистке и рекультивации нефтезагрязненных земель (на примере Нигерии), то можно сделать вывод о том, что наиболее современным и популярным методом являются технологии биорекультивации.

В 2009 г. в штате Байелса, г. Иколо, Нигерия в результате коррозии трубопровода и его разрыва произошел авариный разлив нефтепродуктов объемом 2000 баррелей легкой нефти, что привело к загрязнению 30 га территории. Причиной аварии, вызвавшей нефтяное загрязнение, стала коррозия трубопровода, в результате которой произошел прорыв подземного нефтепровода. Загрязненные в результате этой аварии земли ранее использовались для сельскохозяйственной деятельности (выращивание сельскохозяйственных культур для местных жителей). Кроме того, на загрязненной территории находилось несколько водоемов, где осуществлялся рыбный промысел, а также участок лесного массива. В табл. 3 приведены данные экологического ущерб по компонентам окружающей среды (водным объектам, сельскохозяйственным территориям, лесным ресурсам, атмосфере).

В данном примере показана прямая количественная оценка потерь землевладельцам в результате аварийного загрязнения территории нефтепродуктами. В сезон дождей, когда очистка территории от загрязнений затруднена, территория загрязнения может значительно увеличиться, что может осложнить переговоры землевладельцев с нефтяной компанией, которая потенциально несет ответственность за аварию на ее трубопроводе. Оценивая эколого-экономические последствия ликвидации аварии, можно выделить такие виды потерь: прямые, непосредственно связанные с аварией, косвенные, связанные с затратами по ликвидации последствий аварии.

В Нигерии на настоящий момент применяются два метода расчета стоимости компенсации и оценки последствий загрязнения нефтью. Первый метод основан на переговорах между нефтяной компанией и владельцами земли. Землевладельцы и нефтяная компания проводят свои субъективные оценки ущерба и составляют план компенсации и путем переговоров приходят к компромиссному решению. Так, к примеру, по результатам переговоров между нефтяной компанией и землевладельцами о компенсации после аварии, которая произошла в 2013 году в Штате Риверс, стороны договорились об общей сумме компенсации за гектар, которая включала в себя социальный ущерб, ущерб фермерам, сельскохозяйственной продукции и другие расходы. В результате переговоров стороны приходят к письменному соглашению о сумме компенсации. От договорной суммы компенсации стороны обязаны оплатить налог на загрязнение окружающей среды правительству штата в размере 5%.

Второй метод расчета ущерба и компенсации, применяемый в Нигерии, основан на прямом счете ущерба в стоимостном выражении по компонентам окружающей среды. Данный метод является более детальным по сравнению с первым методом и больше привязан к рыночной оценке ущерба от нефтяного загрязнения. Среди трудностей применения такого подхода нужно отметить то, что в настоящее время Нигерия не имеет четко установленных фиксированных цен и такс на сельскохозяйственную продукцию, лесные ресурсы и прочие компоненты окружающей среды в случае причинения им ущерба или гибели. Поэтому такие цены и оценки определяются методом прямого счета по компонентам окружающей среды на основе опросов землевладельцев (см. табл. 4, 5).

Таким образом, общая стоимость 1 га земель по получению потенциального дохода составляет 30 000 000 нигерийских найра (см. табл. 6).

Экологические последствия компонентам природной среды при загрязнении земель нефтепродуктами

Компоненты окружающей среды	Объект загрязнения	Количество поврежденных, погибших объектов, площадь загрязнения	Экологические последствия для компонента
Лесные ресурсы	Общая площадь загрязнения:	15 га (225 000 деревьев)	Повреждение корневых систем деревьев,
	Погибшие растения:		гибель деревьев
	зрелые пальмы;	100000 ед.	
	средние пальмы;	88500 ед.	
	твердые породы древесины;	20 000 ед.	
	мягкие породы древесины	16500 ед.	
Почва, грунт	Общая площадь загрязнения:	12 ra	 Деградация растительности почвы;
(сельскохозяйственного	Батат, т (3 га) Яам	3 ra, 270 т	 Накопление токсических элементов в
и бытового назначения)	Гуайява (деревья)	1 га, 10 000 деревьев/ 800 т плодов	растениях;
	Банановые пальмы	З га, 300 ц/га (средний урожай),	 Потенциальные заболевания людей и
	(сельскохозяйственные) зрелые	общий ущерб 90 т	животных
	Банановые пальмы	2 га, 150 ц/га (средний урожай), общий ущерб: 30 т	
	Маниока (зрелые растения)	0,75 га, 100 ц/га (средний урожай),	
		общий ущерб:7,5 т	
	Маниока (средние растения)	0,75 га, 50 ц/ га (средний урожай), общий ущерб: 3 75 т	
		4 E = 0	
	Бамия	1,э га, урожаиность 1,э кг на м², обший ∨шерб 22.5 т	
Водные ресурсы	Общая площадь загрязнения:	2845 ra	• Загрязненные места обитания живы
	Озера	2 озера общей площадью 23268 м²	организмов
	Пруды	4 пруда общей площадью 5184 м²	 Гибель рыб, птиц, млекопитающих
			 Загрязнения подземных вод
			 Дефицит чистой питьевой воды
Атмосферный воздух			Тепловое загрязнение, образование
			взрывоопасной смеси, ожоги и травмы
			людей и животных
Поверхностные грунтовые воды	воды		Загрязнение воды, заболевание людей и животных
			A COLUMN TO THE

Цены на некоторые сельскохозяйственные продукты в Нигерии в 2016 году

₽	Вип составонной продукции	Стоимость продукции,	Общее количество
닏	מאליטלוי ואסבייטאניסיסטיספורטי לאסבייטיס איס	нигерийские найра, кг	загрязнения, площадь
Ψ.	Сладкий картофель	3000	12 ra
2.	Гуайява	400	
ю.	Банановые	1500	
4.	Маниока	0009	
2.	Бамия	2000	

Примечание: 1 российский руб. равен 6,1 нигерийских найра.

Цены на некоторые виды лесной древесины в Нигерии в 2016 году

원듣	Вид лесные ресурсы	Стоимость продукции, нигерийский найра за 1 куб. м	Общее количество поврежденных/ погибших древесины
1.	Зрелые пальмы	009	225 000 деревьев
2.	Средние пальмы	320	
3.	ічниэеведрі ідродоп әідрдев	1000	
4.	Мягкие породы древесины	1000	
5.	твердая древесины	1000	

Источник: www.royalfarmproduce.com. www.konga.com

Размер ущерба в результате нефтяного загрязнения методом прямого счета

Общая сумма ущерба, нигерийские найра	Сумма ущерба лесным ресурсам: 124 820 000	60 000 000 2 832 000 000 20 000 000 165 000 000	Сумма ущерба сельскохозяйственным ресурсам: 1 035 470 000	810 000 000	1	400 000	135 000 000		45 000 000	•	45 000	1	22 500	-
Договорная стоимость за единицу объекта загрязнения/за площадь загрязнения		600/ ед. 320/ ед. 1000/ ед. 1000/ ед.		3000/ 1 кг	Саженцы: 1200 найра/1 кг/ 1 м²	400/1 Kr	Саженцы: 3 500/ дерево 1 500/ 1 кг пподов	Саженцы: 1000/ 1 кг/ 1 м²	1 500/ 1 кг плодов	Саженцы: 800/ 1кг /1 м ²	6 000/ 1 т плодов	Саженцы: 15 000/т / 1,85 акр	6 000/ 1 т плодов	Саженцы: 10 000/ т /0,75 га
Количество поврежденных/ погибших объектов/ площадь загрязнения	15 га (225 000 деревьев)	100 000 88 500 20 000 16 500	12 ra	3 ra, 270 r		1 га, 10 000 деревьев/ 800 т плодов	З га 300 п/га (спепний упожай)	Общий ущерб 90т	2 га, 150 ц/га (средний урожай),	Общий ущерб: 30 т	0,75 га, 100 ц/га (средний урожай),	Общий ущерб:7,5 т	0,75 га, 50 ц/га (средний урожай),	Общий ущерб: 3,75 т
Объект загрязнения	Общая площадь загрязнения:	Зрелые пальмы Средние Пальмы Твердые породы древесины; Мягкие породы древесины	Общая площадь загрязнения:	Батат, т (3 га)	Сладкий картофель	Гуайява	Банановые папьмы	(сельскохозяйственные) зрелые	Банановые пальмы	(с/х) средние	Маниока (зрелые растения)		Маниока (средние растения)	
Компоненты окружающей среды	Лесные ресурсы		Почва, грунт (сельскохозяйствен- ного и бытового назначения)											

Компоненты окружающей среды	Объект загрязнения	Количество поврежденных/ погибших объектов/ площадь загрязнения	Договорная стоимость за единицу объекта загрязнения/за площадь загрязнения	Общая сумма ущерба, нигерийские найра
	Бамия	1,5 га, урожайность 1,5 кг на м², Общий ущерб 22,5 т	2 000/1 кг Семена: 200/1кг/ 1 м²	45 000 000
Водные ресурсы	Общая площадь загрязнения	2845 ra		Ущерб водным ресурсам: 9 571 000
	Osepa	2 озера общей площадью 23268 м ²	40/ m ²	9 307 120
		Потери рыбного промысла (23268 м²)	$2/\mathrm{M}^2$	46 536
	Пруды	4 (24 м x 54 м), общей площадью 5 184 м²	40/ м²	207 360
		Потери рыбного промысла (5 184 м²)	$2/\mathrm{M}^2$	10 368

В нашем примере очевиден акцент на сельскохозяйственные угодья, которые значительно пострадали от аварии. Поэтому по цене компенсации в рассматриваемом примере землевладелец уступил в оценке водных ресурсов и согласился на минимальную компенсацию ущерба рыбному промыслу. Сельскохозяйственные земли в дальнейшем еще подлежат рекультивации, поэтому этот компонент ущерба для землевладельца наиболее актуален. Следует отметить, что помимо прямых убытков урожаю, улову и лесным ресурсам, был нанесен ущерб атмосфере.

Общий эколого-экономический ущерб Y_{o} до проведения природоохранных мероприятий методом прямого счета с учетом ущерба атмосфере может быть рассчитан по формуле:

$$Y_o = Y_{\pi p} + Y_{\theta p} + Y_{yp} + Y_a \ ,$$

где: Y_{np} – ущерб лесным ресурсам, выраженный в договорных суммах фактического ущерба;

 $Y_{\!\!6p}$ – ущерб водным ресурсам, выраженный в договорных суммах фактического ущерба;

 Y_{yp} – ущерб урожаю/сельскому хозяйству, выраженный в договорных суммах фактического ущерба;

 Y_a – ущерб от загрязнения атмосферы.

Для расчета эколого-экономического ущерба и завершения процесса по ликвидации последствий аварии необходимо выбрать и провести природоохранные мероприятия. С учетом характера аварии и свойств реципиентов ущерба необходимо выбрать оптимальные технологии рекультивации. Для выбора предлагается следующий алгоритм (рис. 2).

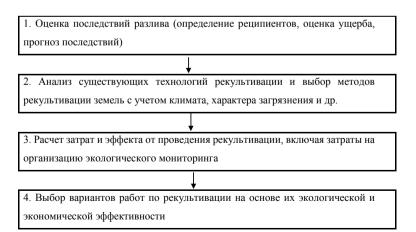


Рис. 2. Алгоритм выбора оптимальные технологии рекультивации

Выбор решений по проведение восстановительных работ на загрязненных землях осуществляется на основе анализа «эффективность-затраты», где в качестве показателя затрат принимается величина платы за загрязнение земель нефтью и нефтепродуктами и стоимости восстановительных работ, а в качестве показателя эффективности работ по восстановлению нефтезагрязненных земель □ остаточная концентрации нефти и нефтепродуктами на загрязненных плопцадях [30]. В Нигерии из нефтезагрязненной почвы выделены бактерии двух видов родов *Pseudomonas - Ps. aeruginosa* и *Ps. fluorescens*, наряду с другими представителями разных родов бактерий, обладающих способностью к росту в содержащей нефть среде в зависимости от ее концентрации. С учетом этой специфики почвы рассчитаем затраты на биологический этап очистки земель с учетом выбора разных препаратов. Выполненный анализ методов рекультивации загрязненных земель на основе сравнения стоимости биорекультивации показывает эффективность препарата «Путидойл» (табл. 7).

Таблица 7

Сравнительная оценка биопрепаратов для рекультивации нарушенных и загрязненных земель нефтепродуктами

«Путидойл» (совместно с дождевыми червями)	«Эконадин» (вместе с торфом Pseudomonas fluorescens на сфагновом торфе (10 мг клеток на 1 г торфа)
Действующее начало: Pseudomonas putida	Действующее начало: Pseudomonas fluorescens
Стоимость препарата за кг – высокая	Стоимость препарата за кг – низкая
Применение препарата с дождевыми червями быстро снижает концентрацию углеводородов на поверхности земли через 14-21 дней. Затем эффективность снижается 1-2 мес, в почве, 2-3 нед. с поверхности воды Эффективен при: t°C +10+35, концентрация загрязнений в почве не	Применение торфяного препарата позволяет провести очистку и рекультивацию почвы за один сезон. Отмечается стимулирование роста и прибавка урожая растений. Возможность очистки поверхности воды и утилизации сорбированной торфом нефти в короткие сроки 3-4 мес. в почве, 2-4 нед. с поверхности воды Эффективен при t°C +5+32, влажность торфа не более 10%, РН 6-8
более 10%, РН 1,5–10	
Гарантированный срок хранения - 3лет.	Гарантированный срок хранения - 5 лет.
Особенности препарата: Недостатком является сложная технология приготовления	Особенности препарата: ликвидация загрязнений без экологиче- ского ущерба, блокировка нефтяных загрязнений, локализация нефтяных пятен и предупреждение дальнейшего распространения нефтепродуктов, стимулирование естественных самоочищающихся процессов

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим к использованию для рекультивации этого проекта с экологической точки зрения является использование биопрепарата «Экоданин». Этот препарат по стоимости на единицу намного доступнее, чем «Путидойл», в эффективности выигрывает. При этом именно оздоровление окружающей среды являться определяющим фактором в выборе стратегии ликвидации последствий аварии и оценки экономического и экологического ущерба.

Используемая литература:

- 1. Апулу О.Г. Последствия воздействий добывающей промышленности на окружающую среду // Экономика и предпринимательство. 2017. №7 (Ч. 8). С. 1-9.
- 2. *Бардаханова Т.Б., Михеева А.С., Аюшеева, С.Н.* Институциональное регулирование природопользования и формирование экологических издержек // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2014. №10. С. 53-75.
- 3. Загвоздкин В.К., Заикин II.А., Быков А.А., Макиев Ю.Д., Малышев Д.В., Назаров В.Б. Методика оценки эколого-экономических последствий загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами // Проблема анализа риска. 2005. Т. 2. №1. С. 6-28.
- 4. *Давыдова С.Л., Тагасов В.П.* Нефть как топливный ресурс и загрязнитель окружающей среды. М.: Изд-во РУДН, 2004. 131 с.
- 5. *Михеева А.С., Аюшеева С.Н.* Разработка методологии обоснования приоритетных территорий природоохранного инвестирования // Экономика устойчивого развития. 2017. №2 (30). С. 183-186.
- 6. *Михеева А.С., Аюшеева С.Н.* Сравнительный анализ экономического ущерба окружающей среде на модельных территориях // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2014. № 3 (48). С. 92-96.
- 7. Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю., Потравный И.М., Мелехин Е.С. Экономика и управление природопользованием. Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Изд-во ЮРАЙТ, 2017. 343 с.
- 8. Новоселов А.Л., Новоселова II.Ю., Потравный II.М. Модель освоения минерально-сырьевых ресурсов в регионе на основе принципов «зеленой» экономики // Горный журнал. 2017. №7. С. 55-58.
- 9. *Носов С.І.*І., *Бондарев Б.Е., Генгут ІІ.Б., Черняховский О.ІІ*. Экономическое регулирование землепользования в зоне добычи железорудного сырья // Горный журнал. 2016. №2. С. 54-55.
- 10. Носов С., Моисеев Ю., Родина Н. Земельные ресурсы как фактор продовольственной безопасности России // Международный сельскохозяйственный журнал. 1997. № 4. С. 5 11.
- 11. Порфирьев Б.Н., Тулупов А.С. Оценка экологической опасности и прогноз экономического ущерба от аварийных ситуаций на промышленных предприятиях // Проблемы прогнозирования. 2017. №6. С. 37-46.
- 12. Потравный И.М. Экологический менеджмент: зарубежная хозяйственная практика // Экономика и математические методы. 1997. Т. 33. Вып. 1. С. 163-166.
- 13. Потравный И.М., Бутолина Т.А. Финансовые гарантии при трансграничных перевозках отходов // Экономика природопользования. 1998. № 4. С. 93-103.
- 14. Потравный И.М. Компенсационные затраты в системе инструментов экологической экономики // Механізм регулювання економіки. 2005. № 3. С. 44-58.
- 15. Потравный И.М., Ауговая Е.А. Компенсационный подход к управлению природопользованием при реализации проектов в нефтегазовой сфере // Современные проблемы управления проектами в инвестиционностроительной сфере и природопользовании. Сб. трудов к межд. научнопракт. конф. М.: ЗАО «Гриф и К», 2014. С. 266-272.

- 16. Потравный И.М., Зоидов К.Х. Моделирование эколого-экономических процессов на основе применения функций негативного воздействия на окружающую среду// Экология. Экономика. Информатика. Материалы XL конф. «Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования». Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2012. С. 424-429.
- 17. Сухорукова II.В., Выборнова II.II., Выборнов А.Н. Экономико-математические модели для анализа последствий загрязнения территорий // Информационные технологии в образовании, науке, технике и гуманитарной сфере. Межвузовский сб. трудов. М., 2014. С. 203-210.
- 18. Сухорукова II.В., Швед Е.В. Применение процедуры экологического аудита в системе экологического страхования сельскохозяйственных предприятий на загрязненных территориях // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2014. № 7. С. 9-13.
- 19. *Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М.* Совершенствование управления природоохранной деятельностью на территориях экологически опасных объектов // Экономика природопользования. 2000. № 1. С. 33-45.
- 20. Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М. Эколого-экономические риски: методы определения и анализа // Экономика природопользования. 2001. Ne 6. C. 2-108.
- 21. Тулупов А.С. Возмещение экологического вреда в экономике горного производства // Горный журнал. 2017. № 8. С. 61-65.
- 22. Умнов В.А., Эбрахими А.Т. Анализ эколого-экономических рисков на предприятиях нефтегазового сектора экономики // Актуальные проблемы государственного и муниципального управления: IV Сперанские чтения. Сб. статей Межд. науч. конф. М.: Российский государственный гуманитарный университет, 2017. □ С. 194-199.
- 23. Умнов В.А. Пространственные ресурсы, их значение и оценка // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал. 1996. № 5. С. 98-102.
- 24. *Яшалова Н.Н.* Эколого-экономические приоритеты сельского хозяйства при переходе к «зеленой» экономике // Экономика природопользования. 2014. № 3. С. 46-56.
- 25. Amadi A., Dickson, A. and Maate G.O. Remediation of oil polluted soils: Effect of organic and inorganic nutrient supplements on the performance of maize // Water air soil pollution. 1993. № 66. P. 59-76.
- 26. Gengut I., Alnykina E., Davaakhuu N., Potravnyy I. Management of Environment Cost in the Project: the Experience of Russia and Mongolia // Baltic Journal of Real Estate Economics and Construction Management. 2015. Vol. 3. P. 140-150.
- 27. Da Coasta. Oil Pollution in Nigeria. [Электронный ресурс]. URL: www.greenature.com/articles 266.html. By Christian Purefoy, CNN, June 30, 2010.
- 28. Khan F.I., Husain T., Hejazi R. An overview and analysis of site remediation technologies // Journal of Environmental Management. 2004. № 71. P. 95-122.
- 29. Nwachukwu S.U. Bioremediation of sterile agricultural soils polluted with crude petroleum by application of Pseudomonas putida with inorganic nutrient supplementations // Current Microbiology. 2001. № 42(4). P. 231-236.
- 30. Oyem A. (2001) Christian Call for Action in Nigeria Oil Spill (Sage-Oxfords Christian Environment Group) Effects of an oil spill on soil physic-chemical properties. [Электронный ресурс]. URL: http://www.academicjournals.org/AJAR.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

О.Б. Дубинский младший научный сотрудник, аспирант URL: olegd26@gmail.com

Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН O.B. DOUBINSKY, Junior Researcher, post-graduate student, Institute of Global Climate and Ecology, Russian Academy of Sciences and the Hydromet URL: olegd26@gmail.com

В статье дана характеристика возможностей успешного развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Арктической Зоне России. Указаны основные проблемы создания энергокомплексов, функционирующих на основе ВИЭ в арктических условиях. Обозначены риски развития ВИЭ в Арктической Зоне России, среди которых отмечаются инвестиционные, технические, кадровые и климатические. Разработаны схемы оценки влияния инвестиций в ВИЭ на перспективы развития отрасли альтернативной энергетики РФ, деятельности регионального департамента по ВИЭ. Даны предложения для оптимизации развития ВИЭ и их перспективного применения в Арктической Зоне России, которые включают принятие на законодательном уровне ряда инициатив.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, риски развития возобновляемых источников энергии, региональный департамент по возобновляемым источникам энергии

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE ARKTICHESKOY ZONE OF RUSSIA

O.B.Dubinsky

The article describes the possibilities of successful development of renewable energy sources (RES) in the Arctic Zone of Russia. The main problems of creating energy complexes operating on the basis of RES in arctic conditions are indicated. The risks of RES development in the Arctic Zone of Russia are indicated, among which there are investment, technical, personnel and climate. Schemes for the evaluation of the impact of investments in renewables on the prospects for the development of the alternative energy sector of the Russian Federation, the activities of the regional department for renewable energy have been developed. Proposals have been made to optimize the development of renewable energy sources and their promising applications in the Arctic Zone of Russia. They include the adoption of a number of initiatives at the legislative level.

Keywords: renewable energy sources, renewable energy development risks, regional department for renewable energy sources.

Введение

В настоящее время можно констатировать, что Россия уже обладает достаточно существенным опытом успешной реализации проектов в сфере ВИЭ. Этот опыт накапливался с 60–70-х годов XX в., когда в СССР начали проводиться НИОКР и делались практические шаги в направлении использования ВИЭ. Так, в 1967 г. появилась первая в стране Паужетская ГеоТЭС мощностью 11 МВт на Камчатке. В 1968 г. с использованием отечественного прогрессивного метода наплавного строительства была запущена Кислогубская ПЭС мощностью 0,4 МВт. В это же время разрабатывались фотоэлектрические установки автономного электроснабжения, и в 80-е годы были проведены мероприятия по развитию солнечной энергетики: в Крыму был реализован пилотный проект по вводу в эксплуатацию первой солнечной электростанции (СЭС-5) мощностью 5 МВт с термодинамическим циклом преобразования энергии. К началу 90-х годов суммарная площадь солнечных установок горячего водоснабжения составляла около 150 тыс. м², а ежегодно производимых солнечных коллекторов — 80 тыс. м².

Несмотря на экономические и политические проблемы, связанные с распадом СССР и переходом России к рыночной экономике, удалось сохранить, хотя и на более низком уровне, имевшийся научно-технический потенциал и даже в некоторых случаях увеличить производство ВИЭ-оборудования. Задача статьи — предложить пути оптимизации развития ВИЭ и их перспективного применения в Арктической Зоне России (АЗРФ), которые включают принятие на законодательном уровне ряда инициатив.

Основное содержание

Согласно планам правительства, инвестиции в сферу ВИЭ до 2020 г. должны составить 1 трлн. руб., а доля возобновляемых источников энергии в энергобалансе вырастет до 2,5 %. Новые мощности на основе ВИЭ в тот же период расширятся до 6,2 ГВт, при этом внимание будет акцентировано на развитии ветровой энергетики, а также на возведении солнечных и малых ГЭС (мощностью до 25 МВт). По данным комитета Государственной Думы РФ по энергетике, к 2020 г. в России общая мощность ВИЭ-оборудования по видам возобновляемых источников энергии может достичь следующих показателей (ГВт): энергия ветра – 6,15, энергия солнца – 2,0, энергия воды (малые ГЭС) – 1,97, энергия биомассы (включая биогаз) – 0,9. На рис. 1 дана оценка влияния инвестиций в ВИЭ на перспективы развития отрасли альтернативной энергетики РФ [1].

Акцентируя внимание на перспективах развития ВИЭ в АЗРФ, директор Научно-образовательного центра "Возобновляемые виды энергии и установки на их основе" Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета В.В. Елистратов выделяет основные проблемы создания энергокомплексов, функционирующих на основе ВИЭ в арктических условиях. По мнению В.В. Елистратова, к таким проблемам относятся:

- отсутствие достоверных оценок ресурсов ВИЭ в районах расположения систем энергоснабжения вследствие разреженной сети метеостанций и ограниченной природно-климатической информации;
- суровые природно-климатические условия АЗРФ с аномально низкими зимними температурами и периодом обледенения, превышающим 60 дней в году;

- низкий уровень развития транспортной и строительной инфраструктуры (отсутствие квалифицированного персонала, дорог, техники);
- отсутствие российского оборудования, комплектующих и значительного опыта создания энергокомплексов на основе ВИЭ, позволяющих обеспечить энергоснабжение потребителей с высокой долей замещения дизельного топлива [2].

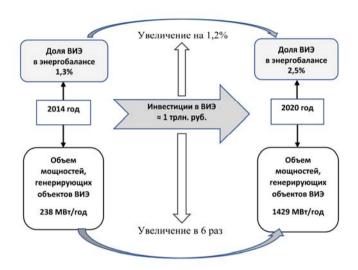


Рис.1. Оценка влияния инвестиций в ВИЭ на перспективы развития отрасли альтернативной энергетики РФ.

Источник: составлено автором на основании статистических данных: Матвеев И.Е. Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики в мире и РФ / И.Е. Матвеев // БИКИ. – 2012, № 131. – С. 14-15 [1].

Следовательно, при разработке проектов генерирующих объектов на базе ВИЭ в АЗРФ основными рисками для инвестора являются:

- климатические генерирующим объектам необходимо быть адаптированными к климатическим условиям суровой зимы и достаточно жаркого лета;
- инвестиционные инвестору, финансирующему строительство энергокомплекса из собственных источников, необходимо иметь гарантии в виде договоров, подтверждающие намерение другой стороны покупать электроэнергию, произведенную генератором ВИЭ по заранее оговоренному тарифу;
- кадровые высокая вероятность отсутствия квалифицированных специалистов, осуществляющих обслуживание генерирующих объектов ВИЭ. Для эффективной работы генераторов ВИЭ необходим персонал, обладающий навыками работы с генерирующим оборудованием определенного производителя;

• технические — генерирующим комплексам ВИЭ присущи такие технологические недостатки, ограничивающие их широкое практическое применение, как невысокая плотность энергетических потоков и их нестабильность во времени и, в результате, необходимость больших расходов на оборудование, осуществляющее сбор, аккумулирование и преобразование энергии.

Однако, в то же время, как свидетельствует В.В.Елистратов, в целях эффективного внедрения ВИЭ для автономной генерации в АЗРФ уже решен ряд научно-технических задач:

- разработана методика достоверной оценки ресурсов ВИЭ в районах размещения энергоустановок в условиях ограниченных метеорологических и климатических данных, а также сделана оценка потенциала ВИЭ для регионов РФ;
- подготовлены модели и программы по обоснованию состава, оптимальных параметров и режимов работы автономной энергоустановки на базе ВИЭ для обеспечения энергией потребителей в децентрализованном секторе энергетики АЗРФ;
- определены принципы функционирования и разработан программно-аппаратный модуль интеллектуальной системы управления энергокомплексом на базе ВИЭ, что делает возможным ее интеграцию как активноадаптивной установки для бесперебойного снабжения энергией потребителей с значительной долей замещения органического топлива (более 50%);
- апробирована методика оценки энергоэкономической эффективности систем энергообеспечения на базе ВИЭ;
- созданы инновационные технологии для преобразования энергии ВИЭ [2].

Следует также добавить, что при создании автономных энергокомплексов на основе ВИЭ в АЗРФ имеют реальные перспективы широкого использования критерии их оптимизации. Как основные из них Научнообразовательный центр "Возобновляемые виды энергии и установки на их основе" определяет:

- максимум времени автономности: Т_a → max;
- максимум полезной генерации возобновляемой энергии: W_{виэ} →max;
- минимум удельной стоимости электроэнергии: LCOE → min;
- минимум вредных выбросов в атмосферу: $CO_2 \to min$ [2].

В дополнение к вышесказанному стоит отметить, что для развития и оптимизации внедрения ВИЭ в децентрализованном секторе энергоснабжения специалистами Томского Политехнического Университета и Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова разработан алгоритм комплекса внедрения варианта автономной системы электроснабжения. Данный алгоритм включает оценку системы электроснабжения изолированных потребителей на основе принадлежности населенного пункта к типам децентрализованной и ветропотенциальной зон, определение показателей децентрализованности. Таким образом, с помощью этого алгоритма происходит выбор перспективного для внедрения варианта автономной системы электроснабжения и оценивается эколого-экономическая эффективность внедрения варианта автономной системы электроснабжения. Данный алгоритм в перспективе может быть использован для эффективного внедрения ВИЭ в сфере автономной генерации.

Материалы и методы

Материалами исследования послужили статистические данные, предоставленные комитетом Государственной Думы РФ по энергетике и аналитическая информация Научно-образовательного центра "Возобновляемые виды энергии и установки на их основе" Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета. В исследовании применялись метод комплексного экономического анализа, статистический метод, а также метод моделирования, благодаря которому было создано несколько структурных схем. В ходе исследования также применялся метод классификации, что дало возможность классифицировать основные риски для инвестора при разработке проектов генерирующих объектов на базе ВИЭ в АЗРФ.

Результаты исследования и обсуждение

Обзор публикаций в сфере развития ВИЭ в Арктической Зоне России свидетельствует о том, что имеются ограниченные сведения об оценке влияния инвестиций в ВИЭ на перспективы развития отрасли альтернативной энергетики РФ и принятии на законодательном уровне ряда инициатив для оптимизации развития ВИЭ и их перспективного применения в Арктической Зоне России, опубликованные в работах В.В. Победоносцевой [3], Т.С. Габдерахмановой, С.В. Киселевой, С.И. Зайцева, А.Б. Тарасенко, В.П. Шакуна [4], О.С. Попеля [5].

Таким образом, по мнению автора, в качестве предложений для успешного развития ВИЭ в АЗРФ в перспективе необходимо принятие на законодательном уровне следующих инициатив:

- Установление фиксированного тарифа для генерирующих объектов на основе ВИЭ на период их окупаемости. Тариф корректируется ежегодно, в зависимости от динамики инфляции. Срок окупаемости рассчитывается с учетом совокупности вышеупомянутых рисков и включает возмещение процентной ставки при использовании инвестором кредитных средств. Также необходимо наличие возможности продления фиксированного тарифа больше срока окупаемости, в случае когда собственник генерирующих объектов может подтвердить, что объект не стал самоокупаемым в обозначенный срок;
- Предоставление налоговых льгот для энергоустановок ВИЭ на период окупаемости;
- Утверждение законопроекта, предписывающего местным энергетическим компаниям, а также поставщикам электроэнергии приобретать электрическую энергию от генераторов на основе ВИЭ по фиксированному тарифу в приоритете по отношению к генераторам, работающим на органическом топливе;
- Разработка и реализация программ по государственному софинансированию проектов развития ВИЭ с помощью выполнения следующие действий:
- о финансирование за счет средств регионального или федерального бюджета;
- о применение упрощенной схемы предоставления государственных гарантий;
 - о возмещение процентной ставки выплаты по кредиту;
- о использование схем льготного кредитования строительства энергетических объектов, при которых предприятия будут являться поручителями при получении кредитов;

- Установление минимального предела электроэнергии, вырабатываемой на основе ВИЭ(в объеме не менее 50% от суммарного производства или потребления электроэнергии) для децентрализованных генерирующих компаний в пределах АЗРФ с высоким потенциалом ВИЭ;
- Создание на региональном уровне в АЗРФ государственного управляющего и контролирующего органа, обладающего определенными полномочиями и финансовыми возможностями и исполняющего обязательства перед правительством региона в сфере деятельности по выполнению федеральной и региональных программ в области ВИЭ. Также будет целесообразным основание в составе данного органа Инвестиционного Фонда по развитию ВИЭ, финансирование которого сможет осуществляться за счет средств энергетических компаний (определенного процента от прибыли), которые затем могут быть использованы для финансирования НИОКР и проектов в сфере ВИЭ. В то же время энергетические компании смогут выполнять вышеупомянутые отчисления в соответствии с законодательством по ВИЭ, создание которого будет в компетенции нового органа. Его можно создать в форме самостоятельного регионального департамента по ВИЭ. На рис. 2 показана схема деятельности этого департамента.

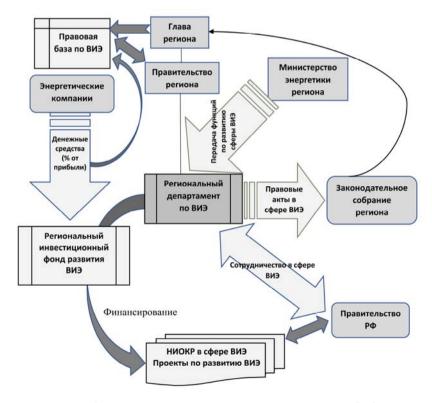


Рис. 2. Схема деятельности регионального департамента по ВИЭ Источник: разработано автором.

К полномочиям этого Органа должны относиться вопросы планирования, разработки и выполнения региональных программ и системы нормативно-правовой базы в сфере ВИЭ, финансирования и субсидирования с частным сектором основных направлений развития данной сферы, контроля на региональном уровне за исполнением реализуемых программ по ВИЭ. Финансирование этого органа сможет осуществляться за счет обозначенного выше Инвестиционного Фонда. Кроме того, будет рационально передать этому органу функции регионального министерства энергетики по ВИЭ как единому органу, ответственному за прогресс в сфере возобновляемой энергетики.

Заключение

По мнению автора, предложения для оптимизации развития ВИЭ и их перспективного применения в Арктической Зоне России в то же время включают принятие на законодательном уровне таких инициатив как установление фиксированного тарифа для генерирующих объектов на основе ВИЭ на период их окупаемости, предоставление налоговых льгот для энергоустановок ВИЭ на период окупаемости, разработку и реализацию программ по государственному софинансированию проектов развития ВИЭ, установление для децентрализованных генерирующих компаний в пределах АЗРФ минимального предела электроэнергии, вырабатываемого на основе ВИЭ в объеме не менее 50% от суммарного производства или потребления электроэнергии.

Список использованной литературы

- 1. *Матвеев И.Е.* Состояние и перспективы развития возобнов∧яемой энергетики в мире и РФ // БИКИ. 2012, № 131. С. 14-15.
- 2. Официальный сайт Научно-образовательного центра "Возобновляемые виды энергии и установки на их основе" Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета Петра Великого http://noc.cef.spbstu.ru/ (дата обращения 12.04.2017).
- 3. *Победопосцева В. В., Бежан А. В.* Стимулирование использования энергии ветра на примере ветропарка в городе Гаджиево Мурманской области. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2015.- С. 107-120.
- 4. Габдерахманова Т.С., Киселева С.В., Зайцев С.Н., Тарасенко А.Б., Шакун В.П. Использование солнечных фотоэнергетических установок: результаты мониторинга и прогноза производительности // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 19. С. 48–54.
- 5. Попель О.С. О перспективах и нишах использования возобновляемых энергоресурсов в Арктике // Региональная энергетика и энергосбережение. 2016. № 2. С. 62–63.

References

1. Matreev I.E. State and prospects for the development of renewable energy in the world and the Russian Federation / I.E. Matreyev // BIKI. - 2012. - No. 131. - P. 14-15.

- 2. Official site of the Scientific and Educational Center "Renewable types of energy and installations based on them" of St. Petersburg State Polytechnic University of Peter the Great http://noc.cef.spbstu.ru/ (circulation date 12.04.2017).
- 3. Pobedonostseva V. V. Stimulation of the use of wind energy in the example of a wind farm in the city of Gadzhievo, Murmansk region / V. V. Pobedonostseva, A. V. Bezhan. Apatity: Ed. Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2015. P. 107-120.
- 4. Gabderakhmanova T.S., Kiseleva S.V., Zaitsev S.I., Tarasenko A.B., Shakun V.P. Using solar photovoltaic systems: results of monitoring and forecasting of productivity // Alternative energy and ecology. 2015. No. 19. P. 48-54.
- 5. *Popel O.S.* On the prospects and niches for the use of renewable energy resources in the Arctic // Regional energy and energy saving. 2016. No. 2. P. 62-63.

ПРОБЛЕМЫ СТРАХОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВЗАИМНОГО СТРАХОВАНИЯ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ СТРАХОВЫХ УСЛУГ

Х–В.Н. Вамвакас

(Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва) xarvamvakas@gmail.com

В статье рассмотрены проблемы организации обществ взаимного страхования в Российской Федерации. Проанализированы основные причины недостаточного развития этого сектора страховых услуг в России по сравнению с развитыми странами, связанные с невысокой финансовой устойчивостью этих обществ на начальном этапе своих деятельности, в условиях экономической нестабильностью. Обсуждаются возможные механизмы повышения их финансовой устойчивости на основе использования возможных форм сотрудничества с государством, регионами и муниципалитетами.

Ключевые слова: взаимное страхование, финансовая устойчивость, государственная поддержка, кредитование, субсидирование, перестрахование

MUTUAL INSURANCE IN THE CONTEXT OF RUSSIAN ECONOMY

C–V.N. Vamvakas (Plekhanov Russian University of Economics, Moscow)

The article deals with the problems, related to the lack of organizing of mutual insurance societies in Russian Federation. The article analyzes the main reasons of insufficient progress of the sector of insurance services in Russia in comparison with the other developed countries. These reasons are related to the low level of financial sustainability of these societies, especially in the early stages of their activity in the environment of economical instability. The article proposes some possible mechanisms for increasing societies' financial sustainability, based on the cooperation with the government, the regions and the municipalities.

Key words: mutual insurance, financial sustainability, state support, credit, subsidy, reinsurance

Одним из важнейших механизмов, способствующих укреплению финансовой и экономической стабильности хозяйствующих субъектов, является взаимное страхование. При взаимном страховании каждый страхователь, обеспечивая страховую защиту своих имущественных интересов,

вместе с группой других страхователей, как правило, имеющих такие же интересы, создает Общество Взаимного Страхования (ОВС), капиталы которого используются для покрытия страховых убытков. Эти капиталы формируются за счет вступительных взносов членов общества и их ежегодных взносов. При этом, члены общества могут вносить дополнительные взносы, если имеющихся у ОВС средств оказывается недостаточно для исполнения страховых обязательств [1].

В настоящее время взаимное страхование является одной из самых распространённых и развивающих услуг на мировом рынке. Глобальный сектор взаимного страхования составил в общей сложности 1,2 миллиарда долларов по страховым премиям в 2015 году. Организации взаимного страхования занимают примерно 27% мирового страхового рынка, а в нескольких секторах страховой деятельности (страхование жизни, морское страхование, агрострахование) доля взаимного страхования является доминирующей. Согласно Международной Федерации Кооперативного и Взаимного Страхования (ICMIF), в 2015 г. наибольшее количество организаций взаимного страхования зарегистрировано в Северной Америке (36,2%) и в Европе (31,2%). Во Франции на страховом рынке доля взаимного страхования составляет 49,7%, в Германии 47%, в Японии 39,1% и в США 37,7% (см. табл. 1) [2, 7].

Таблица 1 Доля ОВС на крупнейших страховых рынках в 2015 г., %

Страна	Доля ОВС
США	37,7
Япония	39,1
Китай	0,2
Великобритания	8,5
Франция	49,7
Германия	47
Италия	22,1

Источник: Международная Федерация Кооперативного и Взаимного Страхования

Такая ситуация во многом объясняется объективными преимуществами взаимной формы создания страхового продукта по сравнению с коммерческой формой.

Взаимное страхование одного или незначительного количества рисков более выгодно по сравнению с коммерческим страхованием вследствие более низкого тарифа. Страховой тариф Общества Взаимного Страхования включает в себя только затраты непосредственно на страховую защиту и на ведение дела. Некоммерческая направленность исключает прибыль из цены страхования. В то же время коммерческие страховщики склонны завышать премию за свои услуги особенно в условиях низкой конкуренции или при страховании нетипичных для себя рисков [4].

Взаимное страхование трактуется как договоренность между группой физических или юридических лиц, главной целью которых является взаимопомощь и сотрудничество при управлении и покрытии определенных, как правило, характерных для них рисков. В случае коммерческого страхования, за управление рисками «чужих» страхователей ответственны собственники страховой компании, которых интересует получение прибыли.

У членов ОВС цель иная – создание страховой защиты, удовлетворяющей именно их интересы [1, 4].

Общество Взаимного Страхования в большой мере учитывает потребности каждого члена, так как условия и договоры страхования рассматриваются самими страхователями — членами ОВС. В соответствии с потребностями членов формируются подробные условия страхования: описание страховых случаев, определение суммы взносов и размеров выплат. Ни одна коммерческая страховая организация не может обеспечивать условия, превосходящие те, которые утвердят сами страхователи ОВС [1].

Взаимное страхование обеспечивает сохранение избытков и резервов накопленных средств. Все средства ОВС находятся в собственности и управлении самих страхователей – его членов. Фонды общества используются только в интересах участников.

Взаимное страхование имеет определенную привлекательность и для государства, регионов и муниципалитетов, поскольку позволяет снизить расходы на покрытие убытков населению, знакомым для них коммерческим организациям в случае проявления неблагоприятных событий различной природы [5].

В России отрасль взаимного страхования стала развиваться примерно 10 лет назад. В декабре 2007 г. появились законодательные основания для образования и деятельности обществ взаимного страхования, так как вступил в силу Закон «О взаимном страховании» от 29 ноября 2007 г. №286 — ФЗ, внесен ряд поправок в Закон «Об организации страховой деятельности в Российской Федерации» от 27 ноября 1992 г. №4015. Однако, очевидно, что взаимное страхование в России применяется недостаточно широко и не представляет серьезную конкуренцию для коммерческих страховщиков. Согласно Международной Федерации Кооперативного и Взаимного Страхования, в 2015 г, в России, доля рынка взаимного страхования вычисляется примерно 0,8% [6].

Существует несколько причин, которые тормозят развитие взаимного страхования в России. В первую очередь к их числу относится несовершенная законодательная база. Современное законодательство позволяет в рамках взаимного страхования осуществление только страхования имущества и имущественных интересов. Это значительно снижает количество рисков, которые могут взять на себя ОВС, что приводит к падению конкурентоспособности взаимного страхования перед коммерческим страхованием [3].

Еще одной проблемой является то, что в силу недостаточной финансовой мощности из-за ограниченного числа их членов, ОВС могут возмещать только мелкие или средние ущербы, а возмещение крупных или катастрофических страховых потерь им не под силу.

В значительной степени развитие взаимного страхования сдерживается и высокими уровнями рисков потери финансовой устойчивости ОВС в начале своей деятельности. Фонды общества часто в начале его существования не имеют достаточных средств для покрытия потерь при возникновении неблагоприятных событий. Большинство успешных и крупных мировых ОВС создавались в длительных стабильных экономических условиях, с малой частотой потрясений на страховых рынках [5]. Современная Россия, сравнительно с другими странами, характеризуется высокими вероятностями проявления неблагоприятных ситуаций различной природы, поэтому возникает необходимость быстро сформировать денежный фонд значительного объема, желательно не повышая размеры взносов участников.

В такой ситуации, ОВС нуждается в дополнительных источниках финансирования, обеспечивающих финансовую устойчивость общества и вы-

полнение взятых обязательств при наступлении неблагоприятных событий. Учитывая значимость ОВС для общества, в качестве дополнительных источников может выступать государственный, региональные или даже муниципальные бюджеты. В дальнейшем источники финансовой поддержки ОВС будем обозначать термином «Центр».

Можно выделить три основных механизма возможной государственной поддержки Обществ Взаимного Страхования [5].

Кредитование. Центр предает ОВС долгосрочный кредит на льготных условиях. Такой кредит характеризуется низким уровнем ставки, а в некоторых случаях ее полным отсутствием. Подобные кредиты выделяются в РФ для поддержки семей, отраслей экономики, некоторых наиболее важных предприятий.

Субсидирование. Центр ежегодно субсидирует участникам ОВС часть страховых премий. Субсидия (от лат. subsidium – помощь, поддержка) – выплаты потребителям, предоставляемые за счёт государственного или местного бюджета, а также выплаты специальных фондов для юридических и физических лиц, местных органов власти, других государств. Прямые субсидии используются для финансирования фундаментальных научных исследований и опытно-конструкторских работ (гранты), внедрения в производство новой техники и переподготовки кадров. Косвенное субсидирование осуществляется средствами налоговой и денежно-кредитной политики. Например, государство может применять льготное налогообложение прибыли корпораций, возврат прямых налогов и таможенных пошлин, государственное гарантирование и страхование депозитов, экспортных кредитов, предоставлять частным объединениям кредиты на льготных условиях.

Деление риска – перестрахование. Центр играет роль перестраховщика, принимая на себя часть рисков ОВС. Перестрахование является системой экономических отношений, в процессе которых страховщик, в том числе ОВС передает на согласованных условиях часть ответственности другим страховщикам, в этом случае, государству. Надежная система перестрахования, зачастую, может выступать одним из конкурентных преимуществ для всякой страховой организации, которая вступает в борьбу за привлечение клиента. Кроме того, перестрахование является финансовым инструментом, который ОВС может использовать для сбалансирования своего страхового портфеля, защиты от больших и частых убытков, расширения перечня рисков, которые она может принимать на страхование.

В зависимости от системы распределения рисков между перестрахователем и перестраховщиком выделяют два вида перестрахования: пропорциональное и непропорциональное перестрахование.

Пропорциональное перестрахование предполагает распределение страховых сумм, страховых премий и убытков между цедентом и перестраховщиком пропорционально, согласно распределенным долям риска. В обобщенной форме пропорциональное перестрахование действует по принципу «перестраховщик разделяет риск цедента». В практике страхования сформировались следующие формы договоров пропорционального перестрахования: квотный, эксцедентный, квотно-эксцедентный или смешанный.

При непропорциональном перестраховании объем обязательств перестраховщика по покрытию риска определяется исключительно величиной ущерба, а перестраховщик принимает участие в возмещении ущерба лишь в том случае, когда превышает обусловленный лимит убыточности.

Примерами государственной поддержки ОВС являются поддержка систем взаимного медицинского страхования материнской смертности в Гвинее и Чаде.

В обоих странах уровень материнской смертности является одним из самых высоких в мире. Вероятность смерти беременной женщины во время родов в Гвинее составляет 4,5% и в Чаде 1,1%. Правительства Гвинея и Чада с помощью международных организацией, таких как Управление Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по делам беженцев (УВКБ ООН) и ЮНИСЕФ, в 2013 г. приняли решение о реализации проекта субсидирования взаимных обществ медицинского страхования беременных женщин, улучшения условий доступа к медицинского обслуживания. С помощью государственной поддержки в обоих странах число смертей на 100 000 родов сократилось в 2015 году до 300, хоть 15 лет назад число смертей составляло 900 на 100 000 [8].

В целом государственная поддержка является важным компонентом обеспечения финансовой устойчивости Обществ Взаимного Страхования, особенно в начале деятельности, когда ОВС еще не имеет достаточных объемов финансовых ресурсов для покрытия рисковых убытков его членов при ухудшении условий их деятельности.

Используемая литература:

- 1. Aидреева E. B., Pусакова O. II. Страхование: курс лекций Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2015. 263 с.
- 2. *Колесникова Т. В.* Страхование в системе международных экономических отношений: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2015. 148 с.
- 3. Окорокова О.А. Управление Страховыми Резервами Страховых Организаций // Вопросы экономики.- 2012.- №2 (92).- С. 48-51.
- 4. Прокопьева Т.В. Страхование. Учебное пособие для дневной и заочной форм обучения направления подготовки «Экономика». Рубцовский индустриальный институт, 2014. 140 с.
- 5. Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М., Хамитов Э.М. Повышение устойчивости общества взаимного страхования на основе государственной поддержки // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика.- 2016.- № 4.- С. 107-114.
- 6. Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М., Хамитов Э.М. Методы оценки эффективности государственного обеспечения устойчивости обществ взаимного страхования // Научный бюллетень Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – Москва, 2017. - С. 177-181.
- 7. Международная Кооперативная Федерация Взаимного Страхования. [Электронный ресурс]. URL: https://www.icmif.org/publications/global-mutual-market-share/global-mutual-market-share-2015.
- 8. Поддержка планов взаимного медицинского страхования и привлечение органов здравоохранения к сокращению материнской смертности в Гвинее и Чаде. [Электронный ресурс]. URL: http://fondation-sanofiespoir.com/en/ngo-supporting-mutual-health-insurance-guinea-chad.php.

АНАЛИЗ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ И ЭКОНОМИКА: ВЗАИМОСВЯЗЬ, ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ!

д.э.н., заведующий кафедрой экономики и управления Н.Н. Яшалова

д.э.н., профессор кафедры экономики и управления В.С. Васильцов

к.э.н., доцент кафедры экономики и управления Е.Н. Яковлева

аспирант кафедры экономики и управления Р.С. Костин (Череповецкий государственный университет)

Ph.D., к.г.-м.н., доцент Высшей школы бизнеса Д.А. Рубан (Южный федеральный университет)

В настоящей статье предлагается к рассмотрению авторский взгляд на теоретические аспекты климатических рисков как экономической категории. С целью повышения результативности управления такого рода рисками и снижения уровня неопределённости необходимо комплексное исследование их экономической сущности. Учитывая большой размер территории России, её географическое положение, ресурсоориентированность экономики, демографические особенности населения, при разработке концепций и стратегий социальноэкономического развития России обязательно необходимо принимать во внимание перемены, происходящие в результате климатических изменений. Так как изменения климата связаны не только с рисками, но и с определенными перспективами развития (увеличение сельхозплощадей, повышение привлекательности туризма, разведка и добыча углеводородных ресурсов на арктическом шельфе, развитие Северного морского пути, сокращение отопительного периода и т.п.), необходимо всестороннее развитие теоретического инструментария с целью эффективных прикладных исследований и разработок в сфере климатического менеджмента (в т.ч. риск-менеджмента).

Ключевые слова: климат, риск, ущерб, неопределенность, причины климатических изменений, принципы управления климатическими рисками.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта № 18-010-00549

CLIMATIC RISKS AND ECONOMY: RELATIONSHIP, PECULIARITIES AND MANAGEMENT PRINCIPLES²

D.Econ.Sci., Head of Department of Economics and Management N.N. Yashalova

D.Econ.Sci., Professor of Department of Economics and Management V.S. Vasil'tsov

C.Econ.Sci., Associate Professor of Department of Economics and Management E.N. Yakovleva

Post-Graduate Student of Department of Economics and Management R.S. Kostin (Cherepovets State University)

Ph.D., C.Geol.-Miner.Sci., Associate Professor of Higher School of Business D.A. Ruban (Southern Federal University)

This article offers the authors' view of the theoretical aspects of climatic risks as economical category. For the purpose of increase in the efficacy of management of such risks and decrease in the level of uncertainty, a complex investigation of their economical essence is necessary. Taking into account the big size of Russia, its geographical position, focus on natural resources of its economy, demographical peculiarities of the population, important transformations linked to climatic changes should be considered when concepts and strategies of socio-economical progress of Russia are developed. As climate changes are linked to not only risks, but also perspectives of development (increase in rural lands, tourism attractiveness, exploration and exploitation of hydrocarbon resources on the Arctic shelf, the Northern Marine Route development, decrease in the heating period etc.), it is necessary to maintain the all-embracing theoretical approaches for the purposes of efficient applied investigations and developments in the sphere of climatic management (including risk-management).

Key words: climate, risk, damage, uncertainty, climate change causes, principles of climatic risk management.

Введение

Процессы изменения климата, происходящие на планете в целом и в отдельных регионах, начинают влиять на всё более широкий спектр социально-экономических отношений. Продолжительное время ученые из разных стран изучали в основном косвенное влияние последствий колебаний среднегодовой температуры, минимальных корректировок продолжительности времен года на отдельные сферы жизни общества. Вышеуказанные явления имели несистемный характер, и, следовательно, размер экономического ущерба не сказывался существенно на государственных расходах, а потому поводов для глубоких междисциплинарных научных исследований не возникало. В последние десятилетия ситуация стала коренным образом менять-

-

² The reported study was funded by RFBR according to the research project № 18-010-00549

ся: последствия климатических изменений приобрели устойчивый и кумулятивный характер, что требует их всестороннего изучения с целью успешного прогнозирования [4], предупреждения и локализации всех последствий от их воздействия.

Все большую роль на воздействие климата начинает играть антропогенный фактор и результаты хозяйственной деятельности общества. Массовое применение неэффективных технологий в сфере энерго- и материалосбережения, развитие принципов общества потребления, загрязнение окружающей среды, слабое развитие системы альтернативных источников энергии и другие факторы привели к кумулятивному отрицательному воздействию на природно-климатические условия Земли. Одной из ключевых форм такого воздействия является процесс глобального потепления, вызванный увеличением объемов выбросов в атмосферу Земли парниковых газов (речь идет, прежде всего, о СО₂). При этом проблема не должна сводиться к "простому" расчету экономических эффектов глобального потепления. С одной стороны, данное явление сложно по своей сути, предполагает действие значительных обратных связей, проявляется дифференцированно на поверхности планеты [18]. С другой стороны, попытки минимизации его влияния вовсе не обязательно дают положительный эффект [22]; при этом могут создаваться избыточные нагрузки на экономические системы. Более того, политизация и чрезмерная общественная фокусировка на проблеме глобального потепления может приводить к принятию экологически несбалансированных решений (например, вырубка лесного массива ради установки солнечных батарей). В этой связи исключительную важность приобретает глубокая теоретическая разработка понятия о климатических рисках в экономическом контексте.

В изучении проблем, связанных с глобальным потеплением, принимают участие ученые из разных стран. При этом их деятельность осуществляется в двух форматах: исследовательском и экспертно-политическом. В первом случае речь идет о проведении обычных исследований с публикацией результатов в международных научных журналах. Во втором случае группы экспертов работают над подготовкой совместных докладов, формирующих "повестку дня". Хотя эти два формата дополняют друг друга, они, тем не менее, существуют разрозненно. Между научными публикациями и отчетами экспертных групп нередко можно увидеть значительные отличия, в т.ч. и касательно доказательной базы и прогнозов. Более того, деятельность в исследовательском формате приводит к публикации большого количества статей, суммирование данных из которых – отдельная задача. В этой связи массовое обращение исследователей к проблеме глобального потепления и ее социально-экономическим следствиям отчасти усиливает отмеченную выше неопределенность. Устранить этот парадокс за счет, во-первых, перевода деятельности из экспертно-политического в исследовательский формат и, во-вторых, усиления мета-научных исследований, связанных с систематическим мониторингом, обобщения и критического анализа разрозненно публикуемой информации.

Климатические изменения: вызовы для экономики

Участившиеся в последние годы аномальные климатические явления, такие как засухи, морозы, ураганы, штормы, продолжительные ливни, наводнения, смерчи, аномальная жара и другие природные катаклизмы, являются свидетельством изменения климата, которое происходит в планетарном масштабе и, значит, касается всех стран мира. Основополагающей причиной при этом выступает т.н. "парниковый эффект", вызванный избыточным антропогенным загрязнением атмосферы. Впервые в современной истории метеорологических наблюдений в 2015 г. было зафиксировано преодоление 1%-го порога превышения средней температуры на планете в сравнении с зафиксированной в XIX в. (с момента начала наблюдений за глобальной температурой). Данный факт можно связать с беспрецедентными темпами роста выброса парниковых газов в период с 2000 г. по настоящее время. Рост климатических рисков угрожает продовольственной безопасности, вызывает распространение заболеваний, гибель животных, растений и людей, обезлесивание и опустынивание одних территорий и затопление других, дефицит пресной воды, повышенный износ экономических объектов. Это приводит к негативным экономическим, в том числе финансовым, последствиям, но, что еще более важно, создает угрозу как для повышения качества жизни и благополучия населения, так и национальной безопасности страны. Проблема усугубляется комплексным и даже синергетическим характером последствий опасных климатических явлений. Поэтому климатические риски становятся в настоящее время главной угрозой развития как мировой, так и отечественной экономики. В то же время зарубежный и российский опыт преодоления негативных последствий таких явлений доказывает, что общество не готово объективно оценивать, предсказывать климатические риски, принимать превентивные меры по снижению вероятности их наступления, масштабов распространения и последствий, а также гибко адаптироваться к новым климатическим условиям. К примеру, в столь разных и удаленных друг от друга странах как Аргентина [19], Дания [23] и Танзания [17] выявлены проблемы с восприятием климатических изменений и соответствующих рисков, что связано как со своего рода пространственновременной локальностью мышления, так и с действием социальноэкономических, политических и информационных факторов. Однако в последние годы ситуация с готовностью общества серьезно рассматривать исследуемую проблему стала меняться в лучшую сторону [15, 20, 21].

Климатические изменения уже наносят весьма существенный ущерб хозяйственной системе России. В частности, Министерством сельского хозяйства страны на 40-й сессии Конференции продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (2017) сделан прогноз о том, что изменения климата для экономики Российской Федерации до 2030 г. создают угрозу ежегодных потерь в среднем до 1–2% валового внутреннего продукта (ВВП)³. Таким образом, если спроецировать прогнозные значения на текущие показатели (в 2016 г. ВВП Российской Федерации в текущих рыночных ценах составил около 86 000 млрд руб.⁴), то ежегодный ущерб от климатических изменений может варьироваться от 860 до 1 720 млрд руб.

Безусловно, происходящие климатические изменения принципиально отражаются на экономике народного хозяйства Российской Федерации, территория которой составляет более 17 млн км². Количество площадей, относящихся к районам Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, обладающими неблагоприятными и суровыми климатическими условиями, составляют 66% от площади страны. Имеются также территории с умеренными условиями (большая часть Северо-Западного, Приволжского

³ Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. URL: http://mcx.ru/press-service/news/aleksandr-tkachev-vystupil-na-40-y-sessii-konferentsii-fao/

⁴ Официальный сайт федеральной службы государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/bgd/free/B09_03/IssWWW.exe/Stg/d01/19.htm

федеральных округов, южная часть о. Байкал, большая часть Приморского края, Сахалина и Камчатки и т.п.), площадь которых составляет около 25% территории России, где в зимний период температура может достигать -16,5 °С. Здесь также слабо развито сельское хозяйство, характерно раннее начало отопительного сезона, и отдельные территории требуют дополнительного материального и социального стимулирования (введение районных коэффициентов, северных надбавок, выделение из федеральных бюджетов и фондов субсидий, субвенций, дотаций и т.п.). Следовательно, общий объем территорий Российской Федерации, где среднегодовая температура не превышает +13 °С, составляет до 90% [3].

Тенденции глобального изменения климата создают для всей хозяйственной системы России новые вызовы. В частности, большое количество городов было построено на вечной мерзлоте (Магадан, Якутск, Мирный, Воркуга, Игарка и т.д.), где климатические изменения могут привести к потере устойчивости грунтов и, как следствие, деформации и разрушению несущих конструкций различных зданий и сооружений (жилые дома, промышленные объекты, детские сады). Интенсивность происходящих процессов зависит от месторасположения конкретного населенного пункта. Так, по мнению российских и американских ученых⁵, городам Салехард и Анадырь может быть причинён ущерб от таяния вечной мерзлоты уже в середине 2020-х гг., а в Якутске и Норильске разрушений стоит ожидать в 2040-х гг. В настоящее время особое внимание необходимо уделить изменению технологий при строительстве новых и обслуживании существующих коммуникаций (дороги, трубопроводы, мосты, энергосети), которые находятся на вечной мерзлоте. Они также подвержены риску разрушения. Особенно это касается нефте- и газопроводов, с помощью которых осуществляется доставка энергоресурсов для предприятий и социальной инфраструктуры, а также на экспорт. Разрушение вышеуказанных коммуникаций может причинить значительный социально-эколого-экономический ущерб субъектам Российской Федерации.

Таяние арктических льдов создает благоприятные условия для развития морских перевозок по Северному морскому пути. Речь идет как о внутренних перевозках, так и о международном транзите. Сокращение расстояния при перевозке грузов между Европой, Америкой, Азией; низкие затраты при перевозке морским путем по сравнению с другими видами перевозок требуют создания конкурентоспособной портовой и транспортной инфраструктуры (погрузочно-разгрузочные терминалы, железнодорожные и автомобильные подъездные пути, система обеспечения государственного контроля, суда портового флота, навигационные системы и т.п.). Однако планирование развития Северного морского пути необходимо увязывать с прогнозами загруженности мирового торгового флота, которая носит нелинейный характер.

В связи с глобальным потеплением нельзя забывать и об обеспечении национальной безопасности, т.к. климатические изменения на Севере России упростят доступ к её государственным границам, а также сделают более благоприятными условия для добычи углеводородного сырья в Арктике, т.е. усилят конкуренцию за доступ к соответствующим месторождениям. Не-

⁵ Ученые: сибирские города пострадают из-за таяния ледников. URL: // https://mir24.tv/news/15539066/uchenye-sibirskie-goroda-postradayut-iz-za-tayaniya-lednikov

эффективный ответ на новые вызовы, равно как и их игнорирование могут привести к эскалации уровня рисков и неопределенности, которые создадут существенный прямой и косвенный ущерб хозяйственному потенциалу России. Итогом неэффективной адаптации к климатическим изменениям может стать отставание от развитых стран с рыночной экономикой, готовящие собственные экономики к 6-му технологическому укладу (наноэлектроника, информационные технологии, молекулярная и нанофотоника).

Происходящие изменения имеют и положительные последствия для экономики России, среди которых: упрощение процессов геологоразведки и добычи полезных ископаемых на территориях, относящихся к районам Крайнего Севера и с суровыми климатическими и умеренными условиями; развитие Северного морского пути; рост объемов урожая за счет увеличения посевных площадей и вегетационного периода для растений на северных территориях; экономия энергоресурсов при отоплении помещений; уменьшение территории вечной мерзлоты и пр.

Сущностные аспекты понятия «климатический риск»

Климатические риски представляют значительную угрозу для мира в целом и для национальной безопасности отдельных стран, т.к. даже незначительные изменения в климате могут привести к весомым негативным экономическим, экологическим, социальным и политическим последствиям. Выполнение Россией условий Парижского климатического соглашения (2015 г.), заменившего Киотский протокол (1997 г.), а также реализация положений национальных нормативно-правовых актов по адаптации экономики к климатическим рискам, в том числе Климатической доктрины Российской Федерации (2009 г.), Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (2017 г.), национального стандарта ГОСТ Р 54138-2010 «Экологический менеджмент: Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков» (2012 г.) обуславливает необходимость фундаментального исследования проблемы глобального потепления и формирования соответствующего социальноэкономического механизма государственного регулирования климатических рисков путем внедрения инновационных технологий, сокращающих потребление природных материалов и снижающих выбросы парниковых газов. Природные аномалии в виде засух, наводнений, пожаров, ураганов, смерчей и прочих опасных явлений, вызывающих прямо или косвенно нагрузки на общество и экосистемы, создают антиустойчивые тенденции в развитии страны. Эффективное управление климатическими рисками невозможно без их сущностного понимания; в частности, необходимо провести границу между смежными понятиями, выявить институциональные условия формирования рисков и неопределенностей, осуществить общую классификацию последствий рисков, систематизировать существующие научные точки зрения.

Прежде всего, важно различать понятия «погода» и «климат». Погода – это «состояние атмосферы в данном месте, в данное время» [6], которое характеризует текущее состояние атмосферы под воздействием комплекса факторов. Текущая оценка атмосферы выражается конкретной температурой, уровнем влажности, скоростью и направлением встра, количеством осадков (состояние воздушного бассейна) в определенное время. Если проецировать изменения погоды на экономические реалии, то их можно определить как текущую конъюнктуру на той или иной территории, где в каче-

стве факторов спроса и предложения можно рассматривать погодные, т.е. краткосрочные, явления.

Что касается слова «климат», то под ним понимался наклон, скат, спуск (др. греческое слово – климатос). Но в дальнейшем смысловая нагрузка стала меняться и греческий астроном Гиппарх уже использовал понятие «климат» для обозначения группы основных районов земли [5], учитывая наклон солнечных лучей к земной поверхности. Климат зависит от целой группы факторов, обеспечивающих атмосферу влагой и тепловыми потоками, и в дальнейшем выявляется направление воздушных течений. Свойства и сущность климата базируется на статистических исследованиях средних и экстремальных метеорологических характеристиках. Ключевыми факторами, влияющими на климат, являются «положение Земли относительно Солнца, распределение суши и моря, общая циркуляция атмосферы, морские течения, а также рельеф земной поверхности» [9]. Следовательно, понятие «климат» шире понятия «погода» и представляет собой режим погоды на определенной территории, сложившийся за продолжительный период времени под воздействием климатообразующих факторов.

Далее перейдем к понятию «риск». Обобщая мнения зарубежных и отечественных экономистов, начиная с представителей классической экономической теории Дж.С. Милля и Н.У. Сениора и заканчивая современными теоретиками, можно утверждать, что понятие «риск» до сих пор не приобрело однозначного значения. Большинство ученых связывают риск с потенциально возможными, вероятными ущербами, потерями прибыли, доходов, ресурсов, капитала, эффективности, недополучением ожидаемых доходов или появлением дополнительных расходов, опасностью повреждения или утраты имущества, угрозами здоровью и жизни людей, их благополучию и качеству жизни [12].

В российской литературе достаточно распространена точка зрения, что риск является разновидностью неопределенности [7]. Однако зарубежные ученые предлагают разделять эти две категории. Риск характеризуется негативными последствиями (ущербом), а неопределенность рассматривается в качестве возможности, которая допускает возможность получения положительного варианта событий [16].

Несмотря на различия в трактовках, ни у кого не возникает сомнения, что риск появляется в ситуации выбора, когда есть альтернативные варианты развития событий, но при этом присутствует неопределенность в прогнозировании результатов (только негативных либо негативных и позитивных) реализации этих альтернатив. Также риск неотделим от хозяйственной деятельности, когда приходится принимать решения. На основе двух выделенных признаков и, придерживаясь зарубежного подхода к рассматриваемому понятию, определим риск как вероятность возникновения и масштабы распространения негативных последствий хозяйственных решений в условиях их неопределенности.

Далее перейдем к исследованию теоретических аспектов понятия «климатический риск» (табл. 1). В научной литературе еще недостаточно широко исследована сущностная сторона климатического риска, что не позволяет систематизировать существующие определения в отдельные группы в соответствии с научными взглядами. Так, в определении Д.А. Джангирова речь идет о природно-климатических рисках и акцентируется внимание на источниках их возникновения – природных либо климатических факторах, а также приводятся примеры форм проявления этих факторов (стихийные бедствия, аномальные метеорологические, гидрологические явления). Здесь

риск рассматривается как возможность негативного влияния на социальноэкономическую систему, но не рассмотрена негативная сторона риска (причинение ущерба или недостижение цели). Определение Н.Е. Терентьева объединяет все климатические факторы под общим понятием «климатические изменения», а в качестве объекта риска рассматриваются только компании. Однако не только изменение климата, но и многократно повторяющиеся климатические явления могут служить факторами риска. В исследовании Рабочей группы II «Межправительственная группа экспертов по изменению климата» уже рассмотрены как причины климатического риска (волны тепла, засухи, паводки, циклоны и стихийные пожары), так и объекты негативного влияния (некоторые экосистемы и множество антропогенных систем текущей изменчивости климата).

 Таблица 1

 Взгляды ученых относительно определения сущности климатического риска

Автор	Определение
Д.А. Джангиров [2]	Под природно-климатическим риском понимается риск, обусловленный воздействием на социально- экономические системы случайных природных (стихийные бедствия) и климатических факторов (аномальные метеорологические, гидрологические и иные подобные явления).
Н.Е. Терентьев [10]	В общем виде к климатическим рискам развития компаний правомерно отнести совокупность негативных условий и факторов прямо или косвенно обусловленных климатическими изменениями.
Исследование Рабочей группы II «Межправительственная группа экспертов по изменению климата» ⁶	Воздействия, вызванные недавними экстремальными климатическими явлениями, такими как волны тепла, засухи, паводки, циклоны и стихийные пожары, свидетельствуют о значительной уязвимости и подверженности некоторых экосистем и множества антропогенных систем текущей изменчивости климата (весьма высокая степень достоверности). Последствия подобных климатических экстремальных явлений включают изменение экосистем, сбои в системах производства продовольствия и водоснабжения, причинение ущерба инфраструктуре и поселениям, заболеваемость и смертность, а также последствия для психического здоровья и благосостояния человека.

В качестве отличительной особенности климатических рисков выделяют, прежде всего, их объективный характер, поскольку они связаны с проявлением стихийных сил природы, не зависят от воли и желания людей. Еще в начале XX в. российский ученый В.И. Вернадский отметил, что человек стал обладать возможностями, сопоставимыми с геологическими силами, т.е. с силами природы. И именно история XX в. доказала глобальное

⁶ Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: – Резюме для политиков вклада Рабочей группы II в Пятый доклад об оценке МГЭИК «Воздействия, адаптация и уязвимость» http://www.meteorf.ru/upload/iblock/69e/Izmenenie-klimata-N51-NovDec-2014.pdf

влияние хозяйственной деятельности на биосферные процессы, в том числе на климат Земли. Сейчас можно утверждать, что проявления климатических рисков по-прежнему носят объективный характер, но одним из ведущих факторов этих рисков, как было отмечено в начале данной статьи, стал выступать антропогенный. Еще одной особенностью климатических рисков является то, что их нельзя устранить полностью. Поэтому говоря об управлении климатическими рисками, подразумевается, прежде всего, защита от негативного влияния природно-климатических факторов и смягчение их последствий. Большая часть климатических рисков относятся к категории абсолютно неустранимых, а часть, вызываемая анропогенными факторами, подлежит превентивному предупреждению или снижению.

С учетом данного ранее авторского определения риска, проведенного анализа взглядов и выявленных особенностей предлагается авторская трактовка понятия «климатический риск» — это вероятность возникновения и масштабы распространения негативных последствий хозяйственных решений в условиях их неопределенности в результате воздействия системы метеорологических факторов (температуры, атмосферного давления и осадков, влажности и циркуляции воздуха и др.) и прочих природных факторов (пожаров, землетрясений, наводнений, ураганов и т.п.). В качестве негативных последствий нами будет рассматриваться ущерб хозяйственной системе либо её отдельным элементам. В качестве факторов климатического риска выступают как антропогенные, так и естественные природные. Таким образом, климатический риск будет нами рассматриваться комплексно и с точки зрения природы его образования, и с точки зрения воздействия на объект риска.

Основными видами ущерба от наступления неблагоприятных климатических событий являются:

- материальный (пожар, затопление домов, участков и другой частной инфраструктуры, переселение местных жителей в связи с повышением уровня Мирового океана и т.п.);
- экономический (потеря прибыли от остановки или приостановки производственной деятельности, снижение рентабельности авиаперевозок и т.п.);
- социальный ущерб (временная или постоянная потеря трудоспособности населения, рост заболеваемости и т.п.);
- ущерб природной среде (полная или частичная гибель лесного массива, ухудшение плодородия почв, урон биоразнообразию, антропогенным ресурсам, курортно-рекреационным зонам и т.п.);
- воздействие на экосистемы (смещение ареалов обитания многих видов животных в северном направлении, ущерб флоре и фауне, прежде всего на прибрежных территориях и т.п.).

Стоит также остановиться на разделении климатических рисков по продолжительности:

- краткосрочные (повышение интенсивности выпадения осадков, повышение скорости ветра, резкие перепады атмосферного давления);
- долгосрочные (повышение уровня Мирового океана, увеличение засушливых площадей, увеличение интенсивности вулканической активности и землетрясений).

Как уже отмечалось ранее, отличительной чертой климатических рисков по сравнению с коммерческими, инновационными и иными является преимущественно объективная природа их происхождения. В настоящее время важную роль в формировании климата стал играть человеческий фактор: ученые сходятся во мнении, что важнейшей причиной глобального потепления является промышленные выбросы в атмосферу газов, в результате чего формируется парниковый эффект, повышающий температуру Земли.

На рисунке 1 указаны факторы и условия возникновения климатических рисков в хозяйственной системе.



Рисунок 1. Концептуальная схема взаимосвязей и взаимозависимостей климатического риска в хозяйственной системе

Детерминированная среда определяется антропогенными изменениями (вырубка лесов, освоение новых природных территорий (сельское хозяйство, дороги, города и т.п.), сжигание природного топлива (нефть, уголь, газ)) и объективными процессами (метеорологические, геологические, ландшафтно-географические, глобальные экосистемные и т.п.). Неопределенность отражает институциональную среду, где происходит формирование условий для проявления различных климатических рисков и включает недостаточно изученные природные явления (наклон оси вращения Земли, состояние земного ядра, прозрачность атмосферы, баланс газа на нашей планете, взаимное расположение и размеры материков Земли и т.д.). В результате взаимодействия естественных и антропогенных факторов на объективную возможность наступления того или иного события (речь идет о климатических изменениях и последствиях), происходят процессы глобального потепления на территории всей Земли. Необходимо отметить статистическую вероятность наступления климатических рисков в силу несформированности эмпирической базы данных в исследуемой сфере, преобладания субъективных оценок повторяемости климатических изменений. В результате этого при исследовании климатических факторов и их изменений доминирует неопределенность, которую затруднительно оценить и перевести на уровень проанализированной и оценённой вероятности.

Концептуальность представленной схемы заключается в том, что:

детализировано не рассматривается экономическая система и свойственные ей риски;

 не идентифицируются субъекты, принимающие решения в существующих условиях неопределенности и риска, и объекты, на кого (что) происходят воздействия при принятии этих решений, и инструменты и методы, на основе которых и происходит процесс принятия решений.

Обобщая научные представления о климатической неопределенности, следует отметить, что основой выступают объективные факторы, затрудняющие процесс выявления взаимосвязей и взаимозависимостей с антропогенными проявлениями из-за недостаточности теоретических и прикладных исследований, где преобладают качественные характеристики по сравнению с количественными; для эффективного управления климатическими рисками и неопределенностями должны быть сформулированы конкретные цели, т.е. необходимо формировать планы (кратко-, средне-, долгосрочные), и они должны иметь большую конкретику по сравнению с глобальными концепциями (Киотский протокол). Разрабатываемые планы должны носить комплексный характер, т.е.:

- превентивный в отношении текущей хозяйственной деятельности, наносящей ущерб климатической системе Земли (атмосфере, гидросфере, биосфере, криосфере, поверхности земли);
- корректирующий устранение уже причинённого ущерба и его последствий климатической системе.

Исследование климатических рисков важно осуществлять на уровне хозяйственной системы с целью учета всех проявлений климатических изменений. Хозяйственная система, как более широкое понятие по сравнению с экономической системой, охватывает прямое и косвенное воздействие климатических рисков. Если рассматривать последствия климатических рисков в разрезе экономической системы, то для неё характерно прямое влияние на эффективность работы структурных элементов системы (сельское хозяйство, туризм, рыболовство, морское и речное судоходство, авиаперевозки, ущерб территориям от наводнений, пожаров и т.п.). Безусловно, прямое воздействие на функционирование экономической системы очень важно и требует всестороннего изучения. В тоже время из-за глобального влияния климатических изменений необходимо изучать и косвенные формы проявления климатических рисков (комфортность проживания в различных регионах, изменение цен на недвижимость, влияние климата на здоровье населения, изменение уровня расхода энергоресурсов для отопления (охлаждения) помещений, рост спроса на энергосберегающие технологии и т.п.). Вышеуказанные задачи должны изучаться и решаться на уровне хозяйственной системы.

Принципы и основы политики управления климатическими рисками

Следующим этапом определения сущности климатических рисков является разработка актуальных принципов оценки и управления климатическими рисками, характерных для отношений, складывающихся между хозяйствующими субъектами при прямом и опосредованном воздействии на климат Земли. Чёткое формулирование принципов позволит также оптимизировать процесс принятия решений, требующих учета климатических изменений и соблюдения баланса между уровнем климатического риска и размером ожидаемого эффекта:

1-й принцип. Учет климатических особенностей территорий (территориальная дифференциация) — большую роль в характере последствий климатических изменений (наводнения, град, снегопады, обледенения и т.п.) играют климатические пояса, в которые входит та или иная территория. Разделение территории Земли на климатические пояса осуществляется в зависимости от особенностей циркуляции атмосферы, сезонной смены воздушных масс, степени нагрева солнцем [1]. Соблюдение указанного принципа позволит вносить изменения как в превентивные мероприятия по предупреждению негативного влияния климатических изменений, так и по эффективной локализации уже произошедших событий. Например, научные исследования показали, что высокие темпы роста температуры будут наблюдаться на территориях, находящихся в более высоких широтах (существенный рост прогнозируется зимой, а увеличение температуры в летний период — в глубине континента) [11].

2-й принцип. Непрерывность мониторинга климатических изменений — огромное значение для прогнозирования различных сценариев событий, приближенных к реальности, имеет процесс накопления первичной информации в метеорологической, экологической и климатической сферах, которая в дальнейшем позволит выявлять тенденции, циклический характер и закономерности, что позволит снизить фактор случайности.

3-й принцип. Камплексность — с целью предупреждения наступления климатических угроз необходимо в рамках разработки предупредительных мероприятий включать всех заинтересованных участников (государственные институты (региональные органы власти, вузы, структуры РАН, МЧС, метеорологические организации), предпринимательские институты (напрямую или опосредованно зависящие от климата и климатических изменений), финансовые институты (при регламентации процедуры страхования имущества, предпринимательской деятельности, жизни и здоровья граждан; финансирования актуальных инвестиционных проектов, связанных с климатическими изменениями), домашних хозяйств и общественных организаций (с целью обмена опытом). Второй формой комплексности выступает сочетание превентивных и коррекционных мероприятий при разработке планов и методического инструментария управления климатическими рисками и неопределенностями.

4-й принцип. Кластерность – глобальное изменение климата сопряжено не только с рисками, но и с новыми возможностями. Для определенной территории возможное появление некоторого нового ключевого конкурентного преимущества (туризм, рыболовство, охота, добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство и т.п.), на использование которого и необходимо сконцентрировать все материальные и человеческие ресурсы, что в дальнейшем позволит повысить уровень специализации в разрабатываемой сфере и компенсировать понесенные затраты в самые минимальные сроки. Важно соблюдение данного принципа при разработке краткосрочных и долгосрочных программ экономического развития и управления климатическими рисками на исследуемых территориях.

5-й принцип. Учет потенциальных последствий климатических рисков — заинтересованные участники социально-экономических отношений должны всесторонне проанализировать возможные последствия при принятии решения о проведении какого-либо мероприятия (бизнес-проекты в сфере сельского хозяйства, сезонного туризма, морской и речной навигации, строительство объектов инфраструктуры на вечной мерзлоте и т.п.), успешность реализации которого напрямую или косвенно зависит от природно-климатических факторов.

6-й принцип. Системность – необходимо не только рассматривать все хозяйствующие субъекты как часть единой хозяйственной системы, но и саму хозяйственную систему изучать как часть единой природной системы Земли. Такая позиция согласуется с концепцией устойчивого развития мирового сообщества. Разработка различных планов и теоретикометодического инструментария эффективного управления климатическими рисками должны ориентироваться не только на предотвращение и снижение негативных последствий наступления рисковых событий, но и на превентивные меры по предотвращению глобального влияния хозяйственных систем на биосферу, антропогенного изменения климата. Соблюдение принципа системности анализа и управления климатическими рисками позволит снизить затраты на оценку и управление ими в связи с формированием рациональных целевых ориентиров и снижения уровня неопределенности климатических изменений.

При определении сущностной природы климатических рисков и дальнейшем действенном управлении данными рисками необходимо учитывать два аспекта. Первый из них связан с выявлением причин происходящих климатических изменений (объективные, антропогенные, гетерогенные) и определением роли антропогенного фактора в цепочке происходящих событий. От этого аспекта зависит характер разрабатываемых превентивных и текущих решений и действий. Второй аспект связан с экстраполяцией возможных событий и процессов в будущее для разработки максимально эффективного комплекса мероприятий на законодательном и социальном уровнях.

Учет этих двух аспектов должен прослеживаться не только в концептуальных положениях управления климатическими рисками, но и в государственной политике экологизации национальной экономики. На законодательном уровне возникает потребность в обновлении национальных и правительственных концепций, стратегий и программ, актуализации текущего законодательства в соответствии с новыми целями и принципами, создании благоприятных экономических условий (страхование климатических рисков, финансовое стимулирование экологоориентированных мероприятий, повышение штрафов за нарушение природоохранных норм и т.д.). На социальном уровне необходимо внедрение и популяризация экологических и природоохранных ценностей в образовательный процесс; непрерывный мониторинг природных изменений, международная интеграция и сотрудничество, изменение стереотипов поведения (рациональное использование природных ресурсов). Развитие экологической культуры общества [13, 14] важно увязывать в т.ч. и с повышением готовности к неблагоприятным и благоприятным последствиям глобального потепления. Как показывает практика, риски, вызванные природно-климатическими событиями, являются сложно прогнозируемыми и управлять ими достаточно проблематично. Помимо минимизации климатических рисков необходима адаптация к возможным последствиям от их возникновения. В качестве приоритетных мер в этом случае может быть активное внедрение экологически ориентированных инноваций. Для этого необходимо создать институциональные условия, стимулирующие внедрение «зеленых» технологий и экологически ориентированных процессов [8], и разработать организационно-экономический механизм управления климатическими рисками при внедрении экологических инноваций.

Заключение

В ближайшие десятилетия следует ожидать рост социально-экономического ущерба, вызванного климатическими изменениями, как во всем мире, так и в нашей стране. Роль климатических рисков в будущем отечественной экономики постепенно становится институциональной. Россия с её неосвоенными северными территориями и преимущественно экспортноориентированной сырьевой экономикой должна учитывать в средне- и долгосрочной перспективе происходящие климатические изменения. Эффективная оценка и управление климатическими рисками позволит ускорить процесс перехода к шестому технологическому укладу, акцентируя внимания на энергосберегающих технологиях и альтернативных источниках энергии. Большая площадь, занимаемая Российской Федерацией, и разнообразие природных условий позволяют развивать методологическую базу в плане выявления причин происходящих климатических изменений и их успешного прогнозирования. Необходимо развивать международные межотраслевые научные связи, которые должны позволить снизить фрагментарность в проводимых исследованиях. Не стоит забывать, что исследуемая проблема является комплексной и требует вовлечения широкого круга специалистов, как на "входе" (специалисты, изучающие различные аспекты Земли (метеорологи, геоэкологи, геологи, географы, почвоведы, биологи, агрономы и т.д.), так и на "выходе" (экономисты, инженеры, демографы, социологи и т.д.).

Ключевой задачей стейкхолдеров хозяйственной системы России является всестороннее исследование причин и условий формирования климатических неопределенностей, рисков и вероятностей их наступления. Это нужно для максимизации возможного положительного эффекта от происходящих климатических изменений и приемлемой локализации и минимизации их негативных последствий. В силу объективного характера проявлений климатических изменений и сложности их предотвращений отдельные их формы будут выступать в виде неопределенностей, неподдающиеся количественной оценке. В таких ситуациях к числу важных объектов эффективного управления климатическими рисками и неопределенностями должны быть отнесены процессы в социальной, экономической, международной сферах для адаптации к происходящим изменениям. Наконец, важно учитывать уровень экономического развития отечественной экономики, где резкое ограничение или отказ от материалоемких технологий может привести к социально-экономическому ущербу в ближайшей перспективе.

Список литературы

- 1. *Алиюв Б.П.* Географические типы климатов // Метеорология и гидрология. 1936. № 6.
- 2. Джангиров Д.А. Проблемы управления природно-климатическим риском при реализации мероприятий по очистке загрязненных территорий Арктической зоны Российской Федерации // Транспортное дело России. 2012. № 6-2. С. 36-39.
- 3. Заболотник С.П. Суровость климатических условий на территории России // География и природные ресурсы. 2010. №3. С. 69-74.
- 4. *Крапивин В.Ф., Солдатов В.Ю., Потапов И.И.* Проблемы устойчивого развития системы «климат-природа-общество» // Экологические системы и приборы. 2017. № 3. С. 31-44.

- 5. *Монин А.С., Шишков Ю.А.* История климата. Л., 1979. 406 с.
- 6. Ожегов С.И. Словарь русского языка. Издательство: М.: Иностранные и национальные словари. 1953. 848 с.
- 7. Панягина А.Е. Подходы к пониманию и классификации рисков // Современная экономика: проблемы, тенденции, перспективы. 2012. № 6. С. 1-11.
- 8. Потравный И.М., Новоселов А.Л., Генгут И.Б. Формализация общей модели зеленой экономики на региональном уровне // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 2. С. 438-450.
- 9. *Ремнева Е.А*. Климат, погода, прогноз // Мир измерений. 2009. № 6. С. 6-13.
- 10. *Терентыев Н.Е.* Климатические риски и «зеленые» технологии: новые факторы развития компаний // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2011. № 9. С.115-135.
- 11. *Тимофеев А.Д.* О влиянии климатических флуктуаций на социально-экономическое развитие России // Terra Humana. 2014. №2. С. 174-178.
- 12. Тихомиров Н.П., Потравный И.М., Тихомирова Т.М. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. Учебное пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 351 с.
- 13. Ячменев В.А. К вопросу о концепции формирования экологической культуры // Вестник Челябинского государственного университета. 2013. N9 7. С. 157-159.
- 14. Ячменев В.А. Направленность эволюционных процессов и управление // Социум и власть. 2016. № 2. С. 104-110.
- 15. Barkmann T., Siebert R., Lange A. Land-use experts' perception of regional climate change: an empirical analysis from the North German Plain // Climatic Change. 2017. V. 144. P. 287-301.
- 16. Barreto H. The Entrepreneur in Microeconomic Theory: Disappearance and Explanaition / H. Barreto, Routledge. 1898. 156 c.
- 17. Below T.B., Schmid J.C., Sieber S. Farmers' knowledge and perception of climatic risks and options for climate change adaptation: a case study from two Tanzanian villages // Regional Environmental Change. 2015. V. 15. P. 1169-1180.
- 18. Houghton J. Global Warming. The Complete Briefing. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 438 pp.
- 19. Litre G., Bursztyn M. Climatic and socio-economic risks perceptions and adaptation strategies among livestock family farmers in the Pampa biome // Ambiente e Sociedade. 2015. V. 18. P. 55-80.
- 20. Luis S., Vauclair C.-M., Lima M.L. Raising awareness of climate change causes? Cross-national evidence for the normalization of societal risk perception of climate change // Environmental Science and Policy. 2018. V. 80. P. 74-81.
- 21. Suberi B., Tiwari K.R., Gurung D.B., Bajracharya R.M., Sitaula B.K. People's perception of climate change impacts and their adaptation practices in Khotokha valley, Wangdue, Bhutan // Indian Journal of Traditional Knowledge. 2018. V. 17. P. 97-105.
- 22. Winter R.A. Innovation and the dynamics of global warming // Journal of Environmental Economics and Management. 2014. V. 68. P. 124-140.
- 23. Woods B.A., Nielsen H.O., Pedersen A.B., Kristofersson D. Farmers' perceptions of climate change and their likely responses in Danish agriculture // Land Use Policy. 2017. V. 65. P. 109-120.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, АУДИТ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ГИМС-ТЕХНОЛОГИЯ И ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

д-р техн. наук В.П. Каевицер, д-р физ.-мат. наук В.Ф. Крапивин, канд. физ.-мат. наук В.П. Саворский (Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН)

Описана структура и функции геоэкологической информационномоделирующей системы (ГИМС) оперативной диагностики состояния лесной экосистемы на основе данных дистанционного зондирования и математического моделирования. Развитая технология расширяет функции ГИС и обеспечивает экономически эффективное использование средств мониторинга за счет сбалансированного потока данных от различных источников. ГИМС решает задачу оптимального выбора математических моделей для параметризации пространственновременных изменений параметров лесной экосистемы. ГИМС обеспечивает целесообразный набор алгоритмов для интерполяции и экстраполяции данных контактных и дистанционных наблюдений с целью уменьшения объема последних и снижения за счет этого стоимости мониторинга. ГИМС расширяет возможности для уточнения параметров глобального круговорота углерода и повышает достоверность оценок парникового эффекта.

Ключевые слова: лесная экосистема, модель, алгоритм, диагностика, прогноз, мониторинг

THE GIMS-TECHNOLOGY AND FOREST ECOSYSTEMS

V.I. Kaevitser, V.F. Krapivin, V.P. Savorsky

Structure and functions of the geoecological information-modeling system (GIMS) are described to be used for operative diagnosis of the forest ecosystem basing on the remote sensing data and mathematical modeling. Developed technology expands GIS functions and provides economically efficient use of the monitoring means due to the balanced data series from different sources. GIMS solves task of optimal alternative for mathematical models to parameterize spatial- temporal changes in the forest ecosystem parameters. GIMS provides the reasonable set of algorithms for interpolation and extrapolation of data received from in-situ and remote observations for the purpose of their reduction and minimization of the monitoring cost due to that. GIMS expands the possibilities for correction of global carbon cycle parameters and makes more precision of greenhouse effect assessment.

Key words: forest ecosystem, model, algorithm, diagnostics, forecasting, monitoring

1. Введение

В связи с высокой стоимостью информации о состоянии лесных экосистем на обширных территориях многими исследователями ставится задача создания надежных и эффективных систем контроля состояния окружающей среды [1-13]. Эта задача включает разработку технических средств сбора, хранения и передачи данных о состоянии природной среды, а также развитие методов обработки этих данных. С практической точки зрения важен синтез комплексной системы сбора информации об окружающей среде, объединяющей дистанционные и контактные измерения. Такие системы называют геоэкологическими информационно-моделирующими системами (ГИМС) и они предназначаются для систематического наблюдения и оценки состояния окружающей природной среды, ее изменений под влиянием хозяйственной деятельности.

Среди перспективных направлений в создании таких систем являются оптоволоконная технология синтеза информационно-измерительных систем, спектроэллипсометрия и микроволновая техника дистанционного зондирования [6,13]. Одним из важных аспектов функционирования этих систем является возможность прогнозирования состояния окружающей среды и предупреждения о нежелательных изменениях ее характеристик. Реализация этой функции мониторинга возможна при использовании методов математического моделирования, обеспечивающих имитацию функционирования природных комплексов и, в частности, лесных экосистем.

Опыт применения математического моделирования в ГИМС показал, что решение задачи объективного контроля качества окружающей среды возможно лишь при создании единой системы мониторинга, оснащенной набором моделей различных биоценотических и биогеохимических процессов на территории, покрытой лесом. Исследования последних лет показывают возможность создания такой системы, способной в адаптивном режиме ее использования давать рекомендации по структуре мониторинга и формировать требования к базам данных. Конструктивные шаги в этом направлении сделаны в работах [5-13].

Изучение земных ландшафтов, состояния растительных покровов, акваторий и атмосферы стало наиболее эффективным с применением летательных аппаратов, оснащенных приборами дистанционного зондирования, способных осуществлять измерения отраженных сигналов и регистрировать собственное излучение. Возникающие здесь задачи относятся к бурно развивающейся области природного мониторинга. Определенный опыт в решении научных и практических задач мониторинга накоплен в ряде стран, обладающих техническим потенциалом организации систем наблюдения за окружающей средой.

В настоящее время широкое развитие в мире получают многоканальные мониторинговые системы спутникового или самолетного базирования. Такие системы позволяют получать оперативную информацию о состоянии природной среды, как в региональном, так и в глобальном масштабе. Информация накапливается в имеющихся базах данных и используется на коммерческой основе, в частности, производителями сельскохозяйственной продукции. Большое развитие получило дистанционное зондирование в оптическом СВЧ диапазонах волн [6,11,12]. Характерной особенностью проводимых в этих направлениях работ является организация сбора данных и их первичной обработки без возможности совмещения с моделями изучаемых систем. С определенным опережением развиваются базы геофизических данных с большой пространственной детальностью для региональ-

ных систем. Однако исследования по их совмещению с моделями идут медленно и с большим отставанием из-за отсутствия соответствующей технологии. В рамках данной работы делается попытка объединить возможности аппаратурных, алгоритмических, модельных и программных средств сбора и обработки данных с функциями прогноза и принятия решений.

Накопленный в последние годы опыт измерения СВЧ радиационных характеристик континентальных покровов дает возможность получения оценок влажности почв, поиска грунтовых вод, определения структуры континентальных ледников и мерзлых грунтов, получения оценок состояния почвенно-растительных формаций и геологических образований, а также данных о термальных процессах естественного и искусственного происхождения. Оптические и СВЧ радиофизические измерения позволяют оценить радиационный баланс, альбедо земной поверхности, составляющие стока воды, замутненность атмосферы, концентрацию аэрозолей, углекислого газа, озона, метана и многих мальих газовых примесей в атмосфере. Другими словами, дистанционные оперативные измерения дают широкий спектр прикладных параметрических оценок с достаточным пространственным разрешением и точностью, чтобы стала возможной комплексная автоматизированная оценка природной системы с указанием значимых характеристик и прогнозом их трендов на заданное время.

Наряду с решением задач технического оснащения летающих лабораторий при организации мониторинга требуется создание комплекса компьютерных алгоритмов обработки данных измерений. Нетрадиционность возникающих здесь задач охватывает проблемы обнаружения, оконтуривания и территориально-временной привязки данных, а также формирование баз данных на основе информации, фрагментарной по пространству и отрывочной во времени. Эти особенности мониторинга являются неотъемлемой частью спутниковых и самолетных измерений.

Международный опыт и опыт национальных организаций в области мониторинга подсказывает необходимость синтеза комплексных систем сбора и обработки данных об окружающей среде. В таких системах обычно объединяются измерительные приборы, компьютерные средства и алгоритмы обработки данных. Конкретная реализация систем мониторинга требует определенной спецификации этих средств. Как правило, система мониторинга реализуется в виде специализированной информационно-моделирующей системы ограниченного применения с дистанционной передачей части данных в исходном виде в центр её обработки, а часть данных обрабатывается бортовыми устройствами и в определенном формате становится доступной для дальнейшего использования.

2. ГИМС-технология

Развитие ГИС - технологии за счет использования моделей и алгоритмов сделано в работе [6], где теоретически обоснована и практически применена ГИМС -технология. Эта технология устраняет многие недостатки ГИС - технологии и дает возможность синтеза систем мониторинга с функциями прогноза. Обобщенно основная концепция ГИМС - технологии представлена на рис. 1. А схемы рис. 2-4 детализируют эту концепцию. Ее ключевым звеном является дистанционное определение с помощью зондирования со спутников максимально возможного числа параметров лесной экосистемы. Именно такое сочетание эмпирической и теоретической частей ГИМС - технологии позволяет оперативно оценивать текущие и прогнозные изменения окружающей среды на покрытых лесом территориях.



Рис. 1. ГИМС-технология.

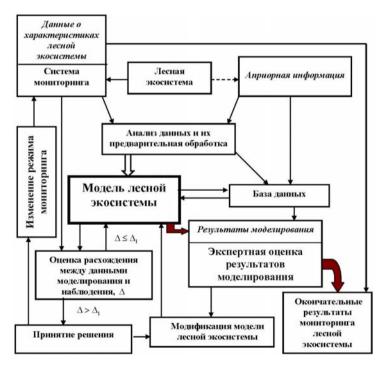


Рис. 2. Концепция адаптивно-эволюционной технологии геоинформационного мониторинга лесных экосистем.

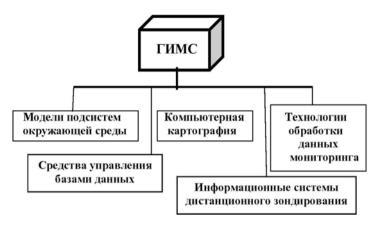


Рис. 3. Научно-технические элементы ГИМС-технологии.

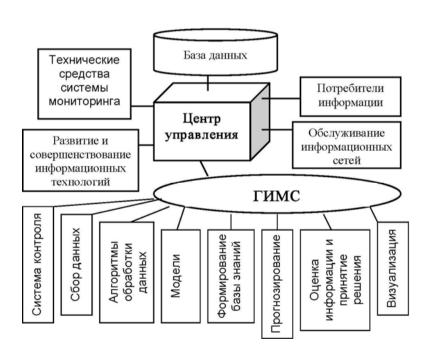


Рис. 4. Структура и место ГИМС-технологии в системе мониторинга окружающей среды.

Основными принципами ГИМС - технологии являются:

- 1) объединение, интеграция и координация уже существующих государственных, ведомственных и отраслевых систем сбора первичной информации об окружающей среде на единой организационной и научнометодической основе;
- 2) оптимизация материальных и финансовых затрат на создание, функционирование и совершенствование системы контроля окружающей среды;
- 3) согласование и совместимость информационных потоков в системе на основе применения единой координатно-временной схемы, использования единой системы классификации, кодирования, форматов и структуры данных;
- 4) централизация доступа к информации через международные информационные сети с максимальным расширением списка пользователей;
- 5) обеспечение межнационального характера глобального геоинформационного мониторинга, не зависящего от несовпадения государственных границ с границами экосистем.

Состояние лесных экосистем характеризуется большим разнообразием параметров. Среди них, такие как характеризующие тип почвы и растительности, водный режим территории, солевой состав почво-грунтов, уровень залегания грунтовых вод и многие другие. В принципе, требуемая информация об указанных параметрах может быть получена с различной степенью достоверности и производительности из данных наземных наблюдений, дистанционных измерений и из баз данных географических информационных систем, где содержится априорная информация, накопленная в прошлые годы. Проблема, возникающая перед лицом, ответственным за принятие соответствующего решения, заключается в получении ответов на следующие вопросы:

- какие приборы целесообразно использовать для проведения наземных и дистанционных измерений;
- какие финансовые средства выделить для проведения наземных и дистанционных измерений;
- как сбалансировать количество наземных измерений и объем дистанционных данных с учетом их информационного содержания и стоимости;
- какие математические модели пространственно-временных изменений параметров покрытой лесом территории целесообразно использовать для интерполяции и экстраполяции данных контактных и дистанционных наблюдений с целью уменьшения объема (количества) последних и, соответственно, уменьшения стоимости работы в целом, а также для получения прогноза функционирования наблюдаемого объекта.

ГИМС - технология позволяет ответить на поставленные вопросы. Она может быть адаптирована к лесным экосистемам различных широт. По своей структуре ГИМС включает несколько блоков, которые выполняют отдельные функции. Базовыми блоками ГИМС являются модели лесных экосистем, адаптация к набору которых осуществляется в режиме синтеза пространственного символьного образа лесом покрытой территории.

Лесная экосистема рассматривается как элемент окружающей среды, взаимодействующий через биосферные, климатические и социально-экономические связи с глобальной системой природа/общество. Для конкретного типа лесной экосистемы выбирается из базы знаний ГИМС модель, описывающая это взаимодействие и функционирование различных уровней пространственно-временной иерархии всей совокупности процессов в окружающей среде, влияющих по предварительным оценкам на ее состояние и эволюцию. Модель охватывает характерные для данной территории процессы

природного и антропогенного характера и в опирается на существующую информационную основу. Структура модели ориентируется на адаптивный режим ее использования согласно схеме рис. 2.

В результате соединения системы сбора информации об окружающей среде, модели функционирования лесной экосистемы на данной территории, системы компьютерного картографирования и средств искусственного интеллекта синтезируется единая ГИМС территории, обеспечивающая прогнозные оценки последствий реализации техногенных проектов и другие оценки функционирования лесной экосистемы.

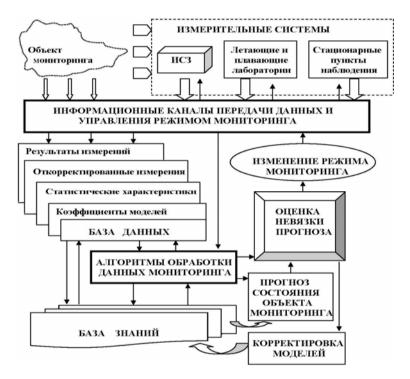


Рис. 5. Принципиальная схема функционирования ГИМС в режиме адаптивного корректирования параметрического пространства модели геоэкосистемы леса и измерительной стратегии.

Построение ГИМС связано с выделением компонентов биосферы, климата и социальной среды, характерных для данного уровня пространственной иерархии. Последовательность действий по организации работ и реализации проекта ГИМС ориентируется на создание следующих ее подсистем:

- сбор и экспресс анализ данных;
- первичная обработка и накопление данных;
- компьютерное картирование;
- оценка состояния атмосферы;

- оценка состояния почвенно-растительных покровов;
- оценка состояния водной среды территории;
- оценка уровня экологической безопасности и риска для здоровья населения территории;
- идентификация причин нарушения экологической и санитарной обстановки;
- интеллектуальная поддержка компьютерных операций и средств принятия решений.

В целом функционирование ГИМС леса можно описать схемой рис. 5.

3. Базовые функции и структура ГИМС леса

Согласно схемам рис. З и 4 набор базовых функций ГИМС ориентируется на анализ разнородной информации об окружающей среде и оценку фактического состояния лесной экосистемы в конкретных пространственно-временных границах. Эти функции реализуются с помощью методик и алгоритмов синхронного анализа аэрокосмической информации и наземных измерений. За счет методов пространственно-временной интерполяции осуществляется восстановление данных по региону и приведение их к единому моменту времени. Проводится тематическая классификация данных и осуществляется пространственно-временное совмещение изображений в оптическом, ИК и СВЧ диапазонах трассовых измерений, получаемых аппаратурой разнотипных центров измерений.

Особенностью измерений с использованием летающих лабораторий или спутников является трассовость и малые объемы статистически достоверных выборок, а также нестационарность получаемых рядов данных. Формирование входной информации для моделей и систем интерпретации данных о пространственно неоднородных природных структурах по результатам отрывочных по пространству и нерегулярных во времени измерений требует решения задачи восстановления данных в межтрассовом простанстве. Эта задача решается методами динамического программирования, эволюционного моделирования и другими методами пространственного интерполирования. Выбор одного из этих способов восстановления данных зависит от типа решаемой задачи. Крупномасштабные задачи картографического представления данных измерений с ИСЗ решаются методом сплайн-интерполяции, более детальное изучение двумерных объектов обеспечивается методом дифференциальной аппроксимации, а восстановление данных в условиях отсутствия какой-либо априорной информации может быть выполнено методом эволюционного моделирования [10,11].

К универсальным подходам в теории приближения функций относится метод дифференциальной аппроксимации, который часто используется для анализа динамической информации. В случае, когда речь идет о восстановлении трассовых измерений, задача становится идентичной задаче приведения измерений к единому моменту времени и определения значений параметров объекта в межтрассовом пространстве. За время измерений изучаемый объект в силу своей динамичности изменяется, а потому невозможность получения статистически достоверных выборок очевидна. Метод дифференциальной аппроксимации наилучшим образом отвечает такой задаче восстановления, так как в нем заложена механика имитации динамики данных. Комбинация этого метода со сплайн-аппроксимацией в условиях, когда в структуре трассовых измерений имеются пересечения траекторий

полета носителя системы наблюдения, за счет оптимизации режима интерполяции повышает эффективность восстановления данных по всему пространству, занятому изучаемой лесной системой.

Одна из функций ГИМС реализуется алгоритмом формирования компьютерных карт с нанесением на них оцениваемых характеристик экологической обстановки в регионе. Предусматривается многоуровневое масштабирование и фрагментирование территории. Информационное наполнение выходных карт обеспечивается через пользовательский интерфейс и определяется потребностями пользователя.

Важной функцией ГИМС является формирование пространственного образа лесом покрытой территории. Лесная экосистема описывается иерархией двумерных символических матриц, каждый элемент которых соответствует типу растительности или почвы в каждом пикселе пространственной дискретизации территории. В зависимости от символа в данном пикселе ГИМС выполняет одну из операций по обработке данных измерений или моделирования:

- типизация флористического фона с учетом микрорельефа, типа почвы и ее засоления, увлажнения и степени минерализации почвенного рассола;
- выявление особенностей микро и макрорельфа, подповерхностных аномалий;
 - определение топологии структуры земных покровов;
- индикация состояния биоценоза, попадающего в пространственный пиксель.

ГИМС выполняет комплексную имитационную модель водного режима региона с учетом сезонной изменчивости поверхностного и речного стока, воздействия снежного покрова, режима осадков и эвапотранспирации (рис. 6). Строится модель динамики качества вод гидрологической сети региона с учетом возможных источников ее загрязнения.

Решение задачи разработки краткосрочных и долгосрочных прогнозов, выдачи данных в звенья управления о состоянии лесной экосистемы, оповещения о лесных пожарах и других экологически опасных явлениях осуществляется алгоритмами оценки показателей биосложности, биоразнообразия, выживаемости и биоприспособленности.

ГИМС реализует алгоритмы программно-математического обеспечения интеллектуальной поддержки пользователя (оператора) при комплексном анализе объективной информации. Обеспечивается предметный диалог с системой, позволяющий запрашивать необходимую информацию в удобном для использования виде, и вносить корректировки в процесс обработки данных.

Формируется база знаний о природных, антропогенных, демографических и социально-экономических процессах на исследуемой территории. Создается библиотека сценариев развития инфраструктуры территории и обеспечивается software для его интерактивного использования. Создается возможность гибкого использования информационных банков с учетом дискретной классификации потоков данных.

Синтез ГИМС в представленной на рис. 1-4 структуре базируется на использовании концепции баз данных для реализации непрерывной процедуры информационного обеспечения базовой модели. Построение модели на этом этапе является одной из плохо формализуемых процедур и включает ряд этапов выполнения необходимых работ:

• первичное содержательное описание лесной экосистемы как объекта мониторинга;

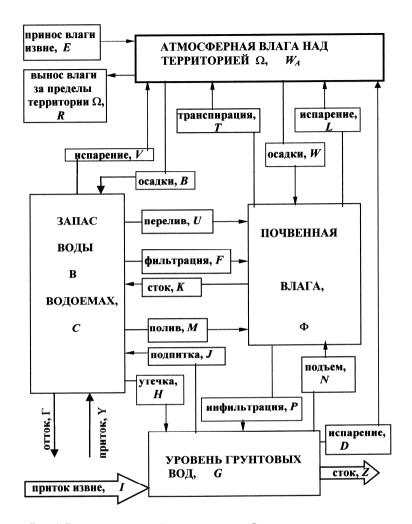


Рис. 6. Блок-схема типовой модели водного баланса в каждом пикселе ограниченной территории.

- формулировка целей исследования;
- содержательный анализ априорной информации об объекте;
- построение математической (формализованной) модели функционирования объекта;
 - разработка моделирующего алгоритма;
 - синтез пакета software для компьютерной привязки модели;
 - верификация модели и оценка ее параметров;
- \bullet выбор альтернативных вариантов модели с их адаптацией к структуре имеющихся баз данных;

- разработка сценариев для компьютерных экспериментов с моделью, отражающих цели исследования модели и ее практического использования;
- использование модели в реально функционирующей системе мониторинга.

Построение модели, как элемента ГИМС, связано также с задачей вычленения объекта мониторинга из окружающей среды. На этом этапе важно найти границы, разделяющие собственно объект моделирования и окружающую среду, которая в ГИМС определяется моделью более высокого уровня. Количество этих уровней зависит от многих факторов и, в частности, от типа модели, а также и от пространственного разрешения системы мониторинга. Среди типов моделей наиболее широко используются аналитические, самоорганизующиеся, имитационные, эмпирико-статистические и логико-лингвистические.

Разработка модели функционирования геоэкосистемы леса требует придания ей многих функций. Среди них наиболее важными являются следующие шесть функций:

- 1) измерительная функция, которая использует свойство подобия модели и объекта моделирования;
- 2) описательная функция модели характеризует свойства объекта моделирования в различных его состояниях;
- 3) интерпретаторская функция описывает границы применимости модели и получаемых с ее помощью решений;
- 4) объяснительная функция модели это ее способность интерпретировать данные мониторинга в терминах формального аппарата использованных в модели математических методов;
- 5) предсказательная функция модели связана с возможностью прогнозирования с заданной точностью по отрывочным данным мониторинга поведение и свойства природной системы для условий, в которых эта система не наблюдалась;
- 6) критериальная функция модели позволяет проверять истинность знаний о природной системе или процессе и предполагает возможность экспериментирования над моделью с целью получения новой информации.

4. Модель водного режима леса

Одним из важных лимитирующих факторов роста дерева является вода, процесс движения которой в почве и теле дерева определяет динамику изменения биомассы дерева. Следуя работе Кириленко [1] представим почву однородным пористым слоем $[0,z_g]$, где z_g - глубина грунтовых вод. Введем обозначения: W - относительная влажность почвы (кт $H_2O/m^3/[кт$ почвы/ m^3]), ρ - плотность воды, ρ_s - объемная плотность почвы. Введем систему координат (x,y,z), где ось z направлена вертикально вниз от поверхности почвы (z=0). Тогда движение воды по почве можно описать трехмерным уравнением Дарси:

$$V = -K[\nabla(\rho_s - \rho gz)]/(\rho g), \tag{1}$$

где V(t,x,y,z) - скорость движения воды, K(t,x,y,z) - гидравлическая проводимость воды, g - ускорение свободного падения, $\Phi(t,x,y,z)$ - водный потенциал почвы.

Уравнение динамики влажности почвы имеет вид:

$$\partial W/\partial t = -(\rho/\rho_s)(f + \operatorname{div} V)$$
 (2)

где f(t,x,y,z) - функция стока.

Зависимости водного потенциала почвы и ее гидравлической проводимости от влажности почвы представим в виде:

$$K = K_s^* W^m, \ \Phi_s = \Phi_s^* W^{-n},$$

где $K_s^* = K_{FM}W_{FM}^{-m}$, $\Phi_s^* = \Phi_{MG}W_{MG}^n$, m = 2n+1, W_{FM} - полная влагоемкость почвы, K_{FM} - соответствующая полной влагоемкости проводимость почвы, m и n - константы.

Система уравнений (1) и (2) с учетом принятых обозначений перепишется в виде:

$$\partial \tilde{\omega} \partial t = (-\rho/\rho_s)[(K_{FM}/W_{FM}) \operatorname{div} \{\mu \omega^n \nabla \omega + i \omega^n\} + f/W_{FM}],$$

$$V = K_{FM} (\mu \omega^n \nabla \omega + i \omega^n),$$

где $\omega = n\Phi_{FM}/(\rho g)$, i -единичный вектор, направленный вдоль оси z.

В случае однородности процессов в плоскости (х,у) задача упрощается:

$$\tilde{\partial \omega} \partial t = (-\rho/\rho_s)[(K_{FM}/W_{FM})\partial/\partial z \{\mu\omega^n\partial\omega/\partial z + \omega^n\} + f(t,z)/W_{FM}],$$

$$V(t,z) = K_{FM}(\mu\omega^n\partial\omega/\partial z + \omega^n)$$

Граничные и начальные условия зададим в форме:

$$\omega(t,z_g)=1$$
, $V(t,0)=P(t)-e(t)$, $\omega(t_0,z_g)=\omega^0(z)$,

где P(t) - интенсивность осадков, e(t) - интенсивность испарения с поверхности почвы, $\omega^0(z)$ - начальная влажность почвы.

Функция f описывает интенсивность поглощения воды корневой системой дерева:

$$f(t,z)=\zeta_0[\Phi_s(t,z)-\psi_0(t)]ds/dt$$

где $\zeta_0 = \zeta_k \sigma_0$ - проводимость входа воды в корневую систему, $\xi_k = r_k^{-1}$ - удельная проводимость входа воды в корень, r_k - удельное сопротивление входа воды в корень, σ_0 - общая площадь сосущих корней дерева, приходящаяся на единицу площади поверхности почвы ($\sigma_0 = \beta_k m_k$), m_k - масса корней под единицей площади почвы, β_k - эмпирическая константа, ψ_0 - водный потенциал внутри корневой системы, s(z) - функция распределения корневой системы по вертикали [s(0)=0, $s(z_0)=1$].

Для завершения синтеза модели водного режима дерева параметризуем процессы передвижения воды по растению и транспирации. Будем считать, что из корневой системы вода движется через ствол к кроне (сучья, листья) и затем испаряется в атмосферу. Разобьем надземную часть дерева высоты H

на n одинаковой толіцины слоев: $H=n\Delta z$. Через границы i-го слоя вода движется под воздействием разности водных потенциалов ψ_i и ψ_{i-1} , преодолевая сопротивление сосудов ксилемы

$$r_{ks}^*(z) = \left(S_{ks}^*(z)\xi_{ks}\right)^{-1}$$

где ξ_{ks} - удельная проводимость ксилемы, S_{ks}^* - площадь сечения дерева на высоте z. В результате, при предположении о постоянстве площади сечения дерева по высоте получаем следующую формулу для описания скорости потока воды в стволе через i-ый слой:

$$v_{i-1,i}^* = -\xi_{ks} S_{ks}^* \Delta z^{-1} (\psi_i - \psi_{i-1} + \rho g \Delta z)$$

Согласно Кириленко [1] интенсивность транспирации с i-го слоя можно описать формулой:

$$\gamma_i^* = \frac{d^i}{r_L^i} S_L^{*i}$$

где d^i - дефицит насыщения абсолютной влажности воздуха в атмосфере, S_L^{*i} - площадь листьев i-го слоя, $r_L^i=r_{st}^i+r_a$, r_{dt}^i - устьичное сопротивление, r_a - сопротивление пограничного слоя воздуха.

Для завершения описания модели Кириленко [1] рассмотрим древостой с плотностью ρ_F . Уравнения модели запишутся в виде:

$$d^2\varphi/d\eta = U\nu(\eta)\varphi(\eta), \, \eta \in [0,\alpha]; \tag{3}$$

краевые условия

$$\begin{cases} \varphi_0' = -\left[G(\tilde{\varphi}_s - \varphi_0) + F\right], d\varphi/d\eta = -F \text{ при } \eta \in [\alpha, 1]; \\ \varphi_\alpha' = -F \end{cases}$$
(4)

При ф₀ ≤0 система уравнений (3) и (4) принимает вид:

$$\begin{cases} \frac{d\phi}{d\eta} = & -F \\ \phi_0 = & \tilde{\phi}_s \end{cases}$$

где введены обозначения: $\eta=z/H$, $\phi(\eta)=1+\psi(\eta H)/\psi^*$, ψ^* - водный потенциал листа, $1/D_1$ - минимальное устьичное сопротивление, $U=Hr_{ks}D_1d\beta m_L/\psi^*$, $F=\rho gH/\psi^*$, $G=Hr_{ks}\xi_0$, $\alpha=a/H$, β - листовой индекс, h=-z,

$$a = \begin{cases} H, & \psi(H) \ge \psi^*, \\ h, & \psi(h) = -\psi^*, & \psi(H) < -\psi^* < \psi(0), \\ 0, & \psi(0) \le -\psi^* \end{cases}$$

5. Заключение

Диагностика залесенной территории с помощью ГИМС-технологии предполагает наличие набора соответствующих моделей, описывающих функционирование как отдельного дерева, так и их сообщества. Существует множество моделей роста отдельного дерева или их совокупности. ГИМС обеспечивает их восприятие в базу знаний и последующее использование по решению оператора. Большинство моделей использует схему энергетического и газового обмена дерева с окружающей средой [5].

Определение биометрических характеристик лесной экосистемы является важным этапом мониторинга окружающей среды при решении задач парникового эффекта, сосредоточенных в основном на оценке стока атмосферного СО2 над территориями лесов. Наиболее информативными биометрическими характеристиками, используемыми в различных параметризациях глобального биогеохимического круговорота углерода, являются высота дерева, максимальный диаметр кроны, высота до максимального диаметра кроны, высота до начала кроны, диаметр дерева на высоте 1,3 м, протяженность и средний диаметр освещенной части кроны, объемы ствола и кроны, плотность стволов в пикселе и др. Оценка биометрических характеристик растений требует знаний об их физиологии, которая характеризуется такими признаками как продуктивность, индекс листовой поверхности, скорость роста, сезонная ритмика и адаптационные возможности к стрессовым нарушениям параметров окружающей среды. Сложность возникающих при этом проблем определяется тем обстоятельством, что растения интерактивно связаны с окружающей средой, являясь одним из регуляторов её абиотических и биотических факторов.

Для повышения эффективности мониторинга лесной экосистемы и снижения экономических затрат в структуре ГИМС предусмотрена процедура формирования архива биометрических и продукционных характеристик растительности (АБПХР), представленного на рис. 7.

Одним из важных элементов АБПХР является раздел, содержащий данные для пикселей с лесами. Поскольку хозяйственная эксплуатация лесов неизбежна, то одной из проблем современной биоценологии является разработка технологий сбалансированного лесовосстановления. АБПХР облегчает планирование соотношения лесонасаждения с естественным воспроизводством леса. Для решения возникающих здесь задач в ГИМС необходимо создавать модели лесовозобновления, чтобы можно было выявлять условия устойчивого, лабильного и критического состояния молодняков, а также выбирать наиболее целесообразное время для хозяйственного воздействия на лесной биогеоценоз с учетом прогноза его возрастной сукцессии и будущей структуры. Наряду с моделированием процесса лесовозобновления необходимо осуществлять наблюдения за контрольными вырубками, чтобы иметь данные для верификации моделей. Реализации возникающих здесь задач посвящена европейская программа ІТМ, нацеленная на развитие комплекта моделей лесных экосистем, ориентированных на различных потребителей лесной продукции.

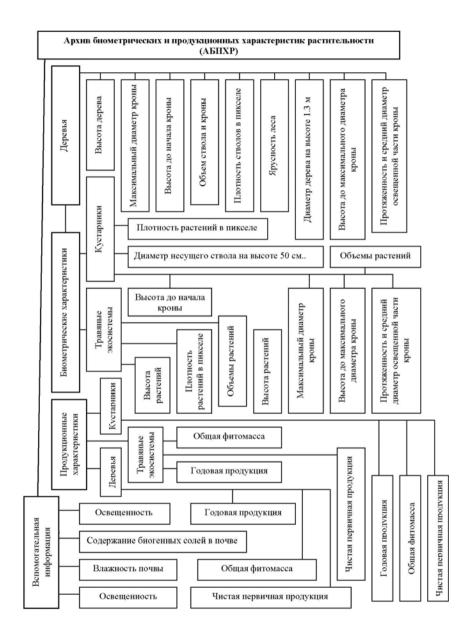


Рис. 7. Принципиальная структура АБПХР.

Таким образом, применение ГИМС для организации мониторинга лесных экосистем различного пространственного масштаба позволяет оптимизировать экономические затраты путем выбора эффективного режима наблюдения и сопровождающих его алгоритмов и моделей для анализа получаемых данных. В лесных экосистемах контроль параметров окружающей среды осуществляется в соответствии с режимом, определяемым ГИМС-технологией. Другими словами, здесь преобладает этап моделирования эволюции лесной экосистемы, результаты которого контролируются эпизодическими наблюдениями. В случае наличия антропогенного фактора, занимающего важное место в формировании характеристик окружающей среды, контроль состояния лесной экосистемы требует более широкого набора моделей и алгоритмов, а также применения методов принятия решений в условиях неустранимой неопределенности. Показателем состояния лесной экосистемы может служить индикатор ее биологической сложности. Развитие предложенной здесь технологии мониторинга лесных экосистем необходимо вести по пути расширения базы их моделей, предусматривая при этом сокращение требований к исходным данным о параметрах окружающей среды.

Литература

- 1. *Кириленко А.П.* Математическое моделирование продукционного процесса и водного цикла лесных экосистем. Кандидатская диссертация, М.: ВЦ РАН. 1990. -151 с.
- 2. Cracknell A.P., Krapivin V.F., and Varotsos C.A. (eds) Global Climatology and Ecodynamics: Anthropogenic Changes to Planet Earth. Springer/Praxis, Chichester, U.K.. 2009. 518 pp.

3. El-Sherif M., Bansal L., and Yuan J. Fiber optics sensors for detection of

toxic and biological threats // Sensors. – 2007. - № 7. - Pp. 3100-3118.

4. Haarbrink R., Krapivin V.F., Krisilov A., Krisilov V., Novichikhin E.P., Shutko A.M., Sidorov I. Intelligent data processing in global monitoring and security, ITHEA, Sofia-Kiev, 2011, 410 pp.

5. Kondratyev K. Ya., Krapivin V. F. and Varotsos C. A. Global Carbon Cycle and

Climate Change. - Springer/PRAXIS, Chichester, U. K. – 2003. - 372 pp.

6. Krapivin V.F. and Shutko A.M. Information technologies for remote monitoring of the environment. Springer/Praxis, Chichester U.K., - 2012, - 498 pp.

7. Krapivin V.F. and Varotsos C.A. Globalization and sustainable development.

- Springer/Praxis, Chichester, U.K. – 2007. - 304 p.

8. Krapivin V.F. and Varotsos C.A. (2008) Biogeochemical cycles in globalization and sustainable development.- Springer/Praxis, Chichester, U.K. – 2008. - 562 p.

9. Krapivin V.F., Varotsos C.A., Soldatov V.Yu. New Ecoinformatics Tools in Environmental Science: Applications and Decision-making. Springer, London,

U.K., 2015. 903 pp.

- 10. Nitu C., Krapivin V.F., and Bruno A. Intelligent techniques in ecology. Printech, Bucharest. 2000. 150 pp.
- 11. Nitu C., Krapivin V.F., and Bruno A. System modelling in ecology. Printech, Bucharest. 2000. 260 p.

12. Nitu C., Krapivin V.F., and Pruteanu E. Ecoinformatics: Intelligent Systems

in Ecology. - Magic Print, Onesti, Bucharest, Rumania. – 2004. - 411 pp.

13. Nitu C., Krapivin V.F., Soldatov V.Yu. Information-Modeling Technology for Environmental Investigations. MATRIX ROM, Bucharest, Romania, 2013, 621 pp.

References

1. Kirilenko A.P. Mathematical modeling of the production process and water cycle of the forest ecosystem. M.: Computer Centre of Russian Academy of Sciences, 1990. 151 pp.

2. Cracknell A.P., Krapivin V.F., and Varotsos C.A. (eds) Global Climatology and Ecodynamics: Anthropogenic Changes to Planet Earth. - Springer/Praxis, Chich-

ester, U.K.. – 2009. - 518 pp.

3. El-Sherif M., Bansal L., and Yuan J. Fiber optics sensors for detection of

toxic and biological threats // Sensors. – 2007. - № 7. - Pp. 3100-3118.

4. Haarbrink R., Krapivin V.F., Krisilov A., Krisilov V., Novichikhin E.P., Shutko A.M., Sidorov I. Intelligent data processing in global monitoring and security, ITHEA, Sofia-Kiev, 2011, 410 pp.

5. Kondratyev K. Ya., Krapivin V. F. and Varotsos C. A. Global Carbon Cycle and

Climate Change. - Springer/PRAXIS, Chichester, U. K. – 2003. - 372 pp.

6. Krapivin V.F. and Shutko A.M. Information technologies for remote monitoring of the environment. Springer/Praxis, Chichester U.K., - 2012, - 498 pp.

7. Krapivin V.F. and Varotsos C.A. Globalization and sustainable development.

- Springer/Praxis, Chichester, U.K. – 2007. - 304 p.

8. Krapivin V.F. and Varotsos C.A. (2008) Biogeochemical cycles in globalization and sustainable development.- Springer/Praxis, Chichester, U.K. – 2008. - 562 p.

9. Krapivin V.F., Varotsos C.A., Soldatov V.Yu. New Ecoinformatics Tools in Environmental Science: Applications and Decision-making. Springer, London,

U.K., 2015. 903 pp.

10. Nitu C., Krapivin V.F., and Bruno A. Intelligent techniques in ecology. – Printech, Bucharest. – 2000. - 150 pp.

11. Nitu C., Krapivin V.F., and Bruno A. System modelling in ecology. – Printech, Bucharest. – 2000. - 260 p.

12. Nitu C., Krapivin V.F., and Pruteanu E. Ecoinformatics: Intelligent Systems

in Ecology. - Magic Print, Onesti, Bucharest, Rumania. - 2004. - 411 pp.

13. Nitu C., Krapivin V.F., Soldatov V.Yu. Information-Modeling Technology for Environmental Investigations. MATRIX ROM, Bucharest, Romania, 2013, 621 pp.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

канд. физ.-мат. наук В.Ю. Солдатов (Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва)

Обсуждены задачи формализации различных процессов в окружающей среде, включая анализ и обработку данных мониторинга. Описан ряд алгоритмов, обеспечивающих реконструкцию пространственных распределений характеристик изучаемых объектов окружающей среды на базе данных эпизодического мониторинга. Алгоритм восстановления данных мониторинга методом дифференциальной аппроксимации обеспечивает интерполяцию данных между временными моментами эпизодических измерений. Метод гармонических функций восстанавливает данные внутри контура радиометрического зондирования. Алгоритм раномизирования линейно-ломанной аппроксимации позволяет преодолеть эффект нестационарности данных мониторинга. Метод эволюционного моделирования снимает вопрос о преодолении информационной неопределенности, особенно не преодолимой.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (Грант РФФИ №160-01-00213-а).

Ключевые слова: мониторинг, алгоритм, информация, приближенный метод, идентификация, функция

MATHEMATICAL ASPECTS OF THE ENVIRONMENTAL MONITORING

V.Yu. Soldatov

The problems are discussed concerning the formalization of different environmental processes including an analysis and processing the monitoring data. Series of the algorithms are described to be used for the reconstruction of spatial distributions of the characteristics that describe the studied environmental objects basing on the episodic monitoring. Algorithm for the monitoring data reconstruction with the differential approximation method provides an interpolation of the data between temporal moments of episodic measurements. Method of harmonic functions reconstructs the data within the counter of radiometric observations. Algorithm of the randomization-linear-break approximation allows the overcoming of non-stationarity in the monitoring data. Evolutionary modeling method removes the question about the overcoming of the information uncertainty, especially no breaked.

Key words: monitoring, algorithm, information, approximate method, identification, function.

1. Введение

Проблема взаимодействия человека с окружающей средой охватывает широкий спектр задач, решение которых невозможно без привлечения математических методов как для обработки данных мониторинга, так и при принятии природоохранных решений. В современной литературе разрабо-

тано и представлено многообразие таких методов и моделей [1-20]. Большинство из них ориентированы на решение конкретных задач диагностики и прогнозирования экосистем регионального масштаба, где требуется оценить характеристики экосистемы и рассчитать возможные последствия реализации антропогенного проекта по реконструкции окружающего пространства. Детальное описание методов обработки данных мониторинга можно найти в книге [4].

Современные теоретические представления о взаимодействии общества и природы как естественного и объективного процесса проявляются главным образом в форме использования природных ресурсов для создания средств для жизни. Помимо этого все с большей очевидностью проявляется и другая сторона такого взаимодействия, состоящая в гармонизации экологических и экономических интересов общества. Для достижения такой гармонии необходим поиск сбалансированного сочетания форм взаимодействия общества и природы. При этом следует учитывать наличие различных способностей у общества и природы противостоять взаимным негативным реакциям на внешние воздействия. Природа может оказывать негативные воздействия на здоровье населения, препятствовать экономическому развитию общества и вызывать разрушительные катаклизмы. Человек, стремясь к достижению жизненного комфорта, истощает недра, уничтожает растительный и животный миры, загрязняет окружающую среду.

Уровень взаимодействия общества и природы достиг глобальных планетарных масштабов. Поэтому фактическое экспериментирование над природной средой становится опасным. Существует единственный выход из этой ситуации — экспериментировать на моделях системы климат-биосфераобщество (СКБО) и пытаться найти приемлемые для обоих сторон условия сосуществования. Конечно, здесь в первую очередь имеется в виду поиск передовых путей развития стран, которые создадут их гражданам достойную жизнь. Такие модели создаются во многих странах. Здесь следует еще раз указать на учение В.И. Вернадского о ноосфере, как один из возможных путей устойчивого развития СКПО. В работах Моисеева [8,9] по этому поводу выдвигается идея о бифуркационной гибели биосферы, как финального этапа деградации СКБО.

В планетарном масштабе все живое население биосферы тесно связано специфической формой организации и механизмами регуляции потоков энергии и круговорота веществ, представляя собой единую биокибернетическую систему высшего ранга. В пределах континентов и океанов, как следующих за биосферой структурных единиц, процессы преобразования энергии и вещества протекают в какой-то степени обособленно. Наземные биогеоценозы характеризуются распределенной продуктивностью, являющейся на многих территориях управляемой функцией, а потому зависящей от развития научно-технического прогресса. Мировой океан представляет в настоящее время около 1% потребляемых человечеством ресурсов и является практически неуправляемым элементом биосферы. Это связано с недостаточной изученностью продукционных процессов в океанах.

Так или иначе, взаимосвязь уровня жизни человеческого общества с природными процессами в последние годы становится все более принципиальной. Исследование биосферы как сложной иерархически устроенной уникальной системы становится насущной проблемой всего человечества, ибо жизнь его целиком зависит от состояния биосферы. В этом исследовании одно из центральных мест занимает системная экология наука о применении методов математического моделирования и вычис-

лительной техники к исследованию функционирования экологических систем биосферы. Развитие этого направления привело к новым идеям в области изучения глобальных изменений в результате реализации многочисленных антропогенных проектов.

Чтобы оценить тенденции в динамике современной биосферы и понять уровень опасности для окружающей среды со стороны человеческой активности многие исследователи, опираясь на создаваемые базы данных о параметрах окружающей среды и понимая уникальность природных систем, пытаются создавать глобальные модели и с их помощью прогнозировать возможные последствия антропогенной деятельности. На этом довольно сложном пути исследования приходится формализовать климатические, биотические, геохимические, экономические и социальные процессы. Уровень адекватности этих исследований определяется уровнем упрощения реальных процессов в модельных представлениях. Использование в эксперименте вместо самой биосферы ее модели позволяет получать ответы на вопросы о последствиях реализации антропогенных проектов реконструкции природных систем. На современном уровне развития математического моделирования глобальных процессов и баз данных достижение приемлемого сходства наблюдаемого поведения биосферы с модельными прогнозами становится возможным благодаря системам природного мониторинга.

Проблема состоит в том, чтобы, опираясь на имеющиеся технические средства мониторинга окружающей среды и используя современные средства обработки и анализа данных, синтезировать такую технологию прогнозной диагностики глобальных процессов, которая бы давала достоверные оценки динамических процессов в природе и обществе. Безусловная сложность этой проблемы порождает многочисленные научные подходы к развитию новых нетрадиционных методов оценки живучести биосферы, понимая под этим термином ее способность выполнять жизнь обеспечивающие функции для главного элемента — человека.

2. Алгоритм восстановления данных мониторинга методом дифференциальной аппроксимации

База данных системы мониторинга окружающей среды не всегда соответствует требованиям параметрической насыщенности, предъявляемым к ней ГИМС-технологией [3,4]. Поэтому представляет интерес алгоритм параметризации функций контролируемой на данной территории системы, который бы не предъявлял жестких требований к базе данных. Предположим, что в режиме мониторинга измеряются N характеристик системы x_i (i=1,...,N) в моменты времени t_s (s=1,...,M). Формальную зависимость между $x_i(t)$ представим в виде системы дифференциальных уравнений с неизвестными коэффициентами $\{a_{ijk},b_{ij}\}$:

$$dx_{i}/dt = \sum_{k,j=1}^{N} \left[a_{ijk} x_{j}(t) x_{k}(t) + b_{ij} x_{j}(t) \right]$$
 (1)

Задавая начальные условия:

$$x_i(0), i=1,...,N$$
 (2)

задачу восстановления значений $x_i(t)$ в любой момент времени на интервале наблюдения [0,T] сводим к обычной задаче Коши для системы обыкновенных уравнений. Единственным препятствием к ее решению является неоп-

ределенность коэффициентов a_{ijk} и b_{ij} . В этом случае поступим традиционным путем, т.е. введем меру расхождения между рассчитанными значениями $x_i(t_s)$ и измеренными оценками $\hat{x}_i(t_s)$:

$$E = \sum_{s=1}^{M} \{ \sum_{i=1}^{N} [x_i(t_s) - \hat{x}_i(t_s)]^2 / N \} / M$$
 (3)

где $0 \le t_1 \le \cdots \le t_M \le T$.

Тогда множество коэффициентов $\{a_{ijk}b_{ij}\}$ может быть определено как решение следующей оптимизационной задачи:

$$E_0 = \min_{\{a_{ijk}, b_{ij}\}} E \tag{4}$$

Поиск минимума функции E в (4) сводится к задаче динамического программирования. Для этого предположим, что коэффициенты $\{a_{ijk}b_{ij}\}$ являются функциями времени. Обозначим:

$$Y(t) = \begin{vmatrix} x_{1}(t) \\ \vdots \\ x_{N}(t) \\ a_{111}(t) \\ \vdots \\ a_{NNN}(t) \\ b_{11}(t) \\ \vdots \\ b_{NN}(t) \end{vmatrix}$$
(5)

Не нарушая общности можно считать, что $a_{ijk}=a_{ikj}$. Тогда, дополняя систему (1.4), вместо задачи Коши (1), (2) получим:

$$dY/dt = G(Y) \tag{6}$$

где функция G имеет компоненты:

$$G_i(Y) = 0$$
 для $i = N+1,...,N_c$,
$$G_i(Y) = \sum_{k,j=1}^{N} [a_{ijk} x_j(t) x_k(t) + b_{ij} x_j(t)]$$
 для $i=1,...,N$; (7)

причем $a_{ijk}(0) = \overline{a}_{ijk}, b_{ij}(0) = \overline{b}_{ij}, N_c = N + N^2 + N^2(N+1)/2.$

Отметим, что с помощью метода квазилинеаризации решение нелинейной задачи сводится к решению последовательности линейных задач. Метод представляет собой дальнейшую разработку известного метода Ньютона-Рафсона и его обобщенного варианта.

Введем последовательность функций $Y^{(1)}(t),...,Y^{(n)}(t)$ таких, что $Y^{(1)}(t)$ является первым приближением к решению системы (6). Тогда n-ое приближение найдется как решение следующей линейной системы:

$$dY_{i}^{(n)}(t)/dt = G_{i}[Y^{(n-1)}(t)] + \sum_{i=1}^{N_{c}} \left\{ dG_{i}[Y^{(n-1)}(t)]/dY \right\} \left[Y_{j}^{(n)} - Y_{j}^{(n-1)} \right]$$
(8)

Как показано в работе [4] итерационный процесс (8) сходится по квадратичному закону. Решение (1.11) в общем виде записывается в следующей форме:

$$Y^{(n)}(t) = P(t) + \sum_{k=1}^{N_c} C_k H^{(k)}(t)$$
 (9)

где P(t) - частное решение системы (8), $H^{(k)}(t)$ - векторное решение однородной системы. Для определения P(t) решим (8) при начальных условиях $Y_i(0)=0$ ($i=1,...,N_c$). Функции $H^{(k)}(t)$ находим как решения задачи Коши:

$$dY_{i}^{(n)}(t)/dt = \sum_{j=1}^{N_{c}} \{dG_{i}[Y^{(n-1)}(t)]/dY\}[Y_{j}^{(n)} - Y_{j}^{(n-1)}](i=1,...,N_{c})$$
 (10)

$$H^{(1)}(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ . \\ 0 \end{bmatrix}, H^{(2)}(0) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ . \\ 0 \end{bmatrix}, ..., H^{(N_c)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ . \\ 1 \end{bmatrix}$$
(11)

Из выражений (8)-(11) следует, что константы C_k являются неизвестными начальными условиями системы уравнений (7). Поэтому при каждой итерации в процессе нахождения частного решения и решений однородных уравнений константы C_k определим таким образом, чтобы получить решение $x^{(n)}$, которое лучше всего в смысле метода наименьших квадратов согласуется с результатами наблюдений:

$$E = \min_{\{C_k\}} \sum_{s=1}^{M} \sum_{i=1}^{N} \left[P_i(t_k) + \sum_{k=1}^{N_c} C_k H_i^{(k)}(t_s) - \hat{x}_i(t_s) \right]^2$$
 (12)

Потребуем, чтобы

$$\partial E/\partial C_k = 0$$
 для $k = 1,..., N_c$ (13)

Из (12) и (13) следует, что

$$\sum_{k=1}^{N_c} A_{km} C_k + B_m = 0, m = 1, ..., N_c,$$
(14)

$$A_{km} = \sum_{s=1}^{M} \sum_{i=1}^{N} H_i^{(k)}(t_s) H_i^{(m)}(t_s), B = \sum_{s=1}^{M} \sum_{i=1}^{N} [P_i(t_s) - \hat{x}_i(t_s)] H_i^{(m)}(t_s)$$

Таким образом, на каждой итерации (8) необходимо решать систему (14). Скорость сходимости этой процедуры будет зависеть от удачного выбора начальных условий.

3. Применение метода гармонических функций для восстановления данных микроволновой радиометрии в замкнутой области

Процесс распространения тепла в плоской однородной среде G с постоянными теплофизическими свойствами (ρ -плотность, c – удельная теплоемкость, K - коэффициент теплопроводности; ρ , C, K=const>0) описывается уравнением [3,4]

$$\partial T/\partial t = a^2 (\partial^2 T/\partial \varphi^2 + \partial^2 T/\partial \lambda^2), \tag{15}$$

где $T=T(\varphi,\lambda\;t)$ - температура в точке $(\varphi,\lambda)\in G$ в момент времени $t;\;a^2=K/(\rho c)$ -коэффициент теплопроводности G. Если процесс переноса тепла стационарен, то (16) переходит в обычное уравнение Λ апласа:

$$div \cdot grad T = \partial^2 T / \partial \varphi^2 + \partial^2 T / \partial \lambda^2 = 0$$
 (16)

В этом случае T является гармонической функцией от пространственных координат ϕ и λ . Совместно с температурным полем $T(\phi, \lambda, t)$ рассмотрим поле собственного излучения G в СВЧ диапазоне, интенсивность которого в соответствии с приближением Релея-Джинса при локально-термодинамическом равновесии характеризуется яркостной температурой $T_J(\phi, \lambda, \eta, \theta, t)$, где η - длина волны электромагнитного диапазона, θ -угол наблюдения. Будем предполагать, что для достаточно малой окрестности V_M любой точки $M \in G$ выполняется условие:

$$T_{J}(\varphi,\lambda,\eta,\theta,t) = A_{M} + B_{M}T(\varphi,\lambda,t); (\varphi,\lambda) \in V_{M}; (A_{M}, B_{M} = const)$$
 (17)

Представление (16) следует из теоретических и экспериментальных оценок T_j . Так для среды, однородной по глубине и ограниченной плоской поверхностью, справедливо равенство $T_j=\kappa T_o$, где $\kappa=\kappa(\eta,\theta,\epsilon)$ - коэффициент излучения среды, ϵ - диэлектрическая проницаемость среды, ϵ - термодинамическая температура. Согласно экспериментальным оценкам [7] на волнах $\eta \ge 5$ -8 см T_j для пресной воды практически линейно зависит от ϵ крутизна этой зависимости составляет 0,35-0,5 ϵ С. Увеличение солености ϵ от 0 до 13-16 ϵ 00 сопровождается уменьшением чувствительности поля излучения ϵ вариациям температуры в широком диапазоне дециметровых

волн от 10 до 50 см. При выполнении соотношений $\eta S\cong 700$; $0\leq T_o\leq 30^{\circ}\mathrm{C}$; $0\leq S\leq 180^{\circ}\mathrm{/_{oo}}$; $0\leq \theta\leq 25^{\circ}\mathrm{C}$ чувствительность поля излучения к вариациям T_o минимальна. Из (17) следует, что T_J в каждой точке $M\in G$ удовлетворяет соотношению:

$$T_{J}(\varphi,\lambda,\eta,\theta,t) = (2\pi)^{-1} \int_{0}^{2\pi} [A_{M} + B_{M}T(\varphi + rcosa,\lambda + rsina,t)da =$$

$$= (2\pi)^{-1} \int_{0}^{2\pi} T_{J}(\varphi + rcosa,\lambda + rsina,\eta,\theta,t)da$$

для любого $r \in (0,r_M)$, откуда следует, что T_J является гармонической в G и, следовательно, удовлетворяет (16). Типичной краевой задачей для (16) является задача Дирихле. На границе Γ области G задается непрерывная функция $\tilde{T}_J = \tilde{T}_J$ (u), где $u = \varphi + i\lambda$ - комплексная координата точки $(\varphi, \lambda) \in \Gamma$. Требуется найти функцию T_J гармоническую внутри G и принимающую заданные значения \tilde{T}_J на Γ . Такая функция согласно теории функций комплексного переменного является вещественной частью некоторой аналитической функции $\Phi(z)$, которую будем искать в виде интеграла Коши:

$$\Phi(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{\mu(\zeta)}{\zeta - z} d\zeta \tag{18}$$

с вещественной плотностью $\mu(\zeta)$, где $\zeta \in \Gamma$; $z=\phi+i\lambda$ - произвольная точка внутри G. Устремляя z к некоторой точке u контура Γ и с учетом соотношений $Re\ \phi(u)=\tilde{T}_J(u)$ и $Im(d\zeta/(\zeta-u)=-cos(r,n)d\sigma/r$, где r - расстояние от ζ до u (направление выбирается от ζ к u, $d\sigma$ - элемент длины на Γ ; n - внешняя нормаль к Γ . Из (18) для $\mu(u)$ получим интегральное уравнение Фредгольма:

$$\mu(u) - \frac{1}{\pi} \int_{\Gamma} \mu(\varsigma) \frac{\cos(r, n)}{r} d\sigma = 2\tilde{T}_{J}(u)$$

с непрерывным ядром cos(r,n)/r, которое разрешимо при любой правой части. Решив это уравнение, из (18) находим $\varphi(z)$ и, следовательно, $T_J(\varphi,\lambda,\eta,\theta,t)=Re\ \varphi(z)$. В случае, когда G есть круг $z-z_0$ R, решение задачи Дирихле получим в виде интеграла Пуассона:

$$T_{J}(\phi,\lambda,\eta,\theta,t) = \frac{1}{2\pi} \int_{0}^{2\pi} \tilde{T}_{J}(a) \frac{R^{2} - r^{2}}{R^{2} + r^{2} - 2Rr\cos(\psi - a)} da$$

где
$$\tilde{T}_{J}(a) = \tilde{T}_{J}(z_0 + Re^{ia})$$
; $(0 \le a \le 2\pi)$.

Не нарушая общности, применим описанную методику совместно с методом дифференциальной аппроксимации к процедуре восстановления

данных трассовых измерений и построения карты территории G в момент времени t. Пусть дистанционные измерения выполняются в интервале времени $[t_0,t_L]$ в дискретном числе точек A_i (i=1,...,N) границы Γ . Будем считать, что за время измерений Δt уровень нестационарности данных наблюдений пренебрежимо мал, т.е. весь ряд измерений можно разбить на M= $|t_L t_0|/\Delta t|$ статистически достоверных участков $[t_j, t_{j+1}]$ (j=1,...,M) и все измерения представить в виде матрицы $|T_j(i,j)|$. Метод дифференциальной аппроксимации позволяет в этой матрице все строки свести к моменту t, а затем по изложенной методике восстановить T_J в G.

4. Приближенный метод решения обратной задачи при идентификации геофизических параметров

В процессе мониторинга формируется множество рядов данных, с помощью которых необходимо установить корреляционные связи между параметрами изучаемого объекта. Конкретно рассмотрим ситуацию, возникающую в условиях радиофизического мониторинга [3,4]. Пусть в момент t_i на выходе каждого измерительного устройства (радиометра) фиксируются величины Z_{ij} (i=1,...,M; j=1,...,n) такие, что Z_{ij} = T_{j} + ξ_{ij} . Здесь T_{j} -реальное значение j - го параметра (радиояркостная температура на длине волны λ_{jj} , ξ_{ij} - шумовая составляющая. Поиск корреляции сводится к определению зависимости

$$T_j = f_j(X) \tag{19}$$

где $X=(x_1,...,x_m)$ - геофизические параметры.

Существует множество приемов поиска функции f. Как правило, в качестве критерия согласия используется среднеквадратическое отклонение [1]. Однако, такой критерий не может отражать дисперсионные характеристики шумовой составляющей в измерениях. Поэтому рассмотрим поставленную задачу именно с этой позиции. Пусть функция (19) является линейной, и тогда имеем систему $n \ge m$ уравнений:

$$||A_{ij}||X = T + \Xi \tag{20}$$

Требуется найти решение (20), такое чтобы его дисперсия была минимальна. Предполагается, что $\Xi = \{\xi_1,...,\xi_n\}$ имеет нулевое среднее и дисперсию $\{\sigma_1^2,...,\sigma_n^2\}$. Такое решение $\{x_1^*,...,x_m^*\}$ назовем σ - решением.

Умножим i - ое уравнение системы (19) последовательно на величины $c_{1i},...,c_{mi}$ (i=1, ..., m) и потребуем

$$\sum_{i=1}^{n} c_{ji} A_{il} = \sigma_{jl} ; \qquad (21)$$

$$\delta_{jl} = \begin{cases} 1 & , j = l; \\ 0 & , j \neq l; \end{cases} (l, j = 1, ..., m)$$
 (22)

При выполнении условий (21) и (22) находим

$$x_1^0 = \sum_{i=1}^n c_{1i} T_i \tag{23}$$

Аналогичные соотношения записываются для x_j^0 (j = 2, ..., m). Заменяя T на Z в (23), т.е. переходя к системе (20), получим:

$$\tilde{x}_{1} = \sum_{i=1}^{n} c_{1i} (T_{i} + \xi_{i})$$
 (24)

Из (24) вычисляем дисперсию:

$$D[\tilde{x}_1] = \sum_{i=1}^{n} c_{1i}^2 \sigma_i^2$$
 (25)

Так как средние значения \tilde{x}_1 и ${x_1}^0$ совпадают по определению, то для решения поставленной задачи необходимо при соблюдении условий (22) найти минимум (25). Применим метод неопределенных множителей Λ агранжа. Составим вспомогательное выражение:

$$\phi(c_{11},...,c_{1k}) = \sum_{i=1}^{n} c_{1i}^{2} \sigma_{i}^{2} + \mu_{1} \left(\sum_{i=1}^{n} c_{1i} A_{i1} - 1 \right) + \sum_{j=2}^{m} \mu_{j} \sum_{i=1}^{n} c_{1i} A_{ij}$$
(26)

Приравнивая первые производные функции (26) к нулю получим:

$$2c_{1k}\sigma_k^2 + \sum_{i=1}^m \mu_i A_{ki} = 0 \quad (k = 1,...,n).$$
 (27)

Соотношения (27) и условия (22) составляют систему (m+n) уравнений, решение которых позволяет определить искомые оптимальные величины c_{ij}^* . Анализ показывает, что $D[x_j]$ =- $\mu_j/2$. Величины μ_j находим из системы уравнений:

$$\sum_{j=1}^{m} \mu_{j} \sum_{i=1}^{n} \frac{A_{ij} A_{i1}}{\sigma_{i}^{2}} = -2; \qquad \sum_{j=1}^{m} \mu_{j} \sum_{i=1}^{n} \frac{A_{ij} A_{il}}{\sigma_{i}^{2}} = 0; \quad l = 2, ..., m.$$

Численные оценки показывают, что σ - решение является предпочтительнее решения, полученного по критерию среднего квадратичного отклонения. Рассмотрим случай m=2 и n=3, где x_1 - термодинамическая температура, x_2 - степень минерализации. Из (24) имеем

$$c_{1k}^* = \frac{1}{\Delta \sigma_k^2} \left(A_{k1} \sum_{i=1}^n \frac{A_{i2}^2}{\sigma_i^2} - A_{k2} \sum_{i=1}^n \frac{A_{i1} A_{i2}}{\sigma_i^2} \right); k = 1, ..., n;$$
 (28)

$$c_{2k}^* = \frac{1}{\Delta \sigma_k^2} \left[A_{k2} \sum_{i=1}^n \frac{A_{i1}^2}{\sigma_i^2} - A_{k1} \sum_{i=1}^n \frac{A_{i1} A_{i2}}{\sigma_i^2} \right]; k = 1, ..., n;$$
 (29)

где

$$\Delta = \sum_{i=1}^{n} \frac{A_{i1}^{2}}{\sigma_{i}^{2}} \sum_{i=1}^{n} \frac{A_{i2}^{2}}{\sigma_{i}^{2}} - \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{A_{i1}A_{i2}}{\sigma_{i}^{2}}\right)^{2}$$

Оптимальная оценка x_i^* определится соотношением

$$x_{j}^{*} = \sum_{i=1}^{n} c_{ji}^{*} Z_{i}$$
 (j=1,2)

Дисперсия оценки x_i^* имеет значение

$$D[x_1^*] = \Delta^{-1} \sum_{i=1}^n \frac{A_{i2}^2}{\sigma_i^2}; \quad D[x_2^*] = \Delta^{-1} \sum_{i=1}^n \frac{A_{i1}^2}{\sigma_i^2}$$
 (30)

Сравним на конкретном примере эту оценку с оценкой по методу наименьших квадратов. Пусть

$$\left\|A_{ij}\right\| = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 3 \end{vmatrix}$$

Тогда из формул (30) получаем

$$\begin{split} c_{11}^* &= \left(6\sigma_2^{22} + 2\sigma 3\right)/\Delta_1; c_{12}^* = \left(3\sigma_1^2 - \sigma_3^2\right)/\Delta_1; c_{13}^* = -2\left(\sigma_1^2 + \sigma_2^2\right)/\Delta_1; c_{21}^* = \\ &= -\left(2\sigma_2^2 + \sigma_3^2\right)/\Delta_1; \\ c_{22}^* &= \left(-\sigma_1^2 + \sigma_3^2\right)/\Delta_1; c_{23}^* = -\left(\sigma_1^2 + 2\sigma_2^2\right)/\Delta_1 \end{split}$$

$$\mathbf{r}_{\mathrm{AE}} \Delta_1 = \sigma_1^2 + 4\sigma_2^2 + \sigma_3^2 \; .$$

Далее имеем

$$\begin{split} D[x_1^*] &= \left(9\sigma_1^2\sigma_2^2 + 4\sigma_1^2\sigma_3^2 + \sigma_2^2\sigma_3^2\right)/\Delta_1; \\ D[x_2^*] &= \left(\sigma_1^2\sigma_2^2 + \sigma_1^2\sigma_3^2 + \sigma_2^2\sigma_3^2\right)/\Delta_1 \end{split}$$

Пусть \hat{x}_1 и \hat{x}_2 являются оценками параметров x_1 и x_2 , полученные по методу наименьших квадратов, т.е. они являются решениями задачи минимизации

$$\min_{x_1, x_2} \left(\sum_{i=1}^n (T_i + \xi_i - A_{i1}x_1 - A_{i2}x_2)^2 \right)^{1/2} = \left(\sum_{i=1}^n (T_i + \xi_i - A_{i1}\hat{x}_1 - A_{i2}\hat{x}_2)^2 \right)^{1/2}$$

Имеем

$$\hat{x}_1 = 4(T_1 + \xi_1)/3 + (T_2 + \xi_2)/3 - 2(T_3 + \xi_3), \quad \hat{x}_2 = -(T_1 + \xi_1)/2 + (T_3 + \xi_3)/2$$

$$D[\hat{x}_1] = \left(16\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 4\sigma_3^2\right)/9; D[\hat{x}_2] = \left(\sigma_1^2 + \sigma_3^2\right)/4$$

Легко видеть, что $D[\hat{x}_1] \ge D[x_1^*]$ и $D[\hat{x}_2] \ge D[x_2^*]$. Следовательно, σ - решение предпочтительнее оценок, получаемых по методу наименьших квадратов.

5. Алгоритм рандомизированной линейно-ломанной аппроксимации

Измерения параметров окружающей среды в режиме мониторинга поставляют для системы обработки данных наборы рядов количественных характеристик, которые не могут быть проанализированы по причине их не стационарности. Существует множество способов преодоления не стационарности, позволяющих устранять противоречие между условиями применимости статистических методов и уровнем стационарности данных измерений. Один из таких способов состоит в расчленении ряда зашумленных измерений на квазистационарные участки [3,4,6].

Пусть результаты измерений представлены последовательностью величин Z_{ij} , где i=1,...,N есть номер отсчета времени, j=1,...,M — номер измерительного устройства (информационного канала). При этом считается, что

$$Z_{ij} = T_{ij} + \xi_{ij}, \tag{31}$$

где T_{ij} и ξ_{ij} - детерминированная и стохастическая составляющие соответственно, причем ξ_{ij} имеет нулевое среднее и дисперсию σ_i^2 .

Задача выделения кусочно-постоянной составляющей случайной последовательности (31) по существу сводится к классификации этой выборки по признаку принадлежности к выборкам из распределений с одинаковыми средними. Чтобы аппроксимировать выборку $\{Z_{jj}\}$ линейно-ломанной рандомизированной функцией выполним следующие операции. Сначала находим разность:

$$\Delta Z_{kj} = Z_{k+1,j} - \frac{1}{k} \sum_{l=1}^{k} Z_{lj} = \Delta T_{kj} + \frac{1}{k} \sum_{l=1}^{k} \Delta \xi_{lj}$$

Если величины Z_{kj} и $Z_{k+1,j}$ принадлежат выборкам с одинаковыми средними, то ΔT_{kj} =0. В противном случае ΔT_{kj} ≠0. Будем считать, что Z_{kj} и $Z_{k+1,j}$ принадлежат выборке из распределений с одинаковыми средними, если

$$|\Delta Z_{kj}| \le a_{kj} \tag{32}$$

где a_{kj} = $d\sigma_{j}$, d - адаптационный коэффициент (обычно выбирают d=3-(1+ $1/k)^{1/2}$). Начиная с k=1 и продолжая последовательно вычислять ΔZ_{kj} и проверять условие (32), находим квазистационарные участки последовательности $\{Z_{ij}\}$. Если условие (32) не выполняется одновременно для $Z_{(k+1),j}$ и $Z_{(k+2),j}$, то элемент Z_{kj} считается последним в подмножестве, элементы которого удовлетворяют условию квазистационарности. Последующее подмножество ряда $\{Z_{ij}\}$ начинается с $Z_{(k+1),j}$ как первого элемента. Подмножество, где среднее не является постоянной величиной, т.е. условие (32) всегда не выполняется, формируется как подмножество случайных величин, среднее которых изменяется по линейному закону. В этом случае на всех шагах процедуры вычисляются величины $\Delta Z_{(k+m),j} = Z_{(k+m+1),j} - Z_{(k+m),j}$ (m=1,...,s). Линейная аппроксимация участка ряда $\{Z_{ij}\}$ строится между значениями $Z_{(k+1),j}$ и Z_{sj} . Её уравнение имеет вид:

$$Z - \overline{Z}_{\overline{t}_{si}} = \overline{\Delta Z}_{sj}(t - \overline{t}_{sj}), \qquad (33)$$

где t - время, отождествляемое с моментами регистрации измерений;

$$\overline{t}_{sj} = 0.5(s-k-2), \ \overline{\Delta Z}_{sj} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \Delta Z_{(k+1),j}, \ N=2 \ \overline{t}_{sj}, \ \overline{Z}_{sj} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} Z_{(k+i),j}$$

Проверка "стабильности" угла наклона прямой (1.36) в процессе ее формирования определяется путем анализа величины $\Delta \tilde{Z}_{ij} = \Delta Z_{ij} - \frac{1}{l} \sum_{i=1}^{l} \Delta Z_{(k+1),j}$, вычисляемой на каждом шаге l. Одиночные нарушения этой стабильности, т.е. когда $\left|\Delta \tilde{Z}_{ij}\right| \geq 6\sigma_{j} \; (1+l^{-1})^{1/2}$ рассматриваются как случайные выбросы и либо исключаются из рассмотрения, либо заменяются средними значениями.

6. Метод квазилинеаризации для приближенного решения уравнений имитационной системы

Динамические уравнения, описывающие функционирование системы согласно рассматриваемой технологии построения модели в конечном виде дискретизируются по сетке $\Delta \phi \times \Delta \lambda \times \Delta z$. Из-за больших объемов вычислений возникает задача подбора такого метода приближения исходных дифференциальных уравнений конечно-разностными соотношениями, который бы сокращал этот объем [3,4]. Основная идея метода квазилинеаризации состоит в следующем. Любое уравнение на конечном отрезке времени заменяется эквивалентным аналитически решаемым уравнением. Поиск такого эквивалента осуществляется либо путем индивидуального подбора формы упрощения исходного уравнения, либо прямой его линеаризацией.

Рассмотрим задачу Коши:

$$L[y]-\mu W[y]=f(x,y); y^{(s)}(a)=y_0^s, s=0,1,...,n-1;$$
 (34)

где L - дифференциальный оператор:

$$L[y] = \sum_{i=0}^{n} P_i(x, y, y', ..., y^{(m_i)}) y^{(n-i)}, (m_i < n)$$
(35)

и W есть обобщенный оператор Вольтерра:

$$W[y] = \int_{a}^{x} \sum_{j=0}^{r} K_{j}(x,\xi) y^{(j)}(\xi) d\xi, \quad (r < n) ;$$
 (36)

 μ - коэффициент, $P_i(...)$ и f(...) - непрерывные функции в ограниченном интервале [a,b], P_0 -ненулевая функция, а ядра K_j непрерывны в области $G = \{a \le \xi \le x \le b\}$.

Метод квазилинеаризации требует разбиения отрезка [a,b] на частные отрезки: $x_0=a,x_1,...,\ x_{m-1},\ x_m=b,\ h_k=x_{k+1}-x_k$. В результате задача (34) заменяется последовательностью частных задач:

$$\tilde{L}_{k}[\tilde{y}] = \mu \tilde{W}_{k}[\tilde{y}] + f(x_{k}, \tilde{y}_{k}), \quad \tilde{y}^{(s)}(x_{k}) = \tilde{y}_{k}^{(s)}, \ k = 0, 1, ..., m; \ s = 0, 1, ..., n-1$$
 (37)

Ошибка аппроксимации решения задачи (34) приближенным рядом (37) оценивается выражением:

$$E_k = \max_{j} \left| y^{(j)}(x_k) - \tilde{y}^{(j)}(x_k) \right| \leq \left(1 + gh_{\max}\right)^k \varepsilon_0 + lh_{\max}^{n-1} g^{-1} \left[\left(1 + gh_{\max}\right)^k - 1 \right],$$

где

$$l = \frac{1}{n!} \left[\sum_{i=1}^{n} (p_{i}M_{n-i} + L_{i}N_{n-i}) + F + G_{0} + |\mathbf{\mu}| (T+s) \right]; \ h_{max} = \max_{k} \{h_{k}\};$$

$$s = |b-a| \sum_{j=0}^{r} \max_{G} |K_{j}(x,\xi)| M_{j}; M_{j} = \max_{[a,b]} |\mathbf{y}^{(j)}|; F = \max_{[a,b]} |\mathbf{f}|;$$

$$G_{0} = \max_{k} \left| \tilde{f}_{k} \right|; T = \max_{G} \left| \tilde{W} \right|; g = 1 + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{h_{\max}^{s-1}}{s!}; L_{i} = \max_{k} \left| \tilde{P}_{k} \right|; p_{i} = \max_{[a,b]} |P_{i}|$$

Рассмотрим эту процедуру на примере уравнения:

$$y^{(n)} = F(x, y, y', ..., y^{(n-1)}); y(0) = y_0, y'(0) = y_0^{(1)}, ..., y^{(n-1)}(0) = y_0^{(n-1)},$$
 (38)

где y(x) - искомая функция, F - однозначно определенная непрерывная функция своих аргументов, удовлетворяющая условию Липшица:

Задача Коши задана без дополнительных ограничений. Пусть y(x) и $\tilde{y}(x)$ - точное и приближенное решение задачи Коши (38). Тогда вместо (38) рассмотрим совокупность задач Коши:

$$y^{(n)} = F[x, \tilde{y}(x_k), \tilde{y}^{(1)}(x_k), ..., \tilde{y}^{(n-1)}(x_k)],$$

$$y(x_k) = \tilde{y}(x_k), y^{(1)}(x_k) = \tilde{y}^{(1)}(x_k), ..., y^{(n-1)} = \tilde{y}^{(n-1)}(x_k)$$
 (k = 0,1, ..., m)

Справедлива

Теорема.1
$$\lim_{\max_{|x_{k-1}-x_k|}} \tilde{y}(x) = y(x)$$
 при $x \in [a, b]$.

Для доказательства оценим разность $\varepsilon_k^{(i)} = y^{(i)}(x_k) - \tilde{y}^{(i)}(x_k)$, i=0,1,..., n-1.

Обозначим $z_0=y,z_j=y^{(j)},\overline{z}_0=\tilde{y},\overline{z}_j=\tilde{y}^{(j)},z_{j,k}=z_j(x_k),j=1,...,n-1;$ тогда справедливо равенство:

$$\frac{d\varepsilon^{(n-1)}}{dx} = F(x, z_0, \dots, z_{n-1}) - f(x, \overline{z}_{0,k}, \dots, \overline{z}_{n-1,k})$$

$$\tag{41}$$

Интегрируя (41) в пределах от x_k до x_{k+1} и учитывая условие (39), получим:

$$\left|\varepsilon_{k+1}^{(n-1)}\right| \leq \left|\varepsilon_{k}^{(n-1)}\right| + K \int_{x_{k}}^{x_{k+1}} \sum_{j=1}^{n-1} \left|z_{j} - \overline{z}_{j,k}\right| \tag{42}$$

По формуле конечных приращений имеем:

$$z_{j}(x) = z_{j,k} + z_{j+1}(\xi_{j})(x-x_{k}); x, \xi_{j} \in [x_{k}, x_{k+1}]$$
(43)

Из (42) и (43) получаем:

$$\left| \varepsilon_{k+1}^{(n-1)} \right| \le \left| \varepsilon_k^{(n-1)} \right| + Kh_k \left\{ \sum_{j=0}^{n-1} \left| \varepsilon_k^{(j)} \right| + 0.5h_k \sum_{j=0}^{n-1} \left| z_{j+1}(\xi_j) \right\} \right| \tag{44}$$

 $\Gamma_{A}e h_{k} = |x_{k+1}-x_{k}|$.

Далее, интегрируя уравнение (39) от x_k до x_{k+1} (n-l-1) раз и учитывая принятые выше обозначения, получим:

$$z_{l+1}(x) = \int_{x_{l-1}}^{x} \dots \int_{x_{l-1}}^{x} F(x, z_0, \dots, z_{n-1}) dx \dots dx + \sum_{s=0}^{n-l-2} z_{l+s+1, k} \frac{(x - x_k)^2}{s!}$$

HC

$$z_{l+s+1,k} = \varepsilon_k^{(l+s+1)} + \overline{z}_{l+s+1,k}$$
; $s = 0,1,2,...,n-1$;

поэтому

$$|z_{l+1}(x)| \le M \frac{h^{n-l-1}}{(n-l-1)!} + \sum_{s=0}^{n-l-2} (|\varepsilon_k^{(l+s+1)}| + |\overline{z}_{l+s+1,k}| \frac{h_k^s}{s!})$$
 (45)

где $M = \max_{[a,b]} |F|$.

С учетом соотношения (45) из (46) получаем:

$$\left| \varepsilon_{k+1}^{(n-1)} \right| \leq \left| \varepsilon_k^{(n-1)} \right| + K h_k \left\{ \sum_{j=0}^{n-1} \left| \varepsilon_k^{(j)} \right| + \\ + 0.5 M h_k l_{n-1} + 0.5 h_k \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{s=0}^{n-j-2} \left| \varepsilon_k^{(j+s+1)} \right| \frac{h_k^s}{s!} + 0.5 h_k^2 m_{n-1} \right\}$$
(46)

где

$$l_{n-1} = \sum_{j=0}^{n-1} \frac{h_k^{n-j-1}}{(n-j-1)!}; \quad m_{n-1} = \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{s=0}^{n-j-2} \left| \overline{z}_{j+s+1,k} \right| \frac{h_k^s}{s!};$$

Аналогично (46) имеем:

$$\int\limits_{x_{k}}^{x_{k+1}} \frac{d}{dx} (z_{n-2} - \overline{z}_{n-2}) dx = \int\limits_{x_{k}}^{x_{k+1}} \int\limits_{x_{k}}^{x_{k+1}} \frac{d}{dx} (z_{n-1} - \overline{z}_{n-1}) dx dx + \varepsilon_{k}^{(n-1)} h_{k} \; ,$$

но

$$\left| \int_{x_{k}}^{x} \frac{d}{dx} (z_{n-1} - \overline{z}_{n-1}) dx \right| \leq K |x - x_{k}| \left(\sum_{j=0}^{n-1} |\varepsilon_{k}^{(j)}| + 0.5 |x - x_{k}| \sum_{j=0}^{n-1} |z_{j+1}| \right).$$

Поэтому

$$\left| \varepsilon_{k+1}^{(n-2)} \right| - \left| \varepsilon_{k}^{(n-2)} \right| \le \left| \varepsilon_{k}^{n-1} \right| h_{k} + 0.5Kh_{k}^{2} \left(\sum_{i=0}^{n-1} \left| \varepsilon_{k}^{(j)} \right| + \frac{h_{k}}{3} \sum_{i=0}^{n-1} \left| z_{j+1} \right| \right)$$
 (47)

По аналогии для любого / имеем:

$$\left| \varepsilon_{k+1}^{(n-l)} \right| - \left| \varepsilon_{k}^{(n-l)} \right| \leq \sum_{j=1}^{l-1} \left| \varepsilon_{k}^{(n-l+j)} \right| \frac{h_{k}^{j}}{j!} + A_{l} K \frac{h_{k}^{l+1}}{(l+1)!} + \sum_{j=0}^{n-1} K \frac{h_{k}^{l}}{l!} \left[\left| \varepsilon_{k}^{(j)} \right| + \frac{h_{k}}{l+1} \sum_{s=0}^{n-j-2} \left| \varepsilon_{k}^{(j+s+1)} \right| \frac{h_{k}^{s}}{s!} \right]$$

где обозначено

$$A_{l} = \sum_{j=0}^{n-1} \left[M \frac{h_{k}^{n-j-1}}{(n-j-1)!} + \sum_{s=0}^{n-j-2} \left| \overline{z}_{j+s+1,k} \right| \frac{h_{k}^{s}}{s!} \right]$$

Пусть $E_k = \max_i \left| \varepsilon_k^{(n-l)} \right|$. Тогда имеем:

$$E_k = \varepsilon (1 + hp_0)^k + [(1 + hp_0)^k + 1]p_1/p_0, \tag{48}$$

где ϵ - ошибка в начальных данных, p_1 = khA_i /2, h= $\max_{k} h_k$,

$$p_0 = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{h^{i-1}}{i!} + K_n + K \frac{h^{n-1}}{2} \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{s=0}^{n-j-2} \frac{h^s}{s!}$$

Из (48) следует справедливость теоремы 1.

Йдея метода квазилинеаризации реализуется во многих известных алгоритмах, таких например, как метод Рунге-Кутта. В качестве другой альтернативы этого метода применим разложение в ряд Тейлора. Здесь выводятся расчетные формулы, которые для своей реализации не требуют привлечения дополнительного software.

Совместим процесс дискретизации отрезка [a,b] и идею аппроксимации решения уравнения (38) на $x \in [x_k, x_{k+1}]$ рядом Тейлора:

$$\tilde{y}^{(s)}(x) = \tilde{y}_k^{(s)} + (x - x_k)\tilde{y}_k^{(s+1)} + \dots + \frac{(x - x_k)^{n-s}}{(n-s)!}\tilde{y}_k^{(n)}$$
(49)

Обозначим:

$$m_0 = 1 + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{h_k^i}{i!}, \quad l_0 = \frac{1}{n!} (\max_{[a,b]} |F| + \max_{[a,b]} |\tilde{y}_k^{(n)}|)$$

тогда с учетом принятых выше обозначений получаем рекуррентное выражение для ошибки:

$$E_{k+1} \le m_0 E_k + h^n l_0 \tag{50}$$

Свертывая (36) к начальным значениям, получим:

$$E_{k} \le \varepsilon m_{0}^{k} + \frac{h^{2} l_{0}}{m_{0} - 1} (m_{0}^{k} - 1)$$
(51)

Из (51) вытекает сходимость приближенного аналитического решения $\tilde{y}^{(s)}(x)$ к точному решению задачи Коши (38).

В конкретном случае задачи Коши (34)-(36) для применения изложенного метода необходимо предварительно анализировать вид уравнений и пытаться найти разрешимую аналитически на каждом шаге дискретизации независимой переменной аппроксимирующую систему уравнений. Но это искусство предварительного анализа в дальнейшем оправдывается экономией вычислений и времени.

7. Метод эволюционного моделирования

Дистанционные измерения параметров окружающей среды во многих случаях характеризуются наборами рядов с нестационарными свойствами. В этом случае применение указанных выше или других методов традиционной статистики становится невозможным. Метод эволюционного моделирования позволяет и в условиях неустранимой нестационарности (или информационной неопределенности) восстанавливать истинные значения характеристик окружающей среды. Метод эволюционного моделирования состоит в последовательном отборе моделей по показателям качества отражения этими моделями изучаемого процесса. Модель, получаемая в результате такой селекции, принимается адекватной объекту мониторинга и используется для расчета его искомых характеристик. Различные проблемно ориентированные реализации этого метода и необходимые компьютерные процедуры описаны в работе [2,3].

Метод эволюционного моделирования основан на принципиально новом подходе к интеллектуальным технологиям, обеспечивающим превращение знания в стратегический ресурс. В этой связи особое значение приобретают интеллектуальные информационные технологии, ядром которых является знание, ориентированное на решение интеллектуальных задач. Их функция заключается в "поддержке" средствами человеко-машинных систем использования знания, которое как бы рассеяно, растворено в индивидуальном опыте других людей, моделях мира и знаниях, накапливаемых в ходе эволюционного развития отдельных наук (естественных, общественных и технических). Интеллектуальные технологии строятся по следующему принципу: какая-то часть знания как бы абстрагируется из общей информационной картины мира, а затем, благодаря свойству порождать новое знание, возвращается к человеку-пользователю, превращаясь в метатехнологию для определенных видов человеческой деятельности. Выделяя в инфраструктуре акта принятия решения уровень знания, человек создает возможность для расширения круга задач в том смысле, что исключает необходимость в наличии развитой теории объекта. Таким образом, возникают предпосылки для проникновения информационных технологий в те области, которые еще только осваиваются человеком: глобальная экология, синтез сложных инфрмационно-измерительных систем, медицина, геология и др., в которых рациональные решения плохо поддаются формализации.

Сложность решаемых здесь задач ставит проблему создания компьютерных средств интеллектуальных технологий, которые определяются не изначальными свойствами компьютера, а тем, каким образом наделить компьютер необходимыми характеристиками для "стыковки" с условиями задач и требованиями, предъявляемыми к их решению. Эти требования нельзя упрощать, в отличие от того, как это происходило в традиционных вычислительных технологиях, основанных на триаде: математическая модель, дискретная модель, ориентированная на численное решение проблемной задачи, программное обеспечение, соответствующее структуре алгоритмического обеспечения. Вид характеристик можно определить, исходя из общих черт задач интеллектуальных технологий, таких как "проблемная ориентируемость", системность, своеобразный информационный вход, условность в принятии решений из-за сложности систем, их многофактор-

ности, внутреннего динамизма. В соответствии с этим компьютер должен обладать такими свойствами:

- оперировать "ненадежными" данными, или совокупностью неполных данных;
- накапливать "ненадежное" знание, т.е. такое знание, которое фрагментарно, противоречиво, субъективно и слабоструктурировано;
- синтезировать на неформальных началах фрагменты разнокачественных научных знаний, обладающих объективной истинностью в рамках тех или иных теорий и дисциплин;
- осуществлять поиск в гипотетическом пространстве альтернатив, "привязанных" к данной проблемной задаче.

Подобные свойства не могли быть получены в результате эволюционного развития вычислительной техники, ибо она базируется на функционировании по последовательному принципу, что отражает картезианский идеал разума, когда формальные суждения объявляются единственным материалом для функционирования в системе совокупного знания. Вот почему для качественного скачка необходимы идеи, лежащие вне глобального направления развития компьютерной техники, включающего совершенствование архитектуры, аппаратной логики, приемов программирования и управления базами данных. При решении задач глобальной экодинамики, связанных с поиском стратегий устойчивого развития СКБО, требуется определенное понимание необходимости учитывать человеческий фактор из-за наличия неформальных этапов в решении задач и возможности преодолевать требования формализации за счет обращения к эвристикам - интуитивному знанию.

Инженерия знаний - это средство для построения экспертных систем как разновидности интеллектуальной технологии. При этом разрыв, отделяющий задачи интеллектуальных технологий от собственного содержания искусственного интеллекта как научно-технической дисциплины преодолевался такими путями:

- совершенствовались формальные методы эвристического поиска в плане наделения последнего свойствами рассуждений, управляемых конкретным знанием;
- развивались формы представления знаний с учетом их функций в описании конкретных фрагментов специализированного предметного знания экспертов;
- отрабатывались методы работы с экспертами с целью заполнения базы знаний непротиворечивыми фрагментами;
- сами экспертные системы наделялись способностью к итерациям и эволюции, т.е. корректировкам содержания баз знаний в процессе работы с пользователем.

Уже данное краткое описание свидетельствует о том, что исследователи осуществили как бы концептуальную экстраполяцию возможностей искусственного интеллекта. Однако погружение конкретных экспертных систем в слабоструктурированную среду человека выявило так называемые "узкие места": предзаданность баз знаний, проблему извлечения знаний у эксперта, антитезу специализированности и универсальности стратегий решения задач. Это не отрицало значимости поисков специалистов в развитии указанных принципов искусственного интеллекта, так как для определенного круга задач эти средства являются достаточными. К примеру, появились разнообразные архитектуры экспертных систем, предназначенных для решения задач с той или

иной структурой проблемы, типами данных и т.д. В частности, в задачах глобальной экодинамики всегда постулируется связь факта и вывода, что проявляется в применении наборов частичных моделей, среди которых встречаются балансовые, статистические, оптимизационные, нейросетевые и т.п. И вот здесь возникает проблема выбора модели. Авторы работы [10] предложили технологию синтеза такой модели на основе множества разнотипных частных моделей, структуры которых настраиваются по предистории и адаптируются к данным реального мониторинга. Таким образом, создается процедура возобновляемой адаптации модели и режима мониторинга к динамике СПО, за счет чего преодолеваются ситуации неустранимой неопределенности.

Заключение

Приведенные алгоритмы позволяют автоматизировать обработку данных мониторинга, осуществляя пространственно-временную интерполяцию данных наблюдений. Известно, что при изучении состояния природного объекта на общирной территории неизбежно возникает задача реконструкции пространственных распределений его параметров и прогнозирование его динамики, основываясь на эпизодических и фрагментарных данных мониторинга. Безусловно, требуется разработка дополнительных алгоритмов для решения задачи оптимизации режима мониторинга с целью минимизации финансовых и инструментальных затрат. Особенно актуальность этой задачи повышается при дистанционном мониторинге общирных территорий.

Литература

- 1. Бородин Л.Ф., Гордина Л.П. Алгоритм рандомизированной линейноломанной аппроксимации // В кн.: Статистические методы обработки данных дистанционного зондирования окружающей среды, М.: ИРЭ АН СССР, 1983. - С. 100-104.
- 2. *Букатова II.А., Михасев Ю.ІІ., Шаров А.М.* Эвоинформатика: теория и практика эволюционного моделирования // М.: Наука, 1991. 205 с.
- 3. *Крапивин В.Ф., Кондратьев К.Я.* Глобальные изменения окружающей среды: экоинформатика. СПб* Санкт-Петербургский ун-т. 2002. 720 с.
- 4. *Крапивин В.Ф., Потапов II.II.* Методы экоинформатики // М.: ВИНИТИ, 2002. 496 с.
- 5. Савин А.И., Бондур В.Г. Научные основы создания и диверсификации глобальных аэрокосмических систем // Оптика атмосферы и океана. 2000. № 1. С. 46-63.
- 6. *Савиных В.П., Крапивин В.Ф., Потапов И.И.* Информационные технологии в системах экологического мониторинга // М.: Геодезкартиздат, 2007. 388 с.
- 7. Шутко А.М. СВЧ-радиометрия водной поверхности и почвогрунтов / А.М. Шутко // М.: Наука, 1986. 189 с.
- 8. Alexandrov G.A. Yamagata Y., Saigusa N. et al. Long-term carbon exchange at the Takayama, Japan Forest re-calibration TsuBiMo with eddy-covariance measurements at Takayama // Agricultural and Forest Meteorology. 2005. Vol. 134, No. 1-4. P. 135-142.
- 9. Anderson R.P., Lew D., and Peterson A.T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models // Ecological Modelling. 2003. Vol. 162, No. 3. P. 211-232.
- 10. Krapivin V.F., Varotsos C.A. Biogeochemical Cycles in Globalization and Sustainable Development // Chichester: Springer, 2008. 562 pp.

ЖУРНАЛЫ ОБЗОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

по Отделу научной информации по глобальным проблемам Всероссийского института научной и технической информации ВПНИТИ РАН

1. «Проблемы окружающей среды и природных ресурсов»

В журнале публикуются обзоры и оригинальные работы по широкому кругу проблем связанных с изучением систем окружающей среды, включая вопросы оценки последствий реализации антропогенных сценариев по реконструкции земных покровов и изменения гидрологических циклов. Авторами публикаций являются известные специалисты по исследованию климата, биосферы и гидросферы. В публикациях рассматриваются задачи разработки и применения методов численного моделирования динамики окружающей среды, имея в виду обеспечение возможностей более полного анализа данных наблюдений, рассматриваются ключевые аспекты глобальной экоинформатики. Обсуждаются принципиальные проблемы численного моделирования динамики системы «природа-общество» в глобальных и региональных масштабах. Рассматриваются глобальные биогеохимические круговороты химических элементов, и в частности, углерода в связи с парниковым эффектом. Особое внимание уделяется анализу динамики окружающей среды в Арктике и ее роли в глобальных процессах. Уделяется внимание мониторингу газоконденсатных месторождений морских акваторий и эстуариев и загрязнению морских вод.

2. «Экономика природопользования»

Важная роль в решении проблем устойчивого развития общества отводится научным коммуникациям, позволяющим ознакомиться с последними достижениями в области экономики природопользования широким слоям научной общественности и специалистов-практиков, а также студентам, аспирантам и преподавателям.. Значительный вклад в эти процессы вносит журнал «Экономика природопользования», на страницах которого публикуются результаты исследований в области обеспечения устойчивого развития, безопасности жизнедеятельности и риск-анализа, организации охраны окружающей среды, разработок ресурсосберегающих технологий, региональной экономики.

В журнале публикуются обзоры и оригинальные исследования по экономическим проблемам оптимизации взаимодействия человека и природы с целью поиска эффективных стратегий природопользования, включая выработку оптимальных соотношений между затратами на охрану окружающей среды и доходами от использования природных ресурсов. Авторами

публикаций являются известные специалисты по построению основ концепции управления устойчивым развитием системы природа-общество на базе математического моделирования и информационных технологий.

Высокий научно-практический уровень журнала подтверждается его включением в Перечень ведущих научных изданий, рекомендуемых ВАК Минобразования РФ к опубликованию результатов диссертационных исследований по проблемам охраны окружающей среды, природопользования и экономики.

3. «Технологические аспекты охраны окружающей среды»

На страницах этого журнала, в основном, публикуются статьи и обзоры по проблемам отходов, малоотходной и безотходной технологиям.

Быстрый рост населения и экономический рост являются определенными причинами возрастающего истощения наших некогда обильных природных ресурсов. Скорость их истощения быстрее, чем могла бы заменить природа. В то же самое время обрабатывающие отрасли промышленности, загрязняют биосферу и ставят под угрозу выживание и разнообразие многих видов растений и животных. Вредные выбросы в воздух, водные объекты и почву препятствуют восстановлению природных ресурсов. В стремлении удовлетворения нынешних потребностей населения нельзя ставить под угрозу требования будущих поколений. Поэтому использование ресурсов требует устойчивого и комплексного управления отходами, которое является одним из важнейших аспектов использования ресурсов

Образование отходов является естественным результатом экономической и общественной деятельности хозяйствующих субъектов и потребителей, и оно происходит на протяжении всей истории человечества. С отходами связаны затраты и выгоды — природные ресурсы используются в производственных процессах, а выгоды приобретаются от потребления товаров и услуг. Ключом является обеспечение того, чтобы ценности, которые мы извлекаем из природных ресурсов, не превышали затраты на их использование. Важно также обеспечить оптимальное управление отходами с тем, чтобы затраты общества на обращение с отходами, включая природоохранные затраты, были минимизированы.

4. «Экологическая экспертиза»

На страницах журнала обсуждаются задачи проведения экологической экспертизы при оценке последствий реализации крупномасштабных антропогенных проектов. приводящих к изменению систем окружающей среды. Проведение экологической экспертизы необходимо решать задачи по оценке последствий антропогенных сценариев преобразования элементов окружающей среды. В большинстве случаев это решение реализуется на экспертном уровне, основываясь на опыте, приобретенном в прошлом. В настоящее время все большее внимание уделяется применению новейших информационных технологий, которые позволяют без ущерба окружающей среде рассмотреть самые невероятные сценарии антропогенного вмешательства в природные системы. Особенно это важно при решении глобальных проблем биосферы.

В журнале публикуются материалы по экологическому аудиту. Экологический аудит, широко применяемый в промышленно развитых государствах, наряду с решением задач по снижению экологических рисков, реализации прав граждан на благоприятную окружающую среду и обеспечение экологической безопасности на уровне отдельных организаций, производственных комплексов и территорий, выполняет и экономическую функцию — позволяет вывести предприятия на международные рынки и тем самым повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Рассматриваются вопросы оптимизации систем мониторинга окружающей среды, новые технологии синтеза гибких информационно-моделирующих систем, обеспечивающих экономический эффект при диагностике окружающей среды.

Значительный объем информационных материалов в журнале занимает оценка экологического воздействия, которая является процессом идентификации, количественного определения и оценки потенциальных эффектов, связанных с планированием предложенных действий на среды обитания, виды и экосистемы. Данные оценки могут помочь компетентным органам решать экологические проблемы более успешными методами.

Уважаемые коллеги! Большая просьба представлять для опубликования в наши журналы результаты Ваших научных, научно-исследовательских и производственных разработок.

Зав. Отделом научной информации по глобальным проблемам, к.т.н.

И.И. Потапов ipotapov37@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция просит авторов при оформлении рукописей руководствоваться следующими правилами.

- 1. К рассмотрению принимаются рукописи, отражающие результаты оригинальных исследований. Содержание рукописи должно относиться к проблематике журнала, соответствовать научному уровню журнала, обладать определенной новизной и представлять интерес для широкого круга читателей журнала.
- 2. Опубликованные материалы, а также рукописи, находящиеся на рассмотрении в других изданиях, к рассмотрению не принимаются.
- 3. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи (сотрудники редакции, члены редколлегии и редсовета, а также рецензенты данной работы).
- 4. Рукопись должна содержать постановку задачи, библиографические ссылки, выводы исследования и должно быть определено место полученных результатов среди научных публикаций по данной проблематике.
- 5. К рассмотрению принимаются рукописи объемом около одного авторского листа (авторский лист содержит 40 тыс. знаков, считая пробелы). Статьи принимаются в распечатанном виде <u>через два интервала</u> с размером шрифта не менее № 12 и с полями не менее 20 мм (наличие электронного файла обязательно) и по электронной почте (только в формате Microsoft Word for Windows). Распечатка рукописи должна быть подписана всеми авторами с указанием даты ее отправки.
- 6. На 1-й странице наверху слева указываются инициалы и фамилия автора, ниже помещаются название статьи, краткий реферат (объемом около 500 знаков, т.е. не более 10 строк) и ключевые слова (фамилия автора(ов), название статьи, реферат и ключевые слова на русском и английском языках), далее основной текст.
- 7. Все страницы рукописи, включая список литературы, таблицы, подписи к рисункам, рисунки, должны быть пронумерованы. Формулы, рисунки, таблицы нумеруются в порядке их упоминания в тексте.
- 8. Рисунки должны быть выполнены на отдельных листах. Подписи к ним также нужно напечатать на отдельном листе (в виде перечня). На обороте каждого рисунка необходимо указать простым карандашом его номер (если он не имеет номера страницу). Все рисунки воспроизводятся в черно-белом изображении. Рукопись не должна содержать более 5 рисунков и (или) 5 таблиц.
- 9. При написании математических формул, подготовке графиков, диаграмм, блок-схем не допускается применение размеров шрифтов менее № 8. Таблицы и рисунки являются частью текста и должны допускать электронное редактирование.
- 10. Формулы должны быть напечатаны (или вписаны от руки и размечены: латинские буквы подчеркиваются волнистой линией (синими или черными чернилами), греческие обводятся красным, а их экспликация вы-

носится на поля; размечаются строчные буквы (две черточки сверху) и прописные (две черточки снизу) в тех случаях, когда их начертания не различаются.

- 11. Если в статье используются спецзнаки, то необходимо привести их перечень (на отдельном листе, без экспликации). Например: Λ , V, U, \cap спецзнаки.
- 12. Ссылки на литературу даются в порядке упоминания; в тексте номер ссылки ставится в квадратные скобки. Список использованных источников приводится в конце рукописи, в алфавитном порядке по фамилиям авторов в соответствии с принятыми стандартами библиографического описания.

Библиографические описания в списке литературы оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. В качестве примера приводим три наиболее распространенных описания – статьи, книги и электронного ресурса удаленного доступа:

Шрейдер Ю.А. Алгебра классификации // НТИ. Сер. 2. – 1994. – № 11. – С. 1-4.

Куницын В.Е., Терещенко Е.Д., Андреева Е.С. Радиотомография ионосферы. – М.: Физматлит, 2007. – с. 250-282.

Статистические показатели российского книгоиздания в 2006 г.: цифры и рейтинги [Электрон. pecypc]. — 2006. — URL: http://bookchamber.ru/statt_2006.htm (дата обращения: 12.03.2009).

- 13. К рукописи необходимо приложить на отдельном листе следующие сведения об авторе(ах):
 - а) фамилия, имя, отчество (полностью);
 - б) ученая степень, звание, должность;
 - в) место работы (полностью); почтовый адрес;
 - г) телефон для связи с автором; адрес электронной почты (если есть).
- 14. Рукописи, полученные редакцией, подвергаются обязательному анонимному рецензированию. Рецензия направляется автору(ам) для ознакомления. Решение о принятии к публикации или отклонении рукописи принимается редколлегией после рецензирования. Принятые к публикации рукописи проходят научное и литературное редактирование.
- 15. Редакция направляет авторам рукописей, требующих доработки, письмо с текстом рецензии. Доработанная рукопись должна быть представлена в редакцию не позднее 1 месяца. К доработанной рукописи должно быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на все замечания рецензента и указывающее на все изменения, сделанные в рукописи.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, редакцией не рассматриваются

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

в журнале «**Экономика природопользования**» ВИНИТИ РАН

Статья представляется во Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) в одном экземпляре с комплектом рисунков, аннотацией, ключевыми словами на русском и английском языках, а также с рекомендательным направлением организации, рецензией и актом экспертизы.

В случае, если на статью нет рецензии, редколлегия:

- после регистрации статьи направляет ее рецензенту, специалисту по тематике статьи;
 - рассматривает замечания и пожелания рецензента;
- при необходимости обращается к автору с просьбой учесть замечания и пожелания рецензента;
- при получении от рецензента отрицательной рецензии статья передается другому рецензенту;
- при отрицательном результате повторного рецензирования статья снимается с рассмотрения.

Объем статьи не должен превышать 15-20 страниц машинописного текста. Текст статьи необходимо представлять на дискете 3,5 дюйма. Текст необходимо набирать в редакторе Word шрифтом №12, Times New Roman; текст не форматируется, т.е. не имеет табуляций, колонок и т.д.

Статья может быть представлена по электронной почте: Е-mail

ipotapov37@mail.ru.

Список использованной литературы составляется в порядке цитирования и дается в конце статьи на русском и английском языках. Ссылки на литературу в тексте отмечаются порядковыми цифрами в квадратных скобках. Все буквенные обозначения, приведенные на рисунках, необходимо пояснять в основном или подрисуночном тексте. Недопустимы двойные обозначения на рисунках и в тексте. Нумеровать следует только те формулы и уравнения, на которые есть ссылка в последующем изложении.

В конце статьи необходимо указать место работы всех авторов, их должности и контактную информацию. Просьба указывать раздел (рубрику)

журнала, в котором желательно опубликовать статью.

Материалы, опубликованные в настоящем журнале, не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы или распространены без письменного разрешения ВИНИТИ РАН. При перепечатке отдельных частей ссылка обязательна.

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, и в базы данных Всероссийского института научной и технической информации РАН.

На сайте ВИНИТИ РАН http://www2.viniti.ru - рубрика Журналы ВИНИТИ РАН в Перечне ВАК – «Экономика природопользования» представлены: содержание каждого номера на русском и английском языках, а также полные тексты статей с аннотациями на русском и английском языках вместе с ключевыми словами.

Кроме того, опубликованные статьи в журнале «Экономика природопользования» (библиографические описания, ключевые слова и аннотации на русском и английском языках) представлена на сайте Научной электронной библиотеки: www.elibrary.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ
ОКРУЖАЮШЕЙ СРЕДЫ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

Гусев А.А. Пути развития эколого-экономического нормирования	4
Gusev A.A. Ways of development of environmental and economic standartization	4
Абдуллоев Б. Б. Оценка социально-экономической эффективности автомобильного транспорта в рыночных условиях	11
Abdulloev B.B. Evaluation of social and economic efficiency of road transport in market conditions	11
Апулу Окпой Годсповер. Эколого-экономическое обоснование выбора технологий по рекультивации загрязненных земель нефтепродуктами	22
Apulu Okpoi Godspower. Ecological-economic substantiation of the choice of technology for remediation of contaminated soils by oil products	22
Аубинский О.Б. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в Арктической зоне России	38
Dubinsky O.B. Prospects for the development of renewable energy sources in the Arkticheskoy zone of Russia	38
ПРОБЛЕМЫ СТРАХОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
Вамвакас X–В.Н. Проблемы развития взаимного страхования на российском рынке страховых услуг	46
Vamvakas C-V.N. Mutual insurance in the context of Russian economy	46
АНАЛИЗ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ	
Яшалова Н.Н., Васильцов В.С., Яковлева Е.Н., Костин Р.С., Рубан Д.А. Климатические риски и экономика: взаимосвязь, особенности и принципы управления	51
Yashalora N.N., Vasil'tsov V.S., Yakovleva E.N., Kostin R.S., Ruban D.A. Climatic risks and economy: relationship, peculiarities and management principles	

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, АУДИТ И МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Каевицер В.П., Крапивин В.Ф., Саворский В.П. ТИМС-технология и лесные экосистемы	
Kaevitser V.I., Krapivin V.F., Savorsky V.P. The GIMS-technology and forest ecosystems	66
Солдатов В.Ю. Математические аспекты мониторинга окружающей среды	83
Soldatov V.Yu. Mathematical aspects of the environmental monitoring	83
ЖУРНАЛЫ ОБОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ	102

Ответственный за выпуск И.И. Потапов

ИД № 04689 от 28.04.01	Подписано в печать: 24.04.2018 г.	Гарн. литературная
Бумага "Хегох"	Формат бумаги 60х84 1/16	Печать цифровая
Усл. печ. л. 6,88	Учизд. л. 7 , 18	Тираж 45 экз.

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

С 2018 года возобновляется издание информационного бюллетеня «Иностранная печать об экономическом, научнотехническом и военном потенциале государств-участников СНГ и технических средствах его выявления» серии «Экономический и научно-технический потенциал» (56741) взамен информационного бюллетеня «Экономика и управление»

Периодичность выхода — 12 номеров в год. Объем 48 уч.-изд. л. в год.

В бюллетене освещаются материалы иностранной печати по широкому спектру вопросов, касающихся сфер экономического и научно-технического развития России и стран СНГ: общие вопросы, финансы, промышленность, рынки, сельское хозяйство, космос, транспорт и связь, природные ресурсы, трудовые ресурсы, внешние торгово-экономические и научные связи

Оформить подписку на информационный бюллетень, начиная с любого номера, можно в ВИНИТИ РАН по адресу:

125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20, Телефоны: (499) 151-78-61; (499) 155-42-85

Факс: (499) 943-00-60;

E-mail: contact@viniti.ru; sales@viniti.ru