

УДК 622.8

*И.В. Петров, В.Б. Казаков, В.С. Кулагин*

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ВЫБОР КОМПЛЕКСА МЕР, СНИЖАЮЩИХ НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ И ЛИКВИДИРУЕМЫХ ШАХТ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ**

Семинар № 6

**Н**епрерывное наращивание промышленного потенциала отрасли на сравнительно небольших территориях оказывает неизбежное влияние на изменение состояния окружающей среды, нарушая полностью или частично сложившиеся экологические связи. Как правило, эти изменения проявляются в негативных явлениях. К основным из них следует отнести загрязнение подземных и поверхностных вод, переток вод из закрытых выработок в действующие, заболачивание и засоление подработанных территорий.

В пересчете на 1 тыс. т добычи в 1990 г. сброс загрязненных сточных вод составлял 1,853 тыс. м<sup>3</sup>, а в 1998 г. – 1,977 тыс. м<sup>3</sup>.

Мощность водоочистительных сооружений сократилась более чем в 3 раза (с 2623 в 1990 г. до 1180 млн. м<sup>3</sup>/год в 1999 г.), в том числе мощности, обеспечивающие нормативную очистку сократились в 1,8 раза.

Реализация целей регулирования природоохранной деятельности в части ликвидации негативных последствий одновременно работающих и ликвидируемых шахт по водному фактору на практике обеспечивается с помощью различных методов (экономических приемов и способов целесообразного действия). Как показывает опыт принимаемых решений спектр применяемых методов исследования постоянно расширяется и углубляется. Впервые, постоянно, начиная с 1996 г., ростом масштабов и усложнением как структуры, так и комплекса необходимых мер по ликвидации негативных последствий работы и закрытия шахт по водному фактору. Во-вторых, необходимостью предугадывания на основе имеющихся и применяемых методов прогноза и адекватного реагирования на внезапные измене-

ния действия множества трудно предсказуемых экологических факторов.

В этой связи настоятельно необходимым становится решение таких задач как:

- учет возможных негативных последствий в сопряженных сферах деятельности закрываемых и смежных действующих угольных предприятий;

- нахождение наиболее удачных и разумных комбинаций применения методов воздействия.

Негативные влияние оказываемое закрытыми и работающими шахтами на гидросферу представлены в табл. 1.

К возможным последствиям, которые проявляются во время сопряженного взаимодействия работающего и закрываемого предприятия могут относиться: гидрогеологические последствия (перетеки, прорывы и т.д.) провалы, проседания, пучение почвы, эндогенные пожары, сейсмические воздействия.

Эти последствия зависят от целого ряда влияющих факторов. В связи с этим была проведена экспертная оценка степени влияния горно-геологических и технических факторов на экологические последствия для гидросферы угледобывающих районов, которая представлена в табл. 2.

Примечание к табл. 2.:

Исходя из количественных значений выбранных показателей, выделены три типа воздействия предприятий горнодобывающей промышленности на окружающую среду: 1 – слабое; 2 – среднее (умеренное); 3 – сильное. Первый тип воздействия характеризуется незначительными изменениями окружающей среды и не вызывает необходимости применения специальных защитных мероприятий. При умеренном воздействии влияние предприятий на

Таблица 2  
**Экспертная оценка степени влияния горно-геологических и технических факторов на экологические последствия для гидрологии**

Факторы	Степень влияния		
	1	2	3
Водоприток, водообильность пласта			3
Кол-во и протяженность горных выработок			3
Скорость подвигания очистного забоя		2	
%, использования шахтных вод		2	
Степень износа системы в.о и ОСВ			3
Срок службы предприятия		2	
Глубина разработки, м		2	
Мощность пластов	1		
Угол падения пластов	1		
Приток воды в рабочее пространство			3
Среднегодовой приток воды.			3
Годовая добыча		2	
Производственная мощность		2	
Нагрузка на очистной забой		2	
Кол-во пересекаемых водоносных горизонтов			3
Количество пластов		2	
1-min 3-max			

окружающую среду более существенное, но оно устранимо при проведении специальных защитных мероприятий (рекультивация земель, озеленение терриконов, очистка стоков и др.). При сильном воздействии происходят весьма существенные (критические) изменения в окружающей среде, требующие для своего устранения выполнения целого комплекса защитных и восстановительных мероприятий. В результате аналитической работы было установлено, что наиболее характерны для горного производства 2 и 3 типы техногенных воздействий

на окружающую среду.

Для предотвращения негативного влияния необходимо проведение специальных водоохраных мероприятий, которые проанализированы исходя из таких видов деятельности как место проведения, момент проведения, вид охранного воздействия, а также направленности для работающих и закрываемых угледобывающих предприятий.

Формирование водоохраных мероприятий представлены на рис. 1.

В дальнейшем были приняты действия для систематизации негативных последствий оказываемых на гидросферу и выбор технических решений для устранения этих последствий, эта систематизация представлена в табл. 3.

Характеризуя степень деградации гидросистем региона в результате функционирования и ликвидации угледобывающих

предприятий необходимо рассматривать деградацию как обобщающую, изменений, наиболее важных показателей характеризующих состояние гидросистемы для гидросферы конкретного угледобывающего региона.

Для того чтобы, определить как показатели оказывают влияние на общую степень деградации гидросистем разработана система бальной оценки влияния изменения каждого из этих показателей на степень деградации гидросистем (ЭГ) и рассчитывается с использованием разработанной модели. (табл. 4)

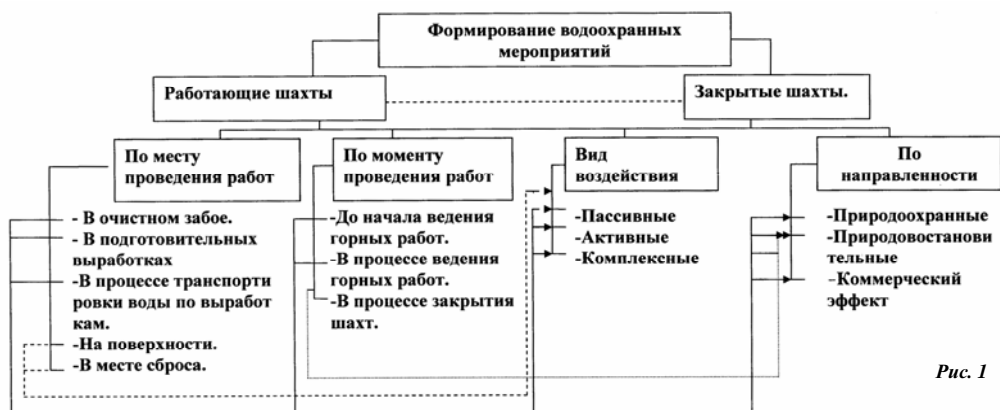


Рис. 1

Таблица 3

**Оценка влияния факторов на состояние окружающей среды в гидросфере при функционировании и ликвидации шахты и выбор соответствующих технических решений**

Элемент воздействия на окружающую среду в гидросфере	Виды экологических систем	Экологические последствия	Изменение показателя	Рекомендуемые технические решения		
				Ед. измерения	Легализация гидросистем, г.	
1. Подземная гидросфера	1.1. Поступление шахтных вод в подземные источники питьевого и других видов водоснабжения	Загрязнение	$\Delta V$	1.1.1. Создание барражных устройств	5	$\Gamma_1$
Суммарный V сброса ст. вод	Влияние на восстановление	К <sub>ПДК</sub>	$\Delta K_{ПДК}$		8	$\Gamma_2$
Степень концентрации веществ $\leq$ ПДК	Влияние на восстановление	ПДК	$\Delta K_{ПДК}$	1	10	$\Gamma_3$
Загрязнение подземных вод	1.2. Внезапные прорывы и фильтрация воды из затопленных шахт в действующие шахты смежных шахт	Увеличение	$\Delta M$	1.2.1. Оставление надежных целиков, создание водонепроницаемых перемычек	8	$\Gamma_4$
Степень минерализации:	Снижение объемов добычи, затрата на ликвидацию прорывов	Увеличение	$\Delta R$		9	$\Gamma_6$
- кислотности:	2.1. Подтопление территорий	Увеличение	$\Delta S^0$	2.1.1. Устройство траншейного, узкотраншейного и бестраншейного дренажа	5	$\Gamma_7$
R - увеличения депрессии	Рост на 10 %	Увеличение	$\Delta S^1$	2.1.2. Устройство водопонижающих и водопонижающих скважин	8	$\Gamma_8$
2. Поверхностная гидросфера	2.1. Подтопление территорий	Увеличение	$\Delta S^2$	2.1.3. Устройство водопонижающих колодцев	7	$\Gamma_9$
S осушенных земель	2.2. Загрязнение поверхностной гидросферы и почв выходящими на поверхность шахтными водами	Увеличение	$\Delta V^H$	2.2.1. Очистка загрязненной воды, собираемой дренажными системами, с использованием имевшихся ранее или специально устроенных очистных сооружений		
S заболоченных земель	Затраты связанные с рекультивацией земли.			2.2.2. Захоронение загрязненной воды, собираемой дренажными системами, в недрах		
Переток вод из закрытых в действующие	2.3. Загрязнение поверхностной гидросферы и почв токсичными компонентами, выносимыми водой из породных отвалов	Увеличение		2.3.1. Отвод потоков поверхностных вод от терриконов, отвод поступающей из них загрязненной воды по канавам, лоткам, трубопроводам к очистным сооружениям		
1 – min; 10 - max	Затраты связанные с рекультивацией земли.			3.1.1. Большой объем тампонажных работ		
	3.1. Увеличение В <sub>д</sub> депрессионной воронки			3.1.2. Разборка оставленных терриконов, планировка		
	Неблагоприятный облик поверхности			3.1.3. Рекультивация нарушенных земель		
	3.2. Мульды сдвижения земной поверхности			3.2.1. Исключение строительства зданий и сооружений на подработанных территориях до завершения контролируемых процессов оседания земной поверхности. Планировка местности		

**Рис. 2. Экономико-математическая модель выбора эффективных мероприятий при исследовании гидравлической взаимосвязи между закрытыми шахтами и смежными с ней действующими шахтами**

$$\text{ЭГ} = \Gamma_1 \Delta V + \Gamma_2 \Delta K_{\text{Ф}} + \Gamma_3 \Delta K_{\text{ПДК}} + \Gamma_4 \Delta M + \Gamma_5 \Delta R + \Gamma_6 \Delta R + \Gamma_7 \Delta S^0 + \Gamma_8 \Delta S^1 + \Gamma_9 \Delta M^H * 1000000 \text{ т/доб.} > \text{min}$$

где ЭГ - показатель степени негативного воздействия на экологию гидросферы ед. измерения 1Ед - тыс.руб.

Модель позволяет составить наиболее четкую картину отрицательных воздействий выявленных факторов конкретного предприятия,

региона в целом и приняв ряд предложений по мерам защиты от негативного влияния гидравлической взаимосвязи между ликвидируемыми и смежными с ними шахтами попытаться минимизировать эти ущербы ЭЭУ<sup>Г</sup>- эколого-экономический ущерб гидросферы .

$$\text{ЭГ} \rightarrow \text{ЭЭУ}^{\Gamma} \rightarrow f(\text{ЭГ})$$

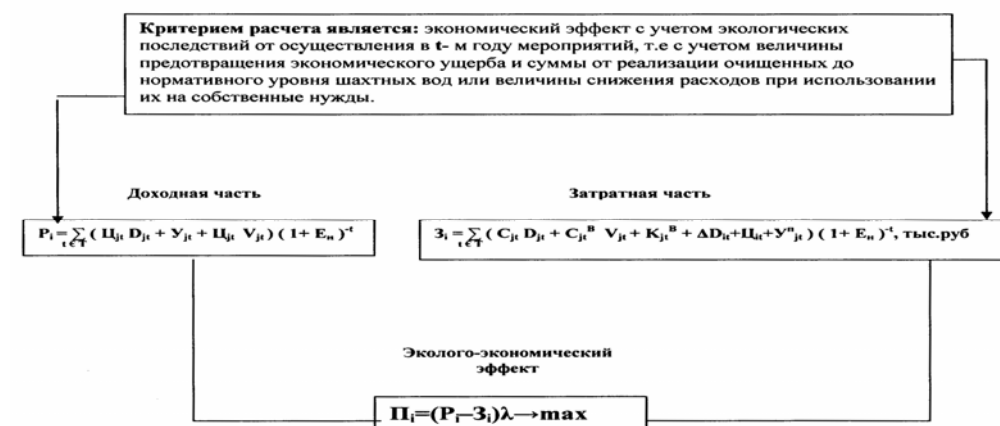
Данная модель и разработанная формула позволяют выбирать решения, которые оказывают наименьшее воздействие на гидросферу с точки зрения всех представленных показателей.

В тоже время при формировании конкретного комплекса мероприятий необходим экономически оправданный подход, (ЭММ) основой которого является экономический эффект с учетом экологических последствий от осуществления в t- м году мероприятий т.е. с учетом величины предотвращенного экономического ущерба и суммы от реализации очи-

щенных до нормативного уровня шахтных вод или величины снижения расходов при использовании их на собственные нужды состоящий из доходной и затратной части (рис. 2).

Доходная часть;  

$$P_t = \sum_{t \in T} (\Pi_{jt} D_{jt} + Y_{jt} + \Pi_{jt} V_{jt}) (1 + E_n)^{-t}$$



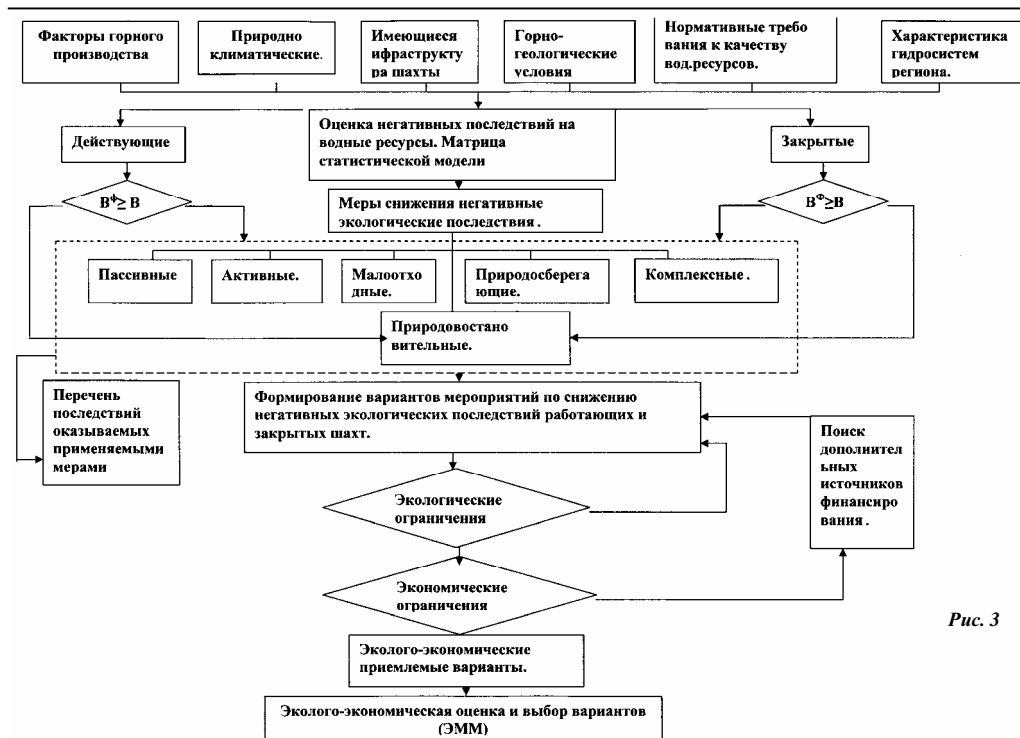


Рис. 3

где  $P$  - суммарная реализация по шахте, тыс.руб.;  $j$  - порядковый номер варианта принимаемого технологического решения,  $j \in J$ ;  $t$  - год проведения мероприятия,  $t \in T$ ;  $C_{jt}$  - расчетная цена от реализации угля, руб;  $D_{jt}$  - объем годовой добычи угля по шахте, тыс. т;  $U_{jt}$  - величина предотвращенного экономического ущерба в результате снижения уровня вредного воздействия шахты на окружающую среду, тыс. руб.;  $C_{jt}^B$  - стоимость  $1 \text{ м}^3$  воды, руб.;  $V_{jt}^P$  - объем реализуемой воды сторонним организациям после очистки или используемой на собственные нужды, тыс.  $\text{м}^3$ ;  $E_H$  - норма дисконтирования доли ед.

Затратная часть: модели имеет следующий вид

$$Z_i = \sum_t (C_{jt} D_{jt} + C_{jt}^B V_{jt} + K_{jt}^B + \Delta D_{jt} + C_{it} + U_{jt}^n) \times$$

$$\times (1 + E_H)^t, \text{ тыс. руб}$$

где  $Z$  - затраты по шахте, тыс. руб.;  $C_{jt}$  - себестоимость добычи тонны угля руб.;  $C_{jt}^B$  - себестоимость очистки шахтных вод руб.;  $V_{jt}$  - объем очищаемых шахтных вод тыс.  $\text{м}^3$ ;

Величина побочного экономического ущерба  $U^n$  связана с платой за отторжение земельных угодий под очистные сооружения и складирование осадка, полученного после

$E_H$  - нормативный коэффициент приведения;  $K_{jt}$ ,  $K_{jt}^B$  - соответственно капитальные затраты по добыче и на проведение варианта, водоохраных мер тыс. руб.;  $\Delta D_{jt}$  - величина потери добычи при перетоке вод и затоплении гор. выработок действующих шахт тыс. руб.  $U_{jt}^n$  - косвенный экономический ущерб от нарушения окружающей среды при проведении тыс. руб.

Величины  $C_{it}^B$  и  $K_{it}^B$  определяются исходя из сметы затрат. Величины  $C_{it}^B$  и  $K_{it}^B$  определяются или на основе нормативов удельных капитальных вложений и текущих затрат по различным системам водообеспечения. Кроме затрат по водоочистке в  $C_{it}^B$  и  $K_{it}^B$  входят затраты, связанные с мероприятиями по системам водосбора и водоочистки, а также затраты при потреблении попутных вод и самое важное по обеспечению стабилизации гидрогеологического режима в р-не закрытия шахт.

очистки шахтных вод и может быть определена следующим образом.

$$Y^H = (Y_d + Z_p) S_o,$$

где  $Y_d$  - ущерб связанный с отчуждением 1 га, земли тыс. руб/га;  $Z_p$  - затраты у реципиентов на освоение новых земель взамен утраченных, тыс. руб/га;  $S_o$  - площадь отторгаемых земель, га;  $\Lambda$  - Булева переменная позволяющая осуществить перебор вариантов водоохранных мер в направлении максимизации эффекта.

Таким образом, эколого-экономический эффект от проведения мероприятий по сниже-

нию экологических последствий обусловленных гидравлической взаимосвязью между закрытыми и смежными действующими шахтами примет следующий вид:

$$\Pi_i = (P_i - Z_i) \Lambda \rightarrow \max,$$

Использование данной экономико-математической модели, и предложенного подхода, позволили сформировать блок-схему, выбора мер по снижению негативных экологических последствий для гидросферы от закрываемых и смежных с ними действующими горнодобывающими предприятиями (рис. 3).

### Коротко об авторах

*Петров И.В.* – профессор, доктор экономических наук,  
*Казаков В.Б.* – профессор, доктор экономических наук,  
*Кулагин В.С.* – аспирант,  
Московский государственный горный университет.

## ДИССЕРТАЦИИ

### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА</b>			
ИВАНОВА Мария Викторовна	Разработка метода снижения риска аварийности и травматизма в газовой промышленности на основе профессионального отбора операторов (на примере операторов по добыче газа)	05.26.01	к.т.н.
<b>ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР РАН</b>			
КРЫЛОВ Игорь Олегович	Использование термоактивированного природного шунгитового сорбента для защиты водных бассейнов от техногенного воздействия нефтесодержащих сточных вод	25.00.36	к.т.н.
<b>МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ</b>			
ВАХТАНОВ Андрей Сергеевич	Исследование компьютерных технологий обновления топографических карт по материалам космической съемки (масштабы 1:25 000 – 1:200 000)	25.00.33	к.т.н.
ФАРТУКОВА Ирина Сергеевна	Анализ ресурсов глобальной компьютерной сети и разработка информационных интернет-технологий в области кадастра.	25.00.26	к.т.н.

Таблица 1

**Негативное влияние оказываемое закрытыми и работающими шахтами на гидросферу**

Прямые факторы воздействия на вод ресурсы	Последствия	Косвенные		
		Технологические	Социальные	Экономические
-выброс загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы	Работающие: повышенная минерализация, взвешенные вещ-ва превыш. по ПДК Закрытые:железо,сульфаты,взвеш, в-ва,кислотность	Строительство очистных сооружений	Отторжение территорий и связанные с этим проблемы	Затраты на очистку сточных вод
Работающие: сброс воды Закрытые: затопление шахт	-загрязнение подземных вод питьевого качества. -нарушение подземных источников водоснабжения	Перенос водозабора		Восстановительные работы
-осушение территорий при эксплуатации шахты	Уменьшение ресурсов подземных вод. Изменение экосистемы региона.	Перенос водозабора	Подтопление жилых и пром.зданий, с/х угодий	Затраты связанные с рекультивацией земель
-заболочивание территорий при затоп. шахты	Изменение экосистемы региона, отторжение территорий с/х и др.	Работы связанные с мелиорацией земель		
-подработка поверхностных гидросистем	Нарушение поверхност. Водоводов, канализации	Проведение ремонтных работ.	Нарушение водоснабжения	Финансирование восстановительных работ
-переток воды с закрытых шахт в действующие.	Повышение объема откачиваемых вод, риск затоп. участка или шахты	Создание перемычек откачка воды, расширение водоотлива, тампонаж вскрывающих вы-ок, отвод русел рек, строительство дамб	Сокращение занятости населения, повышенный травматизм	Снижение объемов добычи, затраты на ликвидацию прорыва расширение водоотлива, откачку воды
-прорыв поверхностных вод в горные выработки	Проведение большого объема тампонажных и гидроизоляция работ			
-прорыв подземных вод с закрытых шахт в действующие	Затопление шахты вероятные чел. жертвы, больш. объем изаляционных работ. Измен. экосистемы р-на			
-нарушение работы систем водоотлива	Вероятное затопление шахты	Откачка шахтных вод.		Снижение прибыли, убытки связанные с восстановительными работами