

УДК 622.271.4

*Н.И. Просандеев, Л.М. Козлова,
Н.П. Тараканова*

**ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины, Днепропетровск

Встановлено величину витрат на відчуження та рекультивацію земельних ресурсів, втрати врожайності сільськогосподарських культур у санітарно-захисній зоні «карьер+внутрішній відвал», кількісні та якісні показники використаних підземних вод, а також витрати на їхнє очищення при відкритій розробці горизонтальних родовищ. Обґрунтовано, що найбільші витрати пов'язані із впливом і охороною гідрологічного середовища - 71-86 % від загальних витрат, а також земельних ресурсів - 12-29 %.

Установлены величина затрат на отчуждение и рекультивацию земельных ресурсов, потери урожайности сельскохозяйственных культур в санитарно-защитной зоне «карьер+внутренний отвал», количественные и качественные показатели использованных подземных вод, а также расходов на их очистку при открытой разработке горизонтальных месторождений. Обосновано, что наибольшие расходы связаны с воздействием и охраной гидрологической среды - 71-86 % от общих затрат и земельных ресурсов - 12-29 %.

При открытой разработке горизонтальных месторождений полезных ископаемых, интенсивному техногенному воздействию подвергаются земля, воздух, поверхностные и подземные воды. В процессе подвигания фронта горных работ карьера земельные ресурсы постоянно нарушаются до конца эксплуатации месторождения – до момента отработки всех запасов полезного ископаемого в контурах карьерного поля.

Воздушный бассейн загрязняется сдуванием пыли с карьерных и отвальных поверхностей, а также работой горнотранспортного оборудования. Для обеспечения эффективной работы механизмов и устойчивости горных выработок, разрабатываемый массив горных пород подвергается дренированию от имеющихся поверхностных и подземных вод. В результате чего они загрязняются, а в радиусе образовавшейся депрессионной воронки, достигающей несколько километров, происходит иссушение почвы, нарушение устоявшегося режима гидрогеологии района разработки и направления водостока, прерываются взаимосвязи водоносных горизонтов. Кроме того, в большинстве случаев некачественные воды являются источником дальнейшего загрязнения чистых вод, поскольку в конечном итоге они

падают в водный поток. Поскольку все нарушения природных ресурсов обусловлены одним источником – добычей полезного ископаемого до момента полного извлечения его запасов в контурах карьерного поля, то наносимый ущерб окружающей природной среде целесообразно отнести к объему вынутых руд. Поэтому данный подход принят в разработанной методике.

Рассмотрим влияние открытых горных работ на использование земельных ресурсов через землеемкость объектов горного производства. Под удельной землеемкостью объектов горного производства, понимается количество нарушенных земельных площадей карьером и внутренним отвалом отнесенное к запасам полезного ископаемого в контурах карьерного поля с длиной $L_{к.п}$ и шириной $B_{к.п}$. На практике карьерные поля Никопольского марганцевого бассейна имеют следующие параметры $L_{к.п} = 6,0-8,0$ км и $B_{к.п} = 2,0-2,2$ км. Тогда при выемке полезного ископаемого карьером нарушается площадь $S_{к.п} = L_{к.п} \cdot B_{к.п}$. Удельная землеемкость карьера равна $U_{з.к} = (m \gamma_{н.у})^{-1}$, м²/т. Здесь $\gamma_{н.у}$, m – объемный вес и мощность добываемого полезного ископаемого.

Из формулы видно, что удельная землеемкость карьера не зависит от параметров карьерного поля и является величиной обратной мощности полезного ископаемого.

© Просандеев Н.И., Козлова Л.М.,
Тараканова Н.П., 2009

Максимальное значение удельной землеемкости карьера ограничено минимальной мощностью пласта полезного ископаемого, которую целесообразно обрабатывать открытым способом производства горных работ. Эта мощность определяется ценностью полезного ископаемого и для большинства минералов Украины она равна 2 м. Тогда при $m = 2$ м, $\gamma_{н.и} = 2,5$ т/м³. Максимальная удельная землеемкость карьера составляет $U_{з.к} = 0,5$ м³/м³ = 0,2 м²/т. Увеличение мощности полезного ископаемого до 10 м ведет к снижению удельной землеемкости карьера до $U_{з.к} = 0,1$ м³/м³ = 0,04 м²/т. Зная удельные затраты на нарушение 1 м² земельных площадей Z_o установим расходы на использование данного природного ресурса карьером $Z_{к.з} = Z_o \cdot U_{з.к}$. В настоящее время Z_o колеблется от 2 до 20 грн./м². Тогда для приведенных выше данных максимальные затраты за использование карьером земельных ресурсов изменяются в пределах 0,1-4,0 грн./т.

В большинстве случаев для обеспечения минимальных объемов горнокапитальных работ строительство карьера выполняют на одном из флангов карьерного поля с дальнейшей его обработкой к противоположному флангу. При этом размер карьера по поверхности L_k при простой бестранспортной системе разработки равен $L_k = 30-160$ м, усложненной $L_k = 50-230$ м и транспортно-отвальной $L_k = 160-550$ м. За весь период обработки карьерного поля по одной из указанных технологий величина L_k является неизменной. Образовавшиеся при разработке внутренние отвалы подлежат рекультивации.

Удельная землеемкость внутренних отвалов равна: $U_{з.в.о} = (1 - C_k) U_{з.к}$, $C_k = L_k / L_{к.л}$ – соотношение размеров карьера по поверхности и длине карьерного поля. Затраты на рекультивацию внутренних отвалов составляют $Z_{в.о} = U_{з.в.о} \cdot Z_p$, где Z_p – удельные затраты на рекультивацию внутренних отвалов. С учетом указанных параметров разработана номограмма определения затрат на рекультивацию внутренних отвалов, которые изменяются от 0,14 до 1,8 грн./т.

Общие затраты на отчуждение земель и рекультивацию нарушенных территорий равны $Z_{о.з} = Z_k + Z_{в.о} = U_{з.к} (Z_o + Z_p (1 - C_k))$.

Данная формула показывает, что максимальное значение затрат на использование и восстановление земельных ресурсов будет при $C_k \rightarrow 0$, то $Z_{о.з} = U_{з.к} (Z_o + Z_p)$. На настоящий период $Z_o = 8$ грн/м² и $Z_p = 7$ грн/м², тогда максимальное значение $Z_{о.з} = 0,2 (8+7) = 3,0$ грн/т. При росте вдвое затрат на отчуждение и рекультивацию земель вдвое увеличивается $Z_{о.з} = 6,0$ грн/т.

Как указывалось ранее, при открытой разработке горизонтальных месторождений источниками загрязнения воздушного бассейна являются пылящие поверхности бортов карьера и откоса внутреннего отвала, горно-транспортное оборудование, внутри-карьерные дороги, а также нерекультивированная площадь внутреннего отвала, находящаяся в стадии планировки и естественной усадки разрыхленных выемкой грунтов.

Площадь пылящих поверхностей торцовых бортов карьера и откосов внутреннего отвала зависит от способа вскрытия месторождения: отдельными или общими траншеями и места их заложения. Общие траншеи могут размещаться на одном из флангов или по центру карьера. При размещении вскрывающей выработки на фланге карьера, пылящие поверхности представляют собой площади откоса торцового борта карьера и параллельную ей площадь откоса внутреннего отвала длиной карьерного поля совместно с внешней вскрывающей траншеей. Когда вскрывающая выработка расположена по центру карьера, пылящие поверхности представлены двумя откосами внутреннего отвала. Если карьерное поле вскрывается двумя отдельными траншеями, расположенными на его флангах, то площадь пылящих поверхностей складывается из двух откосов торцовых бортов карьера и двух откосов внутреннего отвала и увеличивается вдвое по сравнению с однофланговым и центральным размещением вскрывающей выработки. Нерекультивированная площадь поверхности внутренних отвалов обусловлена устойчивостью откоса внутреннего отвала, объемами планировочных работ и временем естественной усадки отвальных пород. При малой устойчивости откоса внутреннего отвала и длительном периоде естественной усадки отвальных пород нерекультивированная площадь внутренних отвалов увеличивается.

Нерекультивированная поверхность подвигается вслед за подвиганием внутреннего отвала и для сложившихся условий разработки является величиной постоянной.

Воздействие на воздушный бассейн указанных источников пылеобразования системы карьер + внутренний отвал оценивается величиной санитарно-защитной зоны, создаваемой вокруг карьерной выработки и ущерба от потери урожайности сельхозкультур в ней за счет осадения пыли и обезвоживания почв. Удельная землеемкость санитарно-защитной зоны равна:

$$V_{c.з} = \frac{V_{з.к} (2L_{к.н} (1 + C_{к.н}) \cdot B_{c.з} + \pi B_{c.з}^2)}{L_{к.н}^2 \cdot C_{к.н}}, \text{ м}^2/\text{т},$$

где $B_{c.з}$ – ширина санитарно-защитной зоны, устанавливаемая санитарными нормами для объектов горного производства, м. В зависимости от класса опасности горного предприятия она варьирует $B_{c.з} = 100-1500$ м. Приняв $B_{к.н}/L_{к.н} = C_{к.н}$, $B_{к.н} = C_{к.н} \cdot L_{к.н}$, $C_{к.н}$ – соотношение параметров карьерного поля. Расчетами установлено, что для $V_{з.к} = 0,2 \text{ м}^2/\text{т}$; $B_{c.з} = 500$ м; $C_{к.н} = 0,1-0,7$; $L_{к.н} = 2-10$ км; $V_{c.з} = 0,051-1,142 \text{ м}^2/\text{т}$.

Исследования показали, что с увеличением длины карьерного поля и постоянстве остальных параметров, удельная землеемкость санитарно-защитной зоны уменьшается, что объясняется преобладающим ростом объемов полезного ископаемого над площадью санитарно-защитной зоны.

Для постоянной длины карьерного поля и уменьшении его ширины площадь санитарно-защитной зоны сокращается менее интенсивно, чем запасы полезного ископаемого в рассматриваемых контурах, что ведет к увеличению ее удельной землеемкости в 3,8-4,6 раза ($0,299-1,142 \text{ м}^2/\text{т}$).

Увеличение ширины санитарно-защитной зоны от 500 до 1000 м влечет более чем на порядок рост удельной землеемкости до $3,55-18,85 \text{ м}^2/\text{т}$.

Анализ современных параметров, разрабатываемых карьерных полей показал, что их длина преимущественно изменяется от 6,0 до 8,0 км при ширине 1,5-2,8 км. Для данных значений удельная землеемкость санитарно-защитной зоны колеблется: при $B_{c.з} = 500$ м $V_{c.з} = 0,0642-0,41 \text{ м}^2/\text{т}$, при $B_{c.з} = 1000$ м $V_{c.з} = 0,677-4,539 \text{ м}^2/\text{т}$.

Исследованиями Шестакова В.А., Наличаева Л.А. установлено, что потери урожайности сельскохозяйственных культур на территориях, прилегающих к объектам горного производства, составляют 10-30%. Тогда для пшеницы третьего класса ущерб от потери ее урожайности в санитарно-защитной зоне составит $Z_y = 0,036-0,108 \text{ грн./м}^2$. Зная расходы на потери урожайности можно установить ущерб от запыленности воздуха на прилегающих к системе карьер + внутренний отвал территориях:

$$Z_{c.з} = V_{c.з} \cdot Z_y.$$

Для наиболее распространенных параметров карьерных полей максимальные потери урожайности и ущерб от осадения пыли в санитарно-защитной зоне составляет: при $B_{c.з} = 500$ м; $Z_{c.з} = 0,007-0,044 \text{ грн./т}$, а $B_{c.з} = 1000$ м; $Z_{c.з} = 0,073-0,49 \text{ грн./т}$.

Карьер является также основным источником техногенного воздействия на гидрогеологическую среду – поверхностные и подземные воды. Регулирование поверхностного стока дождевых и талых вод производится в пределах карьера и прилегающей к нему территории на расстоянии не менее 200 м при наличии слабо проницаемых покровных отложений, и 300-400 м – при отсутствии таковых.

Объем подземных вод, поступающий в карьеры, зависит от конкретных гидрогеологических факторов и определяется числом и параметрами нарушаемых водоносных горизонтов, их границами в плане и разрезе, гидравлическим режимом (напорный или безнапорный), характером водопроницаемости водоносных пород (однородные – при соотношении коэффициентов фильтрации отдельных зон менее 10 и неоднородные – при их соотношении более 10), формой области фильтрации – неограниченные пласты, когда размеры водоносного горизонта превышают расчетный радиус влияния карьера и «полуограниченные пласты» – область фильтрации примыкает к крупной речной долине или водонепроницаемому сбросу и т.д.

Данные по карьерам Никопольского марганцевого бассейна показали, что в настоящее время на 1 т добытой руды приходится откачанных вод: на Марганецком ГОКе – $2,56-3,1 \text{ м}^3/\text{т}$, на Орджоникидзевском – $0,7-0,9 \text{ м}^3/\text{т}$. Затраты на откачку 1 м^3 воды составляют $0,12-0,18 \text{ грн./м}^3$. Тогда расходы на откачку воды равны:

$$Z_{от.вод} = Q_{вод} \cdot Z_{вод} = (0,7 - 3,1) \cdot 0,18 = 0,126 - 0,56, \text{ грн./т.}$$

Согласно нормам технологического проектирования, удельные капитальные затраты на осушение на 1 т полезного ископаемого составляют: открытый водоотлив – 0,025-0,008 грн. и подземный 0,51-0,315 грн.

Ущерб от изъятия из геологической среды подземных вод, как полезного ископаемого, зависит от их качества (питьевая, пригодная для орошения, хозяйственных нужд и т.д.) и устанавливается по выражению:

$$Y_{ц.п.в} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i, \text{ где } Q_i - \text{ количество } i\text{-го}$$

типа откачиваемых подземных вод, м³/т; C_i – ценность i -го типа подземных вод, грн./м³.

Приняв нарушаемые карьером подземные воды, как питьевые, тогда $C_i = 1,64$ грн./м³,

$$Z_{оч} = Q_{с.в} \cdot (Z_{мех.хим} + Z_{биол}) = (0,7 - 3,1) \cdot (0,8 + 0,43) = 0,96 - 3,81, \text{ грн./т.}$$

Просуммировав все указанные выше затраты получим общие затраты, связанные с воздействием открытой разработки горизонтальных месторождений полезных ископаемых на основные компоненты природной среды, которые равны 11,11-25,67 грн. т. Сравнение затрат на использование природных ресурсов и их охрану при открытой разработке горизонтальных место-

получим:

$$Y_{ц.п.в} = (0,7 - 3,1) \cdot 1,64 = 1,148 - 5,084, \text{ грн./т.}$$

Расходы на строительство очистных сооружений для сточных вод достигают 10-20% стоимости строительства предприятия. При годовой производительности карьера до 4 млн.т и мощности наносов 50-75 м удельные капитальные затраты его строительства составляют 48-61 грн./т. Тогда расходы на строительство очистных сооружений под сточные воды равны $Z_{оч.ср} = 4,8-12,2$ грн./т.

В свою очередь стоимость очистки 1 м³ сточных вод равна 0,8 грн./м³ и биологической до условий хозяйственно-питьевого водоснабжения – 0,43 грн./м³. В этом случае затраты на очистку сточных вод составляют:

рождений показало, что наибольшие затраты связаны с воздействием и охраной гидрогеологической среды – 70,8-86,3%, а также земельными ресурсам – 11,8-28,5%. Поэтому природоохранные мероприятия должны быть направлены в первую очередь на решение вопросов рационального использования и охрану данных компонентов природной среды.

*N.I. Prosandeev, L.M. Kozlova,
N.P. Tarakanova*

**ESTIMATION OF THE USE AND GUARD OF
NATURAL RESOURCES AT THE OPENWORK
OF HORIZONTAL DEPOSITS**

*Institute of Problems on Nature Management and Ecology National Academy of Sciences
of Ukraine, Dnipropetrovsk*

The amount of expenses is set on alienation and recultivation of the landed resources, loss of the productivity of agricultural cultures in the sanitary-hygienic area of «careers + internal dump», use of volumes and quality of underwaters, and also charges on their cleaning at the openwork of horizontal deposits. It is got, that most charges are related to influence and guard of hydrological environment - 71-86% total expenses and by the landed resources - 12-29%.

*Надійшла до редколегії 21 липня 2009 р.
Рекомендовано членом редколегії канд.техн.наук П.І. Копачем*