

УДК 622.272:502/504

Е.А. Ельчанинов, И.В. Головки

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СОЗДАНИЯ
СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИМ УРОВНЕМ НА ТЕРРИТОРИИ
ЛИКВИДИРОВАННЫХ ШАХТ**

Семинар № 10

Анализ имеющихся исследований и практики экологической оценки территорий ликвидированных угольных шахт свидетельствует следующее:

- имеющиеся методы экологической оценки применимы, в основном, для действующих шахт, основываются на анализе фактических показателей, что затрудняет прогноз ожидаемых показателей для территорий ликвидированных шахт и производственных объектов;

- экологическая оценка производится, как правило, текущая по отдельным видам вредных выбросов, а не по конечным последствиям их влияния на окружающую среду и наносимого ей ущерба (например, ущерб сельскому хозяйству, нарушения водоносных горизонтов, почвы и др.);

- имеет место недостаточная комплексность оценок, связанная с отсутствием четкой системы количественных критериев, обеспечивающих такую оценку с позиций одновременного текущего момента и учета будущих периодов всех негативных факторов - экологических, технико-технологических, экономических и социальных на основе совокупности выбросов;

- нет оценки возможных последствий взаимодействия негативных выбросов с природными и социальными комплексами на территории ликвидированной шахты, а

также на различных объектах бывшего шахтного производства (породные отвалы, аварийные угольные склады, различные цеха и др.);

- отсутствует оценка имеющихся взаимосвязей технико-технологических и других первичных параметров ликвидированного шахтного производства с конечными ее экологическими показателями;

- отсутствие возможных направлений использования шахтных выбросов в хозяйстве, возможного влияния использования ресурсосберегающих технологий на снижение экологического ущерба окружающей среде, возможности экономического выражения всех последствий влияния вредных факторов производства на окружающую среду;

- оценка экологических показателей основанная на укрупненных показателях позволяет производить ориентировочный прогноз, но в то же время отсутствие четкой системы количественных критериев экологической оценки отдельных технологических звеньев и технических средств производства, а также количественной модели прогноза конечных экологических показателей ликвидированной шахты, с учетом параметров применяемых конкретных видов техники и технологии для восстановления экологической ситуации, не

позволяет осуществлять достоверный прогноз экологических показателей, а также оценку конкретных технологических решений с точки зрения их влияния на снижение негативных экологических последствий;

- отсутствует системы планомерного анализа и прогнозирования экологических показателей ликвидированных производств по всей совокупности объектов отрасли, а также количественного учета влияния на них первичных параметров ликвидированных шахт, что как следствие приводит к отсутствию четких прогнозов на перспективу и не позволяет дать научно-обоснованную оценку возможным направлениям развития технико-технологической базы ликвидации экологически негативных последствий в отрасли;

- отсутствие четкой системы экологической оценки конкретных видов применявшихся техники и технологии шахтного производства на различных стадиях их использования исключает возможность альтернативных прогнозов экологических показателей, как на отдельных ликвидированных шахтах, так и в целом в отрасли с учетом разумного маневрирования их технико-технологической оснащенностью, а также имеющимися ресурсами выработки рациональных решений по снижению вредных последствий на окружающую среду.

Одним из путей решения вышеуказанных задач является создание системы оценки и управления экологическими показателями на территории шахтного производства как на стадии его функционирования, так и после ликвидации. Основными требованиями к такой системе являются:

- комплексность оценок, обуславливающая, при анализе отдельных технологических решений и производствен-

ного объекта в целом, согласованный учет таких факторов, как различные виды выбросов (откачка шахтных вод, выдача и складирование пород), влияние на их интенсивность первичных параметров производства (технических, организационных и т.д.), влияние вредных выбросов на различные аспекты окружающей среды как на стадии эксплуатации шахты, так и на стадии ее ликвидации;

- вариативность оценок с точки зрения возможного использования различных малоотходных технологий, структуры технической базы, развития горных работ, выделяемых ресурсов, использования сопутствующих продуктов производства и др.;

- возможность обобщения результатов экологического анализа на уровне групп ликвидированных шахт с целью обеспечения экологической обоснованности направлений развития на основе систематизированного анализа и прогноза данных по всему комплексу производственных объектов отрасли.

В соответствии с указанным, концепция создания системы оценки и управления экологическим уровнем ликвидированных шахт заключается в следующем:

- управление экологическим уровнем ликвидированной шахты основывается на комплексной оценке экологических и социальных последствий вредных выбросов на ее территории, которая основывается на определении соответствующей системы технико-экономических, экологических социальных критериев, а также интегрального экономического критерия, что требует определения структуры взаимосвязей различных видов вредных выбросов и окружающей среды, их количественного выражения, а также экономического вы-

ражения ущерба от различных видов вредных воздействий;

- формирование конечных экологических показателей ликвидированных шахт производится на основе первичных их параметров - природных, горнотехнических, а также технико-технологических и режимных факторов, последние являются управляемыми, правильный подбор их сочетания позволяет определять рациональный, в реальном диапазоне задействованных ресурсов, экологический уровень преобразования, что обеспечивается разработкой соответствующей эколого-экономической математической модели;

- основой формирования первичных экологических параметров ликвидированных шахт являются экологические характеристики каждого из применявшихся видов техники и технологий, а также отдельных операций предусмотренных теми или иными технологическими решениями, что требует определения соответствующих критериев их оценки и ввод их в состав показателей уровня выбросов;

- формирование конечных экологических показателей ликвидированных шахт на базе первичных производится на основе моделирования их взаимосвязи, что требует разработки математической модели предыдущего функционирования технико-технологических комплексов ликвидированной шахты с учетом экологических факторов, а также фактора времени, обеспечивающего прогноз одновременности и интенсивности отдельных выбросов, а также выполнения отдельных операций производственных процессов в различные промежутки времени сопряженных с негативным воздействием на экологию;

- процесс управления экологическим уровнем ликвидированных шахт в масштабе отрасли включает: сбор экологических показателей шахты и их обобщение;

анализ состояния отдельно взятой шахты, включающий формирование вариантов совокупности первичных технико-технологических и др. параметров производства в рамках заданного диапазона ресурсов (порода, вода, газ, тепло недр и др.), прогноз конечных показателей шахты на основе моделирующего алгоритма, выбор рационального варианта структуры экологического технико-технологического комплекса шахты, обобщение полученных результатов на уровне групп шахт и отрасли, выбор рациональных решений с точки зрения показателей последних (рис. 1).

Изложенное базируется на использовании единой методики оценки экологической эффективности предшествующих технологий ведения горных работ, основой которого, служит эколого-экономическая модель определения параметров и структуры технико-технологического комплекса соответствующих динамике природных и горнотехнических параметров и обеспечивающих заданный во времени уровень конечных показателей ликвидированной шахты - экологического, производственного, экономического и социального характера:

$$\min \{S_{\Pi} + S_3 [(S_{\Pi} + S_M + S_D + S_C) - (S_K + S_B + S_3 + S_P)]\}$$

$$K(K_i)^t \geq K_{it}^*; K_i(U)^t \geq K_{it}^*; P(U)^t \geq P_t$$

где S_{Π} - затраты на создание и использование технико-технологического комплекса из учета экологических требований; S_3 - затраты на обеспечение экологических требований, связанными с ущербом от нарушения окружающей среды (S_{Π}) и на природоохранные меры (S_M), а также экономией за счет использования попутных минеральных ресурсов (S_K), уменьшения доли непроизводительных (вспомогательных) процессов (и соответственно затрат) в малоотходном производстве (S_B) и связан-

ного с этим возможного улучшения природной окружающей среды вследствие применения технологических решений (S_3) (например, за счет создания рекреационной зоны на породных отвалах и прудах отстойниках или утилизация метана из выработанных пространств для малой энергетики и химии), применения ресурсосберегающих технологий (утилизация шахтной воды, газа метана, горных пород и т.д.) (S_p) с учетом дополнительных затрат, связанных с улучшением экологической ситуации региона; S_d – мероприятия прошлых периодов (оставление породы в шахте, разделение потоков дренажных и технологических вод, оснащение оборудования устройством сбора смазочных материалов при их утечке, совершенствование устройств пылеподавления и др.); S_c – затраты, связанные с социальными последствиями от применяемой технологии и организации работ (организация новых рабочих мест, переподготовка кадров, связанная с формированием эколого-восстановительных производств и технологий, обеспечение нормального функционирования жилого фонда рабочих поселений и др.); K_t, K_i – соответственно обобщенный и частные экологические показатели ликвидированной шахты; P – фактически достигнутый уровень производственных показателей перед ликвидацией шахты (нагрузка, производительность труда по шахте с учетом рассматриваемых технологических звеньев); P_t – ожидаемый в t -м прогнозном году мировой уровень производственных показателей для условий, аналогичных условиям ликвидированной шахты; U – первичные эксплуатационные параметры шахты (горно-геологические (Γ), горнотехнические (G), технологические (L), технические (T), организационные (O), режимы работы технических средств (J)).

Рассматривая пути решения приведенной задачи, следует отметить, что основой является установление конкретного перечня критериев по каждому из групп – экономического (S_n, S_3), производственного (P), экологического характера (K_t, K_i) и последующее их выражение через одни и те же первичные эксплуатационные параметры шахтного производства (Γ, G, L, T, O, J).

Основным требованием при выборе экологических критериев характера являются их комплексность (рис. 2) в части обеспечения возможности количественной оценки технологического процесса с учетом: ущерба окружающей среды за счет выделения вредных продуктов, не имеющих целесообразную область использования в хозяйстве; полноты извлечения сопутствующих ресурсов, использование которых целесообразно в хозяйстве; степени снижения потребляемых материальных и энергетических ресурсов на восстановление экологической ситуации на территории ликвидированной шахты (электрическая энергия, отопление помещений, работа механизмов и др.) за счет привлечения сопутствующих минеральных и энергетических ресурсов (уголь, метан) и энергии недр (тепло); степени снижения косвенного ущерба окружающей среде в результате ресурсосбережения.

В соответствии с указанным, основой выбора критериев управления экологической ситуацией является, определение структуры создаваемых продуктов материальных и энергетических ресурсов на территории ликвидированной шахты, и их взаимосвязи с окружающей средой (табл. 1) возможных направлений их использования, направлений снижения потребляемых ресурсов, возможных технологий производства и др. При этом количественное выражение экологической оценки отдельных технологий мо-

жет быть выполнено в виде обобщающего (единичного) и частных критериев оценки экологического уровня шахты в целом в соответствии с отдельными видами выбрасываемых продуктов ее деятельности (порода, газ, пыль, тепло и др.) и потребляемых ресурсов – (i-х) элементов экологического уровня производства. В качестве последних могут быть приняты относительные величины, позволяющие сравнительную оценку экологического уровня по тому или иному фактору, при этом соотношение показателей подбирается так, чтобы обеспечить условие $K_i = (0-1)$, при котором значение $K_i = 1$ соответствует наилучшему экологическому уровню шахты по i-му фактору. Так, в случае породы, оценка может быть выполнена в виде:

$$K_{\text{п}} = P_{\text{гм}} - P_{\text{п}} / P_{\text{гм}}$$

где $P_{\text{п}}$ - фактический объем выдаваемой шахтой породы, дальнейшее использование которой нецелесообразно в хозяйстве (производство строительных материалов, строительство дорог, выравнивание ландшафта и др.); $P_{\text{гм}}$ - фактический общий объем выдаваемой горной массы.

В другом случае такая оценка может быть выполнена в виде отношения фактического уровня i-го элемента системы экологических оценок (P_i) и его предельно-допустимого, для рассматриваемых условий эксплуатации или вида технологии и механизации, значения (P_i^*). Так, при оценке экологического уровня ресурса и технологических решений по его использованию может быть определено как $K_i = P_i / P_i^*$, а в случае оценки по фактору пыли $K_i = P_i^* / P_i$ и т.д. Окончательный выбор системы критериев и оценка их надежности основана на количественной оценке и сопоставлении тесноты связи их альтернативных вариантов с факторами производства (U), связанными с образованием i-го загряз-

няющего продукта, а также с параметрами применяемых технологических комплексов (L, T) в части рассматриваемого экологического фактора.

С целью удобства инженерного анализа при сопоставлении различных объектов, исследовании тенденции изменения и прогнозе на перспективу экологического уровня ликвидированной шахты с комплексным учетом динамики отдельных ее факторов, может быть использована обобщенная оценка экологического уровня в виде:

$$K = \sum_i a_i K_i$$

где a_i - весовой коэффициент i-го элемента системы экологических оценок по направлениям: ущерб окружающей среде, извлечение и использование попутных минеральных и энергетических ресурсов, степень применимости ресурсосберегающих технологий и др.

При определении структуры затрат, связанных с экологическим уровнем шахты (S_3) необходимо учитывать взаимосвязи экологических показателей (K_i) (и соответственно закономерностей изменения определяющих их факторов – выделения метана, температуры шахтной воды и газов, расхода породы и др.) с параметрами шахты (U, например, глубиной разработки) с одной стороны и с окружающей средой и процессами с другой. В последнем случае основой является определение совокупности показателей окружающей природной среды и процессов (d), где могут быть использованы попутные минеральные ресурсы (R), а также непроизводительных процессов, доля которых может быть снижена в результате повышения доли малоотходных технологий (B). Сказанное определяется на основе анализа структуры взаимосвязи природного

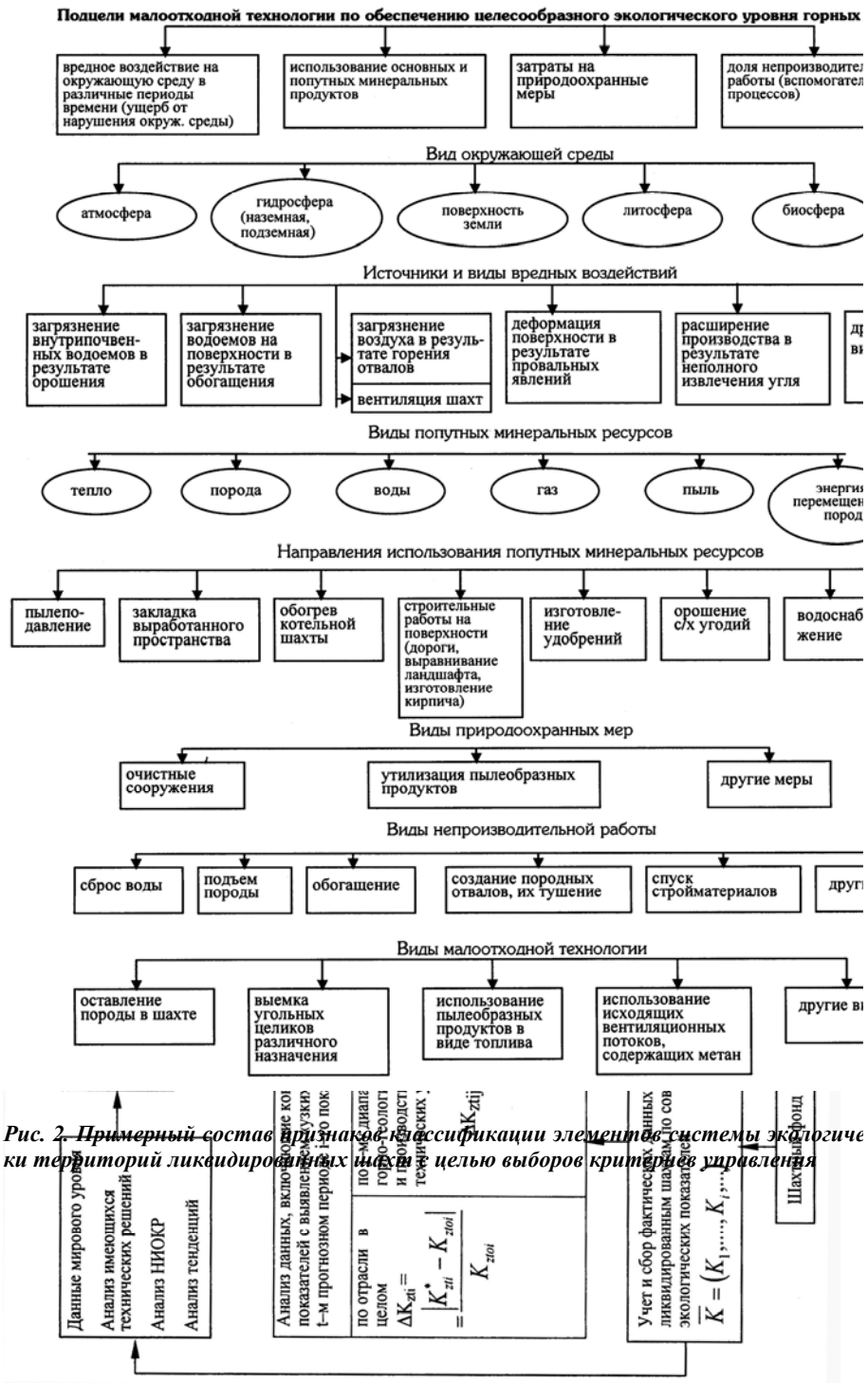


Рис. 2. Примерный состав признаков классификации элементов системы экологического менеджмента на территории ликвидированных шахт с целью выбора критериев управления

Рис. 1. Принципиальная схема оценки и управления экологическим уровнем на территории ликвидированных шахт: K_{t-1}^* - заданный уровень показателя на $t-1$ -й прогнозируемый период; K_{t-1} - фактический уровень показателя в t_0 базисном периоде

и производственного комплекса с экологическими показателями (K_i). Такой анализ и выделение совокупности элементов природного и производственного комплекса, подверженных влиянию экологических показателей на территории ликвидированной шахты, производится с помощью матрицы тесноты их связи:

$K_{11}, K_{12}, \dots, K_{1j}, \dots$

$K_{21}, K_{22}, \dots, K_{2j}, \dots$

$K_{i1}, K_{i2}, \dots, K_{ij}, \dots$

где K_{ij} - коэффициент корреляции между i -м экологическим показателем шахты (например, сброс шахтных вод) и j -м элементом природного и производственного комплекса (например, засоление почв, загрязнение водоемов, заболачивание почв и др.).

Данная матрица является основой и последующего количественного выражения взаимосвязей $d = f_d(K_i)$, $R = f_R(R_i)$, $B = f_B(K_i)$, что в конечном счете является основой определения структуры затрат, связанных с восстановлением экологического уровня ликвидированной шахты $S_n(d)$, $S_m(d)$, $S_R(R)$, $S_B(R, U)$, тем самым выразив последние, в косвенном виде, через первичные параметры шахты - при условии определения зависимостей экологических показателей (K_i) от его параметров (U). Последнее связано с дальнейшей детализацией критериев K_i на уровне их первоисточников - выделения составляющих их элементов (K_{imn}) в виде экологических характеристик отдельных операций и технических средств (n) различных m -х технологических восстановительных процессов, влияющих на формирование i -го сопутствующего продукта и следовательно на соответствующую экологическую характеристику территории ликвидированной шахты (K_i). Последующее определение взаимосвязей между показателями указанных уровней, а также опре-

деление взаимосвязи экологических показателей первоисточников (K_{imn}) с эксплуатационными факторами (U) (например, уровень нарушенных земель в зависимости от физико-технических свойств подрабатываемого массива и др.) являются в конечном счете основой количественного выражения зависимостей $K_i = f_i(U)$. Использование таких зависимостей при управлении экологическим уровнем шахты включает прогноз и последующий ее контроль по каждому из факторов (K_i) посредством прогноза экологического уровня по этим факторам каждого из первоисточников (K_{imn}) операции и техническим средств технологического процесса (L_{mn} , Γ_{mn}), а также оценки их "вклада" в общий баланс экологического уровня территории ликвидированной шахты. Так, определение "вклада" отдельных первоисточников в общем балансе загрязнения шахтных вод может основываться на анализе фактического (нормативного) расхода и потребления смазочных материалов различными видами ГШО в зависимости от уровня ремонтных работ шахты. Более высокий уровень управления связан с изменением "вклада" отдельных первоисточников в нужную сторону, что связано с улучшением экологических показателей технико-технологической базы шахтного производства. Сказанное основывается на выявлении "узких звеньев" в технологическом комплексе шахты, оценке и контроле, уже на этапе проекта ликвидации шахты, экологического уровня каждого из предполагаемых видов технологии и техники (K_{imn}) с целью доведения экологических показателей указанных звеньев (и соответственно экологической ситуации на территории ликвидированной шахты в целом) до требуемого уровня.

Решение вышеуказанной задачи с последующей оценкой эффективности

технологических решений и создаваемых средств механизации по экологическому фактору связано с разработкой обобщающих аналитических моделей прогноза конечных технических, экономических и экологических показателей территории ликвидированной шахты в зависимости от их первичных параметров. Такие модели должны основываться на учете взаимосвязей различных звеньев

шахтных комплексов, и множества возможных сочетаний и динамики их эксплуатационных условий (Г, G, L, T, O, J), что обуславливается значительным разнообразием и индивидуальным характером последних практически для каждой шахты. Такой путь решения вопроса затрудняется недостаточностью и сложностью сбора представительных данных.

Другой путь решения вышеуказанной задачи связан с разработкой имитационной модели технологических процессов с учетом экологических факторов, обеспечивающей оценку конечных показателей для конкретной ликвидированной шахты на основе: воспроизводство динамики условий эксплуатации и в первую очередь природных; воспроизводство, в экологическом аспекте, эксплуатационных режимов функционирования технологических комплексов с учетом взаимодействия различных звеньев шахты (добыча, проходка, транспорт, вентиляция, водоотлив и др.) и фактора времени; формирование производственных и экологических показателей шахты с учетом взаимосвязи ее звеньев. Использование такой модели, помимо оценки экологической ситуации на территории конкретно взятой шахты, позволяет, на основе накопления и последующего обобщения данных эксперимента, отвечающих различным вариантам со-

четания множеств первичных параметров шахты (U), определить общие, для отдельных диапазонов условий эксплуатации, закономерности изменения экологических, производственных и экономических показателей, что особенно важно при ликвидации шахты.

Следующим вопросом, требующим своего решения, является экономическое выражение ущерба, наносимого экологической и социальной среде. Одним из путей решения данного вопроса является использование имеющихся нормативных данных по оценке данного ущерба. Так например, подсчет величины ущерба от загрязнения атмосферы окисью углерода (CO), углеводородом (CH), окисью азота (O) производится в виде $Y = \gamma \cdot \sigma \cdot M$

где γ – константа, численное значение которой определяется для каждого конкретного источника выбросов (руб., усл. т. выброса); σ – показатель относительной опасности загрязнения воздуха, определяется в зависимости от характера территории (безразмерная величина); M – приведенная масса выбросов в условных единицах:

$$M = \sum_i A_i m_i$$

где A – показатель относительной вредности вещества ($A_{CO} = 1$, $A_{CH} = 1,26$, $A_O = 41,1$ усл.т/т); m_i – масса годового выброса примеси i-го вида.

Рассчитанные данные приведены в таблице.

Может быть предложен альтернативный путь формирования указанных данных, который связан с анализом фактических данных по каждому рассматриваемому объекту (например, штрафы, выплачиваемые шахтой или региональной администрацией населению, за снижение урожайности полей, расходы на восстановление дорог или заболоченных сельскохозяйственных земель и т.д.). При этом могут быть использованы также экспертные оценки. Аналогичные вопросы решаются при оценке социального ущерба.

ТАБ

Коротко об авторах

Ельчанинов Е.А., Головки И.В. – Московский государственный горный университет.
Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 10 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *Ю.П. Галченко*.