

**МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕ-, ГАЗО-
И ПРОДУКТОПРОВОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Неверов А.В.,

доктор экономических наук, профессор,

Манжинский С.А.,

кандидат экономических наук,

Белорусский государственный технологический университет,

Голденков А.А.,

РНИУП «Бел НИЦ «Экология»,

Варапаева О.А.,

Белорусский государственный технологический университет,

Залыгина И.А.,

«Бел НИЦ «Экология»

Ограниченность природных благ предопределяет необходимость постоянного повышения эффективности их использования. Выполнение данной задачи в первую очередь требует проведения их стоимостной оценки, включая оценку нематериальных полезностей природных экосистем, предоставляемых обществу. Существующие сегодня оценки потерь в результате хозяйственной эксплуатации ресурсов экосистем не учитывают их полную (общую) полезность и являются заниженными. Данное обстоятельство не отражает долгосрочные интересы общества и право будущих поколений на проживание в благоприятной природной среде, что противоречит концепции устойчивого развития. Модель, описанная в рамках статьи и призванная устранить данный недостаток, ориентирована на использование последних разработок в области экономики природопользования с учетом современных экологических требований.

По территории Республики Беларусь трассы магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов проложены в шести, а трассы магистральных газопроводов – в двух технических коридорах. Суммарная протяженность всех коридоров составляет 1870,5 км. Кроме того, в последние годы в соответствии с программой газификации страны осуществляется активное сооружение газопроводов-отводов, которые проходят от трассы магистрального газопровода до городов, являющихся районными центрами. Эти газопроводы, отлича-

ющиеся от основных магистралей транспорта газа сравнительно небольшими протяженностью, диаметром труб и давлением, также относятся к магистральным, поэтому аналогичным является их воздействие на окружающую среду.

В Концепции национальной безопасности Республики Беларусь констатируется, что в число основных факторов, создающих угрозу безопасности страны в экологической сфере, входит функционирование на их территории объектов повышенного риска (в том числе нефтепроводов, газопроводов, продуктопроводов) [1]. На законодательном уровне вопросы обеспечения экологической безопасности магистрального трубопроводного транспорта регулируются Законом Республики Беларусь «О магистральном трубопроводном транспорте» [2]. Направленные на обеспечение экологической безопасности и охраны окружающей среды нормы закона в значительной мере получили свое развитие и конкретизацию в системе технических нормативных правовых актов.

В действующих нормативных правовых актах экологические риски, связанные с функционированием магистральных трубопроводов, оцениваются исходя из вероятности возникновения аварийных ситуаций и загрязнения окружающей среды транспортируемыми по трубам продуктами. Иное воздействие магистральных трубопроводов, вызванное изъятием земельных участков под их сооружение и последующей эксплуатацией, специально законодательством не оговаривается. Вместе с тем очевидно, что строительство и использование трубопроводов в штатном режиме также связано с антропогенным воздействием на окружающую среду.

В настоящей статье представлены результаты разработки модели, позволяющей учесть и оценить упомянутое антропогенное воздействие.

Влияние магистральных трубопроводов на природные экосистемы на стадии сооружения и на стадии функционирования в период штатной эксплуатации проявляется главным образом в результате механического нарушения почвенно-растительного покрова. Источники техногенного воздействия весьма многообразны и действуют на территориях с различными типами экосистем, что значительно расширяет спектр экологических последствий, вызванных проведением различных видов строительных работ при сооружении трубопроводов. К числу основных последствий техногенного воздействия относятся:

- изменение рельефа и связанное с ним развитие эрозионных процессов;
- изменение поверхностного и грунтового стока на период строительства трубопровода;

- подтопление и затопление территории вследствие искусственного изменения водного режима, обусловленного наличием насыпи;
- вырубка леса, уничтожение и изменение характера травяного покрова на трассе;
- нарушение целостности почвенно-растительной формации;
- нарушение гумусного слоя, загрязнение его песком, гравием, щебнем и связующими материалами, засорение строительных площадок, полос отвода, пунктов складирования труб и материалов, загрязнение локальных участков горюче-смазочными материалами и отходами строительного производства.

В предлагаемой модели воздействия магистральных трубопроводов на состояние природных экосистем нами рассматриваются три основные зоны:

- полного механического разрушения поверхности (m_1). Зона характеризуется сведением и практически необратимым изменением растительного покрова (на период эксплуатации трубопровода), нарушением микрорельефа, механическим разрушением всех горизонтов почвенного покрова до почвообразующей породы (или органических горизонтов торфяников);
- частичного механического разрушения поверхности (m_2). Для зоны характерно полное и частичное разрушение растительного покрова и части почвенных горизонтов (или части органической залежи торфяников). Здесь же могут происходить и самовосстановление экосистемы, и дальнейшие деградиационные процессы, приводящие к замене участков зоны частичных разрушений участками зоны полных разрушений;
- буферная зона (трансформации растительного покрова, m_3). Буферная зона представляет собой переход от нарушенной части экосистемы к ненарушенной. Данная зона прослеживается по изменениям растительного покрова. В ней возможны и процессы самовосстановления растительного покрова, и дальнейшей его деградации, приводящие к замене буферной зоны зоной частичных, а в дальнейшем, возможно, и зоной полных разрушений.

Гипотеза исследования изучаемой проблемы заключается в следующем: изменения в экосистемах, проявляющиеся в результате антропогенного воздействия, приводят к сокращению запасов биологических ресурсов, уменьшению способности природных экосистем выполнять свои эко-

логические или биосферные функции, а следовательно, к понижению общей экономической ценности природного капитала.

В соответствии с изложенной гипотезой была определена методологическая база исследования и осуществлен выбор методического подхода к оценке вредного воздействия. Данный подход базируется на оценке природного капитала различных экосистем и определении величины снижения его ценности в результате вредного воздействия трубопроводов с учетом дифференциации этого воздействия в различных зонах механического разрушения. Под природным капиталом будем понимать капитальную (суммарную с учетом фактора времени) оценку природных ресурсов за весь период времени их эксплуатации в хозяйственных или иных целях [3].

Оценка природного капитала базируется на рассмотрении экологических ресурсов в качестве основы природного комплекса, которые должны воспроизводиться практически бесконечно, т.е. рассматриваться как постоянно продуцирующий капитал. Этот процесс выражает величина капи-

тализированной ренты: $O_k = \frac{R_d}{q_{эк}}$, где O_k – капитализированная величина

дифференциальной ренты (капитальная оценка природного (экологического) капитала); R_d – ежегодная дифференциальная рента (отражает ежегодный эффект воспроизводства природной экосистемы); $q_{эк}$ – коэффициент эффективности воспроизводства в экологической сфере (норма дисконта, капитализатор).

Такой подход позволяет дать обобщенную оценку антропогенных изменений, возникающих в природных экосистемах в зонах влияния трубопроводов. В данном случае антропогенные изменения рассматриваются как вредное воздействие на экосистему с позиций утраты ею части биологических ресурсов и биосферных функций.

Изучение основных показателей антропогенного изменения в зонах влияния магистральных трубопроводов нами предлагается проводить для трех основных (наиболее типичных для Республики Беларусь) природных экосистем: лесных, болотных и луговых. Это целостные природные системы со сложившимися экологическими взаимоотношениями и сформировавшимися механизмами саморегуляции. При этом в рамках каждого типа системы (леса, болота, луга) целесообразна ввиду их различной эко-

логической ценности подробная детализация их разновидностей. Так, болотные экосистемы представлены в модели тремя группами: низинные (эвтрофные), переходные (мезотрофные) и верховые (олиготрофные) [5]. Луговые экосистемы разделены на две группы: пойменные (заливные) и водораздельные (суходольные). Для классификации лесных экосистем используется известная типология И.Д. Юркевича [6].

С учетом изложенного выше была разработана экономико-математическая модель эколого-экономической оценки вредного воздействия в результате строительства и эксплуатации трубопроводов, в основу которой положено следующее выражение:

$$Y^e = \sum_{j=1}^{n_l} (O_j^l \cdot \sum_{k=1}^m (K_{jk}^l \cdot S_{jk}^l)) + Y_{\text{оп}},$$

где Y^e – стоимостная оценка вредного воздействия на окружающую среду (стоимостная оценка экологических потерь в результате воздействия нефте-газо-продуктопроводов на состояние окружающей среды) при строительстве и эксплуатации магистрального трубопровода для e -го типа экосистемы; n_l – количество однородных с точки зрения природной экосистемы участков, оцениваемых в модели; l – тип природных экосистем в зонах воздействия трубопровода (леса, луга, болота); O_j^l – капитальная оценка 1 га экосистемы l -типа на j -м участке; m – число зон воздействия для l -го типа экосистем; K_{jk}^l – коэффициент воздействия, отражающий степень вредного воздействия объекта на окружающую среду для k -й зоны воздействия экосистемы l -типа на j -м участке; S_{jk}^l – площадь k -й зоны воздействия j -го участка, га; $Y_{\text{оп}}$ – оценка экологических потерь, связанная с причинением вреда окружающей среде, обусловленного уничтожением редких видов животных и растений и вредным воздействием на среду их обитания (в случае отнесения рассматриваемой территории к местам обитания редких видов фауны и флоры, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь).

В свою очередь, расчет капитальной оценки 1 га лесных и луговых экосистем осуществляется по формуле $O_j^l = \frac{R_j^l}{q_l}$, где R_j^l – удельная текущая

(ежегодная) оценка эффекта эксплуатации (воспроизводства) экосистемы; q_l – капитализатор для l -го типа экосистемы.

Для болотных экосистем необходимо учитывать следующее обстоятельство: поскольку ежегодный прирост торфяного слоя (менее 1 см в 100 лет) по объему несопоставим с ежегодной добычей при эксплуатации торфяных болот (месторождение вырабатывается за 20-30 лет), удельная оценка определяется на основании запаса месторождения, т.е. в данном случае величина ежегодной ренты отдельно не определяется.

Расчет удельной текущей (ежегодной) оценки (R_j^l) для лесной ($R_j^{\text{лес}}$) и луговой ($R_j^{\text{луг}}$) экосистем в расчете на 1 га осуществляется по формулам

$$R_j^{\text{лес}} = \frac{C \cdot K_R}{1 + p + K_R} K_{\text{вых}} \cdot K_{\text{хип}} \cdot K_{\text{пт}} \cdot K_{\text{э}} \cdot P,$$

$$R_j^{\text{луг}} = \frac{C \cdot K_R}{1 + p + K_R} K_{\text{вых}} \cdot K_{\text{кц}} \cdot P,$$

где C – рыночная цена основного продукта природопользования (по пиломатериалам хвойных пород или по селу); p – коэффициент эффективности (рентабельности) производства продукции природопользования; K_R – коэффициент эффективности воспроизводства природного ресурса; $K_{\text{вых}}$ – коэффициент выхода конечной основной продукции природопользования с единицы природного сырья; $K_{\text{хип}}$ – коэффициент хозяйственной ценности главной древесной породы; $K_{\text{пт}}$ – коэффициент, отражающий стоимость продукции побочного пользования; $K_{\text{э}}$ – коэффициент экологической значимости редких видов экосистем, а также экосистем, относящихся к особо охраняемым природным территориям; P – ежегодная продуктивность ресурса в расчете на 1 га площади; $K_{\text{кц}}$ – коэффициент дифференциации питательной ценности луговых экосистем различных типов по отношению к зерну (при наличии информации о средней цене реализации сена данный коэффициент в расчетах не используется).

Продуктивность лесных экосистем определяется экспертом исходя из общего среднего прироста насаждений по таблицам хода роста модальных насаждений для конкретного типа леса и бонитету, в м³/га в год [3]; продуктивность луговых – по средней урожайности луговых экосистем в зависимости от типа луга, в ц/га.

Для болотной экосистемы, как указано выше, в модели непосредственно определяется удельная капитальная оценка O_j^l (в данном случае $O_j^{\text{бол}}$) в расчете на 1 га:

$$O_j^{\text{бол}} = \frac{C \cdot K_R}{1 + p + K_R} K_{\text{вых}} \cdot K_{\text{CO}_2} \cdot K_{\phi} \cdot K_z \cdot Z,$$

где C – рыночная цена основного продукта природопользования (по торфу топливному); K_{ϕ} – коэффициент, дифференцирующий ценность сорбционной (водоочистительной, фильтрующей) способности в расчете на 1 га болотных угодий; K_{CO_2} – коэффициент, дифференцирующий ценность депонирующей способности в расчете на 1 га угодий; Z – запас торфяной залежи, т/га.

Запас торфяной залежи определяется по формуле $Z = h \cdot S$, где h – мощность торфяной залежи; S – площадь экосистемы в пределах зоны воздействия.

Коэффициент воздействия (K_{jk}^I) является общим для экосистем всех типов. Он отражает степень отрицательного влияния трассы магистрального трубопровода на природные экосистемы в пределах зон воздействия и определяется в пределах от 0 (отсутствие нарушений) до 1 (полное механическое разрушение).

Определение значения коэффициента K_{jk}^I основано на следующем положении. В зоне полного разрушения поверхности антропогенные изменения в природной экосистеме оцениваются как катастрофические. Ущерб, наносимый экосистеме, расценивается как прямой и оценивается нами как полная потеря частью природной экосистемы своих биологических и биосферных функций. Коэффициент $K_{jk}^I = 1$. В зоне частичного механического разрушения поверхности и буферной зоне подобные изменения в природной экосистеме оцениваются как последовательные. Косвенное в данном случае воздействие расценивается как утрата экосистемой части своих биосферных функций. При этом концептуально определено, что на границе зоны частичного механического разрушения коэффициент $K_{jk}^I = 0,5$, на границе буферной зоны $K_{jk}^I = 0$.

Размеры зон воздействия принимаются с определенной долей условности и должны уточняться в каждом конкретном случае в соответствии с проектом строительства магистрали трубопровода.

Для нахождения точного значения коэффициента K_{jk}^I в зависимости от конкретного расстояния можно воспользоваться методом линейной интерполяции (на базе пакета Microsoft Excel 2010). Так, для болот (частичного механического разрушения на расстоянии от 30 до 45 м) и лесов (зона частичного механического разрушения на расстоянии от 18 до 45 м) были получены функциональные зависимости, отраженные соответственно на рис. 1 и 2.

Изменение коэффициента воздействия для буферной зоны для лесов и болот будет одинаковым, так как одинаковы расстояния – от 45 до 350 м (рис. 3).

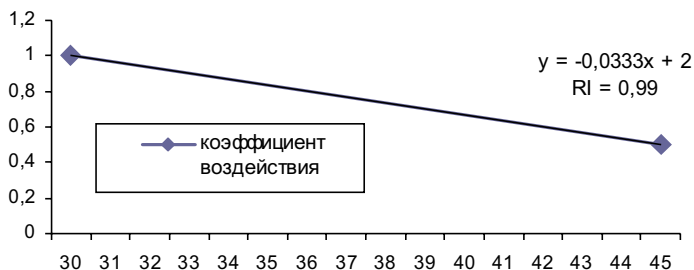


Рис. 1. Функциональная зависимость коэффициента воздействия от расстояния в зоне частичного механического разрушения для болот

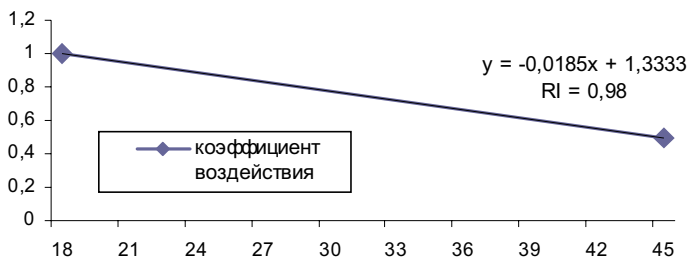


Рис. 2. Функциональная зависимость коэффициента воздействия от расстояния в зоне частичного механического разрушения для лесов

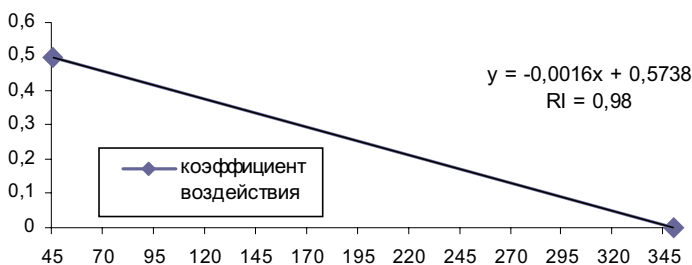


Рис. 3. Функциональная зависимость коэффициента воздействия от расстояния в буферной зоне для лесов и болот

Таким образом, получаем следующие зависимости (x – расстояние, м):
для лесов

$$K_{jk}^{\text{лес}} = \begin{cases} 1 & \text{для } 0 < x \leq 18 \\ -0,018x + 1,333 & \text{для } 18 < x \leq 45 \\ -0,001x + 0,573 & \text{для } 45 < x \leq 350 ; \end{cases}$$

для болот

$$K_{jk}^{\text{бол}} = \begin{cases} 1 & \text{для } 0 < x \leq 18 \\ -0,033x + 2 & \text{для } 30 < x \leq 45 \\ -0,001x + 0,573 & \text{для } 45 < x \leq 350 . \end{cases}$$

Определение площади k -й зоны воздействия (S_{jk}^l) в пределах исследуемых участков осуществляется экспертом исходя из конфигурации участков. Для однопроводных трубопроводов и участков зон воздействия правильной конфигурации площадь зоны воздействия может определяться экспертом как произведение двукратного расстояния от оси трубопровода и длины трубопровода по формуле

$$S_{jk}^l = 2d \cdot L_{jk}^l,$$

где d – расстояние от оси трубопровода; L_{jk}^l – длина трубопровода в пределах конкретного участка.

Расчет экологических потерь ($Y_{бр}$), связанных с причинением вреда окружающей среде, обусловленных уничтожением редких животных и дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, рассчитывается (при необходимости, в случае установления факта такого воздействия) по формуле

$$Y_{бр} = \Pi_b \cdot S \cdot tax \cdot k,$$

где Π_b – плотность вида, экз./га; S – площадь зоны полного механического разрушения, га; tax – таксы для определения возмещенного вреда, причиняемого окружающей среде физическими и юридическими лицами в результате незаконного изъятия и уничтожения диких животных и дикорастущих растений, занесенных в Красную книгу, и вредного воздействия на среду обитания, базовых величин; k – повышающий коэффициент, указы-

вающий на принадлежность вида к включенным в Красную книгу Республики Беларусь или попадающим под действие Конвенции СИТЕС.

Коэффициент k соответствует штрафам при незаконном изъятии или уничтожении:

- диких животных, попадающих под действие Конвенции СИТЕС; ущерб возмещается на основании такс о возмещении вреда, исчисленных, согласно приложению к вышеназванному указу, в двукратном размере по каждому изъятому или уничтоженному дикому животному;
- диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, – в тройном размере по каждому изъятому или уничтоженному дикому животному;
- диких животных и дикорастущих растений, одновременно относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и к образцам СИТЕС, – в тройном размере по каждому изъятому или уничтоженному дикому животному.

В отношении животных оценка экологических потерь в полной мере возможна только для мелких видов, тесно связанных с местом обитания. В случае с крупными животными необходимо доказательство уничтожения их особей в процессе строительства и эксплуатации трубопровода.

При установлении факта уничтожения дикорастущих деревьев, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь или охраняемым в соответствии с международными договорами Республики Беларусь, расчет потерь производится в зависимости от диаметра ствола. Для кустарников и травянистых растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь, расчет производится исходя из таксы за единицу (особь); для лишайниковых и мохообразных растений – за квадратный метр площади.

Алгоритм оценки вредного воздействия в результате строительства и эксплуатации трубопроводов в укрупненном виде представлен на рис. 4.

Для реализации модели были обоснованы значения всех экзогенных переменных, сформирована база исходных данных и разработан программный код на базе Visual Basic for Application. В итоге получен программный продукт Ekolog_BSTU.exe, функционирующий в виде надстройки в среде Microsoft Excel и производящий расчеты в диалоговом режиме.

Модель апробирована в отношении фактически существующего участка магистрального нефтепровода, проходящего по территории ГПУ «Национальный парк «Припятский» для лесной экосистемы, состоящей из 10

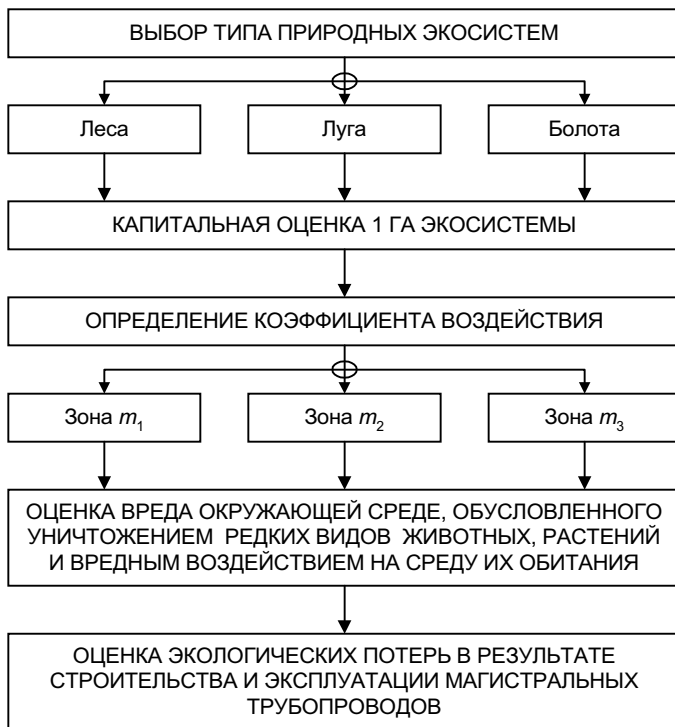


Рис. 4. Укрупненный алгоритм оценки экологических потерь в результате строительства и эксплуатации трубопроводов

последовательных участков общей длиной вдоль оси трубопровода 1675 м (квартал 77 и 78). При этом ущерб рассчитывался для площади полного механического разрушения.

Итоговая оценка вредного воздействия для исследуемой территории Национального парка «Припятский» составила 418 646,3 долл. США.

Таким образом, представленная модель оценки вредного воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов позволяет провести оценку антропогенных изменений, возникающих в природных экосистемах в зонах влияния магистральных трубопроводов. Антропогенные изменения в экосистеме рассматриваются как вредное воздействие, причиненное природной экосистеме с точки зрения утраты ею части биологических ресурсов и биосферных функций (эффектов).

Разработанная модель и программный продукт предназначены для практического применения проектными организациями, осуществляющими процедуру оценки воздействия на окружающую среду, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и его территориальными органами, другими заинтересованными государственными органами и организациями.

Л и т е р а т у р а

1. Указ Президента Республики Беларусь от 17 июля 2001 г. № 390 «Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravo.levonevsky.org/bazaby/org459/sbor4/text3486.htm>. – Дата доступа 25.03.2010 г.
2. Закон Республики Беларусь «О магистральном трубопроводном транспорте» от 9 января 2002 г. № 87-З [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravo.levonevsky.org/bazaby/zakon/zakb0531.htm>. Дата доступа 25.03.2010 г.
3. Неверов, А.В. Экономика природопользования: учеб. пособие / А.В. Неверов. – Мн.: Белорус. гос. технологический ун-т, 2008. – 536 с.
4. Багинский, В.Ф., Кисляков, В.Н., Костенко, А.Г. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР / В.Ф. Багинский [и др.]. – М.: ЦБНТИ-лесхоз, 1984. – 308 с.
5. Шимова, О.С., Лопачук, О.Н. Методические аспекты экономической оценки водно-болотных экосистем / О.С. Шимова, О.Н. Лопачук // Природные ресурсы. – 2007. – № 4. – С. 115–121.
6. Мазур, И.И., Шишов, В.Н. Основы охраны окружающей среды при строительстве нефтегазовых объектов: учебник для техникумов / И.И. Мазур, В.Н. Шишов. – М.: Недра, 1992. – 150 с.

Статья поступила 11. 01. 2011 г.

