

М.Д. Молев, И.А. Занина, Н.И. Стуженко

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИИ ЛИКВИДИРУЕМЫХ ШАХТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрены основные подходы к оценке состояния окружающей среды в шахтерских регионах с использованием методологии экофизических исследований на стадии ликвидации угольных шахт. Изложены теоретические и практические аспекты эколого-экономического моделирования в качестве универсального инструмента при формировании региональной системы мониторинга в целях управления экологической безопасностью. В частности, подробно описаны процедуры формирования комплекса моделей и принципы выбора их информативных параметров. Представлены результаты применения авторской методики в практике управления экологической безопасностью на территории Российского Донбасса. Ключевые слова: экологическая безопасность, регион, ликвидация шахт, физико-математическое моделирование, система мониторинга.

В период с 1993 по 2007 гг. в РФ была осуществлена реструктуризация угольной промышленности, которая значительно осложнила экологическую обстановку на шахтерских территориях. Негативные последствия данного процесса, с экологической точки зрения, проявляются в многочисленных неблагоприятных воздействиях на окружающую природную среду (ОПС) и здоровье населения. Массовая ликвидация угольных шахт посредством затопления выработанного пространства привела к заболачиванию и засолению сельскохозяйственных земель, подтоплению населенных пунктов, загрязнению водоемов и т.д. Описанные процессы, которые характеризуют постликвидационный период состояния природной среды в пределах шахтерских территорий, приняли региональный характер. Достаточно привести такой факт, что под воздействием геомеханических и гидрогеологических процессов в выработанном пространстве угленосного массива на территории Ростов-

ской области образовался единый техногенный водоносный горизонт емкостью около 35 миллионов кубических метров.

В настоящее время в России органы власти и общественные организации уделяют значительное внимание состоянию экологии, поскольку окружающая среда является важной составляющей классической эколого-экономической модели развития страны. Гарантия экологической безопасности находится в одном ряду с гарантией экономической и личной безопасностью, с гарантиями основных прав и свобод человека. Правительством России обнародована «Экологическая доктрина Российской Федерации», в которой указывается: «Устойчивое развитие Российской Федерации, высокое качество жизни и здоровья ее населения, а также национальная безопасность могут быть обеспечены только при условии сохранения природных систем и поддержания соответствующего качества окружающей среды» [1].

Эффективное обеспечение нормальной жизнедеятельности населения угледобывающего региона, как показывают научные исследования и практика, может быть осуществлено на основе полномасштабного дискретно-непрерывного мониторинга состояния ОПС, который представляет собой современный инструментарий получения, обработки и интерпретации информации. Разработка региональной мониторинговой системы экологической безопасности (МСЭБ), по мнению авторов, должна основываться на использовании принципов системного подхода и методологии шахтной геофизики, которая хорошо зарекомендовала себя также при выполнении экологического прогнозирования [2]. При построении МСЭБ необходимо учитывать основные правила системного подхода: правило структурности, правило взаимозависимости системы и среды, правило иерархичности и правило множественности описания системы.

Для количественного и качественного анализа программы обеспечения экологической безопасности, которая разрабатывается на основе полученной информации, может быть использована методика эколого-экономических расчетов (МЭЭР). С использованием МЭЭР можно с удовлетворительной для практики точностью выполнять следующие работы расчетного характера:

- проводить комплексную экологическую экспертизу проектов развития региона;
- рассчитывать сценарии развития территории на перспективу;

- решать задачу оптимального планирования и управления с учетом состояния экологической системы и охраны окружающей среды.

Блок МЭЭР для обеспечения эффективной работы должен включать: комплекс природно-экономических моделей, набор программ, информационную базу; методики идентификации моделей и проведения вычислительных экспериментов. Основной моделью системы верхнего иерархического уровня является природно-экономическая модель. Она предназначена для всестороннего системного анализа направлений развития с целью выработки стратегии, обеспечивающей социально-экономическое развитие региона в соответствии с его особенностями и необходимостью соблюдения требований по поддержанию благоприятной экологической обстановки (с учетом воздействия последствий ликвидации шахт). Модели второго уровня имеют структуру, подобную первой, но более подробно описывают отдельные показатели природной среды. В системе эколого-экономических расчетов решаются задачи прогнозирования: нормирование техногенных воздействий, оптимизация, исследование областей достижимости динамических систем.

Функциональные возможности СЭЭР определяются составом частных (объектных) моделей и методов, используемых для решения задач. В основе методов принятия решений с использованием системы эколого-экономических расчетов лежит вычислительный эксперимент, который включает комплекс мероприятий построения и численного анализа модели объекта для принятия решений. Важная особенность реализации МЭЭР состоит в том, что она рассматривается с общих позиций как система моделирования сложных объектов, применяемая при соответствующей настройке для анализа эколого-экономических систем. В рамках данного подхода выделяется два блока системы: функциональная часть и средства автоматизации и методической поддержки. Функциональная часть включает блок моделей и специфических численных методов, используемых для решения практических задач. Это обстоятельство, с одной стороны, характеризует типичную ситуацию в проведении исследований, с другой — дает ключ к пониманию принятого подхода при разработке блока методической поддержки принятия решений.

Важнейшим компонентом блока МЭЭР является банк моделей, который включает следующие модельные системы:

- модели объектов углепородного массива, экологические модели воздушной и водной среды;

- модели различных геомеханических, гидрогеологических, гидрофизических и других техногенных процессов, происходящих в ОПС;
- процедурные модели, описывающие процессы измерений, а также порядок и содержание управленческих воздействий;
- информационные модели;
- эталонные модели «нормального» т.е. экологически удовлетворительного состояния природных объектов и систем;
- логические модели, определяющие применимость различных методов исследований в конкретных природно-технических условиях;
- базовые интерпретационные (экспертные) модели;
- экономико-математические модели, используемые при оценке эффективности природоохранных мероприятий [3].

Для достижения высокой надежности прогнозов необходимо соблюдать основные принципы и правила, определяющие процесс построения вышеперечисленных моделей:

- компромисс между необходимой точностью результатов моделирования и сложностью модели;
- баланс точности (выбор достаточной погрешности);
- достаточное разнообразие элементов модели;
- наглядность модели для исследователя;
- блочное представление модели;
- специализация моделей (целесообразность использования относительно малых условных подмоделей, предназначенных для анализа объекта, системы или процесса в узком диапазоне условий).

При разработке моделей также используются процедуры: проверка соответствия модели и описания реального объекта, последовательное упрощение и последовательное усложнение моделей. Необходимо отметить, что в процессе моделирования: в модели учитывается представительный массив параметров экосистемы, имитируется множество явлений различной физической природы, большинство коэффициентов модели имеет физический смысл [4].

На основе совместного анализа эталонных моделей и реальных данных, получаемых в режиме реального времени, осуществляется контроль пространственно-временных характеристик процесса загрязнения ОПС, а также перспективное прогнозирование развития ситуации. Таким образом, реализуется требование подхода с позиции принятия решений об определении цели, объединяющей проектируемую мониторинговую

систему. Необходимо сделать уточнение, суть которого состоит в том, что задача предлагаемой МСЭБ высокого технического уровня состоит не только в фиксации текущих характеристик состояния экосистемы региона и прогнозировании динамики развития экологических процессов, но и разработке корректирующих действий при отклонении параметров реального состояния от запланированных показателей [5].

В подобных системах задается совокупность методов, приемов и процедур, позволяющих получать прогнозы, ориентированные на определенную целевую функцию развития объекта прогнозирования при приемлемом (по стоимости получения) объеме информации. Проектирование системы, решающей комплексную проблему: синтез множества альтернатив, сравнение и выбор развития объекта прогнозирования – должно основываться на реализации следующих принципов:

- взаимозависимости и соподчиненности прогнозов различных уровней иерархии объекта прогнозирования, внешней среды;
- согласованности нормативных и поисковых прогнозов по мере поступления новой информации [6].

Важным элементом функционирования мониторинговой системы является реализация схемы оптимизации состояния прогнозируемого объекта. Первый этап – анализ альтернатив, их оценка по затратам на создание, формирование критериев предпочтения и выбор совокупности предпочтительных альтернатив. Второй этап состоит в оптимизации параметров и включает процедуры оценки альтернатив по затратам при вариации параметров внутри диапазонов, формирования критериев оптимальности и выбора оптимальной альтернативы по «облику» (прогнозному варианту состояния объекта) и параметрам.

Заключительным этапом прогнозирования является синтез частных прогнозов, что обеспечивается направленным выбором оптимального прогноза развития объекта (ОПС) при заданных внутренних и внешних условиях. Процедура синтеза выполняется по определенному алгоритму с использованием частных и комплексных критериев. При этом формирование комплексных критериев предпочтения альтернатив обликов объекта осуществляется на основе критерия оценки сравнительной эффективности предложенных альтернатив. Количественное измерение критерия предпочтения определяется по совокупности характеристик объекта, для которых могут быть заданы количественные шкалы измерения [7, 8]. Комплексные критерии предпочтения

представляют особую важность для прогнозно-диагностической системы, потому что позволяют вести направленный синтез вариантов прогноза и сокращают объем задачи по выбору предпочтительной альтернативы. В процессе реализации процедуры синтеза прогнозов необходимо проводить логический анализ частных альтернатив на предмет их совместного использования.

Таким образом, эффективность управления экологической безопасностью региона обеспечивается результатами дискретно-непрерывного мониторинга, комплекс работ в рамках которого определяется логической формулой: системный подход + + формализация + оптимизация. Системный подход позволяет определить задачи исследований, установить основные системообразующие связи между объектами поиска и степень применимости инструментальных методов прогнозирования с точки зрения их физической основы (электрические, акустические, радиоволновые и т.п.). Посредством комплексной логической и математической формализации достигается включение в процесс современных физико-математических методов для повышения эффективности интерпретационных процедур. Оптимизацию в данном случае можно определить как метод, позволяющий на каждом этапе прогнозирования получить требуемые результаты с наименьшими материальными и техническими затратами. Необходимо подчеркнуть, что основным современным инструментом решения перечисленных задач является моделирование.

Главным фактором, который должен быть положен в основу выбора методики исследований, является наличие существенной связи между методом и объектом. Теснота указанной логико-математической связи определяется посредством построения математической модели в виде матрицы «признаки объекта — методы контроля». При выборе метода прогнозирования необходимо учитывать объект прогнозирования, объемы и уровни имеющейся и требуемой информации, накопленный опыт применения различных методов для решения определенных проблем. Схему решения задачи прогнозирования можно представить в виде следующей логической цепочки: разработка алгоритма решения прогностической задачи → экспериментальное моделирование → полевые исследования → комплексная интерпретация полученных данных → анализ вариантов прогнозов → сопоставление альтернатив → обоснование выбора оптимального варианта прогноза.

В результате, посредством комплексной интерпретации экспериментальных данных на основе эталонных моделей строится надежный геофизический прогноз.

Систематическими исследованиями в режиме мониторинга были охвачены все ликвидируемые шахты на территории Ростовской области. На основании анализа результатов теоретических и опытно-методических исследований был создан первый вариант постоянно действующей экологической модели региона в режиме реального времени – аналог специализированной географической информационной системы. По результатам экофизических исследований за 10 лет специалисты прогнозно-аналитической службы составили и направили ликвидационным комиссиям шахт, органам Ростехнадзора и властным структурам более 150 заключений с прогнозом развития экологической ситуации в разных районах Восточного Донбасса. Прогнозирование состояния экологической безопасности шахтерского региона на основе экофизического мониторинга стало обязательным звеном природоохранной деятельности. Надежность экогеофизического прогнозирования по результатам сравнительного анализа прогнозных и фактических данных составила в среднем 87%. Экономическая эффективность от внедрения системы мониторинга в планировании мероприятий по предупреждению или снижению негативных последствий ликвидации угольных шахт для ОПС на основе достоверных геофизических прогнозов составляет от 0,5 до 1,5 млн руб. на горный отвод ликвидируемой шахты. На основании геофизической информации с удовлетворительной точностью рассчитывалось время, место и количественные характеристики негативных экологических событий на территории региона, что позволило вовремя разработать и осуществить необходимые технические мероприятия при рациональном использовании материальных и финансовых средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Молев М. Д., Россинская М. В., Алехина Е. С.* Экологический менеджмент и экономика природопользования: учебное пособие. – Шахты: ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2012. – 88 с.
2. *Молев М. Д., Молев А. М.* Теория и практика управления региональной экологической безопасностью: монография. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2006. – 86 с.
3. *Россинская М. В., Кушнир И. Б., Молев М. Д., Трегулова Н. Г.* Мониторинг и оценка эколого-социо-экономического развития территории: монография. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2012. – С. 162–172.

4. Молев М. Д., Занина И. А., Стуженко Н. И. Анализ и оценка экологических рисков в системе прогнозирования техносферной безопасности / Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности и энергетики. Материалы конференции. Т. 1. – Тула: ТулГУ, 2014. – С. 246–253.

5. Молев М. Д., Занина И. А., Стуженко Н. И. Научно-методические подходы к формированию системы мониторинга техносферной безопасности на уровне субъектов Федерации / Инновации, экология и ресурсосберегающие технологии (ИнЭРТ-2014). Труды XI международного научно-технического форума ДГТУ / Под ред. А. Д. Лукьянова. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2014. – С. 92–96.

6. Молев М. Д., Пleshко М. С. Системный мониторинг безопасности городского строительства / Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности и энергетики. Материалы конференции. Т. 1. – Тула: ТулГУ, 2014. – С. 97–103.

7. Молев М. Д. Геофизическое прогнозирование горно-геологических условий подземной разработки угольных пластов: монография. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000. – 138 с.

8. Чуев Ю. В. Прогнозирование количественных характеристик процессов. – М.: Мысль, 1985. – 259 с. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Молев Михаил Дмитриевич¹ – доктор технических наук, профессор, e-mail: rectorat@sssu.ru,

Занина Ирина Александровна¹ – кандидат технических наук, доцент, e-mail: rectorat@sssu.ru,

Стуженко Наталья Игоревна¹ – ассистент кафедры, e-mail: n.stuzhenko@mail.ru,

¹ Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 8, pp. 93–101.

UDC 330.15
(075.8): 622.3

M.D. Molev, I.A. Zanina, N.I. Stuzhenko
MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL SECURITY
OF THE TERRITORY OF THE LIQUIDATED MINES
USING MODELING TECHNIQUES

The article considers the main approaches to assessing the state of the environment in the mining regions using the methodology ecophysics research on the process of liquidation of coal mines. The theoretical and practical aspects of ecological-economic modeling as a universal tool for the formation of a regional monitoring system for environmental control. In particular, detail the procedures for the formation of complex models and principles of selection of informative parameters. Presents the results of using the author's techniques in the practice of environmental safety management on the territory of the Russian Donbass.

Key words: environmental safety, region, liquidation of mines, physico-mathematical modelling, monitoring system.

AUTHORS

Molev M.D.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: rectorat@sssu.ru,

Zanina I.A.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
e-mail: rectorat@sssu.ru,

Stuzhenko N.I.¹, Assistant of Chair,
e-mail: n.stuzhenko@mail.ru,

¹ Institute for Service Sector and Entrepreneurship (branch)
Don State Technical University in Shakhty,
346500, Shakhty, Russia.

REFERENCES

1. Molev M. D., Rossinskaya M. V., Alekhina E. S. *Ekologicheskij menedzhment i ekonomika prirodopol'zovaniya: uchebnoe posobie* (Environmental management and Economics: Educational aid), Shakhty, FGBOU VPO «YuRGUES», 2012, 88 p.

2. Molev M. D., Molev A. M. *Teoriya i praktika upravleniya regional'noy ekologicheskoy bezopasnost'yu: monografiya* (The theory and practice of regional environmental security: a monograph), Shakhty, Izdatelstvo YuRGUES, 2006, 86 p.

3. Rossinskaya M. V., Kushnir I. B., Molev M. D., Tregulova N. G. *Monitoring i otsenka ekologo-sotsio-ekonomicheskogo razvitiya territorii: monografiya* (Monitoring and assessment of ecological and socio-economic development of the territory: a monograph), Shakhty, Izdatelstvo YuRGUES, 2012, pp. 162–172.

4. Molev M. D., Zanina I. A., Stuzhenko N. I. *Sotsial'no-ekonomicheskie i ekologicheskije problemy gornoy promyshlennosti i energetiki. Materialy konferentsii*. T. 1. (Socio-economic and environmental problems of mining and energy. Conference materials, vol. 1), Tula: TulGU, 2014, pp. 246–253.

5. Molev M. D., Zanina I. A., Stuzhenko N. I. *Innovatsii, ekologiya i resursoberegayushchie tekhnologii (InERT-2014). Trudy XI mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo foruma DGTU*. Pod red. A. D. Luk'yanova (Innovation, ecology and resource saving technologies (InERT-2014). Proceedings of the XI international scientific and technical forum of DSTU. Luk'yanov A. D. (Ed.)), Rostov-na-Donu, DGTU, 2014, pp. 92–96.

6. Molev M. D. Pleshko M. S. *Sotsial'no-ekonomicheskie i ekologicheskije problemy gornoy promyshlennosti i energetiki. Materialy konferentsii*. T. 1 (Socio-economic and environmental problems of mining and energy. Conference materials, vol. 1), Tula: TulGU, 2014, pp. 97–103.

7. Molev M. D. *Geofizicheskoe prognozirovanie gorno-geologicheskikh usloviy podzemnoy razrabotki ugol'nykh plastov: monografiya* (Geophysical forecasting mining and geological conditions of underground mining of coal seams: a monograph), Novocherkassk: Izdatelstvo YuRGU, 2000, 138 p.

8. Chuev Yu. V. *Prognozirovanie kolichestvennykh kharakteristik protsessov* (Prediction of the quantitative characteristics of the processes), Moscow, Mysl', 1985, 259 p.

